



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Engenharia Mecânica

Curso de Engenharia Mecânica

Monografia

**ESTUDO E ELABORAÇÃO DE UMA ESPECIFICAÇÃO DE PROCESSO DE
SOLDAGEM PARA A UNIÃO DO BLOCO DO HOPPER COM O FUNDO DE UM
NAVIO DA SÉRIE SUEZMAX**

Rafael Barretto Saraiva de Barros

Recife
2013



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Engenharia Mecânica

**ESTUDO E ELABORAÇÃO DE UMA ESPECIFICAÇÃO DE PROCESSO DE
SOLDAGEM PARA A UNIÃO DO BLOCO DO HOPPER COM O FUNDO DE UM
NAVIO DA SÉRIE SUEZMAX**

Rafael Barretto Saraiva de Barros

Trabalho de conclusão de curso que será
apresentado junto à Universidade Federal de
Pernambuco, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Orientador: Ricardo Artur Sanguinetti Ferreira

Recife
2013

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

- B277e Barros, Rafael Barretto Saraiva de.
 Estudo e elaboração de uma especificação de processo de soldagem para a união do bloco do Hopper com o fundo de um navio da série Suezmax / Rafael Barretto Saraiva de Barros. – Recife: O Autor, 2013.
 vii, 62 folhas, il., gráfs., tabs.
- Orientador: Prof. Dr. Ricardo Artur Sanguinetti Ferreira.
 TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Mecânica, 2013.
 Inclui Referências e anexo.
1. Engenharia Mecânica. 2. EPS. 3. ABS. 4. AWS. 5. Petroleiro. 6. Solda em ângulo. 7. Sociedade classificadora. I. Ferreira, Ricardo Artur Sanguinetti (Orientador). II. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG/2013-105

**ESTUDO E ELABORAÇÃO DE UMA ESPECIFICAÇÃO DE PROCESSO DE
SOLDAGEM PARA A UNIÃO DO BLOCO DO HOPPER COM O FUNDO DE UM
NAVIO DA SÉRIE SUEZMAX**

Rafael Barretto Saraiva de Barros

Monografia Aprovada em 23de Abril de 2013.

Prof. Ricardo Artur Sanguinetti Ferreira
Orientador e Coordenador da Disciplina – DEMEC– UFPE

Prof. Antônio Fernando de Carvalho Mota
Componente da Banca – Poli - UPE

Prof. Yogendra Prasad Yadava
Componente da Banca – DEMEC– UFPE

Recife

2013

Dedico este trabalho a minha família, principalmente a minha Vó Zilda que de lá de cima sempre me guiou e esteve comigo durante toda a minha trajetória na Universidade, ao meu orientador, Professor Ricardo Sanguinetti , aos meus colegas de trabalho do ABS, as meus primos, amigos e companheiros de curso, que sempre me apoiaram e contribuíram para que eu alcançasse este objetivo.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todas as pessoas que fizeram parte desta trajetória desde a pré-escola até o diploma em uma universidade federal. À minha Mãe e a minha Tia que me deram o suporte necessário para alcançar este grande sonho. Não posso deixar de agradecer a todos os colegas de curso que sempre se apoiaram uns nos outros para que juntos alcançássemos o objetivo final. E aos mestres que transmitiram todo o conhecimento necessário pra nos tornarmos grandes engenheiros.

RESUMO

Este trabalho visa a elaboração de uma Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS), desde a escolha do metal de base, do metal de adição, a elaboração da EPS Preliminar, especificação dos ensaios requeridos, análise dos ensaios até a sua aprovação final num relatório de qualificação de procedimento de soldagem, tudo isso baseado na AWS D1.1 e no ABS Rules and Guides. Esta EPS será utilizada na soldagem em ângulo para a união de dois blocos na fabricação de um navio petroleiro da série SUEZMAX

No conteúdo deste trabalho foram utilizados os conceitos de ensaios mecânicos de materiais, análises químicas e normas aplicadas a projetos de montagem e construção naval. Todo o conhecimento adquirido durante a formação acadêmica em engenharia mecânica e o estágio curricular foram necessários para a avaliação dos resultados obtidos nesta qualificação.

Palavras-chaves: EPS, ABS- American Bureau of Shipping , AWS – American Welding Society, petroleiro, solda em ângulo, sociedade classificadora

ABSTRACT

This work aims at development of a Welding Procedure Specification (EPS), since the choice of the base metal, the filler metal, the development of EPS Preliminary, specification of the required tests, analyze test until its final approval in a Report Qualification of Welding Procedure (PQPS), all the context is based on AWS D1.1 and ABS Rules and Guides. This EPS will be used to weld a partial joint penetration for union of two blocks in the manufacture of a SUEZMAX Oil Tanker.

In the content of this work were used the concepts of mechanical tests of materials, chemical analysis and rules applied to projects assembling and shipbuilding. All the knowledge acquired during the academic background in mechanical engineering and curricular training was needed to assess the results obtained in this qualification.

Key words: WPS, ABS- American Bureau of Shipping, AWS – American Welding Society, partial joint penetration, oil tankers, society classification history

ABREVIATURAS E SIGLAS

UFPE – Universidade de Pernambuco

DEMEC – Departamento de Engenharia Mecânica

ABS- American Bureau of Shipping

AWS – American Welding Society

EPS – Especificação de Procedimento de Soldagem

FCAW – Flux Cored Arc Welding

SAW – Submerged Metal Arc

RQPS- Registro de Qualificação de Procedimento de Soldagem

TDF – Teto do Fundo Duplo

CO₂ – Dióxido de Carbono ou Gás Carbônico

N1 – Inspetor de Solda nível 1

N2 – Inspetor de Solda nível 2

CP – Corpo de Prova

END – Ensaios Não Destrutivos

ZAC – Zona Afetada pelo Calor

V – Volts

A – Amperes

AT – Aporte Térmico

LF – Linha de Fusão

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

CJP – Complete Joint Penetration

PJP – Partial Joint Penetration

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 Indústria naval e seu ressurgimento no Brasil	4
3.2 Surgimento e importância das classificadoras.....	4
3.3 American Bureau of Shipping – ABS	7
3.3.1 Quem somos?	7
3.3.2 O que fazemos?	8
3.4 American Welding Society - AWS	8
3.5 EPS	9
3.6 Ponto CM.....	13
3.7 Processos de soldagem – SAW e FCAW	14
3.7.1 Submerged Arc Welding - SAW	14
3.7.2 Flux Cored Arc Welding – FCAW.....	17
4. METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE AÇÃO.....	21
4.1 Metodologia.....	21
4.1.1 Planejamento	21
4.1.2 Análise e Montagem da EPS Preliminar	21
4.2 Estratégia de Ação	21
4.2.1 Analisando o Plano de EPS	21
4.2.2 Montagem do Corpo de Prova.....	22
4.2.3 Ensaio Requeridos	22
4.2.4 Documento Oficial	23
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
5.1 Processos de Soldagem.....	24
5.2 Metal de Base	24
5.2.1 Rastreabilidade do Metal de Base	27
5.3 Metal de Adição.....	29
5.3.1 Metal de Adição para o SAW.....	29
5.3.2 Metal de Adição para o FCAW	33

5.3.3	Homologação do Metal de Adição	37
5.4	Geometria da Junta	38
5.5	Elaboração da EPS Preliminar.....	38
5.6	Montagem da Chapa Teste	40
5.7	Execução da EPS	40
5.8	Ensaaios Requeridos	42
5.8.1	Ensaaios Destrutivos	43
5.8.1.1	Ensaio de Tração	44
5.8.1.2	Dobramento Lateral.....	47
5.8.1.3	Macrografia e Micrografia.....	49
5.8.2	Ensaaios Não-Destrutivos	50
5.9	Análise dos Resultados.....	51
5.9.1	Elaboração da RQPS	54
5.9.2	Elaboração da EPS – Documento Oficial.....	57
6.	CONCLUSÃO.....	59
	REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA.....	60
	ANEXOS 1	61

1. INTRODUÇÃO

A elaboração e a aprovação de uma Especificação de Processo de Soldagem (EPS) vêm para cumprir dois fatores importantes na construção de um navio: Primeiro, atender a itens de regra de que toda solda que for realizada durante a construção de um navio classificado deve ter uma EPS para sua execução; Segundo informar aos soldadores e inspetores quais os parâmetros que ele deve seguir para a fabricação de uma junta soldada.

Por isso se faz necessário elaborar uma EPS segundo as regras da sociedade classificadora e conseguir a aprovação da mesma por esta sociedade classificadora, pois é a partir dela que se qualificaram os soldadores que trabalharam na obra e se garante as propriedades mecânicas da junta soldada. Neste caso, a sociedade classificadora é o American Bureau of Shipping – ABS, e o ABS chama o auxílio da American Welding Society – AWS D1.1, que é específica para estrutura soldadas.

A EPS que motiva este trabalho se trata de uma solda bem particular dos navios da série SUEZMAX, um Ponto CM, no qual o navio sofre um grande esforço, e de um detalhe de projeto chamado “concave shape” o qual se deve ter um acabamento diferenciado, com uma suavização específica proposta em projeto. Daí se dar uma atenção especial para esta EPS.

Devido a estes fatores este assunto se torna um ótimo assunto para ser tratado em um TCC.

A Figura 1 ajuda a visualizar de forma mais clara para que região do navio que foi elaborada a EPS e serviu como base pra esta monografia.

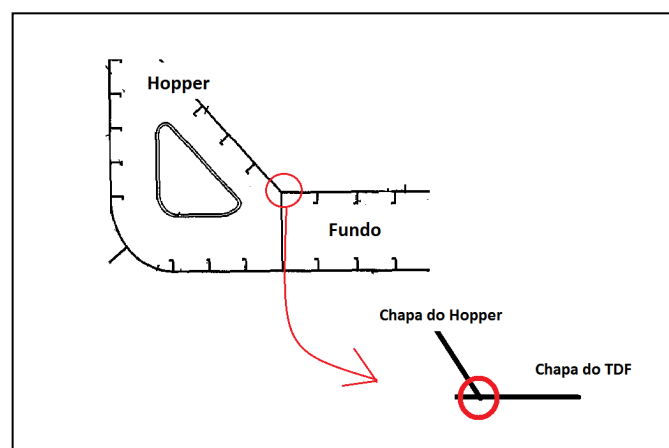


Figura 1- Detalhe de do local para que será elaborada a EPS

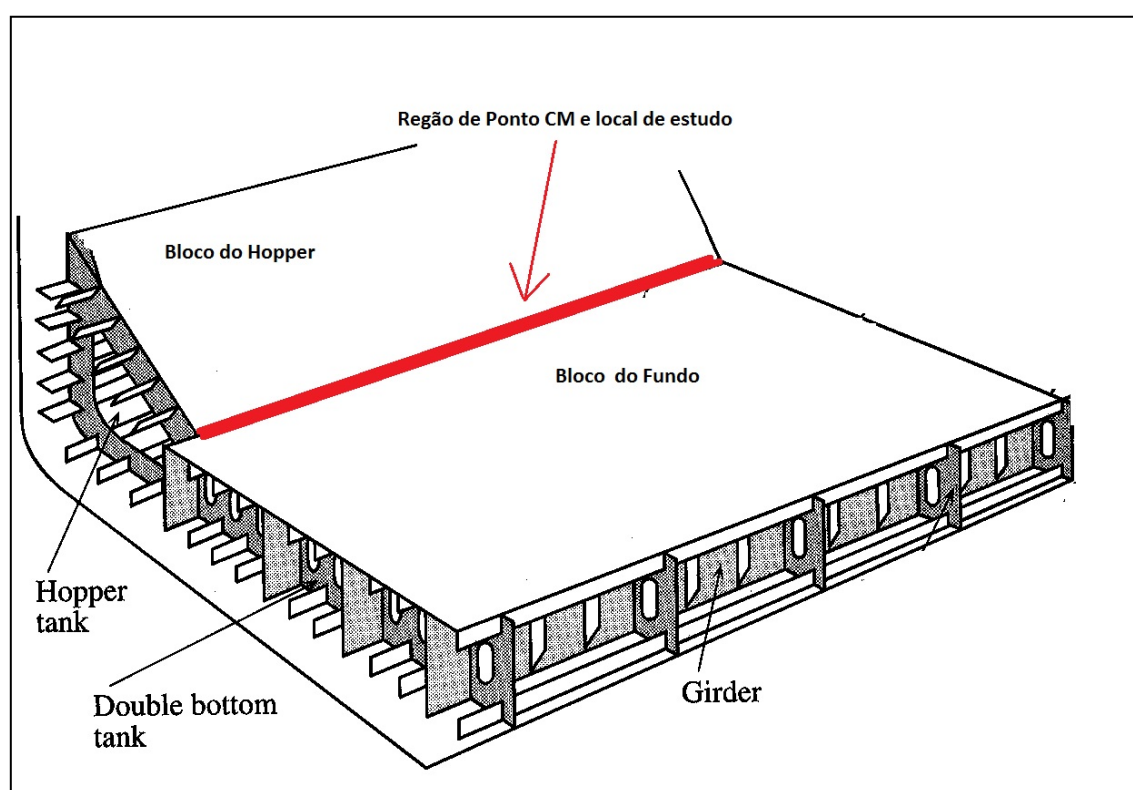


Figura 2 – Vista Isométrica do local

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar uma EPS que substitua o processo atual, semiautomático, por um automático. Elaborar a EPS preliminar, executá-la, acompanhá-la e analisar os resultados dos testes para a qualificação de um procedimento de soldagem, através de relatos ocorridos durante a execução e laudos dos testes propostos, para finalmente utilizá-la na construção do casco do navio.

2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo as seguintes etapas devem ser seguidas:

- Identificar se é possível a utilização do processo SAW, devido a suas limitações e analisar a viabilidade desde novo processo;
- Elaborar uma EPS (Especificação de Processo de Soldagem) para que este processo possa ser aplicado;
- Realizar soldagem seguindo a EPS Preliminar elaborada;
- Submeter à aprovação da sociedade classificadora para a utilização deste novo processo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Indústria naval e seu ressurgimento no Brasil

A construção naval tem papel importante no desenvolvimento econômico, no avanço tecnológico, no avanço industrial e competitivo dos países costeiros. Os benefícios criados como o emprego, a mobilização de uma cadeia de fornecedores, o giro da economia e importância que o país ganha no cenário mundial são pontos positivos para compensarem as dificuldades de se iniciar no país esse tipo de atividade.

A exemplo de países como Japão, Coréia, EUA, França e Inglaterra que já absorveram os benefícios citados, o Brasil, representado pela Petrobras, inicia a renovação da sua frota e a construção de plataformas que serão utilizados no Pré-Sal e na em outros locais onde atua a Petrobras, fazendo com que a indústria de construção naval e offshore ressurgja no Brasil.

3.2 Surgimento e importância das classificadoras

Sociedades Classificadoras são órgãos que estabelecem requisitos mínimos quanto à qualidade do navio, de segurança dos tripulantes, da embarcação, da carga e do meio ambiente.

A primeira Sociedade Classificadora foi a Lloyds Register, que surgiu na Inglaterra, em meados do século XVII, onde os principais e melhores profissionais em construção naval da época se reuniram no café de Edward Lloyd e lá conversavam sobre as falhas ocorridas em navios. (IACS)

Como não havia padrões de referências e nem um cadastro de navios confiáveis a maioria das decisões eram baseadas em fatos empírico, devido a este dois fatores os transportes das mercadorias feitas por navios eram caras e tinha um alto risco de sua chegada ao destino, daí então viu-se a necessidade de ser criar critérios de aceitação e um cadastro eficientes. Para as partes interessadas fossem elas armadores, construtores, companhias de seguro e fabricantes de equipamentos, seria

extremamente vantajosos que se criassem padrões a fim de melhorar a qualidade do serviço oferecido.

Devido a vários encontros no Café de Edward Lloyds em 1760 surge a primeira sociedade classificadora a Lloyd's Register e mais tarde, as outras Sociedades Classificadoras (IACS). Seu surgimento gera um fundo para dar inícios as atividades, mas ela não tem nenhum acionista, sendo auto sustentável com recursos obtidos através de sua prestação de serviços, principal motivo para que as sociedades classificadoras foram criadas, não ter fins lucrativos apenas prestar serviços à sociedade.

Com a criação do livro de registros e o desenvolvimento de aplicação de normas e técnicas para a construção e manutenção dos navios foi criada a classificação de navios. O objetivo da Lloyds na época e, atualmente, o de toda sociedade classificadora é promover a segurança da vida humana, da propriedade no mar, e a proteção ao meio ambiente e colaborar para a redução dos riscos associados aos empreendimentos marítimos. Como esses objetivos atingidos se estabelecem altos padrões técnicos para o projeto, a construção, a manutenção, operação de navios, embarcações em geral e unidades marítimas. O primeiro navio classificado foi o Lizzie Leslie.

Atualmente as sociedades classificadoras desempenham um papel importantíssimo na indústria naval e offshore, representando a Autoridade Marítima de diversas bandeiras (países) emitindo certificados e realizando vistorias em seu nome. Além de representar as bandeiras, elas também emitem certificados estatutários. Os certificados estatutários vêm a partir das convenções e códigos internacionais como: (IACS)

✓ Solas 1974 (Safety of Life at Sea):

- Certificado Internacional de Segurança de Construção;
- Certificado Internacional de Segurança de Equipamento;
- Certificado Internacional de Radio.

✓ Loadline 1966:

- Certificado Internacional de Borda Livre.

