



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA - DEMEC
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA SOLDAGEM

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

**VALIDAÇÃO DA QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM PARA A
RECOMPOSIÇÃO DE METAL BASE SAE-4140 DE EIXOS DE PROPULSORES
DO SEGMENTO NAVAL.**

Belo Horizonte – MG
2018
ELLEN DOS SANTOS
LEANDRO DE MATOS LOPES SOARES

**ELLEN DOS SANTOS
LEANDRO DE MATOS LOPES SOARES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

VALIDAÇÃO DA QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM PARA A
RECOMPOSIÇÃO DE METAL BASE SAE-4140 DE EIXOS DE PROPULSORES DO
SEGMENTO NAVAL.

Monografia apresentada ao Curso de
Especialização em Engenharia de Soldagem do
Departamento de Engenharia Mecânica,
Universidade Federal de Minas Gerais, como
pré-requisito para a obtenção do título de
Engenheiro de Soldagem, orientado pelo
Professor Dr. Alexandre Queiroz Bracarense

Belo Horizonte – MG

2018

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por permitir a realização de mais uma etapa.

Agradecemos as nossas famílias pelo apoio, compreensão pela ausência e carinho.

Aos mestres pelo empenho, dedicação, paciência e conhecimento transferido. Em especial ao nosso orientador, o prof. Alexandre Queiroz Bracarense, que desenvolveu e estruturou o Curso, ao professor Paulão por doar e viver o seu dom de lecionar e ao professor Guilherme Marconi pelos conselhos e mentoria.

Aos amigos de classe por contribuírem para o nosso crescimento pessoal, profissional e por tornarem nossa jornada mais leve.

DEDICATÓRIA

A minha família que sempre apoiou e acompanhou a minha jornada. Em especial aos meus pais que abriram mão de tantas coisas para que eu pudesse chegar até aqui.

Ao colega Jeferson Pimentel por sua postura profissional e por ter me apresentado a este Curso.

Ao Leandro de Matos pela parceria neste trabalho.

Ellen dos Santos

Aos meus pais por apoiarem e contribuírem para a obtenção deste novo título.

Aos meus filhos por compreenderem os momentos de ausência em virtude dos estudos para a realização e conclusão desta pós-graduação.

A Ellen dos Santos pela parceria neste trabalho, pela orientação em como proceder em algumas situações e pelo empenho para realização do mesmo.

Leandro de Matos Lopes Soares

RESUMO

Na indústria da conformação mecânica é comum, desde que acordado previamente com o cliente, realizar soldagem de enchimento nas peças não conformes. O trabalho a seguir aborda a documentação técnica de soldagem (EPS e RQPS) elaboradas, por uma forjaria, para de revestir os rechupes proveniente do processo de forjamento em eixos propulsores de navios-sonda e tem como objetivo discutir os procedimentos de soldagem desenvolvidos a fim de validar sua eficácia e garantir a padronização e repetibilidade do processo de soldagem.

Para a qualificação dos procedimentos duas chapas teste do material SAE-4140 foram soldadas utilizando o processo SMAW. Em função do metal base ser um aço classificado como baixa liga o eletrodo ER11018G foi selecionado com base nas propriedades mecânicas. Pós soldagem as peças foram temperadas, revenidas e submetidas aos ensaios de ultrassom e partícula magnética. Na sequência as chapas foram usinadas e retalhadas para a retirada de corpos de provas dos ensaios de macrografia, dureza, tração, dobramento e impacto Charpy.

Os resultados encontrados nos ensaios realizados mostraram que os procedimentos de soldagem e seus respectivos registros (RQPS) estão aptos a garantir que os produtos retrabalhados atendam as propriedades requeridas para aplicação.

Palavras chave: Eixos propulsores, navio-sonda, retrabalho, ensaios, SMAW, aço baixa liga.

ABSTRACT

It is common in the mechanical forming industry (as long as previously agreed with the customer) to repair by welding non-conforming parts. This work show welding technical documentation (WPS and SWPS), elaborated by a forging factory, to cover propeller shafts shrink hole from the forging process.

This work aims to discuss the welding procedures developed in order to to validate its effectiveness and to guarantee the standardization and repeatability of the welding process.

For the qualification of the welding procedures two plates test specimens were welded using the SMAW process. Because of base metal (SAE-4140) is a low alloy steel the electrode ER11018G was selected based on the mechanical properties. After welding the pieces were quenched, tempered and subjected to ultrasonic and magnetic particle tests. Following the plates were machined and cut for samples removal (macrography, hardness, tension, bend test and Charpy impact test)

The results found show that the welding procedures (WPS) and their respective registers (SWPS) are able to guarantee that the reworked products get the properties required for application.

Key words: Propeller shafts, ship-rig, rework, tests, SMAW, low alloyed steel.

Lista de Figuras

Figura 1: Representação esquemática do processo de forjamento em matriz aberta	13
Figura 2: Navio-sonda utilizado na logística de extração do pré-sal.	17
Figura 3: Diagrama do processo de soldagem com eletrodo revestido.	18
Figura 4: Classificação dos eletrodos revestidos para aços baixa liga segundo a AWS.	20
Figura 5: Fragilização por hidrogênio	24
Figura 6: Detalhamento da região não conforme do eixo propulsor.	24
Figura 7: Dimensional da chapa teste conforme QW-462.5	26
Figura 8: Diagrama de retirada de CP para revestimentos que necessitam atender aos requisitos de dureza QW-462.5(a)	29
Figura 9: Dimensionamento dos corpos de prova de tração.	31
Figura 10: Dimensionamento dos corpos de prova de dobramento.	32
Figura 11: Detalhamento da junta soldada referente a EPS-005.	34
Figura 12: Detalhamento da junta soldada referente a EPS-006.	34
Figura 13: Resultados do ensaio macrográfico	37
Figura 14: Ruptura dos corpos de prova de tração	38
Figura 15: Corpos de prova do ensaio de dobramento	39

Listas de tabelas

Tabela 1: Aços e suas aplicações na indústria de forjados.	16
Tabela 2: Características dos eletrodos revestidos por tipo de revestimento.	19
Tabela 3: Composição Química do Aço SAE-4140	21
Tabela 4: Propriedades Mecânicas do aço SAE-4140	21
Tabela 5: Variáveis do Processo SMAW segundo a norma ASME IX:2015	25
Tabela 6: Determinação da espessura mínima da chapa teste conforme ASME IX:2015	27
Tabela 7: Composição química do eletrodo ER 11018 G	27
Tabela 8: Propriedades mecânicas do eletrodo ER 11018 G	28
Tabela 9: Parâmetros de soldagem recomendados pelo fabricante para o eletrodo ER 11018G	28
Tabela 10: Determinação do número de corpos de prova de tração e dobramento QW-451.2	30
Tabela 11: Parâmetros de soldagem recomendados para o procedimento 005	34
Tabela 12: Parâmetros de soldagem recomendados para o procedimento 006.	34
Tabela 13: Resultados do ensaio de dureza Brinell (HB).	36
Tabela 14: Resultados do ensaio de Tração.	37
Tabela 15: Resultados do ensaio de Dobramento.	38
Tabela 16: Resultados do ensaio de Impacto Charpy	39

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1. Forjamento	13
3.1.1. Classificação quanto à temperatura de operação	14
3.1.2. Classificação quanto ao tipo de equipamento	14
3.1.3. Classificação quanto ao tipo de Matriz	15
3.1.4. Materiais utilizados no forjamento	16
3.1.5. Produtos	16
3.1.5.1. Produto e aplicação do estudo de caso	16
3.2. Soldagem	17
3.2.1. Processo SMAW	18
3.2.2. Soldagem dos Aços baixa liga	20
3.2.2.1. Aços baixa liga	20
3.2.2.2. Fragilização por hidrogênio	21
3.2.2.3. Eletrodos revestidos para soldagem de aços baixas ligas	22
3.2.3. Normas	23
4. ESTUDO DE CASO	24
4.1. Qualificação da EPS	24
4.1.1. Chapa Teste (CT)	26
4.2. Consumível	27
4.3. Metodologia e critérios de Aceitação dos ensaios	29
4.3.1. Dureza	29
4.3.2. Ensaios destrutivos	30
4.3.3. Ensaio de Tração	30
4.3.4. Ensaio de Dobramento	31
4.3.5. Ensaio de Impacto Charpy	33
4.4. Execução da solda para qualificação do procedimento	33
4.4.1. Preparação	33
4.4.2. Soldagem	33
4.4.3. Pós soldagem	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	36

5.1. Partícula Magnética	36
5.2. Ultrassom	36
5.3. Dureza	36
5.4. Macrografia	37
5.5. Ensaio de tração	38
5.6. Dobramento	
5.7. Impacto Charpy	38
6. CONCLUSÃO	39
Referência bibliográfica	41
Anexo	43

1) INTRODUÇÃO

Na indústria da conformação mecânica a definição do processo de forjamento de peças complexas, em relação ao perfil ou diferença de massa, é exaustivamente analisada antes de se iniciar a fabricação de forjados. Apesar da análise criteriosa, em algumas situações o escoamento do material durante a conformação ocorre de forma inesperada mostrando que processo escolhido não foi o mais adequado. Nesses casos é comum, desde que acordado previamente com o cliente, realizar soldagem de enchimento nas peças não conformes.

Na empresa “A” o forjamento em matriz aberta de eixos propulsores de navios-sonda, fabricados em aço SAE-4140, apresentaram falta de material no diâmetro interno do flange. A fim de atender a necessidade do cliente em relação ao prazo de entrega e evitar o refugo das peças foi acordado entre as partes a recuperação do componente através do processo de soldagem SMAW.

O presente trabalho aborda um estudo de caso sobre o processo de qualificação de soldagem das soldas de reparo realizadas nos eixos que compõe o sistema de propulsão de embarcações utilizadas na extração de petróleo na região do pré-sal.

2) OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo discutir o procedimento de soldagem desenvolvido para realizar o retrabalho dos eixos propulsores para navio-sonda, a fim de validar sua eficácia e garantir a padronização e repetibilidade da forma de realizar o retrabalho e assim garantindo a qualidade do procedimento realizado e a produção de soldas com as propriedades adequadas para a aplicação pretendida.

3) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Forjamento

O forjamento está entre os processos de conformação mecânica de metais mais antigo que se conhece. Há relatos de versões primitivas desse processo que datam de 800 A.C

Existem diversas definições para o forjamento, todas convergem para o mesmo conceito. As mais usuais são:

“O Forjamento é o processo de conformação mecânica pelo martelamento ou prensagem” (CHIAVERINI, 1986)

“O Forjamento consiste no trabalho mecânico ou na deformação de peça de metal normalmente a quente; isso pode ser obtido pela aplicação de insuflações sucessivas ou através de compressões contínuas.” (CALISTER, 2008)

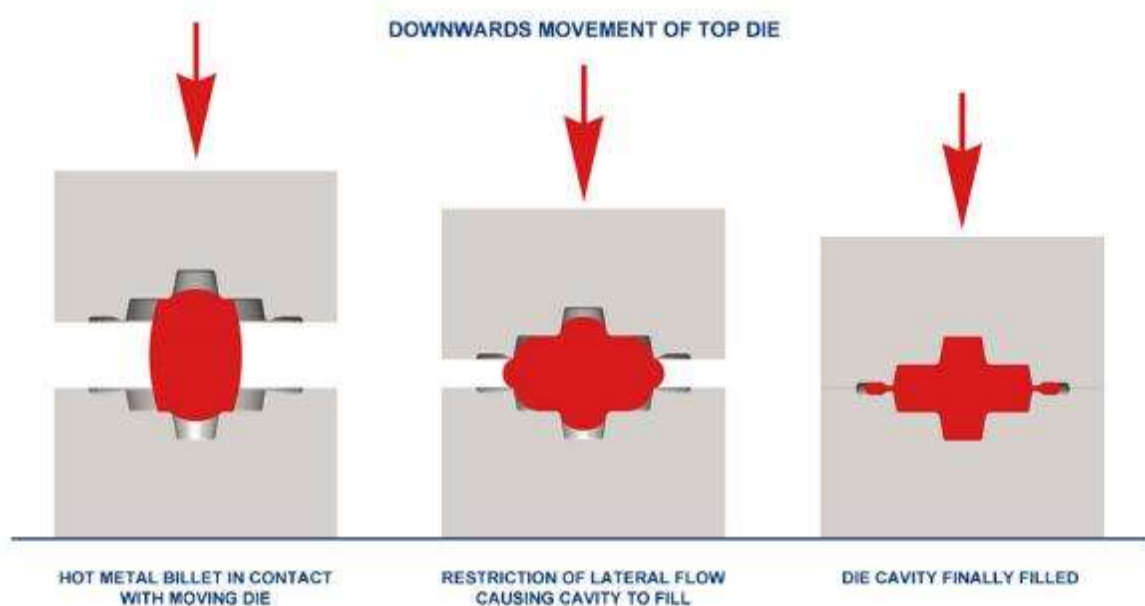


Figura 1: Representação esquemática do processo de forjamento em matriz aberta **Fonte: Revista Forge 2017**

O forjamento pode ser classificado conforme a temperatura de operação, de acordo com o equipamento utilizado para gerar a deformação no tarugo e conforme o tipo de matriz.

3.1.1 Classificação quanto à temperatura de operação

O forjamento a quente é realizado em temperaturas acima da de recristalização do metal. A máxima temperatura de forjamento corresponde à temperatura em que pode ocorrer fusão incipiente ou aceleração da oxidação e a mínima corresponde à temperatura abaixo da qual o material pode começar a encruar, ou seja, dependerá do material forjado. Para o caso dos aços-carbono, a faixa usual de temperatura é de 800°C a 1000°C. Em aços altamente ligados, as temperaturas de operação são mais elevadas, uma vez que a estrutura do material é mais complexa (CHIAVERINI, 1986).

O forjamento a quente facilita o escoamento do material, contribuindo para menor surgimento de trincas e diminuição de heterogeneidade na microestrutura, devido às rápidas taxas de difusão.

No forjamento a frio não há aquecimento e o material é forçado a escoar entre matriz e um macho, resultando em peças com forma e tolerância precisas. Necessita de menor quantidade de material se comparada ao forjamento a quente e, por isso, vem ganhando grande espaço (FENILI, 2009).

3.1.2 Classificação quanto ao tipo de equipamento

Existem dois tipos gerais de equipamentos para forjamento: os martelos de forja e as prensas.

Nos martelos, golpes rápidos e sucessivos são aplicados no metal, enquanto em prensas o metal fica sujeito à ação de força de compressão a baixa velocidade. Assim, no martelamento, a pressão atinge a máxima intensidade quando o martelo toca o metal, decrescendo rapidamente à medida que a energia do golpe é absorvida pelo metal, promovendo sua deformação. Na prensagem, atinge-se o valor máximo da pressão instantes antes de o esforço ser retirado. Sendo assim, o martelamento produzirá deformação principalmente nas camadas superficiais, enquanto a prensagem atingirá as camadas mais profundas, promovendo deformação resultante mais regular do que a que é produzida pela ação dinâmica do martelamento (CHIAVERINI, 1986).

3.1.3 Classificação quanto ao tipo de Matriz

Os esforços submetidos ao material na operação de forjamento são compressivos e alteram as dimensões e características metalúrgicas de uma peça, que tenderá a assumir o contorno da ferramenta utilizada na conformação. As matrizes são as principais ferramentas utilizadas nesse processo, que pode ser diferenciado, devido ao tipo de matriz, em forjamento em matriz aberta e em matriz fechada (LOPES, 2011).

