



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO MESQUITA FILHO”
Campus de Guaratinguetá

CHRUSTER THIAGO GONÇALVES CALDAS

DESENVOLVIMENTO DE UMA EPS
(ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM)
PARA UNIÃO DE CHAPAS DE AÇO ASTM A 131 COM PROCESSO FCAW

Guaratinguetá

2013

CHRUSTER THIAGO GONÇALVES CALDAS

**DESENVOLVIMENTO DE UMA EPS
(ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM)
PARA UNIÃO DE CHAPAS DE AÇO ASTM A 131 COM PROCESSO FCAW**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Angelo Caporalli Filho

Guaratinguetá

2013

Caldas, Chruster Thiago Gonçalves
C145di Desenvolvimento de uma EPS especificação de
procedimento de soldagem para união de chapas de aço ASTM
A131 com processo FCAW / Chruster Thiago Gonçalves
Caldas. - Guaratinguetá: [s.n.], 2013
53 f.: il.
Bibliografia: f. 47-48

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica –
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de
Guaratinguetá, 2013
Orientador: Prof. Dr. Angelo Caporalli

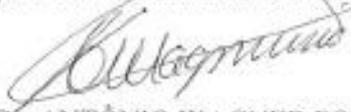
1. Soldagem 2. Aço I. Título

CDU 621.791

DESENVOLVER UMA EPS
(ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM)
PARA UNIÃO DE CHAPAS DE AÇO ASTM A 131 COM PROCESSO FCAW

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA


Prof. Dr. ANTÔNIO WAGNER FORTI
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. ANGELO CAPORALLELHO
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. MARCELINO NASCIMENTO
UNESP-FEG


Prof. Dr. PETERSON LUIZ FERRANDINI
UNESP-FEG

Dezembro de 2013

AGRADECIMENTOS

Em principio, agradeço a Deus por estar em todos os momentos de minha do meu lado me dando sabedoria e iluminando meus passos, para que todas as dificuldades encontradas ao longo desses anos pudessem ser superadas.

Aos meus pais, José Odone e Sônia Maria, que desde cedo me incentivaram ao estudo, além do apoio e amor dado ao longo de toda vida, assim como todos os meus familiares.

A Sirlei Maria dos Santos, namorada que durante todos esses anos esteve ao meu lado.

A todos os professores que ao longo deste período na faculdade, tive a oportunidade de estar presente em suas aulas para obter conhecimento, tanto a nível científico quanto moral.

A seção de graduação que em vários momentos me ajudaram em especial a Prof.^a Dr.^a Tânia Lacaz (ex-diretora) e o Sr. José Francisco Andrade.

E por fim, a todos meus amigos e amigas, em especial os que residem na moradia estudantil da FEG, que de alguma maneira contribuíram para que mais um objetivo em minha vida pudesse ser concluído.

CALDAS, C. T. G.; **Desenvolver uma EPS (Especificação de Procedimento de Soldagem) para união de chapas de aço ASTM A 131 com processo FCAW**. 2013. 55f. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia, Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá 2013.

RESUMO

Em qualquer processo de soldagem é de extrema importância por parte de soldadores e responsáveis da área de qualidades o entendimento do processo bem como as variáveis envolvidas no mesmo, com objetivo de se ter a máxima eficiência na soldagem tanto em termos de qualidade quanto ao custo final, nunca se esquecendo, é claro, das condições do processo as quais o soldador ou operador de soldagem serão submetidos. Sendo assim, procurou-se entender as variáveis pertinentes ao processo de soldagem e desenvolver uma EPS (Especificação de Procedimento de Soldagem) conforme norma ASME IX, para processo de soldagem arame tubular (Especificação AWS FCAW) com proteção gasosa e processo automatizado, para um material de base ASTM A 131, com 5/16” espessura, utilização de um único passe de solda, para condições com pré e pós-aquecimento e, a realização de ensaios destrutivos para verificação e análise do cordão de solda resultante.

PALAVRAS-CHAVE: processo de soldagem; EPS;

CALDAS, C. T. G.; **Desenvolver uma EPS (Especificação de Procedimento de Soldagem) para união de chapas de aço ASTM A 131 com processo FCAW**. 2013. 55f. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia, Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá 2013.

ABSTRACT

In any welding process is of utmost importance by welders and responsible qualities of the area understand the process and the variables involved in it, in order to have maximum efficiency in welding both in terms of quality as the final cost , never forgetting, of course, the process conditions which the welder or welding operator shall be submitted. Therefore, we sought to understand the variables relevant to the welding process and develop an EPS (Welding Procedure Specification) as ASME IX for cored wire welding process (FCAW Specification AWS) with shielding gas and automated process for base material ASTM a 131, with 5/16 "thick, using a single pass weld, for conditions with pre-and post-heating and the destructive testing for verification and analysis of the resulting weld bead.