✓ Tonnage 1969:

- Certificado Internacional de Arqueação.
- ✓ Marpol 1973/1978 (Pollution from Ships):
 - Certificado Int. de Prevenção de Poluição por Óleo;
 - Certificado Int. de Prevenção de Poluição por Substâncias Líquidas Nocivas Transportadas a Granel;
 - Certificado Int. Prevenção de Poluição por Esgoto Sanitário;
 - Certificado Internacional de Prevenção de Poluição do Ar.

As convenções internacionais são desenvolvidas e acordadas pelas Autoridades Marítimas no fórum da Organização Marítima Internacional (IMO), órgão da ONU, sediado em Londres.

A IMO não tem o poder de fiscalizar nada, o poder é delegado aos países signatários. Estes não tem estrutura nem pessoal qualificado para realizar a fiscalização técnica, por isso delegam a competência às Sociedades Classificadoras, que fiscalizam a construção de embarcações segundo as normas da IMO, das leis locais do país e suas próprias regras construtivas.

Então, o processo de classificação e certificação de navios se replicou em vários outros países, dando origem a várias Sociedades Classificadoras. Modernamente, as Sociedades Classificadoras tomaram posse da engenharia, da ciência e da estatística, para aprimorar e respaldar suas Regras Construtivas. Também como a atividade marítima tem se diversificado, elas também tem ampliado seu escopo. Algumas delas passaram a desenvolver padrões de qualidade para a indústria offshore. Todas elas, por força de sua posição técnica, passaram a ser inspetoras oficiais da IACS, do cumprimento dos regulamentos de segurança da IMO (International Maritime Organization).

O registro e classificação dos navios tornaram-se sumamente interessante para os armadores (donos de navios), já que o transporte marítimo era muito arriscado naquela época, havendo sempre boas chances da carga não chegar ao destino. Assim, as normas e registros da Lloyds foi a primeira referência à que os armadores podiam recorrer para saber da confiabilidade do navio a ser fretado. Daí a pouco tempo, os armadores apenas aceitavam os navios inscritos no Lloyd's Register, ou seja, classificados.

Desse modo, são as Sociedades classificadoras que emitem os certificados navais em nome dos governos.

As principais Sociedades Classificadoras da atualidade são:

LR-LloydsRegister - Inglaterra

ABS - American Bureau of Shipping - EUA

DNV - Det Norske Veritas - Países Baixos

BV - Bureau Veritas - França

NKK - Nippon Kaiji Kyokai – Japonesa

Outra instituição importante é a IACS - International Association of Classification Society, que vem tentando fazer um trabalho importante de uniformização das regras construtivas, o que já foi conseguido para navios petroleiros e graneleiros. Onde é a partir dela que a maioria das regras utilizadas pelas classificadoras são baseadas.

3.3 American Bureau of Shipping – ABS

3.3.1 Quem somos?

“Desde a sua fundação em 1862, a promoção da segurança marítima tem sido o compromisso fundamental do American Bureau of Shipping (ABS).

Hoje, nós nos esforçamos para ser o fornecedor mais eficiente de serviços de classificação naval e offshore. Estamos alcançar esse objetivo através do pensamento inovador, entusiasmo e profissionalismo de nossa equipe.

No ABS, estabelecer padrões de excelência na classificação naval e offshore é mais do que um lema - é a nossa forma de conduzir os negócios ”.

(www.eagle.org 18/02/2013 as 21:00)

3.3.2 O que fazemos?

“Estabelecer padrões de excelência.

A responsabilidade da sociedade de classificação é verificar que embarcações marítimas e estruturas offshore cumprir regras que a sociedade estabeleceu para a concepção, construção e inspeção periódica.

O processo de classificação inclui:

- Desenvolvimento de normas, conhecidas como Regras.*
- Revisão do plano técnico e análise de projeto.*
- Pesquisas durante a construção*
- Inspeção na fonte de materiais, equipamentos e máquinas.*
- Aceitação por parte do Comitê de Classificação.*
- Posteriores pesquisas periódicas para manutenção da classe.*
- Levantamento de danos, reparos e modificações.*

Oferecendo soluções práticas

ABS reconhece que o mundo está mudando a classificação com mais ênfase em estruturas complexas, gestão de ciclo de vida, padrões unificados e equivalências de segurança.

Na ABS, estamos dedicados a fornecer a liderança no desenvolvimento de novas tecnologias destinadas a melhorar as normas de segurança para as indústrias naval e offshore.”

(www.eagle.org 18/02/2013 as 21:00)

3.4 American Welding Society - AWS

A American Welding Society (AWS) é uma organização sem fins lucrativos que se dedica ao avanço da ciência, tecnologia e aplicação de solda e processos de corte . Sua sede é em Doral, Flórida , porem realiza a eventos e reuniões individuais

de seção e da zona em todo os Estados Unidos e em outros países . Através de suas publicações, fóruns de internet, serviços de membros, eventos locais e nacionais, recursos educativos, atividades de rede, e procedimentos de certificação, a AWS mantém profissionais de soldagem e os interessados em ciência de materiais atualizados com os avanços mais atuais e procedimentos na indústria. Em setembro de 2012, a sociedade já continha cerca de 68 mil membros, a maioria nos Estados Unidos.

A publicação mais utilizada e que será base para este trabalho é o código AWS é AWS D1. 1, que abrange todos os requisitos gerais para a soldagem estrutural.

3.5 EPS

A sigla EPS significa: Especificação de Processo de Soldagem, ou seja, é um conjunto de parâmetros adotados e especificados segundo uma norma. Se a solda for realizada segundo estes parâmetros o resultado será uma solda que atende os requisitos mecânicos e químicos do material que a mesma está unindo evitando-se assim o surgimento de defeitos indesejados.

Devido ao fato do navio ser classificado, no caso pelo ABS – American Bureau of Shipping, ele deve ser construídos segundo as normas do ABS e outras Normas Reconhecidas. No livro do ABS que se refere a materiais e solda o item 2-4-1/1.7. 1 diz o seguinte: “Procedures for the welding of all joints are to be established before construction for the welding processes.(ABS Rules for Materials and Welding 2012– Part 2, Chapter 4 , Section 1.7.1)”, ou seja, todas as juntas soldas que serão soldadas no navio deve-se ter um procedimento para a execução das mesmas.

No mesmo livro há o seguinte item.

“The plans submitted are to clearly indicate the proposed extent of welding to be used in the principal parts of the structure. The welding process, filler metal and joint design are to be shown on the detail drawings or in separate specifications submitted for approval which should distinguish between manual and automatic welding. The shipbuilders are to prepare and file with the Surveyor a planned

procedure to be followed in the erection and welding of the important structural members.

(ABS Rules for Materials and Welding 2012– Part 2, Chapter 4 , Section 1.3)”

Mais uma vez interpretando a regra, ela menciona, o plano, no caso o procedimento de solda que deve ser submetido à aprovação e nele deve estar indicado o processo, o metal de adição, o design da junta e se o processo é automático ou manual.

Este texto também informa que é de responsabilidade do construtor, no caso o estaleiro, preparar e apresentar ao vistoriador responsável pela obra um procedimento que será seguido para a solda de edificação e membros estruturais importantes; justamente o foco deste trabalho.

Nesta hora surge uma pergunta: todo processo de solda precisa de uma EPS pra ser executado?

A resposta é: depende do processo e da espessura da chapa. Esta afirmação é válida e baseada no seguinte trecho da regra, 2-4-1/7.3 e 2-4-1/7.5. Este dois itens referem -se que para os nossos processos abordados FCAW- Arame Tubular e SAW – Arco Submerso, só se precisa de uma EPS para a solda em chapas com espessuras maiores que 6,5 mm e 16,0 mm, respectivamente.

Devido ao fato de que todo soldador que trabalha na obra deve ser qualificado, se faz necessário elaborar um EPS para qualificar os soldadores. Já que se quer que um soldador seja qualificado para uma gama de espessuras as EPS são elaboradas pra espessuras de 25,0, pois se o soldador é qualificado nesta espessura ele pode soldar chapas de 3,0 mm até uma espessura ilimitada.

Esta afirmação vem das boas praticas de engenharia e fundamentada pela Tabela 4.10 da AWS D1.1/2002.

Welder and Welding Operator Qualification—Number and Type of Specimens and Range of Thickness and Diameter Qualified (Dimensions in Millimeters) (see 4.18.2.1)							
(1) Test on Plate		Number of Specimens ¹				Qualified Dimensions	
Production Groove or Plug Welds		Face Bend ² (Fig. 4.12)	Root Bend ² (Fig. 4.12)	Side Bend ² (Fig. 4.13)	Macro-etch	Nominal Plate, Pipe or Tube Thickness Qualified, mm	
Type of Test Weld (Applicable Figures)	Nominal Thickness of Test Plate, T, mm					Min	Max
Groove (Fig. 4.30 or 4.31)	10	1	1	—	—	3	20 max ³
Groove (Fig. 4.21, 4.22, or 4.29)	10 < T < 25	—	—	2	—	3	2T max ³
Groove (Fig. 4.21, 4.22, or 4.29)	25 or over	—	—	2	—	3	Unlimited ³

Parte citada
no texto

Figura 3 – Faixa de espessura para a qualificação de soldador (Tabela 4.10 da AWS D1.1/2002)

O soldador também pode ser classificado pelo ABS de acordo com o item 2-4-3/11.3.

“As an alternative, welders may be qualified in accordance with a recognized standard. The application of such recognized standard is to be submitted for agreement by the Surveyor.”

Mas como as regras do ABS relativos à solda não apresentam uma gama de opções o que se faz na pratica é seguir a AWS, já que a norma do ABS permite isso e a AWS é o órgão de referência relativo à soldagem.

Agora que se sabe o porquê de se fazer uma EPS e quais os itens de regra são requeridos para isso. Será abordado mais sobre os assuntos que envolvem uma EPS.

Segundo Marques, P.V., Modenesi, P.J. Bracarense, “A Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS) é um documento no qual os valores permitidos de diversas variáveis do processo estão registrados para serem adotados, pelo soldadores ou operados de soldagem, durante a fabricação de uma junta soldada.”

Durante a elaboração deste documento algumas variáveis importantes devem ser levadas em conta, como por exemplo, a composição, classe e espessura do metal de base, processo de soldagem, tipo de consumível, design da junta, posição de soldagem, temperatura de pré, pós-aquecimento e entre passes, corrente, voltagem, numero de passes e técnica utilizada.

Dentre estas variáveis citadas acima, a AWS através da Tabela 4.5 trata como variáveis essenciais:

- ✓ Processo de soldagem
- ✓ Tipo de consumível
- ✓ Design da junta
- ✓ Voltagem e Amperagem
- ✓ Posição

Então, alguns destes parâmetros são modificados e não obedecem aos limites impostos pela Tabela 4.5 da AWS D1. 1 a ESP precisa ser requalificada.

Para que qualquer EPS possa ser utilizada em um processo produtivo ela deve ser executada, testada e qualificada. No nosso caso, a soldagem executada é testada no laboratório e qualificada pelo ABS e N2 responsável. Desta chapa teste em que foi executada a EPS, alguns corpos de provas devem ser retirados para que passem por alguns teste requeridos pela AWS e/ou ABS. Os resultados destes teste devem ser avaliados segunda norma, projeto e/ou contrato, ai então o procedimento deve ser aprovado ou não. A AWS traz alguns procedimentos pré-qualificados, os quais poderiam ser usados durante as obras, mas o ABS não reconhece estes procedimentos pré-qualificados.

Os testes que serão realizados para qualificar uma EPS, levando em conta as dimensões, posições e números de corpos de provas estão especificados na AWS. Entre os quais podemos dar como exemplo:

- ✓ Teste Tração
- ✓ Teste de dobramento lateral
- ✓ Dureza
- ✓ Impacto – Charpy – V, ect

Os resultados dos testes, número de relatórios dos ensaios, números de passes, design da junta devem ser colocados na RQPS. Após aprovada a EPS e RQPS elas são arquivadas, mas cópias devem estar espalhadas pela área em locais próximos de onde serão realizadas estas soldas.

3.6 Ponto CM

Segundo o livro PART 5C Appendix 1: Guide for SafeHull Construction Monitoring Program (1 July 2001) os pontos CM, assim chamado no chão de fábrica, mas a regra trata como “critical areas” e é definido da seguinte forma “[...] é definida como uma área no interior do estrutura que pode ter uma maior probabilidade de falha durante a vida útil do navio em relação às outras áreas em seu em torno, apesar deles poderem ser modificados no interesse de reduzir tal probabilidade.”

A probabilidade de falha destas áreas pode ocorrer devido às concentrações de tensão, ao alto nível de tensão e a alta tensão devido às variações da carga, já que o navio é uma estrutura dinâmica e esta sempre submetida a cargas de tração, compressão, torção e cisalhamento.

O intuito de se acompanha estas áreas durante a construção é minimizar o efeitos de uma possível falha destas áreas, acompanhando seu alinhamento, antes e pós-solda, garantindo assim um cuidado especial para esta área a fim de evitar uma possível falha.

Estas áreas críticas são determinadas através das regras do ABS seção 5C e da seção 3, de elementos finitos, de carga dinâmica, detalhes de fabricação e alinhamento e por experiência dos projetistas/proprietários/estaleiro baseado em experiências anteriores com navios similares devido aos conhecimentos da corrosão e desgastes.

O Plano CM ou como a regra chama *Construction Monitoring Plan* é elaborado da seguinte forma: o estaleiro prepara o plano identificando as áreas críticas e submete a aprovação da engenharia do ABS antes de começar a fabricação do navio. O plano deve incluir:

I) Desenhos estruturais indicando a localização de áreas críticas identificadas pela revisão ABS.

II) As normas de construção e procedimentos de controle a serem aplicados.

III) Os procedimentos de verificação e registro de cada etapa da construção, incluindo qualquer proposta de ensaios não destrutivos.

IV) Procedimentos para correção do defeito.”

(ABS Rules 2012 Part 5C – Appendix 1 Item 9 pg 864)

E após construído deve haver uma cópia a bordo do navio.

3.7 Processos de soldagem – SAW e FCAW

3.7.1 Submerged Arc Welding - SAW

Segundo Marques (2005), “A soldagem a arco submerso (Submerged Arc Welding – SAW) é um processo que a coalescência entre metais é obtida pelo aquecimento e fusão destes por um arco elétrico metálico nu e a peça de trabalho. O arco ocorre sob uma camada de um material granular fusível, chamado de “fluxo”, que é colocado sobre a região de solda, protegendo-o da contaminação pela atmosfera”.

A Figura 4 mostra de forma esquemática, a fim de ficar claro o princípio de funcionamento do SAW.

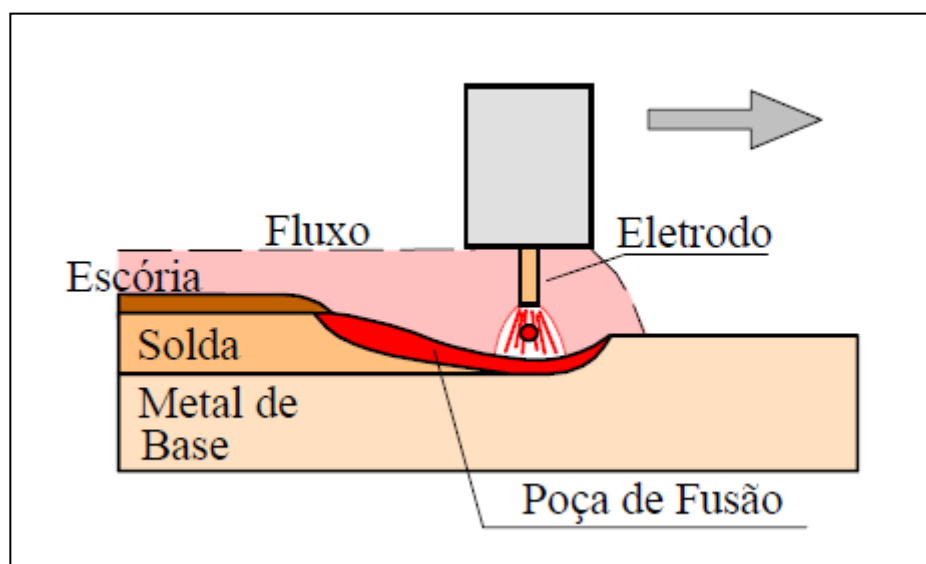


Figura 4 – Esquema de Suberged Arc Welding – SAW (Modenesi e Marques – Soldagem I - 2006)

Já segundo Wanier, Brande e Mello 1995” neste processo um arco elétrico é estabelecido entre o arame-eletrodo e o material a ser soldado, com a diferença que o arco permanece totalmente submerso em uma camada de fluxo, não sendo visível. Desta forma, a solda se desenvolve sem faíscas, luminosidade e respingos, características dos demais processos de soldagem com arco aberto.”

“O fluxo, na forma de grânulos, age como fundente, protegendo de contaminações o metal de solda, líquido; atua ainda como isolante térmico, concentrando o calor, na parte sólida.”

O metal de adição é o próprio eletrodo, que pode ser fio ou fita condicionada em boninas, alimentando a solda continuamente por um cabeçote mecanizado. Já o fluxo é alimentado continuamente através de uma espécie de funil que é constantemente abastecido pelo operador. Devido a estes dois fatores a produtividade deste processo é muito grande em relação aos outros processos de soldagem por arco elétrico.