No forjamento em matriz fechada ocorre a movimentação de duas ou mais matrizes entre si para conformar um tarugo. As matrizes contêm impressões com o formato desejado da peça. Esse tipo de forjamento produz peças com tolerâncias dimensionais menores do que no de matriz aberta.

A matriz fechada promove forte restrição ao espalhamento do material, visando obter um produto ou matéria-prima para outro processo como por exemplo: a usinagem. A tensão limite de escoamento do material deve ser reduzida para permitir que a pressão na matriz seja menor que a tensão limite de resistência à tração, para que não ocorra rompimento da peça. O volume de material que deve ser colocado na matriz deve ser o suficiente para preencher suas cavidades. Se estiver em excesso, pode danificar a matriz e/ou a prensa. Esse tipo de forjamento é normalmente utilizado para conformar peças simétricas e com uso de matrizes com várias cavidades, ocorrendo em mais de uma etapa.

No forjamento em matriz aberta o material é disposto sobre diferentes tipos de matrizes, côncavas, convexas, e com superfícies planas. Esses tipos de matrizes são mais simples que as do forjamento em matriz fechada. Ocorre estiramento do material, que consiste em sucessivos golpes ao longo do comprimento do material, promovendo redução na seção transversal e aumento no comprimento.

A primeira etapa do forjamento em matriz aberta é o recalque, que promove compressão sucessiva do material, resultando em escoamento na direção transversal. Em seguida, ocorre o estiramento, que é o escoamento longitudinal da peça, aumentando seu comprimento. Por fim, ocorre o alargamento, que é a expansão perpendicular ao eixo da peça. Esse tipo de forjamento é comumente utilizado para conformar peças de elevada dimensão com formato relativamente simples e pode anteceder o forjamento em matriz fechada.

3.1.4 Materiais utilizados no forjamento

Os materiais mais utilizados na produção de peças forjadas são os aços (carbono, baixa liga, aços estruturais, para cementação, para beneficiamento, aços inoxidáveis ferríticos e austeníticos e aços ferramenta), ligas de alumínio, de cobre (especialmente os latões), de magnésio, de níquel (inclusive as chamadas superligas, como Waspaloy, Astraloy, Inconel, Udimet 700, etc., empregadas principalmente na indústria aeroespacial) e de titânio.

Anteriormente ao processo de forjamento, o material é geralmente fundido ou laminado.

A Tabela 1 apresenta os principais metais utilizados pela empresa “A” no seu processo de fabricação.

Tabela 1: Aços e suas aplicações na indústria de forjados. **Fonte:** Autor

Material	Característica	Aplicação
SAE 1524	Alto teor de Mn	Eixos
SAE 1045	0,45% C	Eixo de moenda
SAE 1055	0,55% C	Eixo rodoviário
SAE 4130	Cr-Mo	Conectores óleo e gás,
SAE 4140	Cr-Mo	Eixo naval, rodas
SAE 4150	Cr-Mo	Rodas
SAE 8630	Cr-Ni-Mo	Trilhos

3.1.5 Produtos

Rodas, engrenagens, tubulação para a produção de conectores de linhas flexíveis, peças e componentes para equipamentos de prospecção e produção de Petróleo, trilhos e eixos de médio e grande porte tais como: eixos ferroviários, eixos de turbina a vapor, eixos ventiladores, eixos de moenda e virabrequins podem ser citados como os principais produtos de forjarias de matriz aberta.

3.1.5.1 Produto e aplicação do estudo de caso

As plataformas de petróleo necessitam de uma logística que opere de forma eficiente. Esta logística pode ser feita por helicópteros, que em geral transportam pequenas cargas e/ou pessoas, ou por embarcações nas quais transportam os

materiais requeridos (COSTA et al., 2008, p. 128). Estas embarcações servem de apoio offshore e possuem características exclusivas para o tipo de serviço que irão realizar.

O componente submetido ao reparo neste trabalho trata-se de um eixo forjado do sistema de propulsão de navios-sonda equipados com aparelhagem de perfuração e projetados para exploração de poços submarinos na região do pré-sal.



Figura 2: Navio-sonda utilizado na logística de extração do pré-sal. **Fonte:** Site Wartsila 2017

3.2 Soldagem

O processo de soldagem e sua aplicação podem ser definidos conforme as citações abaixo:

“Processo de união de materiais baseado no estabelecimento de forças de ligação química de natureza similar às atuantes no interior dos próprios materiais, na região de ligação entre os materiais que estão sendo unidos.” (MARQUES, 2007, p. 18).

“Os processos de soldagem são utilizados para fabricar produtos e estruturas metálicas, aviões e veículos espaciais, navios, locomotivas, veículos ferroviários e rodoviários, pontes, prédios, oleodutos, gasodutos, plataformas marítimas, reatores nucleares e periféricos, trocadores de calor, utilidades domésticas, componentes eletrônicos etc.” (WAINER, 2008, p. 02).

Os processos de soldagem podem ser classificados de acordo com a fonte de energia, tipo de proteção gasosa, natureza da união. Podem também ser subdividido em dois grandes grupos, citados a seguir, baseando-se no método dominante para produzir a solda:

equipamento e da execução e grande versatilidade devido as diversas combinações de revestimento que podem ser formuladas. (WAINER, 2008).

Por se tratar de um processo manual o comprimento do arco elétrico na soldagem SMAW é determinada pelo soldador. Para compensar a instabilidade e variações no arco fontes de corrente constante são indicadas para execução desse processo.

A grande versatilidade do processo SMAW é atribuída a imensa gama de formulações que existem e podem ser desenvolvidas para o revestimento, que tem como função: estabilizar o arco elétrico, ajustar a composição química do cordão de solda e proteger o metal de solda e a poça de fusão da contaminação da atmosfera através da formação de gases e formação de escória. (ESAB, 2005).

Os eletrodos possuem alma metálica cujo diâmetro varia ente 1,5 a 8mm e comprimento entre 23 e 45mm eles podem ser classificados de acordo com o revestimento como básico, básico, celulósico, oxidante e ácido. (ESAB, 2005).

As principais características de cada tipo de revestimento podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2: Características dos eletrodos revestidos por tipo de revestimento. **Fonte: Autor**

TIPO	COMPOSIÇÃO	ESCÓRIA	CORRENTE	CORDÃO
BÁSICO	CaCO ₃ CaF ₂	Básica Dessulfurante	CC com polaridade reversa, CA	Média penetração
RUTÍLICO	TiO ₂	Ácida, Densa, Abundante, Fácil de destacar	CC CA	Média a baixa penetração Boa aparência
CELULÓSICO	C ₆ H ₁₀ O ₅ Material Orgânico	Pouca	CC com polaridade direta, CA	Alta penetração Aparência ruim
OXIDANTE	FeO, Fe ₂ O ₃ , Fe ₃ O Mn	Oxidante, Abundante, Fácil de destacar	CC, CA	Baixo % de C e Mn. Boa aparência
ÁCIDO	FeO, Fe ₂ O ₃ , Fe ₃ O, Mn, SiO ₂	Ácida, Porosa, Abundante, Fácil de destacar	CC CA	Penetração média Boa aparência

Os eletrodos de aço carbono e de baixa liga também podem ser classificados de acordo com as regras da AWS (Figura 4):

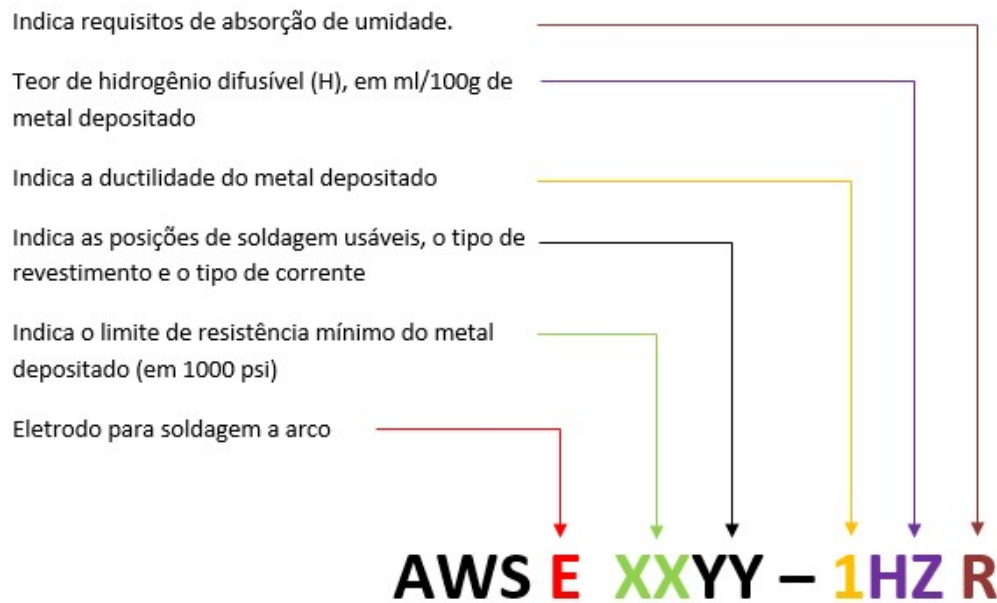


Figura 4: Classificação dos eletrodos revestidos para aço baixa liga segundo a AWS. **Fonte:** Marques, 2007

3.2.2 Soldagem dos Aços baixa liga

3.2.2.1 Aços baixa liga

Os aços denominados como baixa-liga são aqueles que possuem adição de elementos de ligas tais como o Cr, Ni e Mo com o objetivo de melhorar a temperabilidade e, conseqüentemente, a resistência mecânica desses materiais (Silva, 1988).

Nesses aços os elementos residuais possuem teores acima do considerado normal. A soma dos elementos adicionados e dos residuais não deve ultrapassar o valor de 5%. Embora o percentual de liga adicionado promova mudança nas propriedades ele não é suficiente para alterar significativamente a estrutura do material, nem a natureza dos tratamentos térmicos aos quais devem ser submetidos. (Chiaverini,2015).

São amplamente utilizados em função da excelente relação custo benefício pois possuem boas propriedades mecânicas, elevado limite de escoamento, boa formabilidade, soldabilidade e excelente tenacidade (Silva, 1988).

O metal de base utilizado no presente trabalho, SAE-4140, é classificado como aço para construção mecânica, baixa liga e especial em função das exigências de ensaio de impacto no estado temperado e revenido. (Filho, 2011).

De acordo com a norma SAE-404 J 404 o aço SAE-4140, ligado ao cromo e molibdênio, deve atender a composição química descrita na Tabela 3.

Tabela 3: Composição Química do Aço SAE-4140 **Fonte:** SAE J 404 Gr.4140

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)
0,38 -0,40	0,15 -0,30	0,75 – 1,00	0,035 máx.	0,035 máx.	0,80 – 1,10	0,15 – 0,25

As propriedades mecânicas especificadas para o SAE-4140, de acordo com as normas ASTM, por tipo de tratamento térmico ao qual foi submetido estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4: Propriedades Mecânicas do aço SAE-4140 **Fonte:** Autor.

Tratamento Térmico	LR (MPa)	LE (MPa)	A (%)	Dureza Brinell (HB)
Normalizado	740 mín.	590	15	230-231
Beneficiado	750 mín.	720	15	270-331

3.2.2.2 Fragilização por hidrogênio

Popularmente conhecida como “flocos”, a fissuração por hidrogênio é o problema mais recorrente relacionado a soldagem de aços baixa liga. Esse defeito também é conhecido como fissuração a frio devido ao fato de que as trincas podem aparecer ou terminar o seu desenvolvimento até 48 horas após a soldagem. Sua ocorrência está, necessariamente, associada a dois fatores: tensão e presença de hidrogênio. (MARQUES, 2007).

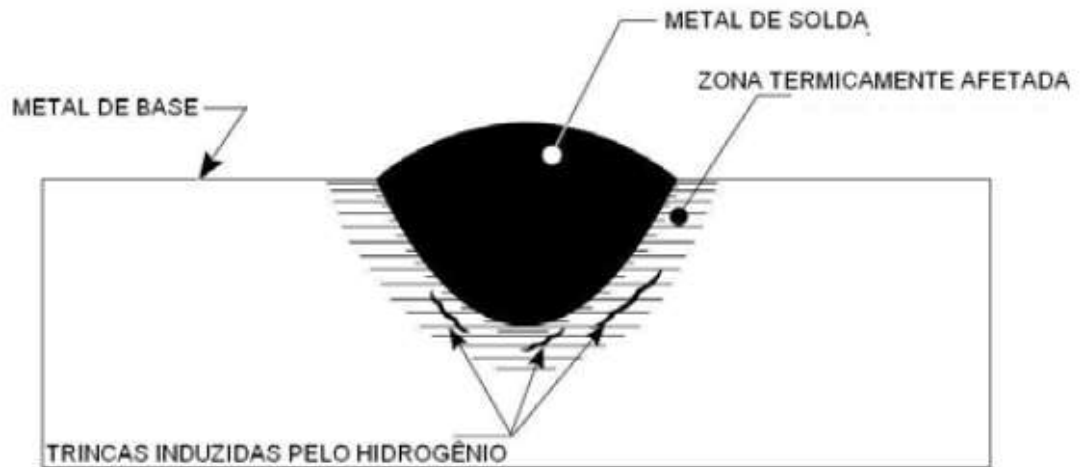


Figura 5: Fragilização por hidrogênio. Fonte: ESAB, 2005

Durante a soldagem a arco o hidrogênio presente no ar e em compostos que compõe o revestimento se dissociam e se dissolvem na poça de fusão, a medida que o metal vai solidificando sua capacidade de solubilizar o hidrogênio atômico diminui. Sem espaço para se acomodar os átomos de hidrogênio migram para as regiões adjacentes. Parte do hidrogênio sai na superfície sem causar nenhum dano, o restante tende a se concentrar nos poros da ZTA formando, instantaneamente o gás hidrogênio (H_2). A concentração de moléculas de hidrogênio nesses sítios aprisionadores exerce altíssimas pressões internas que se estiverem associadas a uma microestrutura pouco tenaz e dura, tal como a martensita, leva a formação de trincas (ESAB,2005).

3.2.2.3 Eletrodos revestidos para soldagem de aços baixas ligas

Normalmente os revestimentos dos eletrodos utilizados no processo SMAW são higroscópicos. Devido à alta susceptibilidade a fragilização por hidrogênio os eletrodos utilizados na soldagem dos aços HSLA são confeccionados de modo a possuírem baixo teor de hidrogênio em suas formulações e são submetidos a procedimentos de secagem a fim de reduzir a probabilidade de ocorrência de trincas a frio. Quanto maior a temperatura de secagem suportada pelo eletrodo, maior a ausência de umidade e conseqüentemente menor a presença de hidrogênio no eletrodo (ZEEMANN,2016).

Os eletrodos para soldagem de aços baixa liga são selecionados de acordo com a propriedade mecânica e não de acordo com a composição química como ocorre com os aços carbono. O metal de adição escolhido deve possuir valores de limite de escoamento e limite de resistência iguais ou superiores ao do metal de base para que a junta soldada possa suportar as solicitações requeridas (ESAB, 2005).

As diretrizes para a especificação de eletrodos revestidos de aço estrutural de alta resistência e baixa liga podem ser encontrados nas normas AWS A5.5 e ANSI A5.1.

3.3) Normas

As normas e especificações são elaboradas com o intuito de garantir a qualidade, repetibilidade, reprodutibilidade e padronização das informações técnicas. Além disso, a normatização tem como objetivo prevenir acidentes e evitar prejuízos para as pessoas, processos e meio ambiente.