KEYWORDS: welding process, EPS;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dispositivo para soldagem com eletrodo de carvão.	11
Figura 2: Cordão de solda feito pelo processo FCAW.	18
Figura 3: Comparativo de penetração entre eletrodo sólido e tubular.	19
Figura 4: Seção transversal de arame tubular.	20
Figura 5: Tipos de Chanfro.	22
Figura 6: Gráfico de contração perpendicular à solda.	24
Figura 7: Junta para processo FCAW, conforme norma AWS.	25
Figura 8: Junta especificada para EPS.	26
Figura 9: Posições de soldagem ASME.	27
Figura 10: Comparativo do grau de penetração entre gases de proteção.	35
Figura 11: Esquema das regiões de uma solda por fusão.	44
Figura 12: Formulário para EPS baseado parcialmente no código ASME seção IX.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição química do aço ASTM A 131.....	14
Tabela 2: Propriedades mecânicas do aço ASTM A 131.....	14
Tabela 3: Especificação de eletrodo para FCAW.....	29
Tabela 4: Exemplos para o índice 2 da tabela 3.....	29
Tabela 5: Características do índice 5 da tabela 3.....	30
Tabela 6: Composição química E71T-1.....	31
Tabela 7: Propriedades mecânicas E71T-1.....	31
Tabela 8: Características do arame tubular, conforme tipo.....	32
Tabela 9: Características sugeridas, conforme tipo.....	33
Tabela 10: Potencial de ionização de gases de proteção.....	35
Tabela 11: Vazão dos gases em função da corrente elétrica.....	37
Tabela 12: Vazão dos gases em função do diâmetro do bocal.....	37
Tabela 13: Valores selecionados para cálculo da energia de soldagem.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

PIB	Produto Interno Bruto
AWS	American Welding Society
ASTM	American Society for Testing and Materials
ASME	American Society of Mechanical Engineers
EPS	Especificação de Procedimento de Soldagem
RQPS	Registro de Qualificação de Procedimento de Soldagem
MIG	Metal Inert Gas
MAG	Metal Active Gas
FCAW	Flux Cored Arc Welding
ZTA	Zona Térmica Afetada
PI	Potencial de Ionização

LISTA DE SÍMBOLOS

Φ	Diâmetro
M	Viscosidade absoluta
P	Massa específica
E	Energia de soldagem
CC-	Corrente contínua polaridade direta
CC+	Corrente contínua polaridade inversa
V	Tensão elétrica
I	Corrente elétrica
H	Eficiência do processo
V	Velocidade da soldagem

SUMÁRIO

CAPITULO 1 – VISÃO GERAL O TRABALHO	11
1.1 INTRODUÇÃO.....	11
1.2 JUSTIFICATIVAS PARA REALIZAÇÃO DESSE TRABALHO	13
1.3 OBJETIVO	14
CAPITULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1 ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM	16
CAPITULO 3 – ANÁLISE DAS VARIÁVEIS EM SOLDAGEM	18
3.1 PROCESSO DE SOLDAGEM COM ARAME TUBULAR.....	18
3.2 CHANFRO – CROQUI DA JUNTA	21
3.3 POSIÇÃO DE SOLDAGEM	26
3.4 PROGRESSÃO DE SOLDAGEM.....	27
3.5 CONSUMÍVEIS	28
3.5.1 Eletrodos	28
3.5.2 Diâmetro	33
3.5.3 F Números e P Números	33
3.6 GASES DE PROTEÇÃO	34
3.6.1 Tipos	34
3.6.2 Vazão	36
3.7 PARÂMETROS ELÉTRICOS	38
3.7.1 Corrente e Polaridade	38
3.7.2 Voltagem	39
3.7.3 Amperagem	40
3.8 CONTROLE DA TEMPERATURA	40
3.9 TÉCNICA DE SOLDAGEM	42
3.9.1 Oscilação	42
3.9.2 Velocidade de soldagem	43
CAPITULO 4 – COSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	47
ANEXOS	49
Anexo A.....	50
Anexo B.....	50
Anexo C.....	52

CAPITULO 1 - VISÃO GERAL DO TRABALHO

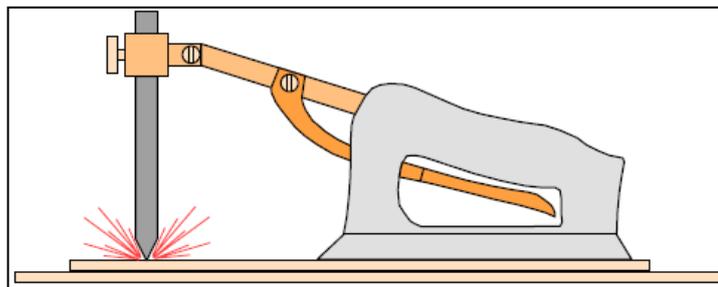
1.1. INTRODUÇÃO

A união de chapas já é algo conhecido desde a antiguidade, pois, nesta época a união de metais era obtida através da brasagem, sendo que nesse processo apenas o material de adição sofre fusão e, posteriormente a utilização da pratica de forjamento para união de metais, fatos estes já datados há mais de 3000 anos (LINCOLN, 2000)..

Com o passar dos anos e o estudo em busca de novas soluções, aproximadamente em 1800 Humphry Davy inventa uma ferramenta operada a bateria e acaba descobrindo que a mesma poderia gerar um arco elétrico, provocado pela diferença de potencial, sendo que esta diferença promove uma descarga elétrica (LINCOLN, 2000).

Porém, o grande salto para o desenvolvimento do processo de soldagem que se conhece nos dias atuais foi só em 1880, quando Nikolay Benardos e Stanislav Olszewsky desenvolveram o processo de soldagem com a utilização do arco elétrico estabelecido entre o eletrodo de carvão e a peça a ser soldada, ver figura 1. (LINCOLN, 2000).

Figura 1: Dispositivo para soldagem com eletrodo de carvão.