O fluxo desempenha um papel importantíssimo no SAW, pois é ele que protege a poça de fusão líquida da ação da atmosfera, é ele que se possibilita trabalhar com alta amperagem, estabilizar o arco, promover um isolamento térmico, concentrando o calor na poça de fusão, adicionar elementos de liga na solda além de contribuir para a definição e acabamento do cordão de solda.

Existem dois tipos de fluxos: os aglomerados e os fundidos. No nosso caso foi utilizado o aglomerado. O fluxo aglomerado é composto de minerais, ligas de ferros que tem como principal missão desoxidar a poça de fusão. Além dos outros componentes é também adicionando aglomerantes que são sintetizados em fornos.

Foi usado o fluxo aglomerado devido à fácil remoção da escória, por se conseguir adicionar elementos de liga e pelo baixo custo.

Já os fluxos fundidos são constituídos basicamente por minerais, os mesmos usados nos fluxos aglomerantes, a diferença é que ele é fundido em alta temperatura. Depois ele é vazado contra um jato de água, adquirindo aspecto vítreo e após a moagem fica granular. A vantagem de se usar o fluxo fundido é a homogeneidade química, dispensam a secagem, mas suas desvantagens são o alto custo de fabricação e não adicionam elementos de liga na poça de fusão.

Na Figura 5 temos exemplo de um equipamento utilizado no processo de arco submerso.

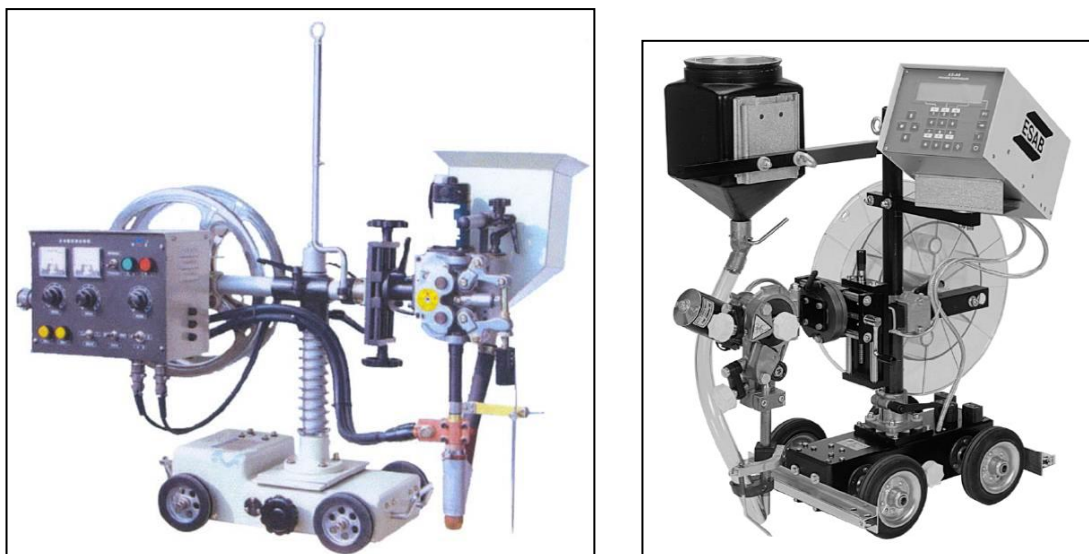


Figura 5 – Máquinas de SAW (www.servimig.com.br e www.esab.com.br)

Apesar de ser um processo extremamente eficiente, de grande produtividade e se obter uma solda de excelente qualidade, a principal limitação deste processo é devido às suas posições de soldagem serem limitadas nas posições plana 1G e 1F e horizontal em ângulo 2F. A Figura 6 ajudar nesta visualização.

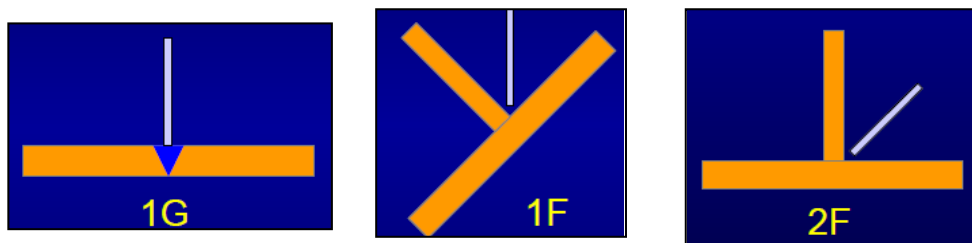


Figura 6 – Posições de Solda (www.esab.com.br)

Então sabendo trabalhar com suas limitações e respeitando as normas o processo de SAW é de grande utilidade para a indústria naval e as demais que utilizam em larga escala a união de madeiras através do processo de soldagem.

Abaixo se tem uma tabela que explicita as vantagens e desvantagens do SAW.

Tabela 1 – Vantagens e Desvantagens (Soldagem I – Modenesi e Marques -2006)

VANTAGENS	DESVANTAGENS
• Alta velocidade de soldagem e taxa de deposição • Produz solda uniformes e de com acabamento superficial	• Soldagem limitada às posições plana e filete horizontal. • Aporte térmico elevado que pode prejudicar as propriedades da junta em alguns casos.
• Ausência de respingos	• Necessário retirar a escória entre passe, o que pode ocorrer de ser dar muito defeito por inclusão de escória.
• Dispensa proteção contra a radiação devido ao arco ser incoberto.	
• Facilmente mecanizado.	
• Elevado produtividade	

3.7.2 Flux Cored Arc Welding – FCAW

Para Modebesi (2005), “A soldagem a arco com arame tubular (*Flux-Cored Arc Welding - FCAW*) é um processo que produz a coalescência de metais pelo aquecimento destes com um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo tubular, contínuo, consumível e a peça de trabalho. A proteção do arco e o cordão de solda é feita por um fluxo de soldagem continuo dentro do eletrodo, que pode ser suplementado por um fluxo de gás fornecido por um fonte externa.”

A fim de facilitar a compreensão do processo FCAW a Figura 7 ajudará, a ver os detalhes que envolvem o processo.

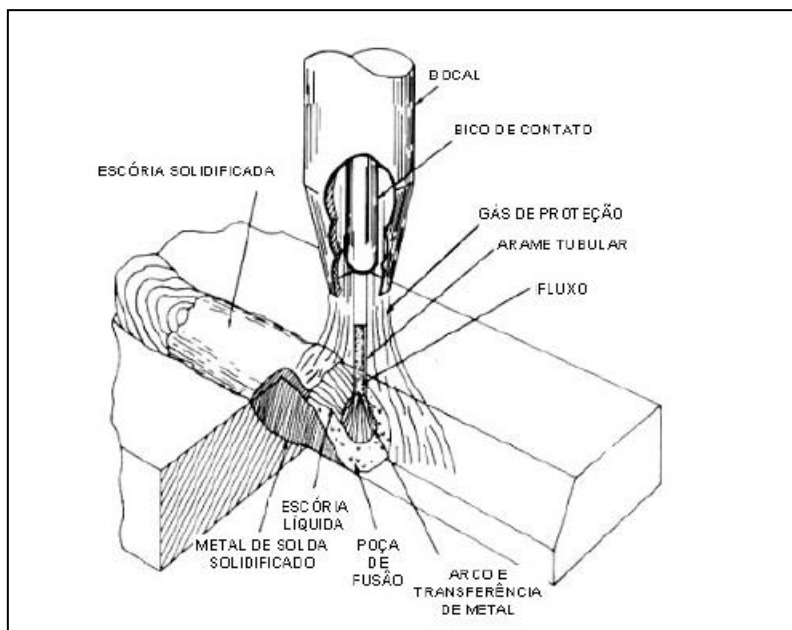


Figura 7 – Esquema FCAW

(<http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/biblioteca/Apostilas.cfm>)

No processo de soldagem por FCAW existem duas variáveis uma quando o arame é chamado de auto protegido e outra quando se usa o gás de proteção. Muitas vezes o processo de FCAW é confundido com o MIG/MAG por utilizar o mesmo equipamento, a diferença é que no processo MIG/MAG usa-se um eletrodo nu diferente do FCAW que possui o fluxo interno ao arame. A Figura 8 traz a seção transversal de um arame comumente usado.

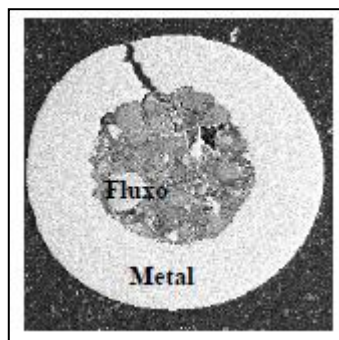


Figura 8 – Seção transversal de um arame tubular SAW (Modenesi e Marques – Soldagem I - 2006)

Devido à sua alta produtividade, alta taxa de deposição, o alto rendimento e a grande versatilidade é o processo mais utilizado na obra. A ESAB traz um gráfico comparativo demonstrando a vantagens do processo de soldagem com arame tubular em relação aos outros processos.

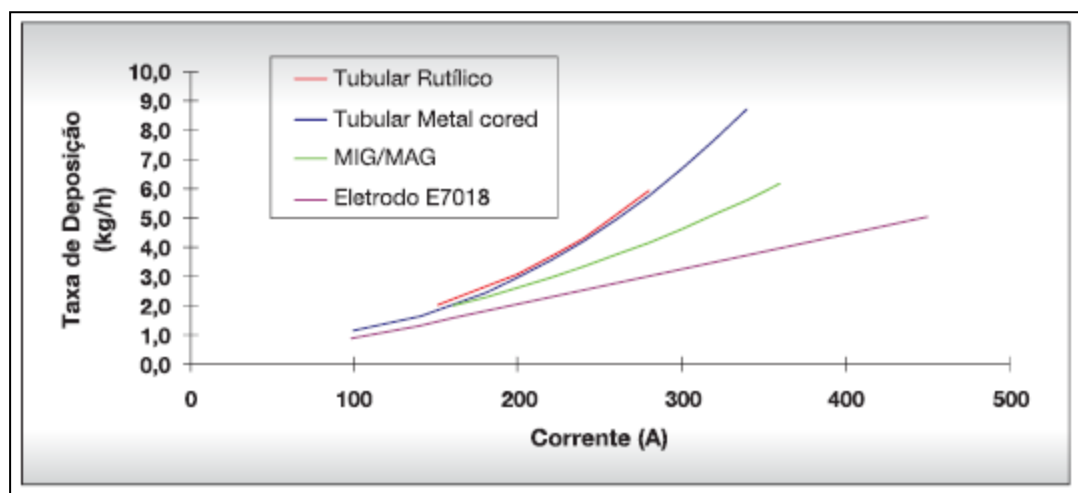


Figura 9 – Comparativo entre os processos de soldagem (www.esab.com.br)

Através da Figura 9 vemos o quanto o processo FCAW é vantajoso para indústria que utilizam um processo de soldagem em sua linha de montagem. Devido ao fato de se poder trabalhar com uma alta amperagem se aumenta a taxa de deposição aumentada assim significativamente o nível de produção. A tabela abaixo traz algumas vantagens e desvantagens do processo FCAW.

Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens (Soldagem I – Modenesi e Marques -2006)

VANTAGENS	DESVANTAGENS
• Elevado produtividade e eficiência • Soldagem em todas as posições • Custo relativamente baixo • Produz solda de boa qualidade e aparência	• Equipamento relativamente caro • Elevada quantidade de fumos • Necessita limpeza após a soldagem

Apesar das enormes vantagens em relação aos demais processos o FCAW é desvantajoso quando comparado ao SAW, se tratando de soldagem plana, daí o interesse de se substituir o método de soldagem manual (FCAW) pelo automático

(SAW). Como a solda com Hopper com o TDF é um lugar de difícil soldabilidade, devido a posição e aos cuidados que se deve ter por se tratar de um ponto CM com “*concave shape*”, viu-se a necessidade de se tornar mais produtivo e confiável esta solda e após alguns teste realizado pelo construtor ficou evidenciada que a substituição do FCAW e pelo SAW seria possível, mas se teria que tomar alguns cuidado como : realizar a contra solda com FCAW, para evitar que ficasse uma abertura o que faria que aparecesse muitos poros e a confecção de uma espécie de uma pá para direcionar o fluxo garantido que a poça de fusão fique totalmente encoberta.

Após este detalhe que foram observados nos teste preliminares a realização da EPS, foi possível a convocação da sociedade classificadora para se realizar um novo procedimento.

4. METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE AÇÃO

4.1 Metodologia

4.1.1 Planejamento

Ao se iniciar o projeto de construção de um navio ou uma serie de navios devido à boa prática e melhor andamento do projeto é necessário de fazer o Plano de EPS que geralmente é feito pelo departamento responsável pela solda, comumente chamado de Departamento de Solda, onde se tem o responsável por toda a solda do navio, um N2 em solda, alguns N1 e outros funcionários para compor o departamento. O N2 é responsável por elaborar o procedimento, fazendo um estudo de todas as soldas que devem ser realizada no navio e estabelece um Plano de EPS que irá cobrir todas as soldas realizadas durante a construção. E este plano é executado, preferencialmente, antes do início da construção.

4.1.2 Análise e Montagem da EPS Preliminar

Primeiramente se analisou o projeto e as especificações para a região que será realizada a EPS. Munidos de todos os dados necessários e baseados na AWS, no contrato e nas regras da classificadora.

4.2 Estratégia de Ação

4.2.1 Analisando o Plano de EPS

Ao analisar o Plano de EPS, verificou-se a necessidade de se elaborar um procedimento pra a solda do Hopper com o TDF, já que não se tinha um procedimento aprovado especifico para esta configuração de junta. Antes essa solda era realizada baseada em outro procedimento semelhante. Então, com se devia realizar uma EPS para a região em questão, e o departamento de solda viu a possibilidade de transformar o processo esta solda de semiautomático para

automático foi então proposto fazer esta solda pelo processo SAW fazendo à contra solda o processo FCAW.

Baseado no desenho técnico foi determinado a espessura, composição e grau da chapa, geometria da junta e posição. Os demais requisitos presentes na EPS serão retirados dos critérios requeridos pela AWS como, metal de adição, características elétricas, pré e pós-aquecimento. Com todos estes dados o N2 prepara a EPS Preliminar.

4.2.2 Montagem do Corpo de Prova

Para a execução da EPS é necessário uma chapa teste com material rastreado, para garantir que o mesmo é homologado pela sociedade classificadora, comprovando que sua especificação do material esta correta. Depois de verificada a rastreabilidade o chapa teste é confeccionado de acordo com a geometria da junta e nas dimensões especificados pela AWS para que possam ser retirados todos os corpos de provas necessários para os testes requeridos. Para a obtenção destes dados referentes ao CP o Capítulo 4 da AWS D1.1 2002 que é especifica para estruturas soldadas.

4.2.3 Ensaios Requeridos

Os ensaios requeridos em normas são:

- Tração;
- Dobramento;
- Impacto.

E adicionalmente foi realiza raio -x, macrografia e micrografia solicitada pelo ABS devido á EPS ser de dois reparos, e como serão dados dado três ciclos térmicos na chapa teste é interessante verificar as microestruturas. O raio-x é realizado para verificar se a chapa teste apresenta algum defeito antes de mandar para os ensaio destrutivos os ensaios destrutivos são realizados por um laboratório homologado pelo ABS para a realização dos mesmo. O laboratório tem sede no Rio de Janeiro e os teste são testemunhados por alguns vistoriador do ABS designado ao atendimento.

4.2.4 Documento Oficial

A elaboração oficial do documento, ou seja, a EPS aprovada é feita pelo N2 onde baseado na AWS ele analisa os resultados dos testes e verifica se cumpre como os requisitos exigidos pela norma. Cumprido estes requisitos, ele elabora a EPS contendo a RPQS e os relatórios dos ensaios destrutivos e não destrutivo. A partir daí o visitador locado na obra analisa a EPS para sua aprovação. Novamente ele analisa o resultado dos ensaios para verificar se então dentro das especificações. Atendendo a estes requisitos da norma, ele assina a EPS e o procedimento é aprovado para ser usado em campo.

5. MATERIAIS E METÓDOS

5.1 Processos de Soldagem

Os processos de soldagem escolhidos para este caso foram o SAW e o FCAW (Flux-Cored Arc Welding) que é um processo semiautomático e de boa qualidade, o qual irá proporcionar uma boa contra solda evitando fresta que possam causar poros no lado contrario ao chanfro. Já o SAW (Submerged Arc Wleding) foi escolhido pelo fato de ser altamente produtivo e possibilitar a soldagem na posição angular plana.

5.2 Metal de Base

O material de base utilizado será o AH 32, (sua espessura será determinada na EPS Preliminar), pois de acordo com a Tabela 4.8 e 3.1 da AWS D1.1- 2002, uma EPS feita com qualquer material do grupo II com qualquer material do II qualifica os matérias especificados na Tabela 4.8 e 3.1, como pode ser observado em destaque nas Figuras 9 e 10. Então se faz o uso destas tabelas para um material mais barato e de uso comum no projeto para poder qualificar os outros tipos de materiais, já que a maioria dos materiais utilizados então em destaque na Figura 10.