No universo da soldagem as normas citadas abaixo são as mais utilizadas:

- ANSI/AWS D1.1 - Structural Welding Code for Steel.
- ANSI/AWS D1.5 - Bridge Welding Code.
- ANSI/AWS D1.1 - Structural Welding Code for Stainless Steel.
- ASME - Boiler and Pressure Vessel Code - Seção IX.
- ISO 3834:2005 - Quality requirements for fusion welding of metallic materials.
- API STD 1104 - Standard for Welding Pipelines and Related Facilities
- DNV - Rules for Design, Construction and Inspection of Offshore Structures

Todas as normas mencionadas descrevem procedimentos de como elaborar as documentações que regem os processos de soldagem que são: Especificação Técnica de Soldagem (EPS), Registro de Qualificação do Procedimento de soldagem (RQPS) e (CQS).

No presente trabalho a norma ASME -Boiler and Pressure Vessel Code - Seção IX, Welding, Brazing and Fusing Qualifications determinou a diretriz da fabricação. Por se tratar de um produto naval que deve ser submetido à aprovação da certificadora ABS (American Bureau of Shipping) o caderno de encargos ABS- Part 2 – Materials and Welding também foi consultado e considerado neste processo.

4) ESTUDO DE CASO

Eixos propulsores de navios-sonda utilizados no sistema de extração do pré-sal, forjado em aço SAE-4140, apresentaram rechupe no diâmetro interno do flange conforme apresentado na Figura 6.



Figura 6: Detalhamento da região não conforme do eixo propulsor. **Fonte:** Autor.

Com o intuito de atender a necessidade do cliente e evitar o refugo sem prejuízo da qualidade e do prazo de entrega foi proposto, como medida corretiva, que a região do defeito fosse preenchida por soldagem utilizando o processo SMAW.

Neste estudo de caso será apresentado o desenvolvimento da documentação pertinente ao processo de soldagem (EPS, RQP, Qualificação do soldador) que será executado para reparar as peças.

4.1 Qualificação da EPS

A EPS é um documento que tem como objetivo garantir que o processo de junção proposto para confecção de um componente seja capaz de produzir soldas com as propriedades adequadas para a aplicação pretendida. Em seu conteúdo deve constar as variáveis essenciais e não essenciais. As variáveis essenciais são aquelas que promovem variações nas propriedades mecânicas quando são modificadas. (ASME BPVC: 2015)

Para o processo SMAW essas variáveis estão listadas na tabela QW-253 da norma ASME IX conforme Tabela 5:

Tabela 5: Variáveis do Processo SMAW segundo a norma ASME IX:2015. Fonte: ASME IX:2015

Table QW-253 Welding Variables Procedure Specifications (WPS) — Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)				
Paragraph	Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	.1	φ Groove design		X
	.4	- Backing		X
	.10	φ Root spacing		X
	.11	± Retainers		X
QW-403 Base Metals	.5	φ Group Number		X
	.6	T Limits toughness		X
	.8	φ T Qualified	X	
	.9	t Pass > 1/2 in. (13 mm)	X	
	.11	φ P-No. qualified	X	
QW-404 Filler Metals	.4	φ F-Number	X	
	.5	φ A-Number	X	
	.6	φ Diameter		X
	.7	φ Diameter > 1/4 in. (6 mm)		X
	.12	φ Classification		X
	.30	φ t	X	
	.33	φ Classification		X
QW-405 Positions	.1	+ Position		X
	.2	φ Position		X
	.3	φ † Vertical welding		X
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F (55°C)	X	
	.2	φ Preheat maint.		X
	.3	Increase > 100°F (55°C) (IP)		X
QW-407 PWHT	.1	φ PWHT	X	
	.2	φ PWHT (T & T range)		X
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input		X
	.4	φ Current or polarity		X
	.8	φ I & E range		X
QW-410 Technique	.1	φ String or weave		X
	.5	φ Method cleaning		X
	.6	φ Method back gouge		X
	.9	φ Multiple to single pass/side		X
	.25	φ Manual or automatic		X
	.26	± Peening		X
	.64	Use of thermal processes	X	

Legend:

+ Addition	> Increase or greater than	† Uphill	← Forehand	φ Change
- Deletion	< Decrease or less than	‡ Downhill	→ Backhand	

Embora a norma ASME B31.3 indique que não há necessidade de realizar o ensaio de impacto e, conseqüentemente, considerar as variáveis suplementares na qualificação do procedimento de soldagem a certificadora ABS, responsável pelo

diligenciamento e aprovação da peça, exigiu a retirada de corpos de prova e a execução do teste como um dos requisitos para aprovação do produto.

4.1.1 Chapa Teste (CT)

Devido a especificação do eixo propulsor solicitado pelo cliente, o SAE-4140 foi determinado como metal de base. Este aço não está diretamente listado no QW 422 da norma ASME IX:2015. Entretanto, por estar presente na relação de aços da norma ASTM A 519 podemos classificar o material como pertencente ao P-number de número 1.

- EPS 005

Por se tratar de um processo de revestimento, inicialmente foi elaborada a EPS 005 definida com base no capítulo de Processos especiais – QW382- HARD-FACING WELD METAL OVERLAY (WEAR RESISTANT) da norma ASME IX: 2015. A largura e comprimento foram definidos conforme a Figura 7 QW-462.5

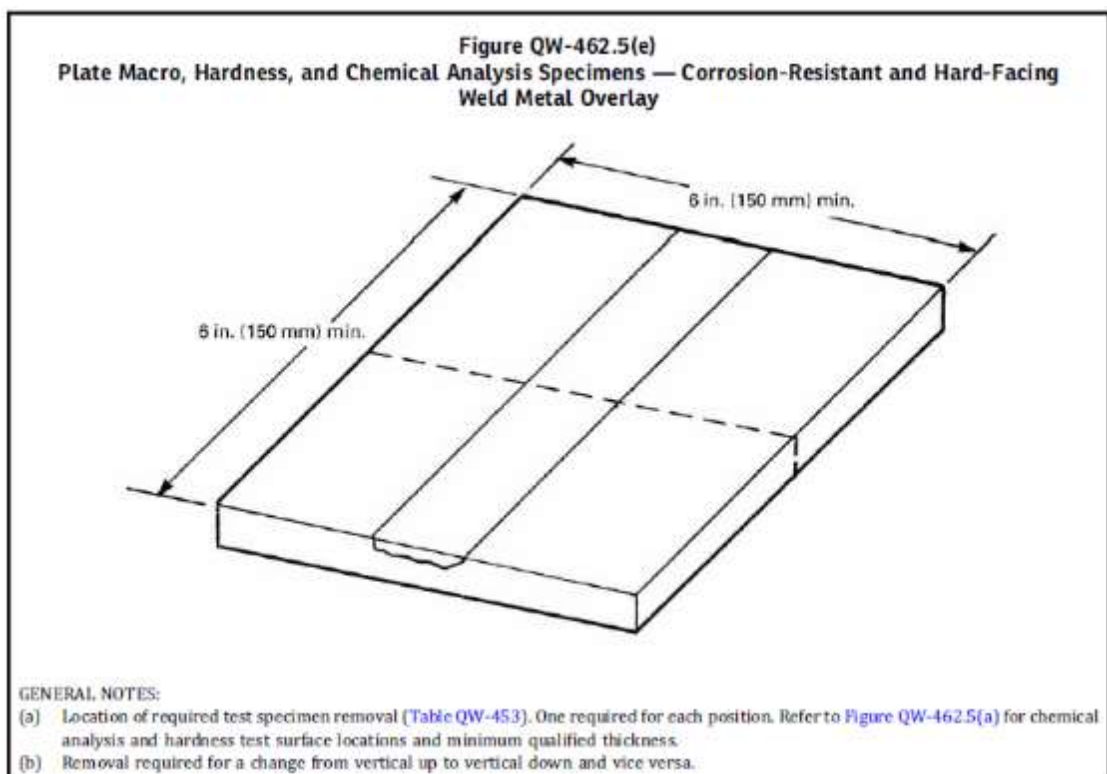


Figura 7: Dimensional da chapa teste conforme QW-462.5. Fonte: ASME IX:2017.

A chapa utilizada na qualificação do procedimento 005 possui 50mm de espessura qualificando a faixa de 25mm a ilimitado conforme tabela QW-453 (Tabela 6).

Tabela 6: Determinação da espessura mínima da chapa teste conforme ASME IX:2015. Fonte: ASME IX:2015

Table QW-453 Procedure/Performance Qualification Thickness Limits and Test Specimens for Hard-Facing (Wear-Resistant) and Corrosion-Resistant Overlays				
Thickness of Test Coupon (<i>T</i>)	Corrosion-Resistant Overlay [Note (1)]		Hard-facing Overlay (Wear-Resistant) [Note (2)]	
	Nominal Base Metal Thickness Qualified (<i>T</i>)	Type and Number of Tests Required	Nominal Base Metal Thickness Qualified (<i>T</i>)	Type and Number of Tests Required
Procedure Qualification Testing				
Less than 1 in. (25 mm) <i>T</i>	<i>T</i> qualified to unlimited	Notes [Note (4)], [Note (5)], and [Note (9)]	<i>T</i> qualified up to 1 in. (25 mm)	Notes [Note (3)], [Note (7)], [Note (8)], and [Note (9)]
1 in. (25 mm) and over <i>T</i>	1 in. (25 mm) to unlimited		1 in. (25 mm) to unlimited	
Performance Qualification Testing				
Less than 1 in. (25 mm) <i>T</i>	<i>T</i> qualified to unlimited	[Note (6)]	<i>T</i> qualified to unlimited	Notes [Note (8)] and [Note (10)]
1 in. (25 mm) and over <i>T</i>	1 in. (25 mm) to unlimited		1 in. (25 mm) to unlimited	

Durante o desenvolvimento do projeto verificou-se que embora a soldagem de recuperação consistisse em uma solda de revestimento o metal de adição depositado não tinha como função atender a requisitos de propriedade de dureza como definido no QW382 (HARD-FACING WELD METAL OVERLAY). Para adequar a o serviço executado aos requisitos especificados na norma ASME IX foi elaborado a EPS 006.

- EPS 006

Segundo a chapa utilizada para qualificação da EPS-006 deve ter, no mínimo, o seguinte dimensional: 29mm x150x150 para atender a ASME. Para a realização dos testes que qualificam o procedimento foi utilizada uma chapa de SAE-4140, retirada de uma das peças não conforme, cujo dimensional é: 30x280x300mm.

4.2 Consumível

Como dito anteriormente os eletrodos de baixa liga são selecionados de acordo com as propriedades físicas do aço a ser soldado. No presente estudo o eletrodo revestido ER 11018G (Marca comercial OK 75.75 – ESAB, 2005) foi escolhido com base nos níveis apropriados de resistência mecânica e no serviço pretendido para a junta soldada. Sua composição química encontra-se na Tabela 7

Tabela 7: Composição química do eletrodo ER 11018 G. Fonte: Autor

C	Mn*	Si	P	S	Mo*	Ni*	Cr	V
0,086	1,60	0,35	0,015	0,008	0,28	1,59	0,30	0,004

Através do sistema de classificação da AWS é possível identificar as principais características do eletrodo **ER 11018G**:

- **ER** – Eletrodo Revestido.
- **110XX** – Possui limite de resistência mínimo a tração 110KSi ou 751Mpa.
- **XXX1X** – Pode ser utilizado para soldar em todas as posições.
- **XXXX8** – Trata-se de um eletrodo básico que possui potássio e pó de ferros adicionados na composição do revestimento.
- **G** – Eletrodos de aço baixa liga em geral com o teor mínimo de pelo menos um dos seguintes elementos: 1% Mn, 0,8% Si, 0,5% Ni, 0,3% Cr, 0,20% Mo, 0,10% V ou 0,20% Cu.

Tabela 8: Propriedades mecânicas do eletrodo ER 11018 G. Fonte: Autor

PROPRIEDADE	
Resistência a Tração (MPa)	840
Limite de Escoamento (MPa)	730
Alongamento (%)	23

A Tabela 9 mostra os parâmetros de soldagem recomendados para a soldagem com o eletrodo revestido ER 11018G. Para a realização da soldagem de recomposição foi utilizado um eletrodo de 5mm de diâmetro.

Tabela 9: Parâmetros de soldagem recomendados pelo fabricante para o eletrodo ER 11018G.

Fonte: ESAB, 2005

Diâmetro (mm)	Corrente (A)	Valor Ótimo (A)	Taxa de deposição (kg/h)	Eficiência de deposição (%)
2,5	65 – 105	90	0,8	66
3,2	100 - 150	120/140	1,2 / 1,2	72 / 71
4,0	130 – 200	140/170	1,4 / 1,7	75/ 74
5,0	185 – 270	200/250	2,2 / 2,4	76/ 75

4.3 Metodologia e critérios de Aceitação dos ensaios

Para a EPS 005 foram requeridos os ensaios de análise química, dureza e macrografia. As amostras foram retiradas e preparadas conforme a figura QW-462-5 (Figura 7) retirada do código ASME IX edição 2015.

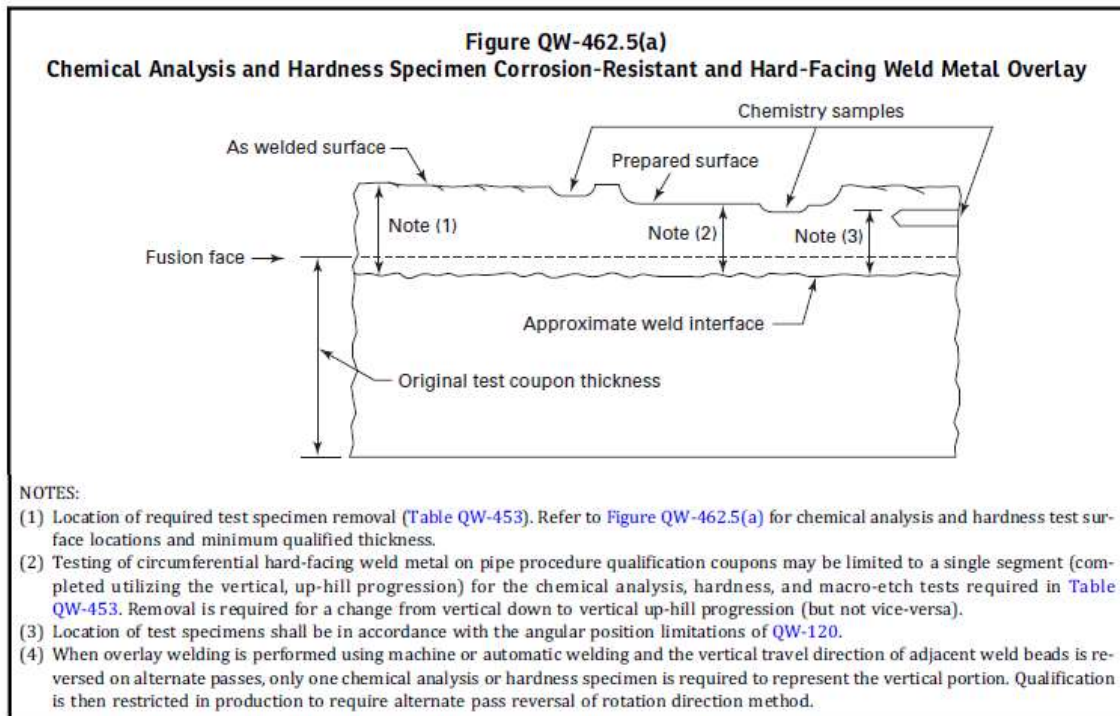


Figura 8: Diagrama de retirada de CP para revestimentos que necessitam atender aos requisitos de dureza QW-462.5(a). **Fonte: ASME IX:2015**

4.3.1 Dureza

O ensaio de dureza Brinell foi realizado em 5 amostras retiradas da EPS 005 utilizando o durômetro de bancada Otto Wolpet-Werke tipo HT1a. Em cada amostra foram realizadas 20 indentações (5 em cada região: solda, linha de fusão, zona termicamente afetada e metal de base).