Fonte: (LINCOLN, 2000).

Mais tarde, 1888, o próprio Nikolay e o americano Charles L. Coffin desenvolvem o eletrodo nu metálico, sendo este consumido durante a soldagem e assim fazendo parte do metal de solda, o grande problema encontrado com este tipo de solda era a presença de nitrogênio e oxigênio na atmosfera que por sua vez eram absorvidos em forma de nitretos e óxidos para o metal de base tornando a solda de péssima qualidade, pois, não havia proteção da poça de fusão do meio atmosférico (LINCOLN, 2000).

Já em 1912, Strohmenger, descobriu que adicionando um revestimento de cal ao eletrodo metálico nu, era possível ter uma solda de melhor qualidade e a possibilidade da

manutenção do arco estável por muito mais tempo, porém, a produção desse tipo de eletrodo acabava tornando-o inacessível (LINCOLN, 2000).

Outro marco importante para soldagem aconteceu em 1919 após o fim da 1ª Guerra Mundial, quando Comfort Avery Adams criou a Sociedade América de Soldagem (AWS), cujo objetivo era promover constantes desenvolvimentos no processo de solda (LINCOLN, 2000).

Com o passar dos anos, aproximadamente 1927, houve o desenvolvimento do processo de extrusão, permitindo que se tornasse viável a produção em larga escala dos eletrodos revestidos criados por Strohmenger e, permitiu também a adição de determinados elementos ao eletrodo com a finalidade de atender uma aplicação específica. E posteriormente com a inserção de pó de ferro ao revestimento do eletrodo conseguiu-se um aumento considerável na velocidade soldagem (LINCOLN, 2000).

De acordo com Lincon Arc Welding Foundations (2000) a Marinha Americana também teve grande influência no desenvolvimento de processos de soldagem, pois, necessitava de processos mais eficientes e rápidos na fabricação de navios, já que o país enfrentaria uma nova guerra, 2ª Guerra Mundial. A partir dos fatos mencionados e constantes estudos posteriores, desenvolvimentos nos processos de soldagem tem ocorrido de maneira significativa.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias diversos processos de soldagem têm surgido, ou em algumas situações a adaptação do processo, permitindo, por este motivo, diversas aplicações em soldagem, mas nem todos atendem os requisitos para um determinado tipo de solda, já que, os parâmetros dos equipamentos se diferem, ou seja, para uma determinada solda existe um processo que será mais eficiente.

No entanto, não basta apenas o desenvolvimento de novas tecnologias na área de soldagem, visto que, os processos em geral, mesmo os automatizados, dependem da habilidade do soldador ou operador, por isso, além da tecnologia disponível é necessário ter um pouco de conhecimento de soldagem, por exemplo: o que pode ser alterado ao variar um determinado parâmetro ou a escolha equivocada de um consumível. Pois, tendo esse conhecimento técnico, aliado a uma tecnologia, é possível se obter produtos com alto nível de qualidade quanto à solda realizada no mesmo.

Logo, a execução da soldagem requer um planejamento cuidadoso, envolvendo os trabalhos de preparação, estabelecimento dos procedimentos, definição dos equipamentos, sequências de operação, etc, dentro dos requisitos de prazo e das restrições econômicas impostas à obra. Com um planejamento detalhado, em que é analisada a sequência de

montagem mais adequada à estrutura, obtém-se o seu desmembramento em subsistemas e conjuntos estruturais mais simples. A partir desta subdivisão, torna-se mais fácil determinar os processos de soldagem a serem empregados e, portanto, os equipamentos necessários, a mão de obra requerida, entre outros.

A escolha do processo de soldagem a ser adotado é uma das etapas mais importantes do planejamento, uma vez que os demais itens serão consequência direta dessa escolha.

Por isso, ao longo deste trabalho serão discutidos parâmetros que podem influenciar no processo de soldagem.

1.2. JUSTIFICATIVAS PARA REALIZAÇÃO DO TRABALHO

Atualmente vivemos numa economia global altamente competitiva, uma vez estabelecido pelo mercado o preço de venda para um dado produto, com um nível de qualidade especificado, a margem de lucro é principalmente determinada pelos custos envolvidos na sua fabricação. E alguns fatores que podem vir a acarretar na alteração do custo para fabricação de um produto, são listados abaixo:

- retrabalhos;
- atrasos e paradas de produção;
- descontos sobre produtos com qualidade inferior;
- perda de confiança do consumidor;
- excesso de inspeções;
- necessidade compras adicionais, etc.

Logo, verifica-se que custo e qualidade estão diretamente relacionados, sendo necessário implementar ou utilizar ferramentas relacionadas à qualidade, que tende a minimizar possíveis prejuízos e a redução do custo para produção de um produto, consequentemente um maior lucro, podendo assim expandir a produção.

As relações entre custo e qualidade, podem ser observadas com clareza em processos de soldagem.

Atualmente, no cenário nacional observa-se o aumento da produção de aço, devido em partes, aos investimentos realizados nesse ano de 2013 no país, além da retomada das atividades navais. Esse último está relacionado com programas de desenvolvimento voltadas a

exploração de petróleo em alto mar. Esse fato tem ocasionado altos investimentos, como por exemplo, a construção de plataformas além da reativação de alguns estaleiros.