Table 3.1, Annex M and Unlisted Steels Qualified by PQR (see 4.7.3)	
PQR Base Metal¹	WPS Base Metal Group Combinations Allowed by PQR
Any Group I Steel to Any Group I Steel	Any Group I Steel to Any Group I Steel
Any Group II Steel to Any Group II Steel	Any Group I Steel to Any Group I Steel Any Group II Steel to Any Group I Steel Any Group II Steel to Any Group II Steel

Figura 9 – Grupos de materiais para a qualificação (Fonte Tabela 4.8 AWS D1.1 – 2002)

Group	Steel Specification Requirements				Filler Metal Requirements		
	Steel Specification	Minimum Yield Point/Strength		Tensile Range	AWS Electrode Specification		
		ksi	MPa		Process	Electrode Classification	Electrode Classification
ABS	Grades AH32, DH32, EH32	45.5	315	71-90	490-620		
	Grades AH36, DH36, EH36 ²	51	350	71-90	490-620		

Figura 10 – Propriedades do metal de base(Fonte Tabela 3.1 AWS D1.1 – 2002 , pg 63)

A Tabela 1 do ABS Rules – Part 2.1.3 – 2012 nos fornece a composição química dos materiais de alta resistência usados na construção de cascos certificados pelo ABS.

Chemical Properties of Higher-strength Hull Structural Steel 100 mm (4.0 in.) and Under (2012)			
Grades	AH/DH/EH 32, AH/DH/EH 36 and AH/DH/EH 40		FH 32/36/40
Deoxidation	Killed, Fine Grain Practice ⁽¹⁾		
Chemical Composition ⁽²⁾	(Ladle Analysis), % max. unless specified in range		
C	0.18		0.16
Mn	0.90–1.60 ⁽³⁾		0.90–1.60
Si	0.10–0.50 ⁽⁴⁾		0.10–0.50 ⁽⁴⁾
P	0.035		0.025
S	0.035		0.025
Al (acid Soluble) min ^(5, 6)	0.015		0.015
Nb ^(8, 7)	0.02–0.05		0.02–0.05
V ^(8, 7)	0.05–0.10		0.05–0.10
Ti	0.02		0.02
Cu ⁽⁸⁾	0.35		0.35
Cr ⁽⁸⁾	0.20		0.20
Ni ⁽⁸⁾	0.40		0.80
Mo ⁽⁸⁾	0.08		0.08
Ca ⁽⁷⁾	0.005		0.005
N	—		0.009 (0.012 if Al present)
Marking ⁽⁹⁾	AB/XYYY (X = A, D, E or F YY = 32, 36 or 40)		

Figura 11 – Composição química do metal de base (Fonte Tabela 1 ABS Rules Part 2.1.3 -2012)

As propriedades mecânicas do AH 32 são fornecidas nas Tabelas 2 e 4 do ABS Rules Part 2- 2012.

Tensile Properties of Higher-strength Hull Structural Steel 100 mm (4.0 in.) and Under (2008)			
Grade	Tensile Strength N/mm^2 (kgf/mm^2 , ksi)	Yield Point min. N/mm^2 (kgf/mm^2 , ksi)	Elongation ^(1, 2, 3) min. %
AH 32 DH 32 EH 32 FH 32	440-590 (45-60, 64-85)	315 (32, 46)	22
AH 36 DH 36 EH 36 FH 36	490-620 (50-63, 71-90)	355 (36, 51)	21
AH 40 DH 40 EH 40 FH 40	510-650 (52-66, 74-94)	390 (40, 57)	20

Figura 12 – Propriedades mecânicas do metal de base (Fonte Tabela 2 ABS Rules Part 2.1.3 -2012)

Impact Properties of Higher-strength Steel 100 mm (4.0 in.) and Under (2005)							
Grade	Temp °C (°F)	Average Absorbed Energy ⁽¹⁾ J ($kgf-m$, ft-lbf)					
		$t \leq 50$ mm (2.0 in.)		50 mm (2.0 in.) < $t \leq 70$ mm (2.8 in.)		70 mm (2.8 in.) < $t \leq 100$ mm (4.0 in.)	
		Long ⁽²⁾	Transv ⁽²⁾	Long ⁽²⁾	Transv ⁽²⁾	Long ⁽²⁾	Transv ⁽²⁾
AH 32		31 (3.2, 23)	22 (2.3, 16)	38 (3.9, 28)	26 (2.7, 19)	46 (4.7, 34)	31 (3.2, 23)
AH 36	0 (32)	34 (3.5, 25)	24 (2.4, 17)	41 (4.2, 30)	27 (2.8, 20)	50 (5.1, 37)	34 (3.5, 25)
AH 40		39 (4.0, 29)	26 (2.7, 19)	46 (4.7, 34)	31 (3.2, 23)	55 (5.6, 41)	37 (3.8, 27)
DH 32		31 (3.2, 23)	22 (2.3, 16)	38 (3.9, 28)	26 (2.7, 19)	46 (4.7, 34)	31 (3.2, 23)
DH 36	-20 (-4)	34 (3.5, 25)	24 (2.4, 17)	41 (4.2, 30)	27 (2.8, 20)	50 (5.1, 37)	34 (3.5, 25)
DH 40		39 (4.0, 29)	26 (2.7, 19)	46 (4.7, 34)	31 (3.2, 23)	55 (5.6, 41)	37 (3.8, 27)
EH 32		31 (3.2, 23)	22 (2.3, 16)	38 (3.9, 28)	26 (2.7, 19)	46 (4.7, 34)	31 (3.2, 23)
EH 36	-40 (-40)	34 (3.5, 25)	24 (2.4, 17)	41 (4.2, 30)	27 (2.8, 20)	50 (5.1, 37)	34 (3.5, 25)
EH 40		39 (4.0, 29)	26 (2.7, 19)	46 (4.7, 34)	31 (3.2, 23)	55 (5.6, 41)	37 (3.8, 27)
FH 32		31 (3.2, 23)	22 (2.3, 16)	38 (3.9, 28)	26 (2.7, 19)	46 (4.7, 34)	31 (3.2, 23)
FH 36	-60 (-76)	34 (3.5, 25)	24 (2.4, 17)	41 (4.2, 30)	27 (2.8, 20)	50 (5.1, 37)	34 (3.5, 25)
FH 40		39 (4.0, 29)	26 (2.7, 19)	46 (4.7, 34)	31 (3.2, 23)	55 (5.6, 41)	37 (3.8, 27)

Figura 13 – Propriedade de impacto do metal de base (Fonte Tabela 4 ABS Rules Part 2.1.3 -2012)

5.2.1 Rastreabilidade do Metal de Base

A rastreabilidade é uma prática utilizada durante a elaboração de uma EPS que visa à confiabilidade do sistema. O metal de base AH 32 foi comprado de XINYU IRON & STEEL CO. LTD. possui número de certificado XH9 0215621-1-1 e número de corrida 09908132 para a chapa de 22,0 mm e XH9 024495-2-1 e corrida 09912280^a.

Para que o certificado seja válido perante a sociedade classificadora, a siderúrgica onde foi comprada a chapa que será utilizada na EPS deve ser homologada pelo ABS. Este é o primeiro passo para se comprovar a rastreabilidade, o segundo é comprovar que as chapas de teste onde serão retirados os corpos de prova são realmente do certificado que esta sendo apresentado. Como a chapa vem da usina com o numero do certificado e da corrida, o vistoriador verifica se os números batem, se os números que estão na chapa são os mesmo do certificado e se o certificado tem o stamp do ABS. Se tudo isto estiver correto, a rastreabilidade esta comprovada. A fim de garantir que o CP será retirado daquela chapa rastreada o vistoriador bate um sinete com o símbolo AB na chapa para quando for dar inicio a EPS o vistoriador que fizer o atendimento ver que a chapa foi rastreada.

Uma boa prática é analisar a composição química do certificado apresentado do material de base e comparar com o que a norma pede a fim de verificar se estão de acordo. Na Figura 11 que é referente à Tabela 1 da Part 2-1-3 da regra do ABS informa a faixa de teor dos constituintes para o aço ser enquadrado com AH 32 que são:

- 0,18% de C
- 0,90 – 1,60 % Mn
- 0,10 – 0,50 % Si
- 0,035 % P
- 0,035 % S
- 0.35 % Cu
- 0.40 % Ni

Os demais elementos constituintes não são relevantes pra este caso, ao menos que sejam adicionados intencionalmente ou ultrapassem os limites impostos pelo item 2-1-3/5 da Part 2 do ABS Rules, porém neste caso não temos problema quanto a isso. No certificado do material foi determinado que na corrida utilizada apresentasse a seguinte composição química.

Para a chapa de 18,5 mm:

- 0,10% de C
- 1,22 % Mn
- 0,22 % Si
- 0,016 % P
- 0,001 % S
- 0,05 % Cu
- 0,01 % Ni

Para a chapa de 22,0 mm:

- 0,10% de C
- 1,25 % Mn
- 0,24 % Si
- 0,024 % P
- 0,002 % S
- 0,03 % Cu
- 0,02 % Ni

Comparando a composição química das duas chapas que serão usadas como corpo de prova e a composição química pedida em normas; se vê que não há grandes diferenças na porcentagem dos elementos químicos, além de tudo, a chapa é certificada pela sociedade classificadora na usina para que ela já saia enquadrada nos padrões exigidos por ela. Devido a este fato há um vistoriador encarregado de certificar chapas nas usinas para garantir que quando um estaleiro comprar chapa de

um fabricante, elas já vem certificadas, comprovando que ela atende todos os requisitos requeridos em norma.

5.3 Metal de Adição

Para a EPS em questão, foram usados dois metais de adição, um para a contra solda, feita em FCAW, e outra para a solda de enchimento, feita com SAW.

5.3.1 Metal de Adição para o SAW

Como o metal de adição é tratado como uma variável essencial, segundo a AWS 2002 – Tabela 4.5 e Tabela 4.6, foi escolhido o F7A4-EM12K baseado na AWS A5. 17 que trata da especificação de metal de adição para SAW e pelo catalogo da ESAB. A Figura 1U da AWS A5. 17 traz o significado de cada dígito que compõe a sigla do metal de adição.

Pela AWS A5. 17 ele foi escolhido a fim de atender aos requisitos mecânicos do aço AH 32 (Figura 12). Com o auxílio das Figuras 12 e 16 pode se comparar as propriedades mecânicas do metal de adição e do metal de base. O certificado de qualidade esta em anexo (Fonte: www.esab.com.br em fevereiro de 2013). E com as Figuras 11 e 15 se faz um comparativo entre as propriedades mecânicas.

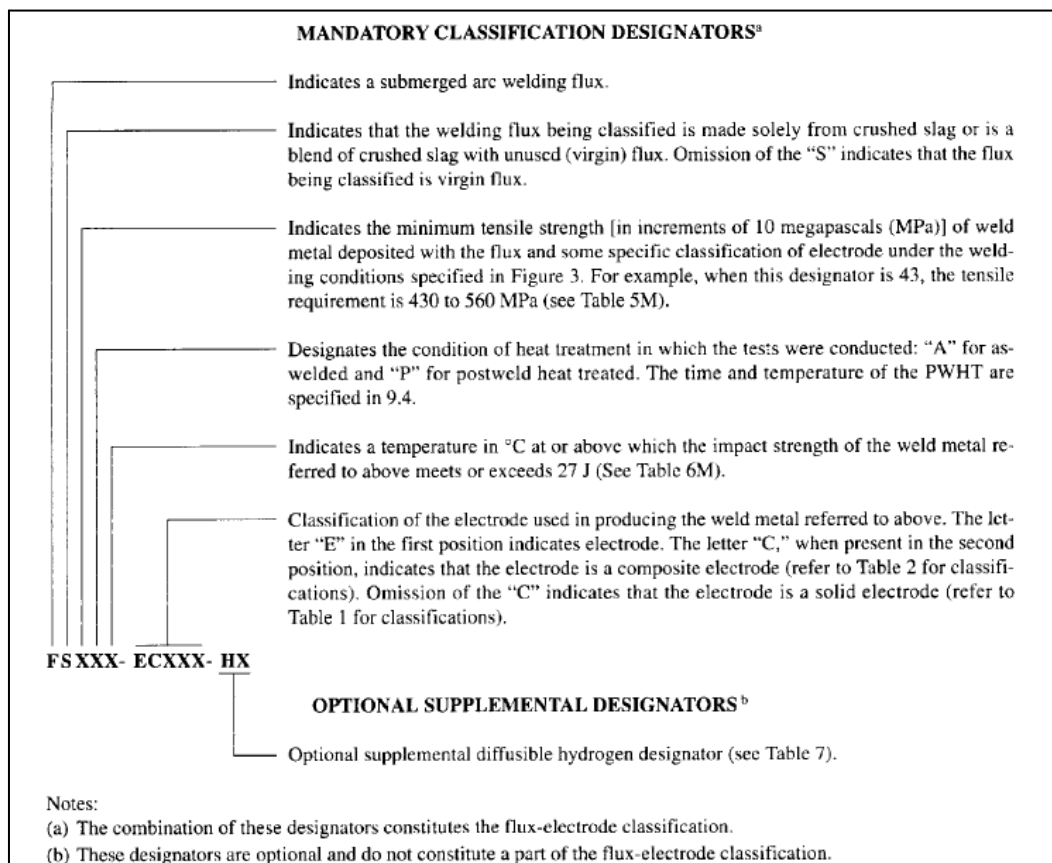


Figura 14 – Nomenclatura do metal de adição do FCAW (Fonte Figura 1- AWS A5.17 – 1997)

A Figura 14 traz a classificação do metal de adição segundo a AWS usando o SI (Sistema Internacional de Medidas) e por isso traz mais algarismos do que usado em nosso arame F7A4-EM12K. De forma mais clara FXXX-EXXX. Os ensaios requisitados para esta a classificação dos metais de adição são: análise química do arame-eletrodo; análise química de metal depositado para arame composto e o conjunto soldado em chanfro para avaliar as propriedades mecânicas e sanidade do metal depositado.

- F – Designa Fluxo;
- 1ºX – Designa limite de ruptura do ensaio de tração na unidade de 10 Ksi. Estes dígitos podem 6 ou 7;
- 2º X – Designa a condição de tratamento térmico no qual as propriedades mecânicas foram obtidas;
 - A – Como soldado (As welded);

- P – Após tratamento térmico de alívio de tensões (Postweld heat treated).
- 3º X – Designa requerimentos de impacto. Indica a temperatura no qual é efetuado ensaio de impacto;
- E – designa Eletrodo;
- 4º,5º e 6º X– Designa a composição química do arame eletrodo;
- 4º X – este dígito pode ser:
 - L – baixo teor de Mn,
 - M – médio teor de Mn
 - H – alto teor de Mn.
 - Este dígito ainda pode ser C que significa eletrodo composto (metal cored).
- 5º e 6ºX – Representam os dígitos que significam a faixa centesimal do teor de C.
- (X) – este dígito quando esta nesta classificação é K – que significa acalmado ao silício.

Chemical Composition Requirements for Solid Electrodes								
wt. percent ^{a,b}								
Electrode Classification	UNS Number ^c	C	Mn	Si	S	P	Cu ^d	Ti
Medium-Manganese Electrodes								
EM11K	K01111	0.07–0.15	1.00–1.50	0.65–0.85	0.030	0.025	0.35	—
EM12	K01112	0.06–0.15	0.80–1.25	0.10	0.030	0.030	0.35	—
EM12K	K01113	0.05–0.15	0.80–1.25	0.10–0.35	0.030	0.030	0.35	—
EM13K	K01313	0.06–0.16	0.90–1.40	0.35–0.75	0.030	0.030	0.35	—
EM14K	K01314	0.06–0.19	0.90–1.40	0.35–0.75	0.025	0.025	0.35	0.03–0.17
EM15K	K01515	0.10–0.20	0.80–1.25	0.10–0.35	0.030	0.030	0.35	—

Figura 15 – Composição química do arame sólido (Fonte Tabela 1 - AWS A5. 17 – 1997)

A5.17M Tension Test Requirements			
Flux-Electrode Classification ^a	Tensile Strength MPa	Yield Strength ^b MPa	Elongation ^b %
F43XX-EXXX	430–560	330	22
F48XX-EXXX	480–660	400	22

Figura 16- Propriedades mecânicas do metal de adição do SAW (Fonte Tabela 5M-AWS A5.17 – 1997)

O metal de adição F48XX-EXXX é o mesmo que o F7XX-EXXX ele apenas esta no SI afim de poder se comparar melhor as propriedades mecânicas entre o metal de adição e o de base

A Tabela 3 mostra o comparativo entre a composição química do metal de base segundo o ABS, do metal de adição segunda a AWS e a Tabela 5 mostra o comparativo das propriedades mecânicas seguindo o mesmo raciocínio da Tabela 3.

Tabela 3 – Comparativo entre as composições químicas

Composição Química		
	Metal de base (% max)	Metal de Adição (%)
C	0,18	0,05 - 0,15
Mn	0,90 - 1,60	0,08 - 1,25
Si	0,10 - 0,50	0,10 - 0,35
S	0,035	0,03
P	0,035	0,03
Cu	0,35	0,35
Ni	0,4	-

Como se pode observar a composição química do arame é muito próxima do metal de base indicando que este é o metal de adição a ser usado para este procedimento. A Tabela 4 informa a composição química do arame usado na EPS referente ao lote da ESAB - VT035F3518 de 3,97 mm de diâmetro.

A Tabela 5 mostra as propriedades mecânicas do metal de base e do metal de adição, nota-se que o metal de adição possui requisitos um pouco mais elevados que

o de base, mas esta diferença é totalmente aceita devido ao fato de não se conseguir um metal de adição igual ao de base.