Para a qualificação do procedimento relativo a EPS-006 foram retirados 2 corpos de prova para a realização do ensaio de impacto e 4 corpos de prova para a realização do ensaio de dobramento conforme tabela QW-451.2 do código ASME (Tabela 10).

4.3.2 Ensaios destrutivos

As quantidades de corpos de prova ensaiados para validar a EPS foram determinadas com base na tabela (QW-451.2).

Tabela 10: Determinação do número de corpos de prova de tração e dobramento QW-451.2. **Fonte:** ASME IX:2015

Thickness T of Test Coupon Welded, in. (mm)	Range of Thickness T of Base Metal Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]		Thickness t of Deposited Weld Metal Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]	Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (2)]		
	Min.	Max.	Max.	Tension, QW-150	Face Bend, QW-160	Root Bend, QW-160
Less than $\frac{1}{16}$ (1.5)	T	$2T$	$2t$	2	2	2
$\frac{1}{16}$ to $\frac{3}{16}$ (1.5 to 10) incl	$\frac{1}{16}$ (1.5)	$2T$	$2t$	2	2	2
Over $\frac{3}{16}$ (10)	$\frac{3}{16}$ (5)	$2T$	$2t$	2	2	2

NOTES:
 (1) The following variables further restrict the limits shown in this table when they are referenced in QW-250 for the process under consideration: QW-403.9, QW-403.10, QW-404.32, and QW-407.4. Also, QW-202.2, QW-202.3, and QW-202.4 provide exemptions that supersede the limits of this table.
 (2) For combination of welding procedures, see QW-200.4.

Além do solicitado no código, outros dois dos corpos de prova de dobramento foram retirados de acordo com a solicitação do cliente.

4.3.3 Ensaio de Tração

Os corpos de prova para realização do ensaio de tração foram realizados conforme Figura 9 (QW-462-1(a)).

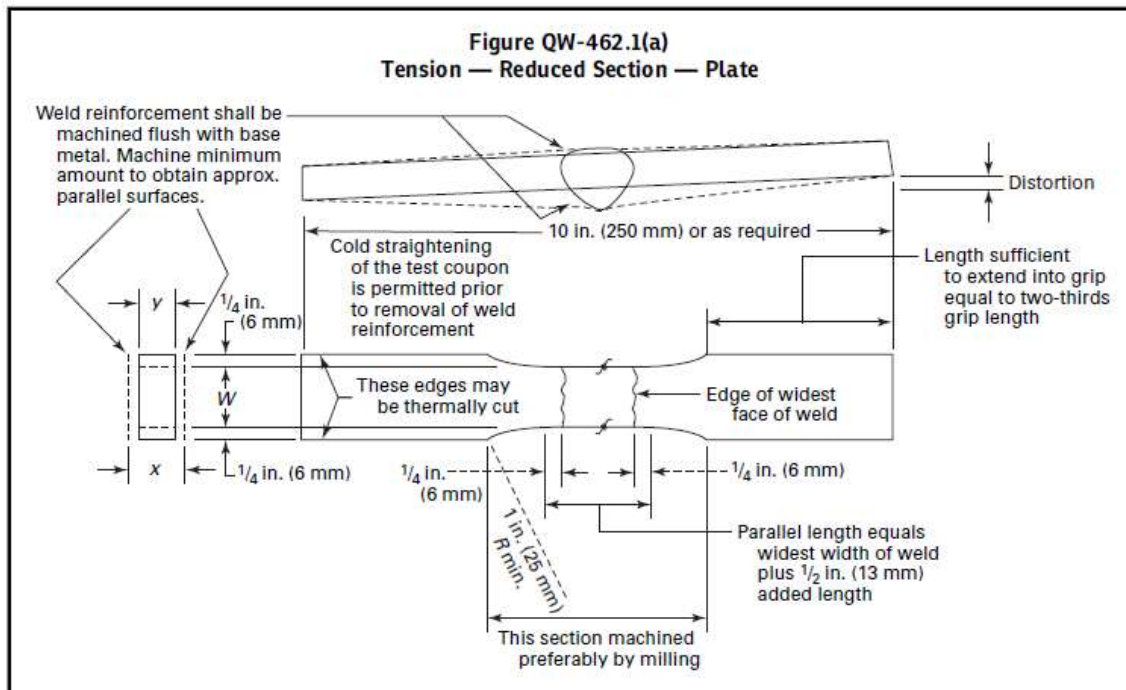


Figura 9: Dimensionamento dos corpos de prova de tração. Fonte: ASME IX:2015

O ensaio foi executado no equipamento SHIMADZU 1000KN, a temperatura ambiente, conforme método especificado na norma ASTM A 370 – 2014.

O critério de aceitação para este ensaio está estabelecido no artigo QW-153 e possui quatro pontos:

- 1- A tensão de ruptura obtida deve ter, no mínimo, a resistência a tração especificada para o metal base.
- 2- Quando se tratar de soldas dissimilares deve-se considerar o menor limite de resistência especificado.
- 3- Quando houver abertura para utilizar metal de adição com limite de resistência menor do que o limite especificado para o metal de base, considerar a especificação do metal de adição como referência para a aprovação.
- 4- Caso a ruptura ocorra no metal de adição o valor obtido deverá ser maior ou igual a 95% do limite de resistência especificado para o metal base.

4.3.4 Ensaio de Dobramento

Os corpos de prova para realização do ensaio de dobramento foram realizados conforme Figura 10 (QW-462-2).

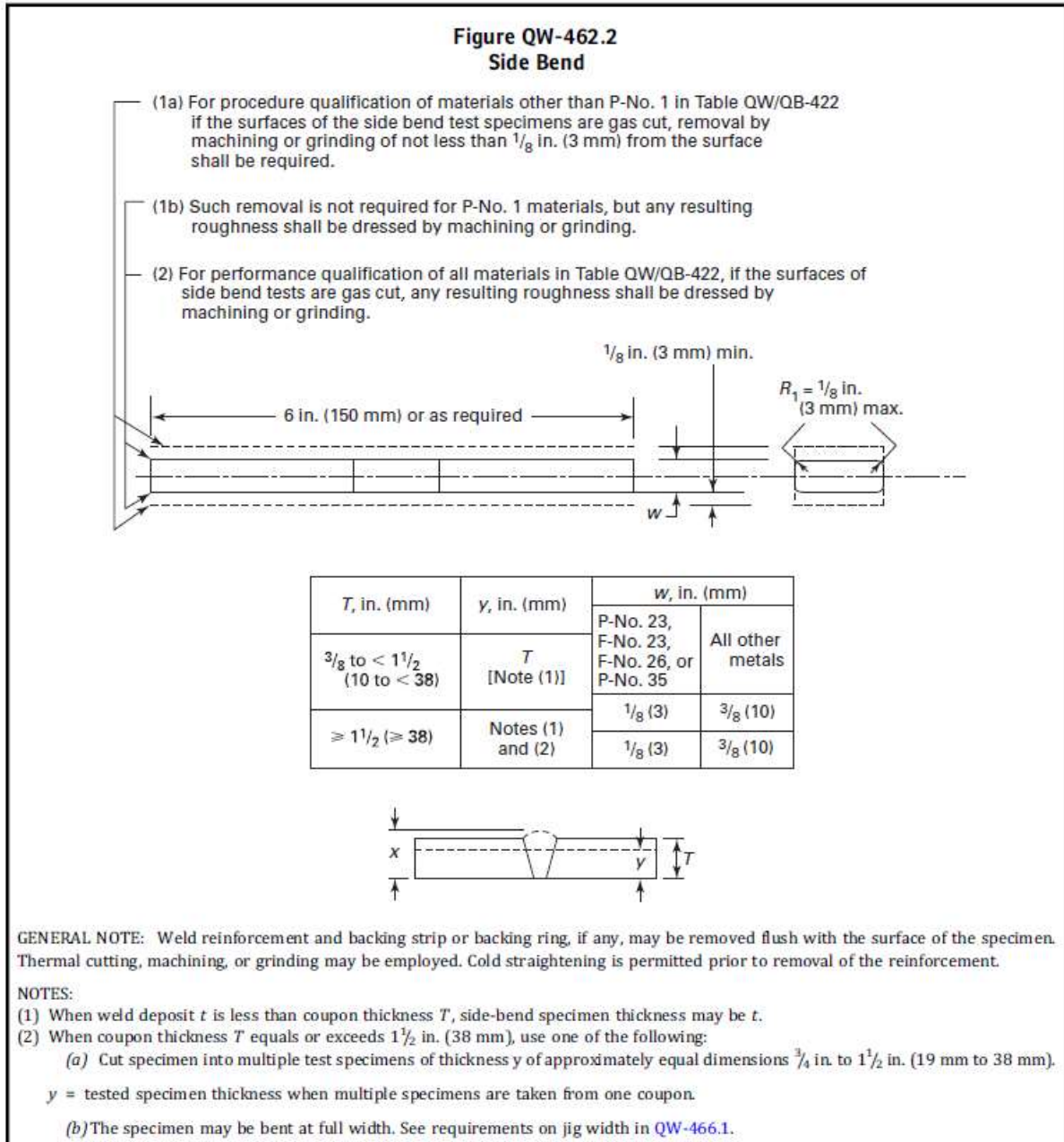


Figura 10: Dimensionamento dos corpos de prova de dobramento. Fonte: ASME IX:2015

Os corpos de prova do ensaio de dobramento, bem como os corpos de prova de tração foram realizados na máquina universal SHIMADZU UH-F 1000KN a temperatura ambiente, e metodologia conforme norma ASTM A 370 – 2014.

Na execução do ensaio foi utilizado um cutelo que possuía raio de 19mm e o ângulo de dobramento considerado foi de 30°.

O critério de aceitação para este ensaio está estabelecido no artigo QW-162 que estabelece:

- 1- Na região convexa do dobramento não deve haver descontinuidades maiores do que 3,2mm.

- 2- Descontinuidades abertas nos cantos da amostra durante o teste não devem ser consideradas a menos que haja evidência definitiva que resultam da falta de fusão, inclusões de escória, ou outras descontinuidades internas.

4.3.5 Ensaio de Impacto Charpy

NA chapa teste da EPS-006 foram retirados 2 SET's de CP (três CPs por SET) para a realização do ensaio de impacto, conforme a norma ASTM A 370. Para a execução utilizou-se o pêndulo de Impacto da marca Wolpert modelo PW 30/15. Todos os corpos de prova foram fresados e posteriormente retificados para atender as dimensões de 10x10x 55mm.

4.4 Execução da solda para qualificação do procedimento

4.4.1 Preparação

Para a execução do serviço as chapas teste foram usinadas e posteriormente pré-aquecidas a uma temperatura de 275°C. O controle da temperatura foi realizado por meio da utilização de lápis térmico.

Os eletrodos foram submetidos ao processo de secagem a temperatura de 250°C durante 2 horas.

4.4.2 Soldagem

Os parâmetros de soldagem foram determinados conforme norma ASME IX 2015 e dados do fabricante e podem ser observados nas tabelas 8 e 9. Os detalhes das juntas e a sequência de execução dos passes podem ser observados nas Figuras 11 e 12.

- EPS-005

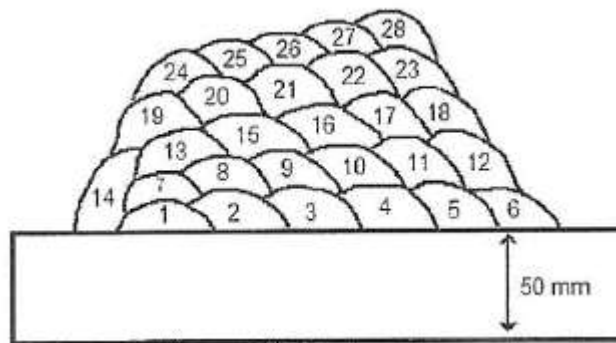


Figura 11: Detalhamento da junta soldada referente a EPS-005. Fonte: autor

Tabela 11: Parâmetros de soldagem recomendados para o procedimento 005. Fonte: autor

Camada	Passe	Eletrodo	Ø	Amperagem	Voltagem	Corrente	Polaridade	Velocidade
1ª	1	E11018G	5	240-250	24-26	CC	+	24-28
Enchimento Acabamento	Demais	E11018G	5	250-260	24-26	CC	+	26-30

- EPS-006

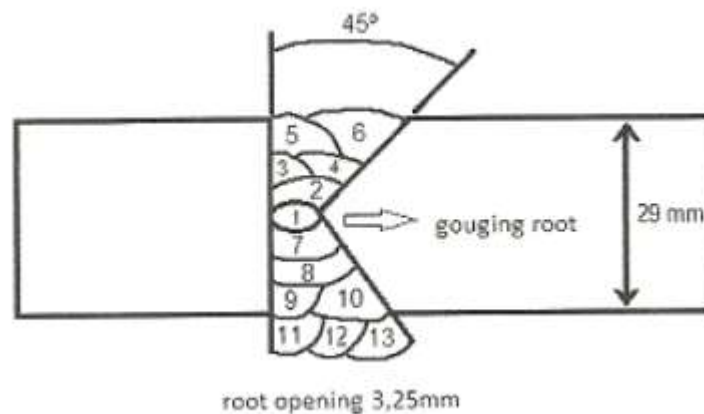


Figura 12: Detalhamento da junta soldada referente a EPS-006. Fonte: autor

Tabela 12: Parâmetros de soldagem recomendados para o procedimento 006. Fonte: autor

Camada	Passe	Eletrodo	Ø	Amperagem	Voltagem	Corrente	Polaridade	Velocidade
1ª	1	E11018G	3,25	135-145	24-25	CC	+	14-16
Enchimento	2	E11018G	4	175-190	25-26	CC	+	15-20
Enchimento Acabamento	Demais	E11018G	5	220-240	25-26	CC	+	18-26

4.4.3 Pós-soldagem

Após a execução do processo a região soldada foi isolada com fibra cerâmica de modo a garantir o resfriamento lento e controlado até que a peça atingisse a temperatura ambiente 24 horas após o resfriamento testar 100% das amostras por partícula magnética e ultrassom. Na sequência as chapas teste foram submetidas ao processo de têmpera e revenimento objetivando atingir um valor de dureza entre 225 a 270HB. Na sequência foram executados os ensaios não destrutivos.

Os tópicos abordados no estudo de caso (Qualificação da EPS, testes e resultados) estão consolidados nas EPS 005 e 006 e em seus respectivos registros (RQPS) disponibilizadas no anexo do trabalho.

5) RESULTADO E DISCURSÕES

Os ensaios de partícula magnética e ultrassom foram executados nas chapas de ambos os procedimentos. A análise macrográfica e o ensaio de dureza foram executados na chapa referente a EPS-005. Os corpos de prova dos demais ensaios (tração, dobramento e impacto) foram retirados da chapa soldada referente a EPS-006.

5.1 Partícula Magnética

As chapas de teste foram 100% submetidas ao ensaio de partícula magnética, via úmida, utilizando a técnica de magnetização longitudinal com o auxílio de yoke Metal Check –HMM6 conforme norma KZP1059.E REV.04.2. Todas as chapas foram aprovadas.

5.2 Ultrassom

O ensaio de ultrassom foi realizado em 100% das soldas conforme norma ASTM A 388. Para a execução do ensaio foi utilizado o equipamento Sonatest Master Scan 340- Série 340/569C utilizando a técnica Pulso eco e metil como acoplante. Todas as chapas ensaiadas foram aprovadas.