Obviamente verifica-se um crescimento na realização de processos que se utilizam de soldagem para obtenção de um produto ou até mesmo para conclusão de alguma etapa. Com isso verifica-se o quanto é necessário se ter conhecimento de processos de soldagem, pois, atualmente existem inúmeros processos de soldagem, além de novas tecnologias sendo desenvolvidas.

Diante da diversidade dos processos de soldagem existentes, verifica-se a necessidade de especificações antes da realização das soldas, tais especificações são documentos técnicos que tendem a auxiliar o operador ou soldador, além do mais, esses documentos servem como registros das condições especificadas de soldagem e controle pós-solda, o que torna fácil a determinação de eventuais problemas que podem vir a aparecer.

1.3. OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo principal, entender e desenvolver uma EPS para a soldagem de aço ASTM A 131 com 5/16” de espessura. A composição e propriedade deste material, podem ser vista nas tabelas 1 e 2 abaixo.

Tabela 1: Composição química do aço ASTM A 131.

Composição química do aço ASTM A 131							
C (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Si (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)
0,18	0,710	0,012	0,0076	0,128	0,017	0,004	-

Tabela 2: Propriedades mecânicas do aço ASTM A 131.

Propriedades mecânicas do aço ASTM A 131	
Limite de resistência à tração	441 MPa
Limite de escoamento	308 MPa
Alongamento	24 %

Sendo que para essa EPS alguns parâmetros já estão fixados, mas que devido à importância dos mesmos, serão justificados.

Portanto, a seguir serão analisados todos os parâmetros envolvidos em processo de soldagem, como demonstrado na EPS, anexo 1, de modo que se torne possível o preenchimento, da mesma, de maneira coerente para processos de soldagem com arame tubular, proporcionando uma solda de boa qualidade.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (EPS)

Tais documentos, EPS, são conhecidos como Especificação do Procedimento de Soldagem, que deve ser elaborada com base nos códigos, normas e especificação projeto e fabricação, montagem e manutenção. Todos os requisitos necessários para elaboração de uma EPS são contemplados na norma ASME SEÇÃO IX, artigo II - QW 200.1.

Entre as principais variáveis que devem ser mencionadas na EPS estão:

- Composição, classe e espessura do material de base;
- Processo de soldagem a ser utilizado;
- Tipo de consumíveis;
- Projeto da junta;
- Posição da solda;
- Corrente e tensão do equipamento;
- Velocidade de soldagem;
- Temperaturas de pré e pós-aquecimento;
- Número de passes.

Para um bom entendimento, encontra-se anexo (Anexo 1) uma EPS descrevendo todas as variáveis relevantes ao processo de soldagem.

Os soldadores e operadores de soldagem devem sempre ter acessos as EPS, para que entender as diretrizes da atividade que por eles serão realizadas, ou como na maioria dos casos fornecida aos inspetores de soldagem, devidamente qualificados, que devem acompanhar a atividade, verificando se os parâmetros e condições estabelecidas estão sendo seguidos.

Porém para que uma EPS possa ser utilizada sem problemas, ela deve ser previamente testada e em seguida submetida a ensaios destrutivos como:

- Ensaio de dureza
- Ensaio de dureza;
- Ensaio de tração;
- Ensaio de impacto;
- Ensaio de dobramento;
- Macrografia.

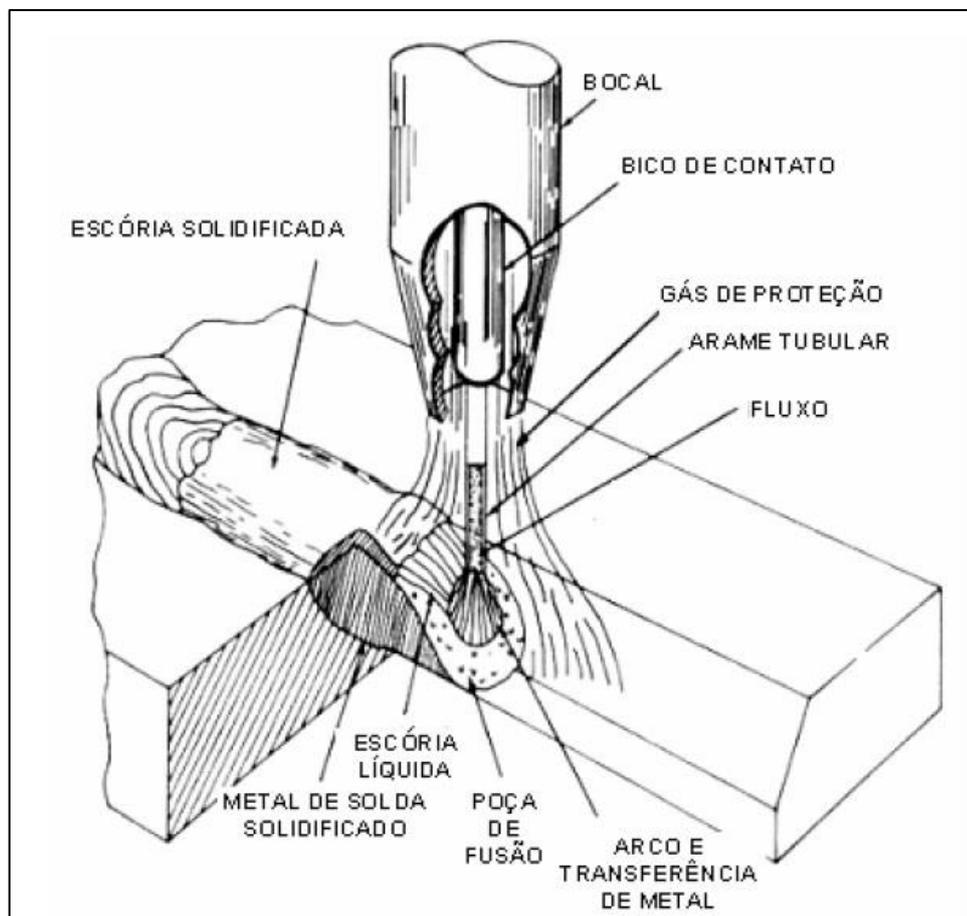
Depois de realizados os ensaios, os resultados devem ser registrados e documentados através da RQPS (Modelo Anexo 2). Sendo assim é possível verificar se os valores mencionados na EPS estão de acordo com o que foi praticado. Pode haver casos em que seja necessários vários RQPS para apoiar uma EPS. Logo uma RQPS tem uma grande função, pois, tal documento servirá para autenticar uma EPS.