Tabela 4 – Composição Química do Arame - SAW (Fonte: www.esab.com.br)

Composição Química						
C	Mn (%)	Si (%)	S (%)	P(%)	Cu (%)	Ni (%)
0,086	1,16	0,10	0,011	0,013	0,080	-

Tabela 5 – Comparativo entre as Propriedades Mecânicas

Propriedades Mecânicas		
	Metal de Base	Metal de Adição
Resistência à tração (MPa)	440-590	480-660
Limite de Resistência (MPa)	315	400
Alongamento (%)	22	22

5.3.2 Metal de Adição para o FCAW

Novamente quem determinou a escolha do metal de adição foi a Tabela 3.1 da AWS D1. 1 – 2002 que esta em anexo. Nela indica a AWS A5. 20 para a soldagem com FCAW. Para este caso foi escolhido o E71T-1, a fim de atender as propriedades mecânicas do metal de base. A seguir será detalhado o porquê da escolha deste arame tubular.

Como a Tabela 3.1 faz referência a AWS A5. 20 é nela que foi retiradas todas as informações necessárias para justificar a escolha do E71T-1 como metal de adição para esta EPS. O mesmo procedimento usado no metal de adição do SAW será utilizado para o FCAW, primeiro explicando sua nomenclatura e depois comparando as propriedades do metal de base com o de adição para verificar sua compatibilidade.

A Figura 17 traz da AWS a nomenclatura do arame de forma completa com todas as especificações que ele pode ter, mas para o nosso caso se pode simplificar um pouco utilizando apenas EXXT-X. Onde:

- E – Designa eletrodo;
- 1º X – Designa limite de ruptura no ensaio de tração em 10 Ksi;
- 2º X – Indica a posição de soldagem;
 - 1 – todas as posições e;
 - 0 – posição plana e horizontal.
- T – Designa arame tubular com fluxo em seu interior;
- 3º X – Indica a usabilidade do eletrodo. (Figura 18)

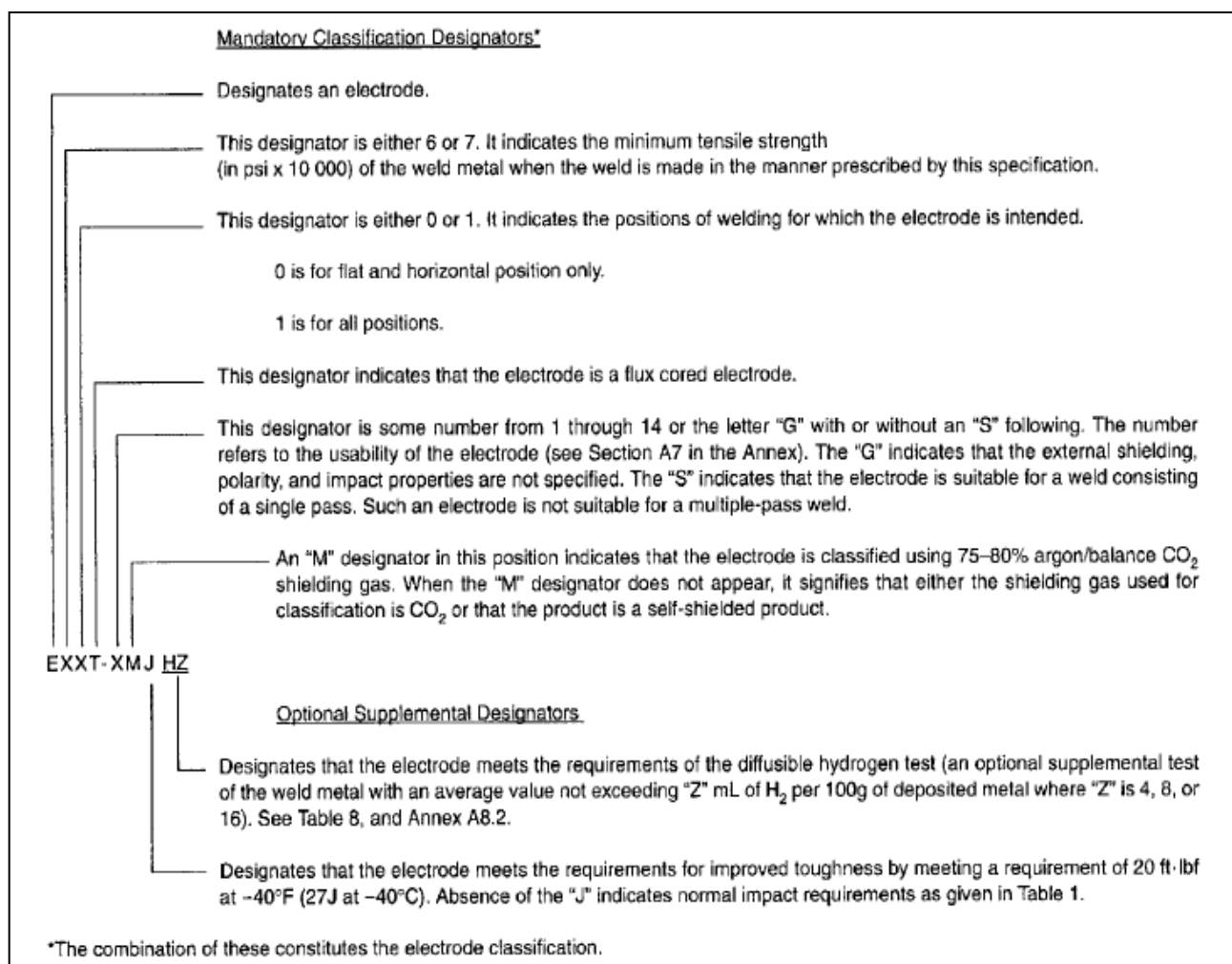


Figura 17 – Nomenclatura do metal de adição do SAW (Fonte : Figura A1 – AWS A5.

20 – 1995)

Position of Welding, Shielding, Polarity, and Application Requirements				
AWS Classification	Position of Welding ^{a,b}	External Shielding ^c	Polarity ^d	Application ^e
E70T-1	H and F	CO ₂	DCEP	M
E70T-1M	H and F	75-80% Ar/bal CO ₂	DCEP	M
E71T-1	H, F, VU, OH	CO ₂	DCEP	M
E71T-1M	H, F, VU, OH	75-80% Ar/bal CO ₂	DCEP	M
E70T-2	H and F	CO ₂	DCEP	S

Figura 18 – Características do metal de adição (Fonte :Tabela 1 AWS A5. 20 – 1995)

Para fazer a mesma comparação que foi feita com o metal de adição do SAW, se comparará as propriedades químicas e mecânicas do metal de base como metal de adição a fim de verificar sua compatibilidade, já que se espera que o metal de adição tenha propriedades químicas e mecânicas muito próximas.

As Figuras 19e 20 foram tiradas da AWS A5. 20 e nelas estão as propriedades mecânicas e químicas, respectivamente.

As-Welded Mechanical Property Requirements ^a						
AWS Classification	Tensile Strength		Yield Strength ^b		Percent Elongation ^c	Charpy V-Notch Impact Energy ^d
	ksi	MPa	ksi	MPa		
E7XT-1, -1M ^e	70	480	58	400	22	20 ft·lbf at 0°F (27 J at -18°C)
E7XT-2, -2M ^e	70	480	Not Specified		Not Specified	Not Specified
E7XT-3 ^e	70	480	Not Specified		Not Specified	Not Specified
E7XT-4	70	480	58	400	22	Not Specified

Figura 19 – Propriedades mecânicas do metal de adição (Fonte : Tabela 1 AWS A5. 20 – 1995)

A Tabela 6 faz um comparativo entre as propriedades químicas do metal de base e o de adição, e fica claro a sua compatibilidade, pois só dois elementos apresentam uma discrepância, o manganês e do silício, e suas discrepâncias não são tão crestantes.

Chemical Composition Requirements for Weld Metal												
AWS Classification	UNS Number ^c	Weight Percent ^{a,b}										
		Carbon	Manganese	Silicon	Sulfur	Phosphorus	Chromium ^d	Nickel ^d	Molybdenum ^d	Vanadium ^d	Aluminum ^{d,e}	Copper ^d
E7XT-1	W07601											
E7XT-1M												
E7XT-5	W07605	0.18	1.75	0.90	0.03	0.03	0.20	0.50	0.30	0.08	—	0.35
E7XT-5M												
E7XT-9	W07609											
E7XT-9M												

Figura 20 – Composição química do metal de adição (Fonte: Tabela 6 AWS A5. 20)

Tabela 6 - Comparativa entre as composições químicas

Composição Química		
	Metal de base (% max)	Metal de Adição (%)
C	0,18	0,18
Mn	0,90 - 1,60	1,75
Si	0,10 - 0,50	0,90
S	0,035	0,03
P	0,035	0,03
Cu	0,35	0,35
Ni	0,4	0,50

Como não é sempre possível ter um metal de adição exatamente com as propriedades pedidas pela AWS devido às variâncias dos processos o metal de adição usado tem suas propriedades químicas de acordo com a Tabela 7. Os dados obtidos para elaboração da Tabela 7 foram retirados do certificado do metal de adição.

Tabela 7 – Composição Química do Arame - FCAW

Composição Química						
C (%)	Mn (%)	Si (%)	S (%)	P (%)	Cu (%)	Ni (%)
0,06	1,3	0,38	0,01	0,02	-	-

Depois de comparar as propriedades químicas resta agora saber se as propriedades mecânicas atendem as requeridas pelo metal de base. Para isso usamos novamente o auxílio de uma tabela.

Tabela 8 – Comparativo entre as Propriedades Mecânicas

Propriedades Mecânicas		
	Metal de Base	Metal de Adição
Resistência à tração (MPa)	440-590	480
Limite de Resistência (MPa)	315	400
Alongamento (%)	22	22

5.3.3 Homologação do Metal de Adição

Para o ABS o “Type Approval” representa um o processo com abrangentes avaliações e auditorias, servindo para a manutenção de um banco de dados.

“Um produto com Type Approval satisfaz os processos de:

- 1- Avaliação de um engenheiro de um projeto para determinar a conformidade com as especificações. O fabricante deverá apresentar informações suficientes para permitir ao ABS determinar se o produto atende às especificações. Isso resulta em um Product Design Assessment Certificate (PDA).
- 2- Testemunhando fabricação e teste de um tipo de produto para determinar a conformidade com a especificação
- 3- Um surveyor avalia a os regimes de produção para confirmar que o produto pode ser produzido de forma consistente, de acordo com a especificação. Isso resulta na emissão de Manufacturing Assessment Certificate.”

(www.eagle.org 23/03/2013 as 16:00)

A Figura 17 mostra o Type Approval do arame usado no SAW.

Submerged Arc Welding					
Trade Name	Spec	Grade	Current Polarity	Sizes	Port Office
BRAZIL					
Esab S.A. Industria e Comercio					
OK Autrod 12.10 / OK Flux 10.71	ABS	3M	ac / dcep	2.0 - 6.0 mm	São Paulo
OK Autrod 12.20 / OK Flux 10.71	ABS	4Y400M	ac / dcep	2.0 - 6.0 mm	São Paulo
OK Autrod 12.22 / OK Flux 10.71	ABS	4Y400M	ac / dcep	2.0 - 6.0 mm	São Paulo
OK Autrod 12.22 / OK Flux 429	ABS	3YM	dcep	2.0 - 6.35 mm	São Paulo

Figura 17 – Type Approval Filler Metal (Fonte www.eagle.org)

5.4 Geometria da Junta

A geometria da junta é determinada pelo projeto de fabricação. A junta em questão é uma junta em ângulo, com penetração parcial e com contra solda. Na introdução deste trabalho já foi exemplificado como seria a junta. A Figura 20 traz a geometria da junta.

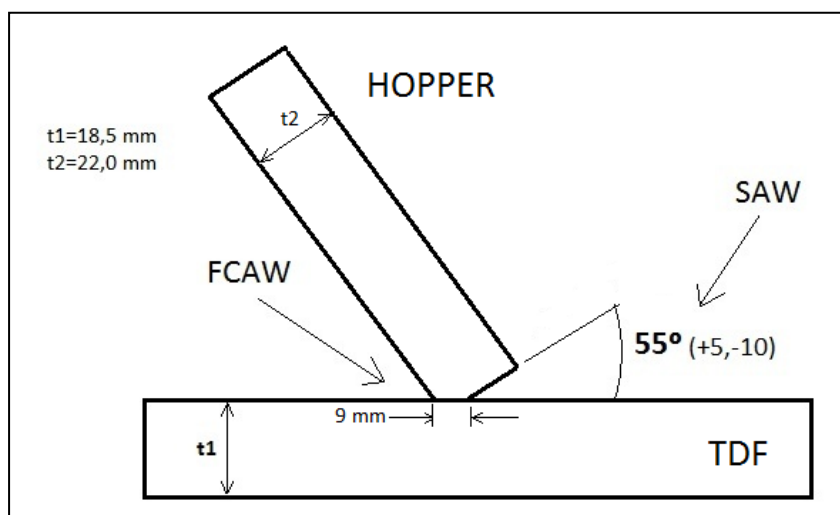


Figura 20 – Desing da Junta

5.5 Elaboração da EPS Preliminar

A EPS Preliminar é muito importante durante a elaboração e execução de uma EPS. Ela é feita previamente por um N2 e nela deve conter todos os dados para a execução da EPS, deve conter também, qual o metal de base que será usado, qual o metal de adição, posição de soldagem, geometria da junta, rastreabilidade da chapa, certificados e “Type Aproval” dos metais de adição, fluxo ou gás de proteção se for o caso, se vai haver contra solda ou não, pre e/ou pôs tratamento térmico dentre outras coisas. Mas essencialmente deve conter as informações das variáveis essenciais. Para este caso:

- ✓ Processo de soldagem: FCAW e SAW

- ✓ Tipo de consumível:

SAW- F7A4- EM12K e com diâmetro de 4,0 mm;

FCAW- E71T-1 e com diâmetro de 1,2 mm;

- ✓ Design da junta: Solda em ângulo com penetração parcial – Figura 20
- ✓ Voltagem e Amperagem: Inicialmente recomendável pelo fabricante do metal de adição
- ✓ Posição: 2G

Outra informação que é sempre colocada pelo N2, é que o local onde a solda será realizada deve estar organizado, abrigado do vento e chuva. A junta soldada deverá estar isenta de óleo, sujeira, graxa, oxidação e materiais contaminantes. O armazenamento e manuseio dos consumíveis devem seguir as recomendações do fabricante.

A espessura do metal de base é determinada pelo projeto. Para a chapa na horizontal a espessura é de 22,0 mm e para a chapa em ângulo é 18,5 mm. E pela AWS D1.1 2002 na Tabela 3.2 determina as seguintes especificações para o pré-aquecimento:

- ✓ Para espessura menor que 38,0 mm não é aplicável;
- ✓ Para espessura entre 38,0 e 65,0 mm pré-aquecimento de 65°C;
- ✓ Para espessuras maiores que 65,0 mm pré-aquecimento de 110°C.

e pós aquecimento não aplicável. O gás de proteção usado para o processo de FCAW será o CO₂ - 99,9 % a uma vazão de 18L/min. Com todos estes dados em mãos e a chapa teste montada, cortada e posicionada, dar-se início à execução da EPS.

Antes da execução da EPS a Preliminar é mostrada a sociedades classificadora pra que ela fique ciente de qual EPS irá acompanhar, e verificar a rastreabilidade chapa teste, dos certificados dos consumíveis e se ela possui algum comentário sobre a EPS Preliminar, com por exemplo se ela quer algum ensaio extra ou propõe alterações na Preliminar

5.6 Montagem da Chapa Teste

Como a EPS Preliminar em mãos têm-se todos os parâmetros para executar a EPS, restando apenas o chapa teste. A chapa depois de identificada e rastreada, ela é então cortada e chanfrada. Suas dimensões são baseadas na quantidade de ensaio destrutivos em não destrutivos que devem ser feitos.

Ressaltando, a chapa deve estar livre de descontinuidades e irregularidades. Não contendo carepa de laminação, sujeira, óleos e graxas, sulcos ou empenos.

Depois de cortada e chanfrada, a chapa teste é então montada e levada para o local onde irá ocorrer a execução da EPS. Antes de se iniciar a solda o N1 inspeciona a chapa teste para garantir que o desing da junta esta de acordo com a EPS Preliminar. As dimensões da chapa teste foram determinadas pelo N2 e são de acordo com a Figura 24, já que se trata de uma solda usando SAW.

5.7 Execução da EPS

Para se iniciar um a execução de uma EPS é necessária à presença de um N1 e a convocação da sociedade classificadora. Com por regra é um “*witness point*” o vistoriador decide se irá acompanhar o processo todo ou só irá dar o ponta pé inicial, verificando se os consumíveis estão em bons estado, confere se são os propostos na EPS Preliminar, se o gás de proteção e o fluxo estão de acordo e por último confere o dimensional da chapa teste a fim de verificar se a desing da junta esta de acordo com a EPS Preliminar.

Respeitado os parâmetros estabelecidos na EPS Preliminar inicia-se a soldagem. Nesta parte do processo há um acompanhamento “*full time*” de um N1, o qual registra os parâmetros utilizados na soldagem.

Durante o acompanhamento da soldagem, é gerado pelo N1 um Relatório de Registro de Soldagem. Nele é informada a EPS em questão, a posição de soldagem, horário e data de início e de término da soldagem, o nome do soldador ou operador, com suas respectivas matrícula e número de sinete, a especificação do metal de base e a classificação do metal de adição.