5.3 Dureza

O ensaio de dureza Brinell foi realizado em 5 amostras retiradas da EPS 005 utilizando o durômetro de bancada Otto Wolpet-Werke tipo HT1a. Em cada amostra foram realizadas 20 indentações (5 em cada região: solda, linha de fusão, zona termicamente afetada e metal de base). Os valores médios de dureza por região encontram-se na Tabela 13:

Tabela 13: Resultados do ensaio de dureza Brinell (HB). Fonte: autor

Especificado:	225 a 270HB				
ENCONTRADO					
	M1	M2	M3	M4	M5
SOLDA	253,4	249,0	252,0	252,0	263,8
LINHA DE FUSÃO	274,4	271,4	274,2	274,2	291,2
ZTA	292,8	276,0	283,2	283,2	281,6
METAL DE BASE	292,8	292,8	293,0	293,0	296,0

5.4 Macrografia

Cinco amostras retiradas conforme indicado na Figura 13 foram atacadas com o reagente nital 4%.

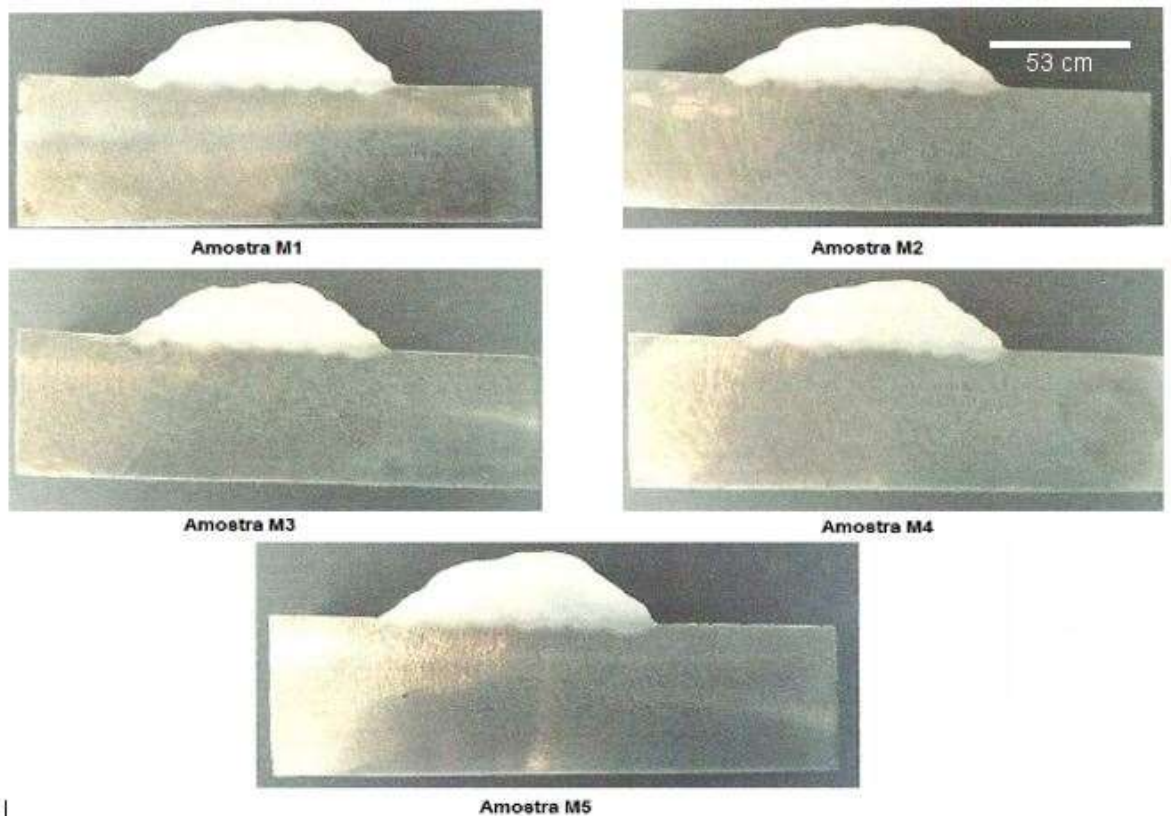


Figura 13: Resultados do ensaio macrográfico. Fonte: Ronaldo Paizante

Todas as amostras foram aprovadas, pois encontram-se sem defeitos e apresentam fusão completa.

5.5 Ensaio de tração

Os resultados obtidos estão listados na Tabela 14:

Tabela 14: **Resultados do ensaio de Tração.** Fonte: autor

DADOS	CP1	CP2
Dimensões	19,54 x 28,70	20,02 x 29,10
Resistência a Tração (MPa)	930,49	906,56
Região da Ruptura(%)	Metal base	Solda

Embora um dos corpos de prova tenha rompido na solda o limite de resistência obtido no ensaio é maior do que 95% do LR especificado para o metal de base e, por isso, o ensaio encontra-se aprovado.

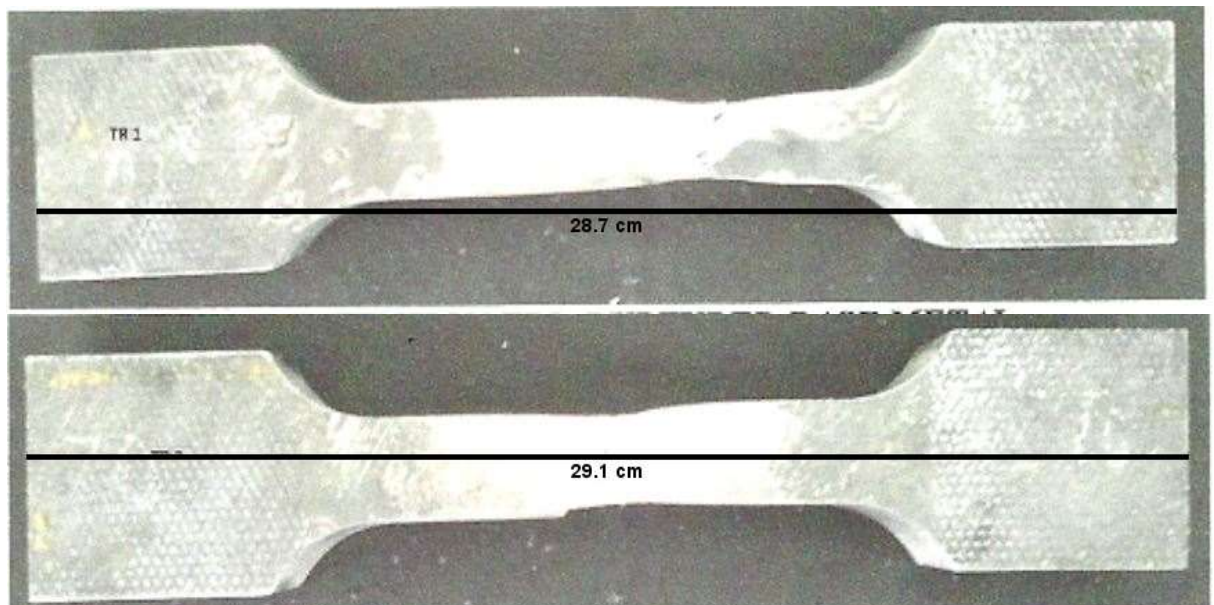


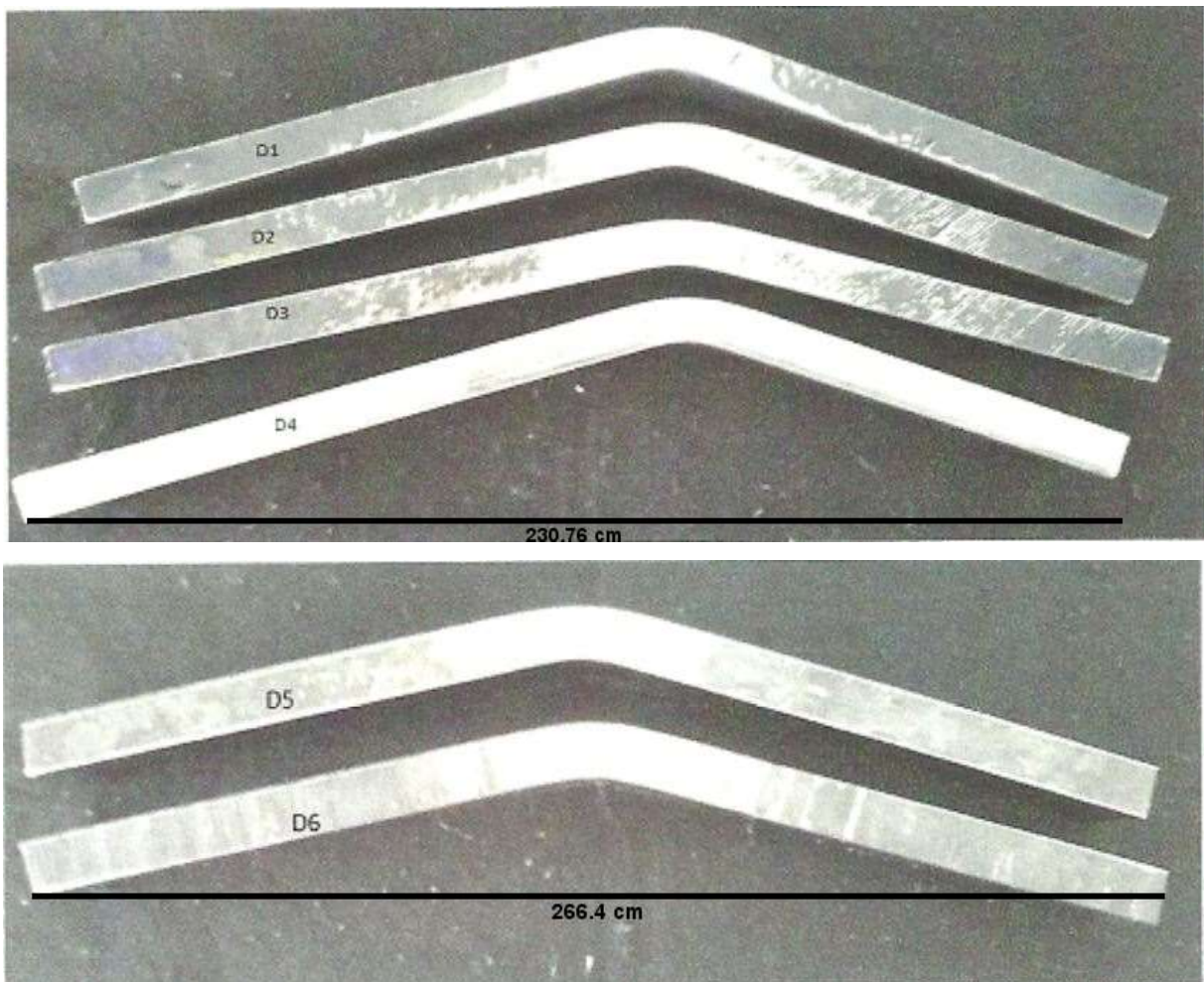
Figura 14: Ruptura dos corpos de prova de tração. Fonte: Ronaldo Paizante

5.6 Dobramento

Os resultados obtidos no ensaio de dobramento estão listados na Tabela 15.

Tabela 15: Resultados do ensaio de Dobramento. Fonte: autor

CP'S	DIMENSÕES	INSPEÇÃO VISUAL
CP 01	230,60 X 25,56 X 9,27	Apresentou descontinuidade <3,00mm
CP 02	230,80 X 25,48 X 9,63	Ruptura do corpo de prova
CP 03	230,72 X 25,50 X 10,24	Não apresentou descontinuidade
CP 04	230,76 X 25,17 X 10,04	Apresentou descontinuidade <3,00mm
CP 05	266,84 X 28,45 X 9,73	Não apresentou descontinuidade
CP 06	266,38 X 28,44 X 9,69	Apresentou descontinuidade <3,00mm

**Figura 15:** Corpos de prova do ensaio de dobramento. Fonte: Ronaldo Paizante.

5.7 Impacto Charpy

Os resultados obtidos no ensaio de dobramento estão listados na Tabela 16.

Tabela 16: Resultados do ensaio de Dobramento. Fonte: autor

DADOS	SET 1	SET 2
Dimensões do CP	10x10x 55mm	
Temperatura do Ensaio	-20°C	
Especificado (MPA)	Valor Médio – 41MPA	
Resultados (J)	55; 62; 51	53; 55; 61

Os resultados encontrados estão compatíveis com a especificação do cliente para o material.

6 CONCLUSÃO

Após a realização dos ensaios, podemos observar que o material manteve suas características mecânicas, conforme objetivo inicial.

Pôde-se observar também que com uma EPS/ RQPS bem elaboradas as condições dos parâmetros para realizar a solda influenciam diretamente no resultado esperado.

As evidências dos ensaios não destrutivos (partícula magnética e ultrassom) bem como as evidências dos ensaios destrutivos (dureza, tração, dobramento e macrografia) mostraram que o procedimento de soldagem desenvolvido está apto para garantir a integridade estrutural do componente recuperado.

Durante a avaliação da documentação foi observado que o conceito da EPS/RQPS 005 foi definido com base no capítulo de Processos especiais QW382. Este capítulo fornece as diretrizes para qualificação de procedimentos de revestimentos que possuem requisitos de dureza e abrasão, o que não se aplica ao produto a ser retrabalhado.

Foi observado também que a elaboração da documentação de EPS/RQPS 005 foi desnecessária, pois apenas o desenvolvimento da EPS/RQPS 006 qualificaria todos os requisitos para aprovação do retrabalho que foi realizado.

O conhecimento do corpo técnico envolvido, os equipamentos utilizados e o tempo para entrega do produto foram de grande contribuição para concretizar o trabalho, atendendo todos os requisitos específicos das normas e do cliente.

Referência bibliográfica

CALLISTER, William D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 705 p., il. ISBN 978-85-216-1595-8.

CHIAVERINI, V. **Tecnologia Mecânica: Processos de Fabricação**. Editora McGraw-Hill, 2ed., v.II, São Paulo, 1986.

Cleber Fortes, Apostila de Eletrodos Revestidos, Contagem/MG, 2005.

COSTA, Ricardo Cunha da; PIRES, Victor Hugo; LIMA, Guilherme Penin Santos de. **Mercado De Embarcações De Apoio Marítimo Às Plataformas De Petróleo: Oportunidades E Desafios**, 2008. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 04 de novembro de 2017, às 16:40.

FENILI, Cléber Pereira. **Avaliação de forjamento a quente, a morno e a frio**. Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2009.

LOPES, W. Notas de aula: **Processos de conformação mecânica - Forjamento**. CEFETMG, Belo Horizonte, 2011.

MARQUES, Paulo Villani. **Introdução à soldagem**. In: *Soldagem: Fundamentos e tecnologia*. 2. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

MOLLAND, Anthony F; TURNOCK, Stephen R; HUDSON, Dominic. **Ship resistance and propulsion practical estimation of propulsive power**. New York: Cambridge University Press, 2011.

VALLE, Gilberto Dória do. **Avaliação das instalações de máquinas em navios visando redução do uso de combustível fóssil**, 2011. Monografia (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo. São Paulo.

WAINER, Emílio; BRANDI, Sérgio D.; MELLO, Fábio D. H. **Soldagem, Processos e Metalurgia**. São Paulo, SP. Editora Edgard Blücher LTDA. p. 1-6, 1992.

<http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/ensaios-nao-destrutivos-e-mecanicos/213-ensaio-mecanico-dobramento.html>. Acessado em 04 de novembro de 2017, às 19:30

<https://pt.linkedin.com/pulse/hidrog%C3%AAnio-em-soldas-de-a%C3%A7o-carbono-e-baixa-liga-annelise-zeemann>. Acessado e disponível em 14 de março de 2018 às 21:15.