CAPITULO 3 - ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM

3.1 PROCESSO DE SOLDAGEM COM ARAME TUBULAR (FCAW)

O desenvolvimento do processo com arame tubular (Fig. 2) foi com o intuito de unir as vantagens do processo MIG/MAG, sendo este automático ou semiautomático, com o processo de eletrodo revestido, onde o eletrodo possui um revestimento fusível formador de gases protetores, elementos de liga entre outros.

Figura 2: Cordão de solda feito pelo processo FCAW.



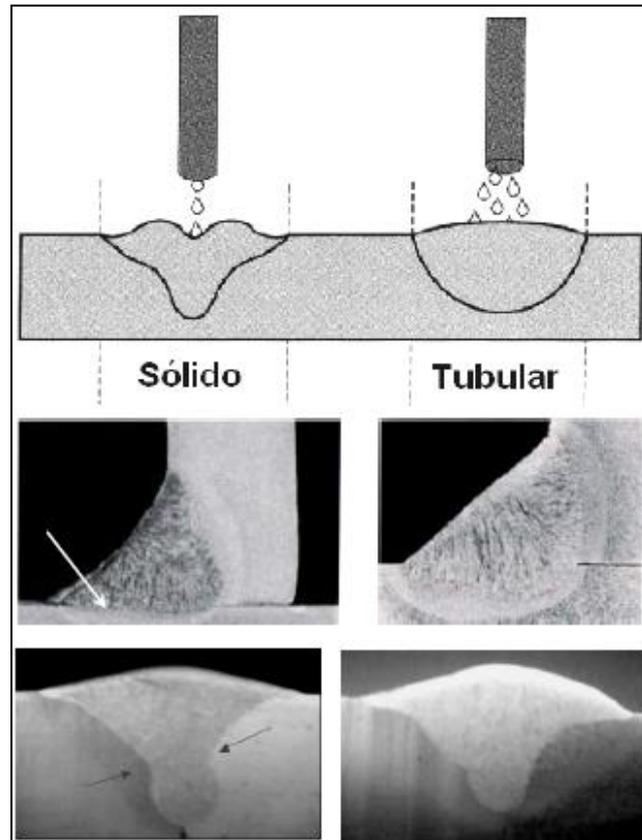
Fonte: ESAB

Uma diferença essencial dos eletrodos sólidos para arames tubulares quando ambos são usados para uma soldagem com gás de proteção, esta no modo como é feita a transferência do metal de solda.

Como pode ser visto, na figura 3, arames sólidos produzem um arco pequeno e uma transferência localizada, enquanto o arco nos arames tubulares é mais largo, possibilitando

uma dispersão do metal de solda. Por isso, a qualidade apresentada na solda com arames tubulares tende a ser melhor.

Figura 3: Comparativo de penetração entre eletrodo sólido e tubular

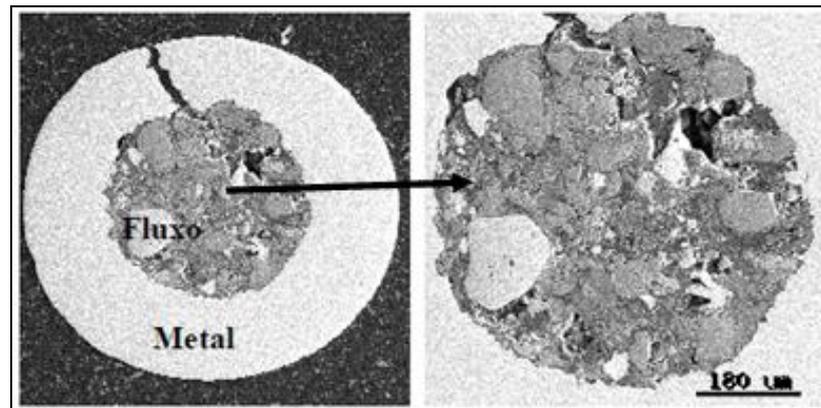


Fonte: ESAB

Neste processo o arco elétrico formado entre o eletrodo tubular e a peça a ser soldada, promove a coalescência dos metais através do aquecimento que é gerado pelo arco.