O N1 informa neste relatório algumas informações detalhadas para garantir a rastreabilidade da EPS, como o número de certificado de metal de base, com a identificação do mesmo através de seu ID e corrida, o mesmo ocorrendo com o metal de adição, com lote informado, nome comercial e o número do certificado. Um croqui técnico da junta também é feito pelo inspetor, para que o mesmo possa informar o número de passes e de camadas, e também registrar as dimensões vistas durante a montagem da peça de teste, como abertura de raiz, nariz e ângulo de chanfro, conforme figura abaixo:

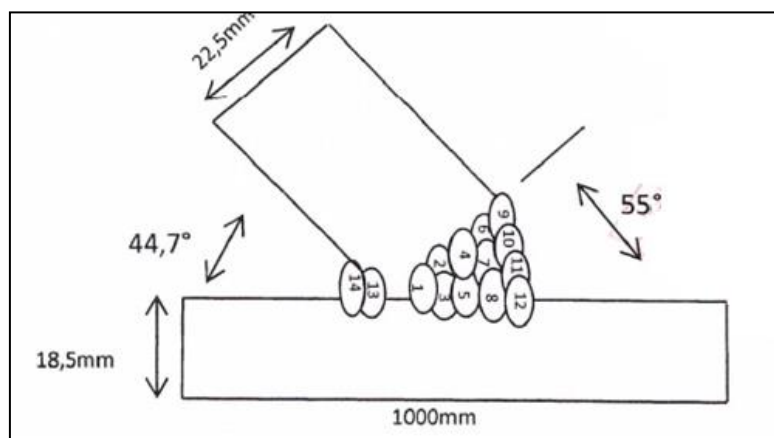


Figura 21 – Croqui da Junta após a execução da EPS

Durante a execução de cada passe é informado o processo, o eletrodo ou arame (tipo e diâmetro em mm), o fluxo ou gás (tipo e vazão), a corrente em A, a tensão em V, a velocidade de soldagem em cm/min, o aporte térmico ou *heat input* em kJ/cm, o tipo de corrente e polaridade e por fim as temperaturas pré-aquecimento e interpasse.

Todas as informações são colhidas pelo N1, informações esta que serão a base pra a elaboração da EPS.

Estes dados colhidos pelo N1 formam a folha de acompanhamento que é parte integrante que compõe o documento oficial da EPS. Para exemplificar a Figura 22 uma parte da folha de acompanhamento.

Nº do Passe	Proc.	Eletrodo ou Arame		Fluxo ou Gás		Amp. (A)	Volt. (V)	Veloc. (cm/min)	Heat Input (J/cm)	Corrente Polaridade	Temperatura Interpasse ° C
		Tipo	(mm)	Tipo	Vazão (l/min)						
1	SAW	EM12K	4,0	NA	NA	650	33	45,5	28314	CC+	NA
2	SAW	EM12K	4,0	NA	NA	630	33	48,0	25988	CC+	NA
3	SAW	EM12K	4,0	NA	NA	650	35	49,6	27528	CC+	NA
4	SAW	EM12K	4,0	NA	NA	650	35	48,0	28438	CC+	NA
5	SAW	EM12K	4,0	NA	NA	650	35	48,8	27983	CC+	NA
6	SAW	EM12K	4,0	NA	NA	630	33	48,0	25988	CC+	NA
7	SAW	EM12K	4,0	NA	NA	650	33	47,2	27242	CC+	NA
8	SAW	EM12K	4,0	NA	NA	650	35	49,6	27528	CC+	NA
9	SAW	EM12K	4,0	NA	NA	650	35	48,4	28210	CC+	NA
10	SAW	EM12K	4,0	NA	NA	635	35	49,6	26892	CC+	NA
11	SAW	EM12K	4,0	NA	NA	650	33	50,0	25740	CC+	NA
12	SAW	EM12K	4,0	NA	NA	650	33	48,8	26384	CC+	NA
13	FCAW	E71T-1	1,2	CO ₂	18	206	28,9	14,6	24409	CC+	NA
14	FCAW	E71T-1	1,2	CO ₂	18	204	30	14,2	25826	CC+	NA

Figura 22 – Exemplo de uma Folha de Acompanhamento

O aporte térmico (AT) é a energia de soldagem ou o resultado encontrado dos parâmetros elétricos de soldagem, da seguinte fórmula matemática: $AT = (I \times V \times 60) / (v)$, dados corrente I em ‘A’ (amperes), tensão V em ‘V’ (Volts) e velocidade v em ‘cm/min’, onde a resposta é dada em J/cm ou kJ/cm (MARQUES, 2005).

5.8 Ensaios Requeridos

Segundo o AWS D1. 1 (2002) Item 4.4 “os tipos e números de teste exigidos para se qualificar uma EPS para uma dada espessura, diâmetro ou ambos, deve ser de acordo com a Tabela 4.2 (CJP), Tabela 4.3 (PJP) e Tabela 4.4 (Filete).”

Os ensaios requeridos para esta EPS são determinados por esta norma, mais precisamente pela Tabela 4.3, exemplificada na Figura 21, por a solda se tratar de

uma PJP. Como se tratar de uma junta de penetração parcial com CP de espessura de 22,0 mm são requeridos os seguintes testes:

- ✓ 3 Macrografias;
- ✓ 2 Ensaios de Tração;
- ✓ 4 Dobramentos Laterais;
- ✓ Inspeção visual.

Toda a parte que trata dos ensaios e testes requeridos pela AWS está no item 4.8 da AWS D1. 1, neste item se menciona como devem ser realizados os testes, qual o critério de aceitação para cada um; então este item da monografia é todo baseado neste item 4.4 da AWS em questão.

Para uma melhor didática separamos os testes requeridos em dois tópicos, Ensaios Destrutivos e Não Destrutivos.

5.8.1 Ensaios Destrutivos

Os ensaios destrutivos requeridos para esta EPS são:

- ✓ Ensaios de Tração;
- ✓ Dobramentos Laterais.

Embora a macrografia não seja um ensaio destrutivo é necessário cortar a chapa teste para retirar uma amostra, então isso acaba se tornando um ensaio destrutivo.

Primeiramente será explicado cada teste e posteriormente seus critérios.

A Figura 24 que é correspondente à Figura 4. 10 da AWS D1. 1, 2002, nela mostra onde a dimensão da chapa teste, para esta EPS o N2 determinou que fosse usado uma chapa teste de 540 por 360 mm, pois é exigido ensaio de dobramento lateral.

Number and Type of Test Specimens and Range of Thickness Qualified— WPS Qualification; PJP Groove Welds (see 4.10)								
Test Groove Depth, T in. [mm]	Number of Specimens ^{1, 2}					Qualification Ranges ^{3, 4}		
	Macroetch for Weld Size (E)	Reduced- Section Tension (see Fig. 4.14)	Root Bend (see Fig. 4.12)	Face Bend (see Fig. 4.12)	Side Bend (see Fig. 4.13)	Groove Depth	Nominal Plate, Pipe or Tubing Plate Thickness, in. [mm]	
							Min	Max
1/8 ≤ T ≤ 3/8 [3 ≤ T ≤ 10]	3	2	2	2	—	T	1/8 [3]	2T
3/8 < T ≤ 1 [10 < T ≤ 25]	3	2	—	—	4	T	1/8 [3]	Unlimited
BASIC REQUIREMENTS								

BASIC REQUIREMENTS

Figura 23 – Tabela 4.3 AWS D1. 1 2002

Devido ao fato de se tratar de uma junta em ângulo os ensaios de dobramento e tração não podem ser realizados, pois não há como fazer um corpo de prova que se encaixe na máquina de tração, por este motivo e baseado no item 32 da Tabela 4.5 da AWS D1. 1 (2002), que diz qualquer configuração de junta de topo qualifica qualquer configuração de junta. Baseado neste item foi confeccionado um corpo de prova de CJP em simples V, com a raiz feita por FCAW e o enchimento e acabamento com SAW, usando os mesmo parâmetros e consumíveis usados para a PJP.

O CP tinha dimensão de 380 x 300 mm e 18,5 mm de espessura obedecendo às dimensões exigidas pela Figura 4.10 da AWS D1. 1 (2002), que é suficiente para retirada dos corpos de provas para a realização dos dois ensaios de tração.

5.8.1.1 Ensaio de Tração

Segundo Sergio Souza (1982), “o ensaio de tração consiste em submeter o material a um esforço que tende a esticá-lo ou alongá-lo”, com a ajuda de um equipamento denominado Máquina de Tração podemos medir a resistência do material. Mas Sergio Souza (1982) explica melhor a realização deste teste.

“Geralmente, o ensaio é realizado num corpo de prova de forma e dimensões padronizadas, para que os resultados obtidos possam ser comparados ou, se necessário, reproduzidos. Este corpo de prova é fixado numa máquina de ensaio que aplica esforços crescentes na sua duração axial, sendo medidas as deformações

correspondentes por intermédio de um aparelho especial (o mais comum é o extensômetro). Os esforços ou cargas são medidos na própria máquina de ensaio e o corpo de prova é levado até a sua ruptura.

Com este tipo de ensaio, pode-se afirmar que praticamente as deformações providas no material são homogeneamente distribuídas em todo o seu corpo, pelo menos até ser atingida uma carga máxima próxima do final do ensaio e, com é possível fazer com que a carga cresça numa velocidade razoavelmente lenta durante o teste, o ensaio de tração permite medir razoavelmente a resistência do material.”

(Sergio Souza, 1982)

O ensaio de tração é requerido para que possa ser medida a resistência do material soldado, ou seja, se as chapas unidas pela solda possuem uma resistência maior ou igual ao do metal de base, nunca menor (AWS D1. 1,2002 Itens 4.8.3.5). Aonde o CP irá romper também é importante, pois ele determinará qual das partes possui a resistência menor, solda ou metal de base.

Quando a dimensão do corpo de prova pra o ensaio de tração a AWS D1. 1 2002 faz referência à Figura 4.14.

Com se trata de uma chapa, segunda a Figura 4.14 da AWS D 1.1, 2002, como a chapa teste a maior espessura é de 22,0 mm, os parâmetros para chapa teste com espessura menor que 25,0 mm, portanto:

- ✓ A – Comprimento da seção reduzida = 60,0 mm
- ✓ r – Raio de curvatura, mínimo = 12,0 mm
- ✓ W - Largura da seção reduzida= 20,0mm (mínimo)
- ✓ C – Largura da seção de aderência = $W + \frac{1}{2} \text{ in}$ =
- ✓ O comprimento do corpo de prova é determinado pela fabricante do equipamento.

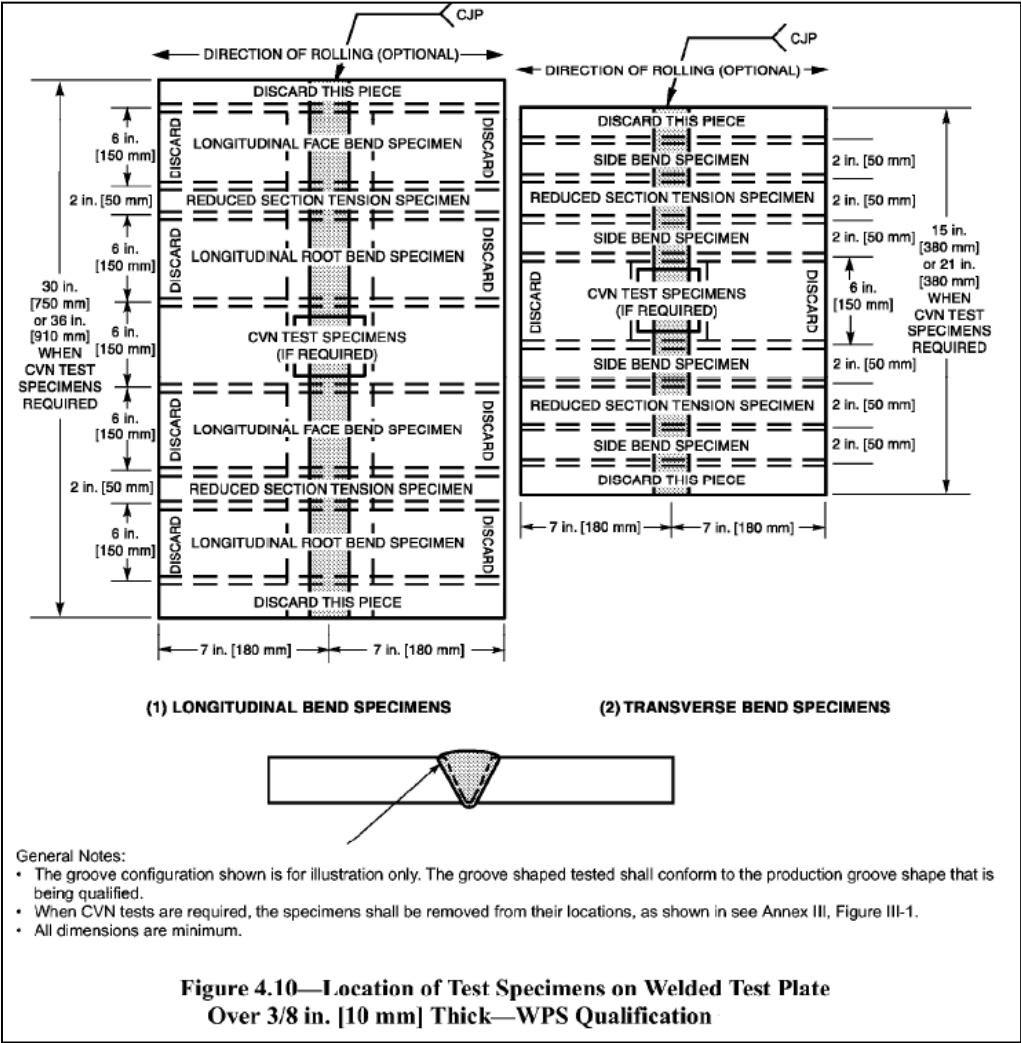


Figura 24 –Localização dos corpos de prova a serem retirados da chapa teste (Fonte
Figura 4.10 AWS D1. 1 2002)

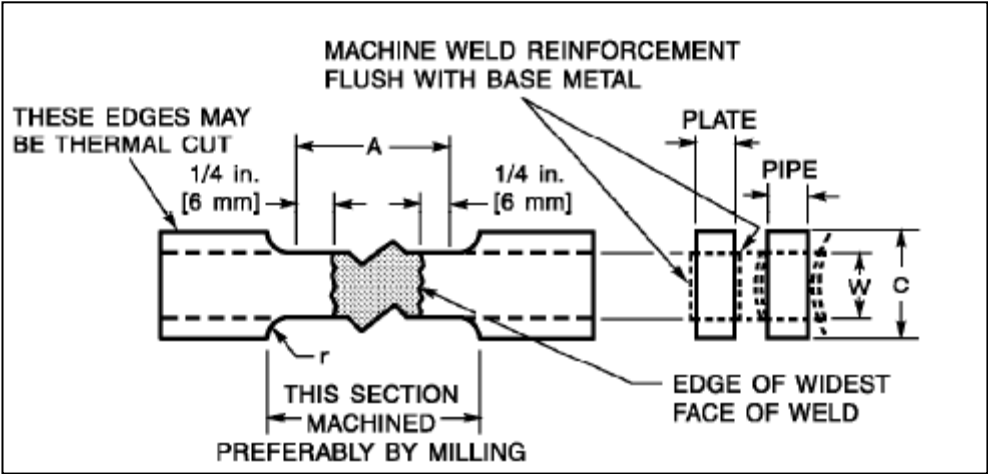


Figura 25 – Dimensões do CP pra ensaio uniaxial (Adaptado Figura 4.14 AWS D1. 1,
2002)

A confecção do corpo de prova e a determinação exata do corpo de prova são determinadas pelo laboratório responsável pela realização dos ensaios. O nome e o local onde foram realizados os ensaios não podem ser revelados, pois é uma informação confidencial e sua explícita divulgação poderá acarretar em uma possível acusação de espionagem industrial. Portanto neste trabalho só irá conter o resultados dos ensaios realizados, não fazendo nenhuma menção ao laboratório que realizou os ensaios.

5.8.1.2 Dobramento Lateral

Segundo Sergio Souza (1982), “o ensaio de dobramento fornece uma indicação qualitativa da ductilidade do material.”

“O ensaio, de modo geral, consiste em dobrar um corpo de prova de eixo retilíneo e secção circular, tubular, retangular ou quadrada, assentado em dois apoios afastados a uma distância específica, de acordo com o tamanho do corpo de prova, por intermédio de um cutelo, que aplica um esforço de flexão no centro do corpo de prova até que seja atingido um ângulo de dobramento α especificado.” (Sergio Souza, 1982)

“Attingido esse ângulo examina-se a olho nu a zona tracionada do corpo de prova, que não deve contar trincas, fissuras ou fendas. Caso contrario, o material não passou no ensaio. Se o corpo de prova apresentar esses defeitos ou romper antes ou quando atingir o ângulo especificado , o material também não passou no ensaio.” (Sergio Souza, 1982)

Como este trabalho esta sendo feito baseado em normas, no caso a AWS D1. 1 (2002), no Item 4.8.3.3 ela traz os critérios para o ensaio de dobramento.