<http://revistaforge.com.br/wp-content/uploads/revista/03023-conceito-basico-do-forjamento-de-uma-peca-com-simetria-axial-utilizando-matriz-com-mascara.jpg>. Acessado em 12 de novembro de 2017, às 20:35

https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/oil-gas-documents/brochure-offshore-solutions.pdf?sfvrsn=febbe945_11. Acessado em 04 de novembro de 2017, às 21:30

THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. IX Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures, Welders, Brazers, and Welding, Brazing, and Fusing Operators. ASME, 2015.

THE AMERICAN WELDING SOCIETY. AWS A5.5. Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding. AWS, 2014.

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

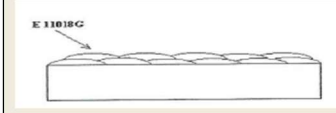
THE AMERICAN WELDING SOCIETY. AWS A5.1/A5.1M. Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal ArcWelding. AWS, 2012.

THE AMERICAN WELDING SOCIETY. AWS D1.1/D1.1M Structural Welding Code—Steel. AWS, 2010.

THE AMERICAN WELDING SOCIETY. AASHTO/AWS D1.5M/D1.5. Bridge Welding Code AWS, 2010.

Anexos

EPS 005 Folha 1/2

UFMG		ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (WPS)				LRSS	
		WELDING PROCEDURE SPECIFICATION				PAG. (Page) 1 / 2	
EPS N°	005	RQPS DE SUPORTE N°(s)	005	REVISÃO N°	00		
WPS N°		Supporting PQR N°(s)		Revision N°			
PROCESSO(S) DE SOLDAGEM:	SMAW		NORMA APLICADA:	ASME SEÇÃO IX-2010			
Welding Process(es)			Applied Code				
FADXA QUALIFICADA							
Range Qualified							
FAIXA DE DIÂMETROS TUBOS	CHANFRO		Ilimitada (Unlimited)	ÂNGULO	NA		
Pipe Range Diameter	Groove			Filet			
FAIXA DE ESPESSURAS:							
Thickness Range							
METAL BASE:	CHANFRO		Ilimitada (Unlimited)	ÂNGULO	NA		
Base Metals	Groove			Filet			
METAL DE SOLDA:	CHANFRO		NA	ÂNGULO	NA		
Weld Metals	Groove			Filet			
POSIÇÃO(ES)	CHANFRO		Todas	ÂNGULO	180°		
Position(s)	Groove			Filet			
PROGRESSÃO DE SOLDAGEM:	ASCENDENTE		NA	DESCENDENTE	NA		
Welding Progression	Uphill			Downhill			
METAL BASE:							
Base Metals							
ESPECIFICAÇÃO	SAE J 404 GR. 4140		COM	N.A.			
Specification			To				
PN°	1	GRUPO N° Não listado no QW 422	COM	PN°	NA	GRUPO N° NA	
		Group N°	To			Group N°	
METAL DE ADIÇÃO:							
Filler Metals							
ESPECIFICAÇÃO N° (SFA)	AWS A 5.5		NA	NA	NA		
Specification N° (SFA)							
CLASSE AWS N°	AWS E 11018-G		NA	NA	NA		
AWS N° (Class)							
MARCA COMERCIAL	OK 7575		NA	NA	NA		
Trade Name							
FABRICANTE	ESAB		NA	NA	NA		
Manufacturer							
F N°	QW 432.1		NA	NA	NA		
A N°	QW-442		NA	NA	NA		
DIÂMETRO DO METAL DE ADIÇÃO	5,0mm		NA	NA	NA		
Size of Filler Metals							
MODO DE TRANSFERÊNCIA	CURTO CIRCUITO						
Mode of Metal Transfer							
OBSERVAÇÕES							
Remarks							
				1. Qualifica soldagem de reparo e restaurações de superfícies de metal de base. 2. A marca comercial pode ser alterada desde que seja homologada pela FBTS			
METAIS BASE (UTILIZADO NO RQPS)							
Base Metals (used in The PQR)							
ESPECIFICAÇÃO	SAE J 404 GR. 4140		COM	NA			
Specification			To				
PN°	1	GRUPO N° Não listado no QW 422	COM	PN°	NA	GRUPO N° NA	
		Group N°	To			Group N°	
ESPESSURAS:	50,0mm		DIÂMETRO DO TUBO	NA			
Thickness			Pipe Diameter				
METAIS DE ADIÇÃO (UTILIZADO NO RQPS)							
Filler Metals (used in The PQR)							
ESPECIFICAÇÃO	AWS A 5.5		NA	NA	NA		
Specification							
CLASSE AWS N°	AWS E 11018-G		NA	NA	NA		
AWS N° (Class)							
MARCA COMERCIAL	OK 7575		NA	NA	NA		
Trade Name							
FABRICANTE	ESAB		NA	NA	NA		
Manufacturer							
F N°	QW 432.1		NA	NA	NA		
A N°	QW 442		NA	NA	NA		
Ø DO METAL DE ADIÇÃO:	5,0mm		NA	NA	NA		
Size of Filler Metals							
POSIÇÃO DA CHAPA DE TESTE (UTILIZADO NO RQPS)							
Positions (used in The PQR)							
POSIÇÃO(ES) DO CHANFRO OU FILETE:	1F						
Position(s) of Groove or Filet							
PROGRESSÃO DE SOLDAGEM:	ASCENDENTE		NA	DESCENDENTE	NA		
Welding Progression	Uphill			Downhill			
SOLDADO COM:	COBRE JUNTA		NA	EXTRAÇÃO DE RAZ	NA		
To Welded	Backing			Back Gouging			
SOLDAGEM POR UM LADO COM PENETRAÇÃO TOT	NA		NA	SOLDADO FILETE	NA		
Complete Penetration Single-welded Groove Welds				Filet Welding			
ELABORADO POR	DATA		INSPECTOR N2		DATA		
Elaborate By	Date		Approved Inspector		Date		
FISCALIZAÇÃO (PROJETO)	DATA		FISCALIZAÇÃO (CLIENTE)		DATA		
Approved (Project)	Date		Approved (Client)		Date		

EPS 005 Folha 2/2

UFMG		ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (WPS)				LRSS			
		WELDING PROCEDURE SPECIFICATION							
EPS N°		005		RQPS DE SUPORTE N°(s)		005			
WPS N°				Supporting PQR N°(s)					
PRÉ AQUECIMENTO				GÁS					
Preheat				Gas					
TEMPERATURA MÍNIMA DE PRÉ AQUECIMENTO				COMPOSIÇÃO PERCENTUAL					
Preheat Temperature Min.				Percentual Composition					
TEMPERATURA MÁXIMA DE INTERPASSES				GÁS(ES)		MISTURA			
Interpass Temperature Max.				Gas(es)		Mixture			
375°C (máx.)				NA		NA			
PÓS - AQUECIMENTO				PROTEÇÃO		VAZÃO			
Post heat				Shielding		Flow Rate			
NA				ARRASTE		NA			
Tempera e Revenimento				Trailing		NA			
OUTROS				PURGA		NA			
Others				Purge		NA			
TRATAMENTO TÉRMICO									
Heat Treatment									
FAIXA DE TEMPERATURAS				TAXA DE RESFRIAMENTO					
Temperature Range				Rate of Cooling					
Tempera 870°C / Revenimento: 620°C				N.A.					
TEMPO DE PATAMAR				MODO DE AQUECIMENTO					
Holding Time				Mode of Heating					
0,5 horas / polegada				Forno Elétrico (Electric Furnace)					
Mínimo de 2 horas.				MÉTODO DE CONTROLE					
				Method of control					
				Carta Gráfica e Registrador					
				(Graphic chart and Temperature recorder)					
TAXA DE AQUECIMENTO				INÍCIO DE CONTROLE MÁX.					
Rate of Heating				Initial Control Max.					
80°C/h				400°C					
				FINAL DE CONTROLE MÁX.					
				Final Control Max.					
				870°C / 620°C					
OBSERVAÇÕES									
Remarks									
1. t - Espessura (t-Thickness)									
2. T- Tempo (T-Time)									
TÉCNICA									
Technique									
TIPO DE CORDÃO		NA		TRANÇADO		X			
Bead type				String		Weave			
LIMPEZA INICIAL E DE INTERPASSE				Esmeril, Escova de Aço e Picadeira					
Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.)				(Grinding, Brushing and Hammer)					
MÉTODO DE GOIVAGEM DA RAIZ				Eletrodo de Grafite e Esmeril					
Method of Back Gouging				(Air Gouging Electrode and Grinding)					
LARGURA MÁXIMA		14,0mm		DIST. BICO DE CONTATO - METAL BASE		NA			
Breadth Max.				Contact Tube to Work Distance					
NÚMERO DE PASSES		SIMPLES NA		MÚLTIPLOS		X			
Pass number		Single		Multiple					
NÚMERO DE ELETRODOS		SIMPLES X		MÚLTIPLOS		NA			
Electrodes number		Single		Multiple					
DISTÂNCIA ENTRE ELETRODOS		NA		INCLINAÇÃO DO ELETRODO		NA			
Electrodes distance				Electrod Inclination					
MODO DE TRANSFERÊNCIA		Globular		ENERGIA DE SOLDAGEM MÁX.		16300 J/cm			
Mode of Metal Transfer				Maximum Heat Input					
OUTROS				NA					
Others									
OBSERVAÇÕES:									
Remarks									
- Utilizar eletrodos seco à 250°C por 2 horas;									
- Manter pré-aquecimento, com maçarico, durante toda a soldagem.									
- Após conclusão da soldagem isolar região com fibra cerâmica para assegurar resfriamento lento até temperatura ambiente;									
- 24 horas após resfriamento testar 100% por partículas magnéticas e ultrassom;									
- Beneficiar para atender a dureza de 225 a 270HB;									
- Executar testes previstos na especificação técnica de fabricação;									
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS									
Electrical Characteristics									
CAMADA(S) DE SOLDA	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE			FAIXA DE TENSÃO	FAIXA DE VELOC. DE AVANÇO	ENERGIA DE SOLDAGEM (máx.)
		CLASSE	Ø - mm	TIPO	POLAR.	AMPÈRES (FAIXA)			
Weld Layer(s)	Process	Class	(Diameter)	Type	Polarity	Amp. Range (A)	Volt Range (V)	Travel Speed Range (cm/min)	Heat Input (J/cm)
1ª CAMADA (1a Layer)	SMAW	ER 11018G	5,0	Inversa	CC+	240-250	21,39 - 24	24-28	16300
ENCHIMENTO (Fill)	SAW	ER 11018G	5,0	Inversa	CC+	250-260	24,2 - 30,0	26-30	16300
ACABAMENTO (Cap)	SMAW	ER 11018G	5,0	Inversa	CC+	250-260	22,3 - 29,0	26-30	16300
ELABORADO POR				DATA		INSPECTOR N2		DATA	
Elaborate By				Date		Approved Inspector		Date	
FISCALIZAÇÃO (PROJETO)				DATA		FISCALIZAÇÃO (CLIENTE)		DATA	
Approved (Project)				Date		Approved (Client)		Date	


RQPS 005 Folha 1/3

UFG		REGISTRO DA QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (RQPS)						LRSS		
		PROCEDURE QUALIFICATION RECORD								
RQPS DE SUPORTE N°(s)	005	EPS N°	005		REVISÃO N°	00	DATA:	10/12/2014		
Supporting PQR N°(s)		WPS N°			Revision N°		Date			
PROCESSO(S) DE SOLDAGEM:	SMAW		NORMA APLICADA:		ASME SEÇÃO IX-2010					
Welding Process(es)			Applied Code							
NOME DO(S) SOLDADOR(ES)	ELIESER TEODORO DA SILVA					SINETE	03			
Welder's Name						Stamp				
METAIS BASE										
Base Metals										
ESPECIFICAÇÃO	SAE J 404 GR. 4140				COM					
Specification					To					
	PN°	NA	GRUPO N°	NA	COM	P N°	NA	GRUPO N°	NA	
	Group N°				To	Group N°				
ESPESSURAS:	50mm				DIÂMETRO DO TUBO	NA				
Thickness					Pipe Diameter					
METAIS DE ADIÇÃO										
Filler Metals										
ESPECIFICAÇÃO	AWS A 5.5				NA		NA			
Specification										
CLASSE AWS N°	AWS E 11018-G				NA		NA			
AWS N° (Class)										
MARCA COMERCIAL	OK 7575				NA		NA			
Trade Name										
FABRICANTE	ESAB				NA		NA			
Manufacturer										
F N°	QW 432.1				NA		NA			
A N°	QW 442				NA		NA			
Ø DO METAL DE ADIÇÃO:	5,0mm				NA		NA			
Size of Filler Metals										
POSIÇÃO DA CHAPA DE TESTE										
Positions										
POSIÇÃO(ES) DO CHANFRO OU FILETE	1F									
Position(s) of Groove or Fillet										
PROGRESSÃO DE SOLDAGEM:	ASCENDENTE		NA		DESCENDENTE		NA			
Welding Progression	Uphill				Downhill					
SOLDADO COM:	COBRE JUNTA		NA		EXTRAÇÃO DE RAIZ		NA			
To Welded	Backing				Back Gouging					
SOLDAGEM POR UM LADO COM PENETRAÇÃO TOTAL					SOLDA DE FILETE		NA			
Complete Penetration Single-welded Groove Welds					Fillet Welding					
PRÉ AQUECIMENTO					GÁS					
Preheat					Gas					
TEMPERATURA MÍNIMA DE PRÉ AQUECIMENTO	275°C				COMPOSIÇÃO PERCENTUAL					
Preheat Temperature Min.					Percentual Composition					
TEMPERATURA MÁXIMA DE INTERPASSES	350°C				GÁS(ES)		MISTURA		VAZÃO	
Interpass Temperature Max.					Gas(es)		Mixture		Flow Rate	
PÓS - AQUECIMENTO	NA				PROTEÇÃO		NA		NA	
Post heat					Shielding		NA		NA	
OUTROS	TEMPERA E REVENIMENTO				ARRASTE		NA		NA	
Others					Trailing		NA		NA	
					PURGA		NA		NA	
					Purge					
TRATAMENTO TÉRMICO										
Postweld Heat Treatment										
FAIXA DE TEMPERATURAS	TEMPERA: 870°C / REVENIMENTO 620°C				MODO DE AQUECIMENTO	Forno ELÉTRICO (Furnace)				
Temperature Range					Mode of Heating					
TEMPO DE PATAMAR	0,5Hora/pol; minimo de duas horas				MÉTODO DE CONTROLE	Registrador e Carta Gráfica				
Holding Time					Method of control	(Graphic chart and Temperature recorder)				
TAXA DE AQUECIMENTO	80°C/hora				INÍCIO DE CONTROLE MAX.	400°C				
Rate of Heating					Initial Control Max.					
TAXA DE RESFRIAMENTO	NA				FINAL DE CONTROLE MAX.	870°C/620°C				
Rate of Cooling					Final Control Max.					
OUTROS					NA					
Others										
ELABORADO POR	DATA				INSPEÇÃO N2	DATA				
Elaborate By	Date				Approved Inspector	Date				
FISCALIZAÇÃO (PROJETO)	DATA				FISCALIZAÇÃO (CLIENTE)	DATA				
Approved (Project)	Date				Approved (Client)	Date				