O eletrodo tubular, como o próprio nome diz não é sólido, possuindo em seu interior um vazio, ou seja, o eletrodo é oco. A sua formação é a partir de uma fita que posteriormente é moldada em forma de “U” com a finalidade de receber o fluxo e, por fim, é conformado de uma maneira que o fluxo depositado fique completamente abraçado pela fita (Fig. 4), ou seja, o eletrodo fica em forma de tubo com a presença de fluxo em seu interior (ESAB, 2004).

Figura 4: Seção transversal de arame tubular.



Fonte: ESAB

Quanto ao fluxo interno dos eletrodos, são compostos dos tipos granulares e, minerais fusíveis de varias proporções e quantidades. As funções básicas dos fluxos são: gerar proteção ao metal de base, recém solidificado, e a poça de fusão contra elementos prejudiciais a qualidade da solda presentes no ar atmosférico, também tem grande importância na composição final do metal de solda afetando assim as propriedades mecânicas.

Sendo assim os arames tubulares podem ser de dois tipos:

- Auto protegido: na qual a proteção se dá unicamente pelo fluxo interno;
- Proteção adicional de gás: são arames que exigem uma proteção adicional, sendo esta feita por gás, podendo ser CO_2 ou mistura de Ar com CO_2 ou O_2 e, estes fluem pelo mesmo bocal de onde emerge o arame.

Na comparação com o processo MIG/MAG, o processo de soldagem com arame tubular permite a utilização de arames com diâmetro maior e faixas de correntes elevadas, promovendo assim maior taxa de deposição com uma maior penetração além de altas velocidades de soldagem.

Como dito anteriormente o processo de soldagem com a utilização de arame tubular é semelhante ao processo MIG/MAG, quanto aos equipamentos e o principio de funcionamento. Porém, devem-se atentar as seguintes observações, por exemplo, a fonte tem capacidade de gerar uma intensidade de corrente maior, neste caso quando a intensidade é alta, pistolas refrigeradas são utilizadas, lembrando também que quando arame auto protegido é utilizado, não é necessário gás de proteção.

No processo de soldagem com arame tubular, a transferência metálica é em função dos parâmetros de soldagem empregados e esta transferência pode ser realizada de quatro maneiras: (ESAB, 2004)

- Curto-circuito: cuja principal característica é a extinção e reascendimento constante do arco elétrico;
- Globular: transferência obtida quando se trabalha com baixas intensidades de corrente;
- Spray: este tipo é conseguido quando se trabalha com elevadas intensidades de corrente e tensão do arco em relação a um diâmetro de arame;
- Arco pulsante: semelhante a Spray, porém é obtida a partir da pulsação da corrente entre dois níveis pré-estabelecidos.

Por esses motivos apresentados, o processo de soldagem com arame tubular tem sido utilizado com muita frequência nas indústrias, pois, apresenta elevada taxa de deposição aliada a uma solda de qualidade.