Após a realização do ensaio de dobramento o CP dever ser submetido ao ensaio visual a fim de se verifica as descontinuidades no mesmo. Para o ensaio ser aceito, não pode haver descontinuidade que ultrapassem os seguintes limites:

- ✓ 3,0 mm - medido em qualquer direção da superfície;
- ✓ 10,0 mm – somando todas as descontinuidades que excedem 1,0 mm , mas sempre menor ou igual a 3,0mm;

- ✓ 6,0 mm – máximo de trincas no canto do CP, exceto quando essa trinca for visivelmente uma inclusão de escória ou outro tipo de descontinuidade relacionado com a fusão da solda, então os 3,0 mm deve ser aplicado.

Corpos de provas que apresentarem trinca de canto de 6,0 mm e que não foi evidenciado o inclusão de escória ou outro tipo de descontinuidade relacionado com a fusão, pode ser desconsiderados e retestado.

O ensaio de dobramento deve ser feito com os parâmetros da Figura 4. 13 e 4.15 da AWS D1. 1 2002, contanto que o raio máximo não seja excedido. A Figura 4.13 mostra a dimensão do corpo de prova e a Figura 4.15 mostra as dimensões do Jig.

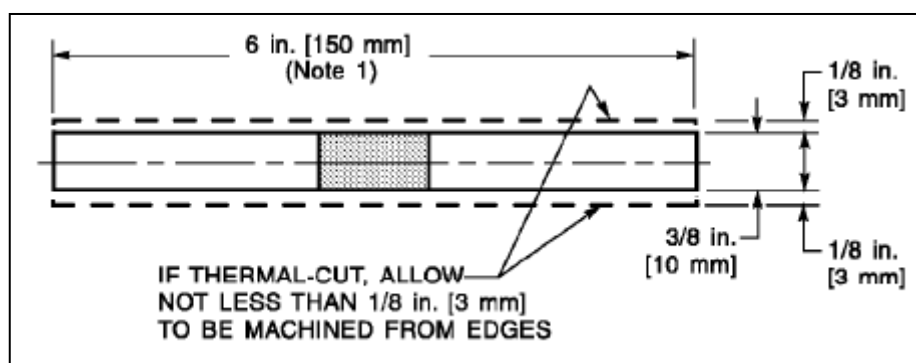


Figura 26 – Dimensão do corpo de prova pra dobramento lateral (Adaptado da Figura 4.13 AWS D1.1 2002)

O corpo de prova é colocado no JIG com a solda no centro onde irá ocorrer o dobramento, no caso, o centro do Plunger Member. No dobramento lateral, o corpo de prova deve ser posicionado para que a maior descontinuidade seja mostrada.

O Plunger deve empurrar o corpo de prova para dentro do Die Member até que ele fique em forma de “U”. A solda e a ZAC devem estar centralizadas e completamente dentro da porção a ser dobrada depois do teste.

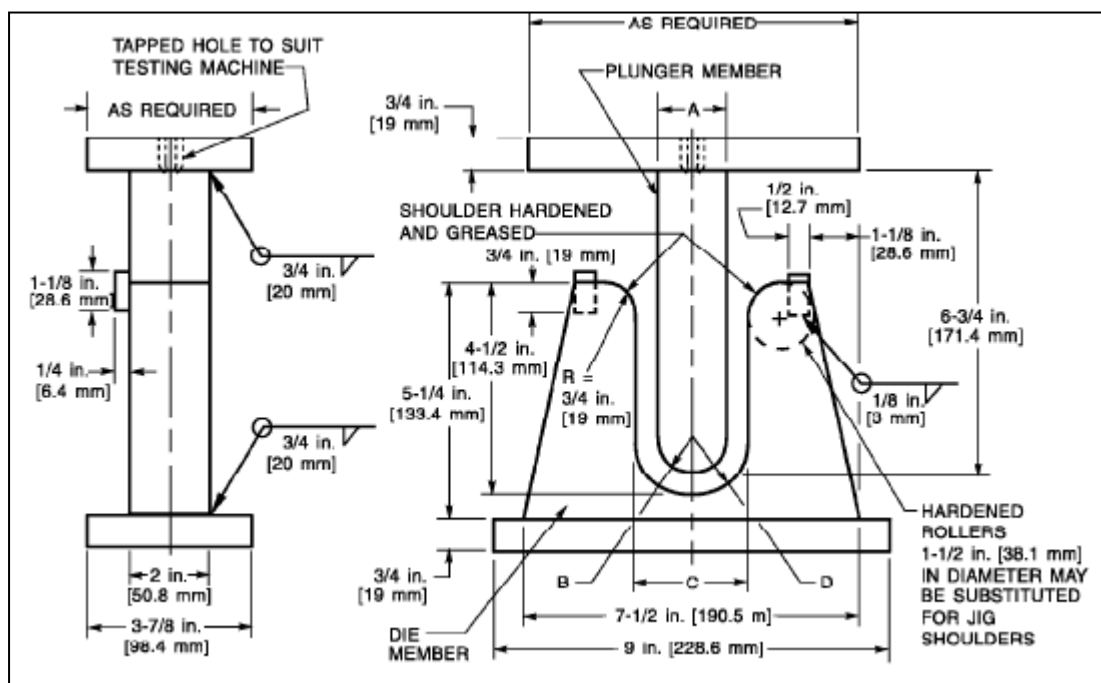


Figura 27 – Desenho esquemático do ensaio de dobramento (Adaptado da Figura 4.15 AWS D1.1 2002)

5.8.1.3 Macrografia e Micrografia

Segundo Modenesi (2005), “a macrografia consiste na preparação de uma superfície plana, através do lixamento sucessivo da amostra e do ataque desta superfície por um reativo adequado, na interpretação dos resultados e na obtenção de documentos que reproduzam os resultados dos exames. O exame da superfície atacada é feito a olho nú ou com o auxílio de uma lupa, com aumento de até cerca de 10 vezes.”

A macrografia é um teste que precisa ser feito em etapas, e suas etapas são:

- a - Corte
- b - Lixamento
- c - Ataque da superfície
- d - Exame e interpretação
- e - Elaboração do documento de exame.

O corte da amostra é feito através de serra mecânica, arco de serra, disco abrasivo, etc. Sempre tomando cuidado para não aquecer excessivamente a peça

durante o corte, pois este aquecimento pode resultar em mudanças na microestrutura da amostra. A escolha da seção a ser cortada é função dos objetivos do exame. Para uma solda, as seguintes características podem ser observadas em um exame macrográfico: porosidades, bolhas, incrustações, granulação grosseira, número de passes de soldagem, profundidade e penetração dos cordões, extensão da zona termicamente afetada (ZTA) e homogeneidade da solda. Estas características podem ser observadas em corte transversal à solda, que contenha a solda e o metal base.

A macrografia é realizada de acordo com o item 4.8.4 da AWS D1. 1-2002. O corpo de prova a ser testado deve ser preparado adequadamente para o exame macrografico. Uma solução adequada deve ser usada para uma gravação de clara definição da solda.

Os critérios para se avaliar a macrografia são dados pelo item 4.8.4.1 da AWS D1. 1 2002, no subitem 4 é especificado os critérios para uma junta PJP.

Para uma solda PJP os seguintes critérios devem ser seguidos:

- ✓ Sem trincas;
- ✓ Fusão completa entre cordão de solda e o metal de base;
- ✓ Perfil de solda conforme especificado;
- ✓ Sem mordeduras excedendo 1,0 mm.

5.8.2 Ensaios Não-Destrutivos

Os ensaios não destrutivo usado nesta EPS foi apenas o ensaio visual que visa encontrar apenas defeitos superficiais como a abertura de arco, ângulo excessivo de reforço, deposição insuficiente, desalinhamento, embicamento, mordedura, mordedura na raiz, penetração excessiva, rechupe de cratera, reforço excessivo, respingos, sobreposição, falta de fusão, falta de penetração e porosidade.

Segundo a AWS D1.1, 2002 Item 4.8.1 os critério para o visual de solda são:

- ✓ A solda deve esta livre de trincas;

- ✓ Não deve haver desalinhamento entre as partes;
- ✓ Mordedura menor que 1,0 mm;
- ✓ Reforço menor que 3,0 mm;
- ✓ A raiz também deve ser inspecionada e deve estar livre de trincar, falta de fusão e falta de penetração;
- ✓ Reforço da raiz deve ser menor que 3,0 mm;
- ✓ Concavidade é admitida baseada nos seguinte limite:
 - A solda deve estar igual ou maior que metal de base
 - Ou no máximo 2,0 mm de concavidade.

Após realizar o ensaio visual baseando nos critérios pedidos ela AWS não foi encontrado nenhuma descontinuidade não aceita pelos critérios da AWS.

5.9 Análise dos Resultados

Após a execução da EPS baseada na EPS Preliminar, onde na Folha de Acompanhamento foram anotados todos os parâmetros usados durante a execução da EPS, fazem-se os ensaios não destrutivos primeiramente, que neste caso é apenas o ensaio visual. Logo após terem sido feitos todos os ensaios não destrutivos o corpo de prova é mandado para o laboratório que irá realizar os ensaios destrutivos. Como descrito à cima todos os ensaio destrutivos foram realizadas e exigidos de acordo com a AWS D1. 1 2002 e com ABS Rules for Material and Welding Part 2- 2012, os resultados de cada um são descritos abaixo.

Tabela 9 – Ensaio de Tração Transversal – (Fonte Relatório do Laboratório)

CP	Dimensões (mm)	Secção (mm ²)	Limite de resistência Kgf MPa		Limite mínimo especificado (MPa)	Local da ruptura
T1	37,90 x 18,10	685,99	36525	522	440	Fora da solda
T2	38,20 x 18,10	691,42	36130	512	440	Fora da solda

Tabela 10 – Ensaio de Dobramento Lateral - (Fonte Relatório do Laboratório)

CP	Dimensões (mm)	Cutelo (ϕ mm)	Distância entre roletes (mm)	Ângulo de dobramento (graus °)	Resultados obtidos
DL1	19,05 x 9,50	47,50	69,70	180°	Livre de fissuras
DL2	19,05 x 9,50	47,50	69,70	180°	Livre de fissuras
DL3	19,05 x 9,50	47,50	69,70	180°	Livre de fissuras
DL4	19,05 x 9,50	47,50	69,70	180°	Livre de fissuras

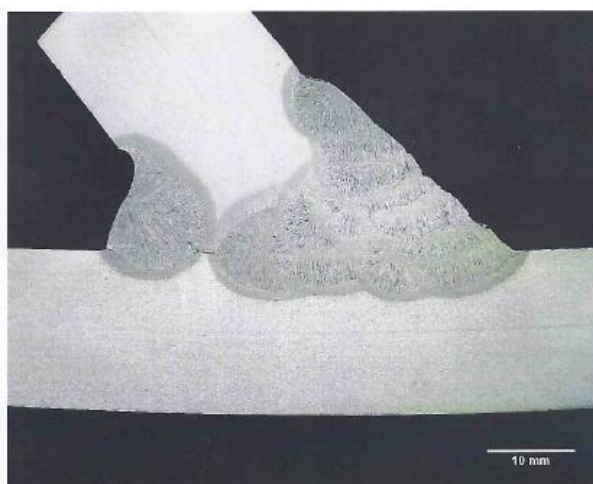


Figura 28 – Micrografia 1(Fonte Relatório do Laboratório)

Amostra foi atacada com nital e examinada num aumento de 10%, apresentando uma falta de penetração de 3,0 mm na raiz.

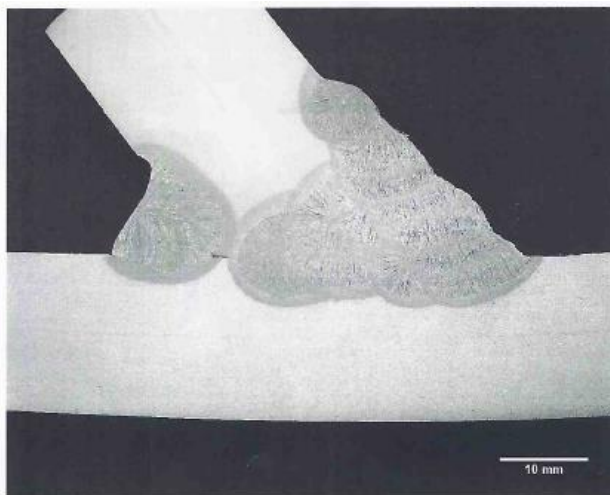


Figura 29 – Micrografia 2 (Fonte Relatório do Laboratório)

Amostra foi atacada com nital e examinada num aumento de 10%, apresentando uma falta de penetração de 3,2 mm na raiz.

Amostra foi atacada com nital e examinada num aumento de 10%, apresentando uma falta de penetração de 2,9 mm na raiz.

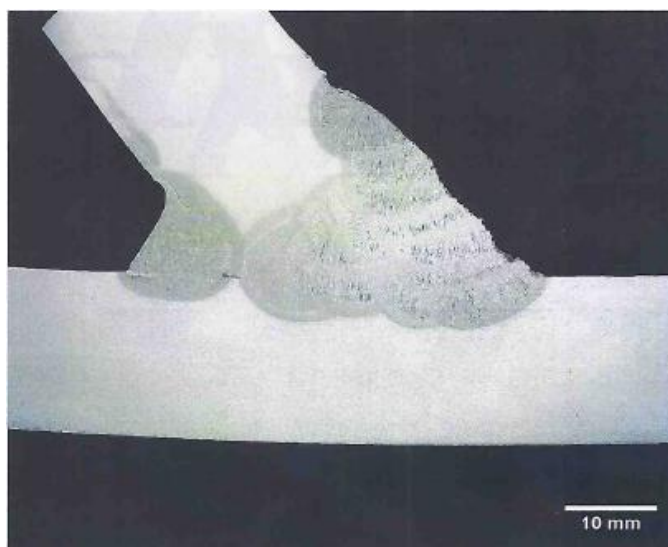


Figura 30 – Micrografia 3 (Fonte Relatório do Laboratório)

As Tabelas 9,10 e as Figuras 28,29 e 30 contêm os ensaios realizados pelo laboratório o ensaio de tração, o ensaio de dobramento e as macrografias, respectivamente.

Em posse deste resultado avalia-os sua concordância com a AWS D1. 1 2002 e com ABS Rules for Material and Welding Part 2- 2012.

Para o ensaio de tração o limite de resistência à tração para uma aço AH 32 é entre 440 -590 Mpa e o CP analisado foi de 522 para o primeiro e 512 para o segundo estão então dentro do limite especificado, considerado então APROVADO o ensaio de tração, para esta chapa teste.

Para o dobramento lateral nenhum dos quatro ensaios apresentou fissura, considerando assim APROVADO o ensaio de dobramento.

Já a macrografia apesar de apresentar falta de fusão na raiz o teste esta APROVADO, pois era de se esperar que tivesse uma falta de penetração na raiz pois se trata de uma junta PJP, ou seja, junta de penetração parcial e ainda com configuração de junta com nariz de 9,0 mm é totalmente aceitável a falta de fusão na raiz apresentado na macrografia.

Com os testes todos aprovados elabora-se o Relatório de Qualificação de Processo de Soldagem.

5.9.1 Elaboração da RQPS

RQPS é um registro dos dados de soldagem dos materiais de teste. O RQPS é um registro das variáveis anotadas durante a soldagem dos materiais de teste; eles também contem os resultados obtidos nos testes dos corpos de prova. O RQPS relaciona e documenta o que foi utilizado na qualificação da EPS e o resultado dos testes correspondentes. O RQPS é elaborado pelo N2 e seu formato depende do padrão adotado por cada companhia.

O RQPS faz parte de toda a documentação que será apresentada pra a sociedade classificadora para a aprovação da EPS.