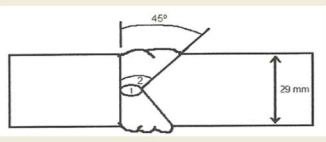
RQPS 005 Folha 2/3

UFMG	REGISTRO DA QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (PQR)				LRSS				
	PROCEDURE QUALIFICATION RECORD								
	RQPS DE SUPORTE Nº(s) <small>Supporting PQR N°(s)</small>	005	EPS Nº <small>WPS N°</small>	005	PAG. (Page) 2 / 3				
TÉCNICA									
<small>Technique</small>									
TIPO DE CORDÃO	NA	TRANÇADO	X	FILETADO					
<small>Bead type</small>		<small>String</small>		<small>Weave</small>					
LIMPEZA INICIAL E DE INTERPASSE	Esmeril, Escova de Aço e Picadeira (Grinding, Brushing and Hammer)								
<small>Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.)</small>									
MÉTODO DE GOIVAGEM DA RAIZ	Eletrodo de Grafite e Esmeril (Air Gouging Electrode and Grinding)								
<small>Method of Back Gouging</small>									
LARGURA MÁXIMA	3x o diâmetro do eletrodo	DIST. BICO DE CONTATO - METAL BASE	NA						
<small>Breadth Max.</small>		<small>Contact Tube to Work Distance</small>							
NÚMERO DE PASSES	NA	SIMPLES	X	MÚLTIPLOS					
<small>Pass number</small>		<small>Single</small>		<small>Multiple</small>					
NÚMERO DE ELETRODOS	X	SIMPLES	NA	MÚLTIPLOS					
<small>Electrodes number</small>		<small>Single</small>		<small>Multiple</small>					
DISTÂNCIA ENTRE ELETRODOS	NA	INCLINAÇÃO DO ELETRODO	NA						
<small>Electrodes distance</small>		<small>Electrod Inclination</small>							
MODO DE TRANSFERÊNCIA	GLOBULAR	ENERGIA DE SOLDAGEM	16300 J/cm						
<small>Mode of Metal Transfer</small>		<small>Heat input</small>							
OUTROS	NA								
<small>Others</small>									
JUNTAS									
<small>Joints</small>									
DETALHE DO CHANFRE DO CORPO DE TESTE									
<small>Groove Design of Test Coupon</small>									
<small>(For combination qualifications, the deposited weld metal thickness shall be recorded for each filler metal or process used.)</small>									
OBSERVAÇÕES:									
<small>Remarks</small>									
<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar eletrodos seco à 250°C por 2horas; - Manter pré-aquecimento, com maçarico, durante toda a soldagem. - Após conclusão da soldagem isolar região com fibra cerâmica para assegurar resfriamento lento até temperatura ambiente; - 24 horas após resfriamento testar 100% por partículas magnéticas e ultrassom; - Beneficiar para atender a dureza de 225 a 270HB; - Executar testes previstos na especificação técnica de fabricação; 									
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS									
<small>Electrical Characteristics</small>									
CAMADA(S) DE SOLDA <small>Weld Layer(s)</small>	PASSE <small>Pass</small>	METAL DE ADIÇÃO <small>Filler Metal</small>		CORRENTE <small>Current</small>			FAIXA DE TENSÃO <small>Volt Range</small>	FAIXA DE VELOC. DE AVANÇO <small>Travel Speed Range</small>	ENERGIA DE SOLDAGEM (máx.) <small>Heat Input</small>
		CLASSE <small>Class</small>	Ø - mm <small>(Diameter)</small>	TIPO <small>Type</small>	POLAR. <small>Polarity</small>	AMPLERES (FAIXA) <small>Amp. Range (A)</small>			
1	1 a 3	ER 11018-G	5,0	Inversa	CC+	240	25	24-26	NA
1	4 a 6	ER 11018-G	5,0	Inversa	CC+	240	25	26-27	NA
2	7 a 12	ER 11018-G	5,0	Inversa	CC+	250	25	25-26	NA
3	13 a 14	ER 11018-G	5,0	Inversa	CC+	250	25	26	NA
3	15 a 18	ER 11018-G	5,0	Inversa	CC+	250	25	25-26	NA
4	19 a 23	ER 11018-G	5,0	Inversa	CC+	250	25	25-26	NA
5	24 a 26	ER 11018-G	5,0	Inversa	CC+	250	25	25-26	NA
5	27 a 28	ER 11018-G	5,0	Inversa	CC+	250	25	27-28	NA
ELABORADO POR <small>Elaborate By</small>		DATA <small>Date</small>		INSPECTOR Nº2 <small>Approved Inspector</small>			DATA <small>Date</small>		
FISCALIZAÇÃO (PROJETO) <small>Approved (Project)</small>		DATA <small>Date</small>		FISCALIZAÇÃO (CLIENTE) <small>Approved (Client)</small>			DATA <small>Date</small>		

RQPS 005 Folha 3/3

	REGISTRO DA QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (PQR)				LRSS
	PROCEDURE QUALIFICATION RECORD				
RQPS DE SUPORTE Nº(s) Supporting PQR Nº(s)	005	EPS Nº WPS Nº	005		PAG. (Page) 3 / 3
CERTIFICADOS Certificates					
MATERIAL Material	CERTIFICADO certificate nº	CORRIDA Heat nº	OUTROS Others		
SAE J 404 GR. 4140	513896	22.171.051	Ceq =0,78		
ARAME ER11018G Ø 5,0mm	20071107 - 9	VT 307 E 6488	NA		
ENSAIO DE TRAÇÃO - NÃO REQUERIDO Tensile Test					
CORPO DE PROVA Nº Specimen Nº	ÁREA - mm2 (Area - in2)	CARGA TOTAL P/ RUPTURA - kgf (Ultimate Total Load - lb)	LIMITE DE RESISTÊNCIA - MPA (Ultimate Unit Stress MPA)	LOCAL DA RUPTURA Type of Failure and Location	
NA	NA	NA	NA	NA	
NA	NA	NA	NA	NA	
NA	NA	NA	NA	NA	
LABORATÓRIO: Laboratory		CERTIFICADO Nº: Certificate nº		PROTOCOLO Nº: Report nº	
ENSAIO DE DOBRAMENTO - NÃO REQUERIDO Bend Test					
CORPO DE PROVA Nº Specimen Nº	TIPO E FIGURA Nº Type and Figure Nº		RESULTADO Result		
NA	NA		NA		
NA	NA		NA		
NA	NA		NA		
LABORATÓRIO: Laboratory		CERTIFICADO Nº: Certificate nº		PROTOCOLO Nº: Report nº	
ENSAIO DE DUREZA BRINELL - HB Hardness Test HB					
AMOSTRA Sample	METAL DE ADIÇÃO Filler Metal	LINHA DE FUSÃO	ZTA ZAT	METAL BASE Base Metal	METAL BASE Base Metal
M1	240 - 246 - 265 - 258 - 258	273 - 273 - 273 - 273 - 280	288 - 288 - 296 - 296 - 296	288 - 296 - 288 - 296 - 296	
M2	235 - 252 - 248 - 252 - 258	274 - 273 - 273 - 273 - 265	273 - 273 - 273 - 288 - 273	288 - 296 - 296 - 288 - 296	
M3	240 - 252 - 258 - 258 - 252	275 - 273 - 265 - 280 - 280	280 - 280 - 288 - 280 - 288	280 - 305 - 296 - 288 - 296	
M4	246 - 252 - 258 - 258 - 252	273 - 273 - 265 - 280 - 280	280 - 280 - 288 - 280 - 288	280 - 305 - 296 - 288 - 296	
M5	258 - 265 - 265 - 258 - 273	280 - 296 - 296 - 288 - 296	280 - 280 - 288 - 280 - 280	296 - 296 - 296 - 296 - 296	
LABORATÓRIO: Laboratory	Empresa A	CERTIFICADO Nº: Certificate nº	005/14	PROTOCOLO Nº:	
ENSAIO DE IMPACTO - NÃO REQUERIDO Impact Test					
CORPO DE PROVA Nº Specimen Nº	LOCALIZAÇÃO DO ENTALHE Notch Location	TEMPERATURA DE TESTE Test Temperature		VALORES (J) Impact Values	
NA	NA	NA		NA	
NA	NA	NA		NA	
NA	NA	NA		NA	
NA	NA	NA		NA	
NA	NA	NA		NA	
NA	NA	NA		NA	
LABORATÓRIO: Laboratory		CERTIFICADO Nº: Certificate nº		PROTOCOLO Nº:	
ENSAIO NÃO DESTRUTIVO Non Destructive Test					
TIPO DE ENSAIO Type of Test	VISUAL (Visual)	PM	Ultra Som	Macrografia	- x -
CERTIFICADO Nº: Certificate nº		165/14	1509/14	Empresa A	- x -
RESULTADO Result	APROVADO (Approved)	APROVADO (Approved)	APROVADO (Approved)	APROVADO (Approved)	- x -
OBSERVAÇÕES: Remarks	<p>- Tratamento Térmico de Normalização realizado antes da soldagem da chapa de teste, conforme FMC ET- 5701/ Relatório: KOSTEND 048DLP-TT08</p> <p>- Tratamento Térmico de Alívio de Tensões / Relatório: KOSTEND 052DLP-TT08</p> <p>- Temperatura de Ensaio de Impacto conforme</p>				
ELABORADO POR Elaborate By	DATA Date		INSPECTOR Nº2 Approved Inspector	DATA Date	
FISCALIZAÇÃO (PROJETO) Approved (Project)	DATA Date		FISCALIZAÇÃO (CLIENTE) Approved (Client)	DATA Date	

EPS 006 Folha 1/2

UFMG		ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (WPS) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION			LRSS	
					PAG. (Page) 1/2	
EPS N° WPS N°	006	RQPS DE SUPORTE N°(s) Supporting PQR N°(s)	006	REVISÃO N° Revision N°	00	
PROCESSO(S) DE SOLDAGEM: Welding Process(es)	SMAW		NORMA APLICADA: Applied Code	ASME SEÇÃO IX-2010		
FADXA QUALIFICADA Range Qualificad						
FADXA DE DIÂMETROS TUBOS Pipe Range Diameter	CHANFRO Groove		Ilimitada (Unlimited)	ÂNGULO Fillet	NA	
FADXA DE ESPESSURAS: Thickness Range						
METAL BASE: Base Metals	CHANFRO Groove		4,76-32	ÂNGULO Fillet	NA	
METAL DE SOLDA: Weld Metals	CHANFRO Groove		NA	ÂNGULO Fillet	NA	
POSIÇÃO(ES) Position(s)	CHANFRO Groove		1G - PLANA - TODAS	ÂNGULO Fillet	180°	
PROGRESSÃO DE SOLDAGEM: Welding Progression	ASCENDENTE Uphill		NA	DESCENDENTE Downhill	NA	
METAL BASE: Base Metals						
ESPECIFICAÇÃO Specification	SAE J 404 GR. 4140		COM To COM To	N.A.		
	PN° 1	GRUPO N° Não listado no QW 422 Group N°		PN° NA	GRUPO N° NA Group N°	
METAL DE ADIÇÃO: Filler Metals						
ESPECIFICAÇÃO N° (SFA) Specification N° (SFA)	AWS A 5.5		NA	NA	NA	
CLASSE AWS N° AWS N° (Class)	AWS E 11018-G		NA	NA	NA	
MARCA COMERCIAL Trade Name	OK 7575		NA	NA	NA	
FABRICANTE Manufacturer	ESAB		NA	NA	NA	
F N°	QW 432.1		NA	NA	NA	
A N°	QW-442		NA	NA	NA	
DIÂMETRO DO METAL DE ADIÇÃO Size of Filler Metals	3,25; 4,0 e 5,0mm		NA	NA	NA	
MODO DE TRANSFERÊNCIA Mode of Metal Transfer	CURTO CIRCUITO					
OBSERVAÇÕES Remarks			<ol style="list-style-type: none"> 1. Qualifica soldas de topo com chanfro penetração total e parcial. Deve-se realizar a extração de raiz. 2. Qualifica soldagem de reparo e restaurações de superfícies de metal de base. 3. A marca comercial pode ser alterada desde que seja homologada pela FBTS 			
METAS BASE (UTILIZADO NO RQPS) Base Metals (used in The PQR)	SAE J 404 GR. 4140		COM To COM To	NA		
ESPECIFICAÇÃO Specification	PN° 1	GRUPO N° Não listado no QW 422 Group N°		PN° NA	GRUPO N° NA Group N°	
ESPESSURAS: Thickness	29mm		DIÂMETRO DO TUBO Pipe Diameter	NA		
METAS DE ADIÇÃO (UTILIZADO NO RQPS) Filler Metals (used in The PQR)						
ESPECIFICAÇÃO Specification	AWS A 5.5		NA	NA	NA	
CLASSE AWS N° AWS N° (Class)	AWS E 11018-G		NA	NA	NA	
MARCA COMERCIAL Trade Name	OK 7575		NA	NA	NA	
FABRICANTE Manufacturer	ESAB		NA	NA	NA	
F N°	QW 432.1		NA	NA	NA	
A N°	QW 442		NA	NA	NA	
Ø DO METAL DE ADIÇÃO: Size of Filler Metals	3,25; 4,0 e 5,0mm		NA	NA	NA	
POSIÇÃO DA CHAPA DE TESTE (UTILIZADO NO RQPS) Positions (used in The PQR)						
POSIÇÃO(ES) DO CHANFRO OU FILETE: Position(s) of Groove or Fillet	1F					
PROGRESSÃO DE SOLDAGEM: Welding Progression	ASCENDENTE Uphill		NA	DESCENDENTE Downhill	NA	
SOLDADO COM: To Welded	COBRE JUNTA Backing		NA	EXTRAÇÃO DE RAIZ Back Gouging	X	
SOLDAGEM POR UM LADO COM PENETRAÇÃO TOTAL Complete Penetration Single-welded Groove Welds			NA	SOLDADA FILETE Fillet Welding	X	
ELABORADO POR Elaborate By	DATA Date		INSPECTOR N2 Approved Inspector	DATA Date		
FISCALIZAÇÃO (PROJETO) Approved (Project)	DATA Date		FISCALIZAÇÃO (CLIENTE) Approved (Client)	DATA Date		