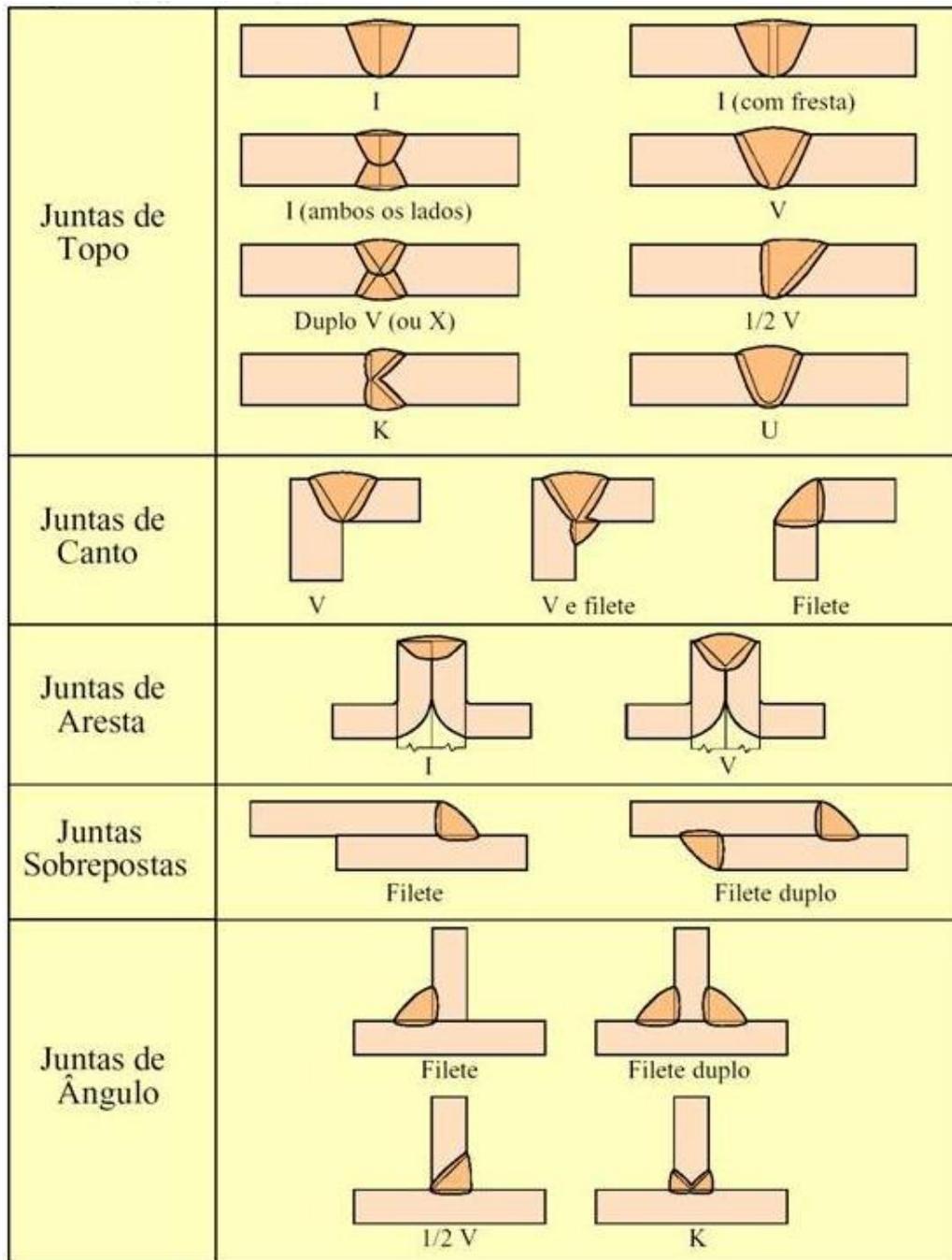
3.2 CHANFRO – CROQUI DA JUNTA

Para conseguirmos executar as soldas, na maioria das vezes precisamos preparar aberturas ou sulcos na superfície das peças que serão unidas, estas aberturas recebem o nome de chanfro. O chanfro é projetado em função da espessura da peça, do material, do processo de soldagem a ser adotado, das dimensões da peça e da facilidade de acesso à região de solda.

No processo de soldagem, o chanfro que irá receber o material de solda tem grande influência no custo da operação, pois, dependendo de como é biselado as partes constituintes do chanfro, pode-se ter uma variação do volume desbastado tanto para mais quanto para menos, implicando também na escolha dos consumíveis de soldagem, no caso de arames ou eletrodos consumíveis, também a necessidade de se verificar o melhor diâmetro para a atividade, a escolha errada desses, podem causar defeitos ou descontinuidades ao cordão de solda realizado.

Por isso, a importância de se conhecer a operação e o que se deseja obter no final, para isso, adiante (Fig. 5) será apresentada os possíveis tipos de juntas conforme norma mencionada anteriormente.

Figura 5: Tipos de Chanfro.



Fonte: ESAB

Conforme figura acima, têm-se diversas formas para se preparar uma peça para o processo de soldagem.

Como a posição de soldagem já esta determinada, pois, essa variável já foi fixada inicialmente junto com o processo de soldagem, material de base e quantidades de passes,

permite a exclusão de todos os tipos de junta diferentes da posição plana, sendo assim, as análises quanto a melhor junta ser usada serão realizadas apenas para posição plana.

- Chanfro em J: a utilização deste tipo de chanfro é um pouco complexo, pois, de acordo com a abertura pode-se ter menor quantidade de material depositado em comparação ao chanfro em V para uma mesma espessura. Outro fator importante é referente ao processo para obtenção deste tipo de chanfro, pois, é necessária a usinagem para preparação deste tipo de chanfro, já que o mesmo não é conseguido com um simples corte como chanfro V, acarretando no custo final do processo, além do mais a espessura do material de base é de 5/16" (aproximadamente 8 [mm]), podendo ser considerada baixa e, por fim como se deseja avaliar a solda através de ensaios destrutivos, verifica-se a necessidade de uma linha de simetria perpendicular ao cordão e, fato este, não é possível com este tipo de chanfro. Por estes motivos será descartada a utilização do chanfro em J neste processo;

- Chanfro em U: assim como o chanfro em J, o tipo U também é obtido pelo processo de usinagem, porém a grande barreira em seu uso aqui será a maior quantidade de material que será depositado, visto que o volume preparado será maior, podendo assim causar distorções ao longo do cordão, pois, sabe-se que quanto maior a deposição maior será as forças de contração paralela a linha longitudinal do cordão de solda e, como mencionado anteriormente o custo é considerável para a preparação;

- Chanfro em V: é de fácil preparação, pois, pode ser obtido com simples corte no material de base tornando-o mais pratico em relação aos que necessitam ser usinados, possui um volume menor para deposição do material de solda, é ideal para ser fazer ensaios destrutivos pós-solda visto que possui simetria em relação a linha perpendicular ao cordão de solda;

- Chanfro em $\frac{1}{2}$ V: assim como o chanfro em J possui suas vantagens e desvantagens, como vantagem pode-se citar a fácil preparação deste tipo de chanfro aliada com uma menor quantidade de material a ser depositado assim o aparecimento de distorções é praticamente isento, além do mais com este tipo de chanfro existe tendência da poça de fusão escorregar por gravidade é menor. Por outro lado se tratando de pequenas espessuras como é o caso apresentado aqui, não é praticável, e lembrando mais uma vez ensaios destrutivos serão realizados posteriormente;

- Chanfro em I: este tipo de chanfro tem custo zero e, é utilizado quando se consegue obter a penetração desejada sem que haja a necessidade de outra abertura, por isso, este tipo de chanfro é usado quando as espessuras dos materiais de base é relativamente

pequena, em nosso caso é inconveniente a utilização deste chanfro devido a possibilidade de ocorrer falta de penetração;