	REGISTRO DA QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM		Nº: EPS 1														
			REVISÃO:														
			PÁGINA: 1/2														
NORMA APLICÁVEL: AWS D1. 1 2002 / ABS Rules Part 2 2012		PROCESSO DE SOLDAGEM: FCAW / SAW															
TIPO (MANUAL, SEMI-AUTOMÁTICO, AUTOMÁTICO): SEMI-AUTOMÁTICO / AUTOMÁTICO																	
METAIS DE BASE Especificação ABS Gr. AH-32 Grupo: II - AWS Espessura: 18,5 e 22,0 mm Diâmetro: N.A. mm Obs.:		GAS <table border="1"> <thead> <tr> <th>Proteção</th> <th>Purga</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo: CO2</td> <td>Tipo: N.A.</td> </tr> <tr> <td>Composição: 99,99 %</td> <td>Composição: N.A.</td> </tr> <tr> <td>Fabricante: N.A.</td> <td>Fabricante: N.A.</td> </tr> <tr> <td>Marca Com.: N.A.</td> <td>Marca Com.: N.A.</td> </tr> <tr> <td>Vazão: 18 l/min</td> <td>Vazão: N.A. l/min</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Obs.:</td> </tr> </tbody> </table>		Proteção	Purga	Tipo: CO2	Tipo: N.A.	Composição: 99,99 %	Composição: N.A.	Fabricante: N.A.	Fabricante: N.A.	Marca Com.: N.A.	Marca Com.: N.A.	Vazão: 18 l/min	Vazão: N.A. l/min	Obs.:	
Proteção	Purga																
Tipo: CO2	Tipo: N.A.																
Composição: 99,99 %	Composição: N.A.																
Fabricante: N.A.	Fabricante: N.A.																
Marca Com.: N.A.	Marca Com.: N.A.																
Vazão: 18 l/min	Vazão: N.A. l/min																
Obs.:																	
PEÇA DE TESTE Posição: Vertical Progressão: Ascendente Cobre-junta: ☐ Não ☒ Sim Tipo de Junta: PJP Obs.: Posição de soldagem 2G		CONTROLE DE TEMPERATURA Pré-Aquecimento: N.A. Temperatura de Interpassos: N.A. Pós-Aquecimento: N.A. Método de Aplicação: N.A. Medição: N.A. Proteção no Resfriamento: N.A. Obs.:															
METAL(IS) DE ADIÇÃO <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Especificação: AWS 5.20</td> <td>Especificação: AWS 5.17</td> </tr> <tr> <td>Classificação: E71T-1</td> <td>Classificação: F7A4-EM12K</td> </tr> <tr> <td>Marca Comercial: N.A.</td> <td>Marca Comercial: N.A.</td> </tr> <tr> <td>Nº F: N.A. Nº A: N.A.</td> <td>Nº F: N.A. Nº A: N.A.</td> </tr> <tr> <td>Diâmetro: 1,2 mm</td> <td>Diâmetro: 4,0 mm</td> </tr> <tr> <td>Espes. Deposito: 10,0 mm</td> <td>Espes. Deposito: 22,0 mm</td> </tr> </tbody> </table>		Especificação: AWS 5.20	Especificação: AWS 5.17	Classificação: E71T-1	Classificação: F7A4-EM12K	Marca Comercial: N.A.	Marca Comercial: N.A.	Nº F: N.A. Nº A: N.A.	Nº F: N.A. Nº A: N.A.	Diâmetro: 1,2 mm	Diâmetro: 4,0 mm	Espes. Deposito: 10,0 mm	Espes. Deposito: 22,0 mm	TÉCNICA Passes : ☒ Estreito ☐ Oscilado Oscilação Máx.: FCAW: 16,0 mm / SAW: N.A. Limpeza: Escovamento e esmerilhamento Passes: ☐ Simples ☒ Multipassses Velocidade de Soldagem: FCAW: 14 a 49 / SAW: 45,5 a 50 Eletrodo: ☐ Simples ☒ Múltiplo Goiagem: ☐ Sim ☒ Não Martelamento: N.A. Obs.:			
Especificação: AWS 5.20	Especificação: AWS 5.17																
Classificação: E71T-1	Classificação: F7A4-EM12K																
Marca Comercial: N.A.	Marca Comercial: N.A.																
Nº F: N.A. Nº A: N.A.	Nº F: N.A. Nº A: N.A.																
Diâmetro: 1,2 mm	Diâmetro: 4,0 mm																
Espes. Deposito: 10,0 mm	Espes. Deposito: 22,0 mm																
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS Corrente : CC Polaridade: (+) Inversa Amperagem: 204 a 242 A / 630 a 650 A Voltagem: 24,3 a 30,0 V / 33 a 35 V Modo de Transferência: N.A. Heat Input : N.A. Obs.:		TRATAMENTO TÉRMICO Tipo: N.A. Método: N.A. Temperatura de Início de Controle: N.A. °C Velocidade de Aquecimento: N.A. °C/h Temperatura de Patamar: N.A. °C Tempo de Patamar: N.A. h Velocidade de Resfriamento: N.A. °C/h Temperatura final de Controle: N.A. °C Dif. Máxima entre termopares: N.A. °C Obs.:															
Inspetor de Soldagem N2	Chefe do S.Q:	Fiscalização:															
DATA: / /	DATA: / /	DATA: / /															

Figura 31 – RQPS – Pg 1 / 2

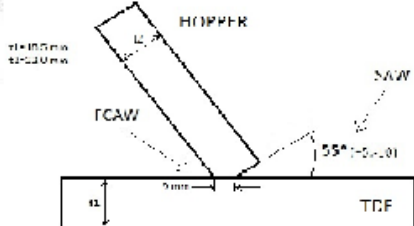
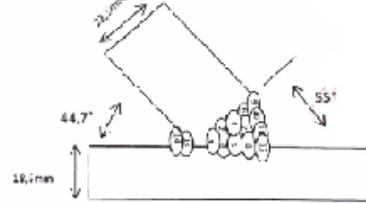
	REGISTRO DA QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM						Nº: EPS 1		
							REVISÃO:		
							PÁGINA: 2/2		
ENSAIOS MECÂNICOS									
TRAÇÃO									
Nº C. P.	Largura/ Diâmetro	Espessura (mm)	Área (mm²)	Carga (Kg/f)	Tensão (MPa)	Localização da Fratura	Laudo		
T1	37,9	18,1	685,99	36525	522	Fora da solda	APROVADO		
T2	38,2	18,1	691,42	36130	512	Fora da solda	APROVADO		
DOBRAMENTO									
Diâmetro do Cutelo: 47,5 mm				Ângulo de dobramento: 180° graus					
Nº do CP	Largura (mm)	Espessura (mm)	Descont.	Laudo	Nº do CP	Largura (mm)	Espessura (mm)	Descont.	Laudo
DL1	19,05	9,5	Sem	APROVADO	DL3	19,05	9,5	Sem	APROVADO
DL2	19,05	9,5	Sem	APROVADO	DL4	19,05	9,5	Sem	APROVADO
DUREZA									
☐ BRINNEL ☐ ROCKWELL ☐ VICKERS									
		METAL DE SOLDA			ZAT			METAL BASE	
Lado 1	Nº do Ponto								
	Dureza								
Lado 2	Nº do Ponto								
	Dureza								
CROQUI 					OBS.: Croqui da junta após a solda 				
COMPOSIÇÃO QUÍMICA									
Material									
IMPACTO									
TEMPERATURA DE ENSAIO		°C	LOCAL DO ENTALHE		VALORES ENCONTRADOS(J)			MÉDIA(J)	LAUDO
DIMENSÕES DO CP		mm							
CERTIFICADOS					RELATÓRIOS				
METAL BASE		AH 32	IMPACTO					TRAÇÃO	
CONSUMÍVEL		E71T-1/F7A4-EM112K			DUREZA			DOBRAMENTO	
ALICATE AMPERÍMETRO					CALIBRE DE SOLDA			IMPACTO	
PIROM. CONTATO								DUREZA	
TERMOPAR								RADIOGRAFIA	
REG. TEMPERATURA								L. PENETRANTE	
MAQUINA DE TRAÇÃO								PART. MAGNÉTICAS	
DOBRAMENTO								COMP. QUÍMICA	
Inspetor de Soldagem N2			Chefe do S.Q.			Fiscalização			
DATA: / /			DATA: / /			DATA: / /			

Figura 32 – RQPS - Pg2/2 (Fonte o Autor)

5.9.2 Elaboração da EPS – Documento Oficial

Este é o último passo para a aprovação e formalização de uma EPS. O documento oficial nada mais é que a EPS Preliminar complementada com as informações obtidas durante a soldagem e ensaios. Uma EPS não é apenas um formulário preenchido com os resultados de análises e aprovações de inspetores e vistoriadores, mas é um *book* com certificados anexados (este trabalho não conterá o book pois este book é propriedade exclusiva da companhia). Logo, uma EPS completa e aprovada é composta por: EPS, RQPS, EPS Preliminar, Relatório de Registro de Soldagem, Relatório dos END's, Relatório dos Ensaios Destrutivos, Certificados dos metais de base e de adição (este com certificado de homologação da classificadora) e por último os Certificados dos equipamentos e instrumentos. Esses instrumentos são utilizados durante a soldagem (calibre de solda e alicate amperímetro) e os equipamentos ou máquinas operatrizes que são utilizados no laboratório para realização dos ensaios mecânicos.

Após montado este book é entregue a sociedade classificadora para a análise e aprovação da mesma para que a partir daí ser usada na fabricação.

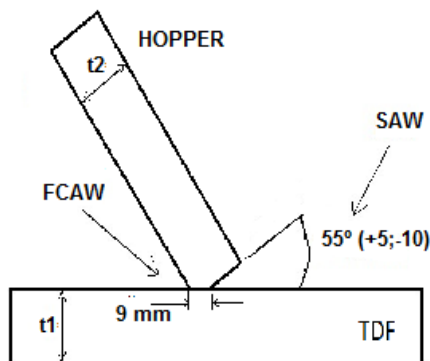
		ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM				Nº: EPS 1			
						REVISÃO:			
						PÁGINA: 1/1			
Norma Aplicável: AWS D1. 1 2002 / ABS Rules Part 2 2012				Processo de Soldagem: FCAW / SAW		R.Q.P.S Nº EPS 1			
Metal Base	Especificação: ABS Gr. AH-32		PNº / Gr Nº						
	Diâmetro(mm)		Espessura(mm) 18,5 e 22,0 mm						
Metal de Adição	Classificação: E71T-1 F7A4-EM12K		Especificação: AWS 5.20 AWS 5.17						
	Nº F	Nº A	Ø (mm)						
	Marca Comercial:		Espes. Deposito(mm)						
	Tipo de Transferência:								
Tipo de Junta: Ângulo		Posição: 2G		Progressão: N.A.					
Gás de Proteção: CO2		Composição: 99,99 %		Vazão (l/min) 18					
Gás de Purga:		Composição:		Vazão (l/min)					
Pré-Aquecimento(°C): N.A.		Temp. Interpasse (°C): N.A.		Pós-Aquecimento (°C): N.A.					
Tratamento Térmico	Tipo: N.A.		Temperatura Inicial de Controle N.A. °C		Velocidade de Aquecimento N.A. °C/h		Tempo Patamar: N.A. h		
			Temperatura Final de Controle °C		Velocidade de Resfriamento °C/h		Temper.de Patamar: °C		
TÉCNICA DE SOLDAGEM									
Limpeza Inicial Escovamento		Limpeza Interpasses Escovamento esmerilhamento		Goivagem SIM		Passes: ☐ Simples ☒ Multi		Eletrodo ☐ Simples ☒ Múltip	
Oscilação Máxima(mm)		Martelamento:		Obs.:					
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS									
Passe	Processo	Classificação	Especif.	Marca Comercial	Ø (mm)	Corrente / Polaridade	Intensidade de Corrente (A)	Tensão (V)	Velocidade (cm/min)
Raiz	FCAW	E71T-1	AWS 5.20	N.A	1,2	CC+	204 a 242	24,3 a 30,0	14 a 49
Ench.	SAW	F7A4-EM12K	AWS 5.17	N.A	4,0	CC+	630 a 650	33 a 35	45,5 a 50
Acab.	SAW	F7A4-EM12K	AWS 5.17	N.A	4,0	CC+	630 a 650	33 a 35	45,5 a 50
Obs.:									
Inspetor de Soldagem				Chefe do S.Q			Fiscalização		
DATA: / /				DATA: / /			DATA: / /		

Figura 33 – Documento oficial da EPS (Fonte o Autor)

6. CONCLUSÃO

Com o book elaborado da EPS é então apresentada à sociedade classificadora. Devido ao fato de todos os ensaios serem realizados e analisados de acordo com as regras do ABS e da AWS e todos já estão aprovados de acordo com os critérios destas normas, o vistoriador encarregado por analisar a EPS só irá revisá-la a fim de verificar se algum detalhe da regra foi deixada de lado.

O vistoriador, ao analisar a EPS, verifica se o book esta com todos os documentos necessários, pois a EPS irá se tornar um documento oficial da obra. Ele analisa os resultados dos ensaios, lembrando que ele não lauda os ensaios, apenas testemunha todos eles, e checa os resultados dos mesmos para ver se estão de acordo com as normas usadas.

Para este caso, se a EPS foi analisada por um vistoriador da sociedade classificadora e não foi encontrada nenhuma não conformidade, a EPS será APROVADA e já pode ser usada durante a fabricação do navio.

Como este estudo algumas observações podem ser feitas:

- ✓ O ganho de qualidade e de produtividade da obra vai ser significativo, pois deixara de ser usado um processo semi-automático e passará a ser usado um processo automático. Estes ganhos serão devidos à diminuição de retrabalhos, de tempo e de confiabilidade no trabalho.
- ✓ A geração de um documento oficial com parâmetros aprovados em norma que garantem a qualidade do produto e serve de referência para a realização dos trabalhos.
- ✓ O produto final obtido garantirá a satisfação do cliente, com um produto de nível de classe mundial, onde o sistema de qualidade na soldagem tem um valor tecnológico agregado.

REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

AMERICAN WELDING SOCIETY - AWS – **AWS A5. 17 Specification for Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding.** Miami,1990

_____. - **AWS A5.20. – Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding.** Miami,1995

_____. **AWS D1.1– Structural Welding Code – Steel.** Miami, 2002

_____. **AWS D3.5: Guide Steel Hull Welding.** Miami, 1993

AMERICAN BUREAU OF SHIPPING - ABS. Disponível em: <<http://www.eagle.org>>.

_____. **Guide Nondestructive Inspection for Hull Welds.** Huston, 2002

_____. **ABS Rules Part 2: Materials and Welding.** Huston 2012

_____. **ABS Rules Part 3 – Hull Construction and Equipment.** Huston,2012

_____. **ABS Rules Part 5C Specific Vessel Types - Appendix 1 Guide for Safe Hull Construction Monitoring Program.** Huston,2012

Cavalvanti, José Virgílio dos Santos. **Qualificação de procedimento de soldagem de aço carbono de alta resistência baixa liga, utilizado em indústria naval e offshore.** 51f. Monografia – Engenharia Mecânica, Universidade de Pernambuco, 2010

EASB. Disponível em [www.esab .com.br](http://www.esab.com.br)

_____.**Apostilas EASB.**

Disponível <http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/biblioteca/Apostilas.cfm>, acessado em 21/02/2013 as 18:30

_____. **Soldagem ao Arco Elétrico com Arames Tubulares.** Disponível em: <http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/processos_soldagem/upload/1900769_rev0_Cartaz_Soldagem-Arco-Eletrico-com-Arames-Tubulares_pt.pdf>. Acessado em 21.fev.2013

IACS, Internation Association of Classification. Disponível em: <<http://www.iacs.org.uk>>.

_____. **Recommendation 82, Surveyor's Glossary, Hull Terms and Hull Survey Terms.** July 2003

LINCON ELETRIC, **Apostila Processos de Soldagem.** Disponível em: www.linconeltrec.com.br

MARQUES, P. V., MODENESI, P. J., BRACARENSE, A.Q. **Soldagem Fundamentos e Tecnologia** . Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005

SOUZA, Sérgio Augusto - **Ensaaios mecânicos de materiais metálicos – Fundamentos teóricos práticos** – 5ª edição -1982

IPEN. Disponível em <http://www.ipen.org.br/downloads/rincon/nomenclatura.pdf>, as 20:10 em 04/11/2012

UACG. Disponível em <http://www.uscg.mil/imo/ssc/AttachmentH.pdf> , acessado as 15:39 em 21/02/2013



CERTIFICADO DA QUALIDADE
Quality Certificate / Certificado de Calidad
Conforme ASMESFA5.01/2010 Programa(Schedule) H

Produto : OK FLUX 10.71 - SC 25KG <i>Product/Producto</i>		Data de Produção : 03.09.2010 <i>Date/Fecha de Produccion</i>	
Lote : VT035F3518 <i>Heat Number/Produccion</i>			
Classificação : <i>Classification/Clasificación</i>			
AWS A5.17-07 ASME SFA5.17/ 2010 F6A2-EL12 F7A4-EM12K F6P2-EM12K F7A4-EM13K			
AWS A5.23-07 ASME SFA5.23/ 2010 F8A4-EA3-A3 F10A4-EF6-F6			
Corpo de prova soldado com arame : ARAME EM12K - 3,97MM <i>Weld Metal With/Cuerpos de Prueba del Metal Depositado</i>		Corrida : 790000000000 <i>Batch/Colada</i>	
Tensão(V) : 29 <i>Voltage/Tension</i>	Corrente(A) : 550 <i>Current/Corriente</i>	Velocidade (cm/min) : 40 <i>Travel Speed/Velocidad</i>	
Análise Química do Arame (%) <i>Wire Chemical Analysis/Análisis Químico del Alambre</i>			
C	S	P	Si
0,086	0,011	0,013	0,100
		Cu	Mn
		0,080	1,160
Corpos de Prova de Metal Depositado <i>All-Weld Metal Test Assemblies/Cuerpos de Prueba del Metal Depositado</i>			
Análise Química (%) <i>Chemical Analysis/Análisis Químico</i>			
C	Si	Mn	P
0,041	0,440	1,420	0,024
	Al	Cu	S
	0,010	0,120	0,018
Propriedades Mecânicas Típicas <i>Typical Mechanical Properties / Propiedades Mecánicas Típicas</i>			
Resistência a Tração (MPa)/Tensile Strength/Resistência a la Traccion		500	
Limite de Escoamento (MPa)/Yield Strength/Limite de Fluencia		410	
Alongamento (%) /Elongation/Alargamiento		30	
Teste de Impacto CHARPY-V (J)/Impact Test/Ensayo de Impacto		75	
Temperatura (°C)/Temperature/Temperatura		-40	
Análise Granulométrica (% Retida Acumulada) <i>Sieve Analysis(%Cumulative)/Análisis Granulométrica(%Retida Acumulada)</i>			
# 09	# 10	# 12	# 16
0,000	0,050	15,000	50,000
		# 60	# 32
		99,000	95,000
Qualidade Radiográfica <i>Radiographic Test/Calidad Radiográfica</i>			
ATENDE AOS REQUISITOS SATISFY THE REQUIREMENTS ATIENDE A LOS REQUISITOS			