EPS 006 Folha 2/2

UFMG		ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (WPS)				LRSS			
		WELDING PROCEDURE SPECIFICATION							
EPS N°		006		RQPS DE SUPORTE N°(s)		006			
WPS N°				Supporting PQR N°(s)					
PRÉ AQUECIMENTO				GÁS					
Preheat				Gas					
TEMPERATURA MÍNIMA DE PRÉ AQUECIMENTO				275°C (mín.)		COMPOSIÇÃO PERCENTUAL			
Preheat Temperature Min.						Percentual Composition			
TEMPERATURA MÁXIMA DE INTERPASSES				350°C (máx.)		GÁS(ES)			
Interpass Temperature Max.						Gas(es)			
PÓS - AQUECIMENTO				NA		MISTURA			
Post heat						Mixture			
OUTROS				Tempera e Revenimento		VAZÃO			
Others						Flow Rate			
				PROTEÇÃO		NA			
				Shielding		NA			
				ARRASTE		NA			
				Trailing		NA			
				PURGA		NA			
				Purge		NA			
TRATAMENTO TÉRMICO									
Heat Treatment									
FAIXA DE TEMPERATURAS				Tempera 870°C / Revenimento: 620°C		TAXA DE RESFRIAMENTO			
Temperature Range						Rate of Cooling			
						N.A.			
TEMPO DE PATAMAR				0,5 horas / polegada Mínimo de 2 horas.		MODO DE AQUECIMENTO			
Holding Time						Forno Elétrico (Electric Furnace)			
						MÉTODO DE CONTROLE			
						Carta Gráfica e Registrador (Graphic chart and Temperature recorder)			
						Method of control			
TAXA DE AQUECIMENTO				80°C/h		INÍCIO DE CONTROLE MÁX.			
Rate of Heating						Initial Control Max.			
						400°C			
						FINAL DE CONTROLE MÁX.			
						870°C / 620°C			
						Final Control Max.			
OBSERVAÇÕES									
Remarks									
TÉCNICA									
Technique									
TIPO DE CORDÃO				NA		TRANÇADO			
Bead type				String		X			
						FILETADO			
						Weave			
LIMPEZA INICIAL E DE INTERPASSE				Esmeril, Escova de Aço e Picadeira (Grinding, Brushing and Hammer)					
Initial and interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.)									
MÉTODO DE GOIVAGEM DA RAIZ				Eletrodo de Grafite e Esmeril (Air Gouging Electrode and Grinding)					
Method of Back Gouging									
LARGURA MÁXIMA				14,0mm		DIST. BICO DE CONTATO - METAL BASE			
Breadth Max.						Contact Tube to Work Distance			
NÚMERO DE PASSES				SIMPLES NA		MÚLTIPLOS			
Pass number				Single		Multiple			
NÚMERO DE ELETRODOS				SIMPLES X		MÚLTIPLOS			
Electrodes number				Single		Multiple			
DISTÂNCIA ENTRE ELETRODOS				NA		INCLINAÇÃO DO ELETRODO			
Electrodes distance						Electrod Inclination			
MODO DE TRANSFERÊNCIA				Globular		ENERGIA DE SOLDAGEM MÁX.			
Mode of Metal Transfer						Maximum Heat Input			
OUTROS				NA					
Others									
OBSERVAÇÕES:									
Remarks									
<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar eletrodos seco à 250°C por 2 horas; - Manter pré-aquecimento, com maçarico, durante toda a soldagem. - Após conclusão da soldagem isolar região com fibra cerâmica para assegurar resfriamento lento até temperatura ambiente; - 24 horas após resfriamento testar 100% por partículas magnéticas e ultrassom; - Beneficiar para atender a dureza de 225 a 270HB; - Executar testes previstos na especificação técnica de fabricação; 									
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS									
Electrical Characteristics									
CAMADA(S) DE SOLDA	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE			FAIXA DE TENSÃO	FAIXA DE VELOC. DE AVANÇO	ENERGIA DE SOLDAGEM (máx.)
		CLASSE	Ø - mm	TIPO	POLAR.	AMPÉRES (FAIXA)			
Weld Layer(s)	Process	Class	(Diameter)	Type	Polarity	Amp. Range (A)	Volt Range (V)	Travel Speed Range (cm/min)	Heat Input (J/cm)
1ª CAMADA (1a Layer)	SMAW	ER 11018G	3,25	Inversa	CC+	135-145	24 - 25	14-16	17100
ENCHIMENTO (Fill)	SMAW	ER 11018G	4,0	Inversa	CC+	175-190	25 - 26	15-20	17100
ACABAMENTO (Cap)	SMAW	ER 11018G	5,0	Inversa	CC+	220-240	25 - 26	18-26	17100
ELABORADO POR				DATA		INSPECTOR N2		DATA	
Elaborate By				Date		Approved Inspector		Date	
FISCALIZAÇÃO (PROJETO)				DATA		FISCALIZAÇÃO (CLIENTE)		DATA	
Approved (Project)				Date		Approved (Client)		Date	


RQPS 006 Folha 1/3

UFMG		REGISTRO DA QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (RQPS)						LRSS							
		PROCEDURE QUALIFICATION RECORD													
RQPS DE SUPORTE N°(s)		006		EPS N°		006		REVISÃO N°		00		DATA:		10/12/2014	
Supporting PQR N°(s)				WPS N°				Revision N°				Date			
PROCESSO(S) DE SOLDAGEM:		SMAW				NORMA APLICADA:						ASME SEÇÃO II-2010			
Welding Process(es)						Applied Code									
NOME DO(S) SOLDADOR(ES)		ELIESER TEODORO DA SILVA						SINETE		03					
Welder's Name								Stamp							
METAIS BASE															
Base Metals															
ESPECIFICAÇÃO		SAE J 404 GR. 4140						COM							
Specification								To							
		PN°		NA		GRUPO N°		NA		COM		P N°		NA	
						Group N°				To		Group N°			
ESPESSURAS:		29mm						DIÂMETRO DO TUBO						NA	
Thickness								Pipe Diameter							
METAIS DE ADIÇÃO															
Filler Metals															
ESPECIFICAÇÃO		AWS A 5.5						NA						NA	
Specification															
CLASSE AWS N°		AWS E 11018-G						NA						NA	
AWS N° (Class)															
MARCA COMERCIAL		OK 7575						NA						NA	
Trade Name															
FABRICANTE		ESAB						NA						NA	
manufacturer															
F N°		QW 432.1						NA						NA	
A N°		QW 442						NA						NA	
Ø DO METAL DE ADIÇÃO:		3,25; 4,0 e 5,0mm						NA						NA	
Size of Filler Metals															
POSIÇÃO DA CHAPA DE TESTE															
Positions															
POSIÇÃO(ES) DO CHANFRO OU FILETE		1F													
Position(s) of Groove or Fillet															
PROGRESSÃO DE SOLDAGEM:		ASCENDENTE				NA		DESCENDENTE				NA			
Welding Progression		Uphill						Downhill							
SOLDADO COM:		COBRE JUNTA				NA		EXTRAÇÃO DE RAIZ				X			
To Welded		Backing						Back Gouging							
SOLDAGEM POR UM LADO COM PENETRAÇÃO TOTAL		NA						SOLDA DE FILETE				NA			
Complete Penetration Single-welded Groove Welds								Fillet Welding							
PRÉ AQUECIMENTO							GÁS								
Preheat							Gas								
TEMPERATURA MÍNIMA DE PRÉ AQUECIMENTO		275°C					COMPOSIÇÃO PERCENTUAL								
Preheat Temperature Min.							Percentual Composition								
TEMPERATURA MÁXIMA DE INTERPASSES		350°C					GÁS(ES)		MISTURA		VAZÃO				
Interpass Temperature Max.							Gas(es)		Mixture		Flow Rate				
PÓS - AQUECIMENTO		NA					PROTEÇÃO		NA		NA				
Post heat							Shielding								
OUTROS		TEMPERA E REVENIMENTO					ARRASTE		NA		NA				
Others							Trailing								
PURGA		NA					PURGA		NA		NA				
							Purge								
TRATAMENTO TÉRMICO															
Postweld Heat Treatment															
FAIXA DE TEMPERATURAS		TEMPERA: 870°C / REVENIMENTO 620°C						MODO DE AQUECIMENTO		Forno ELÉTRICO (Furnace)					
Temperature Range								Mode of Heating							
TEMPO DE PATAMAR		0,5Hora/pol; minimo de duas horas						MÉTODO DE CONTROLE		Registrador e Carta Gráfica (Graphic chart and Temperature recorder)					
Holding Time								Method of control							
TAXA DE AQUECIMENTO		80°C/hora						INÍCIO DE CONTROLE MAX.		400°C					
Rate of Heating								Initial Control Max.							
TAXA DE RESFRIAMENTO		NA						FINAL DE CONTROLE MAX.		870°C / 620°C					
Rate of Cooling								Final Control Max.							
OUTROS		NA						OUTROS		NA					
Others								Others							
ELABORADO POR		DATA				INSPECTOR N2		DATA							
Elaborate By		Date				Approved Inspector		Date							
FISCALIZAÇÃO (PROJETO)		DATA				FISCALIZAÇÃO (CLIENTE)		DATA							
Approved (Project)		Date				Approved (Client)		Date							

RQPS 006 Folha 2/3

UFMG		REGISTRO DA QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (PQR)				LRSS			
		PROCEDURE QUALIFICATION RECORD							
RQPS DE SUPORTE Nº(s)		006		EPS Nº		006			
Supporting PQR N°(s)				WPS N°					
TÉCNICA									
Technique									
TIPO DE CORDÃO	NA	TRANÇADO		X	FILETADO				
Bead type		String			Weave				
LIMPEZA INICIAL E DE INTERPASSE	Esmeril, Escova de Aço e Picadeira (Grinding, Brushing and Hammer)								
Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.)									
MÉTODO DE GOVAGEM DA RAIZ	Eletrodo de Grafite e Esmeril (Air Gouging Electrode and Grinding)								
Method of Back Gouging									
LARGURA MÁXIMA	3x espessura do eletrodo		DIST. BICO DE CONTATO - METAL BASE		NA				
Breadth Max.			Contact Tube to Work Distance						
NÚMERO DE PASSES	NA	SIMPLES		X	MÚLTIPLOS				
Pass number		Single			Multiple				
NÚMERO DE ELETRODOS	X	SIMPLES		NA	MÚLTIPLOS				
Electrodes number		Single			Multiple				
DISTÂNCIA ENTRE ELETRODOS	NA		INCLINAÇÃO DO ELETRODO		NA				
Electrodes distance			Electrod Inclination						
MODO DE TRANSFERÊNCIA	GLOBULAR		ENERGIA DE SOLDAGEM		17100 J/cm				
Mode of Metal Transfer			Heat Input						
OUTROS	NA								
Others									
JUNTAS									
Joints									
DETALHE DO CHANFRE DO CORPO DE TESTE									
Groove Design of Test Coupon									
(For combination qualifications, the deposited weld metal thickness shall be recorded for each filler metal or process used.)									
OBSERVAÇÕES:									
Remarks									
- Utilizar eletrodos seco à 250°C por 2 horas;									
- Manter pré-aquecimento, com maçarico, durante toda a soldagem.									
- Após conclusão da soldagem isolar região com fibra cerâmica para assegurar resfriamento lento até temperatura ambiente;									
- 24 horas após resfriamento testar 100% por partículas magnéticas e ultrassom;									
- Beneficiar para atender a dureza de 225 a 270HB;									
- Executar testes previstos na especificação técnica de fabricação;									
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS									
Electrical Characteristics									
CAMADA(S) DE SOLDA	PASSE	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE			FAIXA DE TENSÃO	FAIXA DE VELOC. DE AVANÇO	ENERGIA DE SOLDAGEM (máx.)
		CLASSE	Ø - mm	TIPO	POLAR.	AMPERES (FAIXA)			
Weld Layer(s)	Pass	Class	(Diameter)	Type	Polarity	Amp. Range (A)	Volt Range (V)	Travel Speed Range (cm/min.)	Heat Input (J/cm)
1	1	ER 11018-G	3,25	Inversa	CC+	140	24	14-16	NA
2	2	ER 11018-G	4,0	Inversa	CC+	180	25	16-18	NA
3	3 e 4	ER 11018-G	4,0	Inversa	CC+	180	25	18-20	NA
4	5 e 6	ER 11018-G	5,0	Inversa	CC+	240	26	24-26	NA
EXTRAÇÃO DA RAIZ									
5	7	ER 11018-G	3,3	Inversa	CC+	140	24	14	NA
6	8	ER 11018-G	4,0	Inversa	CC+	190	25	15	NA
7	9 e 10	ER 11018-G	4,0	Inversa	CC+	190	25	18-20	NA
8	11 e 12	ER 11018-G	5,0	Inversa	CC+	220	25	18-20	NA
8	13	ER 11018-G	5,0	Inversa	CC+	225	26	22	NA
ELABORADO POR		DATA			INSPECTOR Nº		DATA		
Elaborate By		Date			Approved Inspector		Date		
FISCALIZAÇÃO (PROJETO)		DATA			FISCALIZAÇÃO (CLIENTE)		DATA		
Approved (Project)		Date			Approved (Client)		Date		

RQPS 006 Folha 3/3

	REGISTRO DA QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (PQR)				LRSS
	PROCEDURE QUALIFICATION RECORD				
RQPS DE SUPORTE Nº(s) Supporting PQR N°(s)		006	EPS Nº WPS N°		006
PAG. (Page) 3 / 3					
CERTIFICADOS Certificates					
MATERIAL Material	CERTIFICADO certificate n°	CORRIDA Heat n°		OUTROS Others	
SAE J 404 GR. 4140	513896	22.171.051		Ceq =0,78	
ARAME ER11018G Ø 3,25mm	NA	VT 405 E 1351		NA	
ARAME ER11018G Ø 4,0mm	NA	VT 418 E 2674		NA	
ARAME ER11018G Ø 5,0mm	NA	VT 307 E 6488		NA	
ENSAIO DE TRAÇÃO Tensile Test					
CORPO DE PROVA Nº Specimen N°	ÁREA - mm2 (Area - in2)	CARGA TOTAL P/ RUPTURA - kgf (Ultimate Total Load - lb)	LIMITE DE RESISTÊNCIA - MPA (Ultimate Unit Stress MPA)		LOCAL DA RUPTURA Type of Failure and Location
TR-1	560,75	53204	930,49		METAL DE BASE
TR-2	582,56	53854	906,56		SOLDA
LABORATÓRIO: Laboratory		CETEC	CERTIFICADO Nº: Certificate n°	CETEC 125799	PROTOCOLO Nº: Report n°
ENSAIO DE DOBRAMENTO - Bend Test					
CORPO DE PROVA Nº Specimen N°	TIPO E FIGURA Nº Type and Figure N°		RESULTADO Result		
D1	LATERAL		Apresentou descontinuidade <3,00mm		
D2	LATERAL		Apresentou descontinuidade <3,00mm		
D3	LATERAL		Não houve descontinuidades		
D4	LATERAL		Apresentou descontinuidade <3,00mm		
D5	LATERAL		Não houve descontinuidades		
D6	LATERAL		Apresentou descontinuidade <3,00mm		
LABORATÓRIO: Laboratory		CETEC	CERTIFICADO Nº: Certificate n°	CETEC 125799	PROTOCOLO Nº: Report n°
ENSAIO DE DUREZA BRINELL - NÃO REQUERIDO Hardness Test HB					
AMOSTRA Sample	METAL DE ADIÇÃO Filler Metal	LINHA DE FUSÃO	ZTA ZAT	METAL BASE Base Metal	METAL BASE Base Metal
NA	NA	NA	NA	NA	NA
NA	NA	NA	NA	NA	NA
NA	NA	NA	NA	NA	NA
NA	NA	NA	NA	NA	NA
NA	NA	NA	NA	NA	NA
LABORATÓRIO: Laboratory		Empresa A	CERTIFICADO Nº: Certificate n°	005/14	PROTOCOLO Nº:
ENSAIO DE IMPACTO - NÃO REQUERIDO Impact Test					
CORPO DE PROVA Nº Specimen N°	LOCALIZAÇÃO DO ENTALHE Notch Location	TEMPERATURA DE TESTE Test Temperature		VALORES (J) Impact Values	
NA	NA	NA		NA	
NA	NA	NA		NA	
NA	NA	NA		NA	
NA	NA	NA		NA	
NA	NA	NA		NA	
NA	NA	NA		NA	
LABORATÓRIO: Laboratory		CERTIFICADO Nº: Certificate n°	PROTOCOLO Nº:		
ENSAIO NÃO DESTRUTIVO Non Destructive Test					
TIPO DE ENSAIO Type of Test	VISUAL (Visual)	PM	Ultra Som	Macrografia	- x -
CERTIFICADO Nº: Certificate n°		165/14	1509/14	NA	- x -
RESULTADO Result	APROVADO (Approved)	APROVADO (Approved)	APROVADO (Approved)	NA	- x -
OBSERVAÇÕES: Remarks					
ELABORADO POR Elaborate By	DATA Date		INSPECTOR N2 Approved Inspector	DATA Date	
FISCALIZAÇÃO (PROJETO) Approved (Project)	DATA Date		FISCALIZAÇÃO (CLIENTE) Approved (Client)	DATA Date	