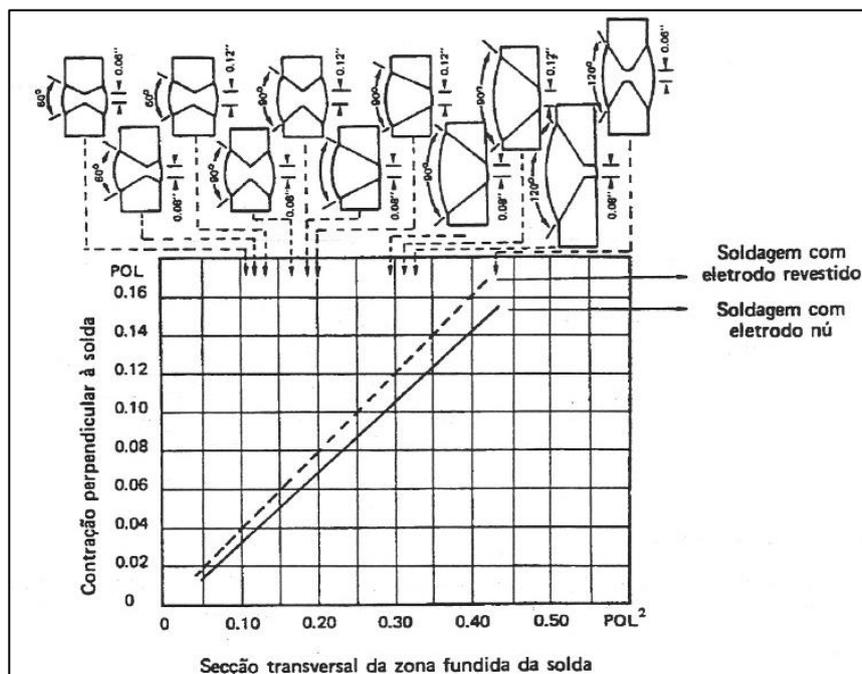
- Chanfros duplos: estes tipos de chanfros possuem grandes benefícios em relação aos outros tipos, visto que, requer cerca da metade da quantidade de metal depositado, também é possível obter um alto equilíbrio dos esforços de contração, pois, se após a soldagem de um lado do material houver algum defeito como dobramento, este será resolvido após a soldagem do lado oposto ao que foi soldado anteriormente.

Após análise dos tipos de chanfros mais usuais em soldagem, por efeito de segurança e dos ensaios que serão realizados após a soldagem, será escolhido o chanfro em V, já que os demais tipos não atendem ao processo em questão ou as variáveis já fixadas.

Porém, para obtenção da condição ótima de uma junta soldada, não basta apenas verificar o melhor tipo de chanfro, é necessário verificar o ângulo do chanfro, abertura de raiz juntamente com a penetração desejada. Pois, tais variáveis relacionadas ao chanfro podem influenciar o aparecimento de contrações sejam elas transversais ou longitudinais.

Conforme observação, na figura 6 a seguir, verifica-se que quanto maior abertura do chanfro, ou seja, quanto o maior seu ângulo maior será a área transversal da zona fundida provocando assim uma maior contração causando discontinuidades ao material.

Figura 6: Gráfico de contração perpendicular à solda.

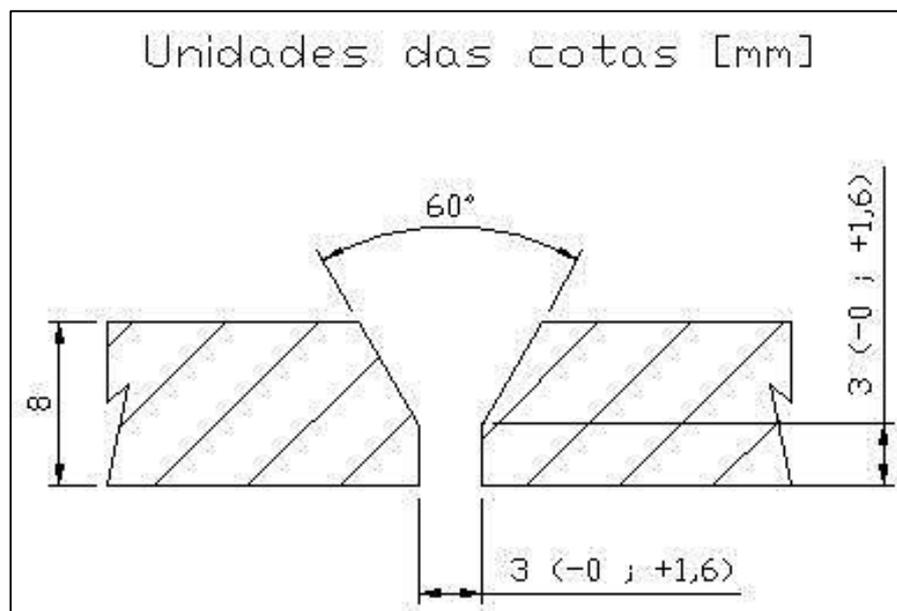


Fonte: Apostila de soldagem FBTS

Mas, como mencionado anteriormente, entre as vantagens dos processos de soldagem por arame tubular esta a alta taxa de penetração em relação aos processos de eletrodos revestidos e MIG/MAG, sendo assim pode-se reduzir de uma maneira considerável a ângulo do chanfro, melhorando ainda mais a eficiência deste processo pelo fato da taxa de material depositado ser reduzido, conseqüentemente exigira que o comprimento do eletrodo após o bico de contato seja maior (Machado 2004).

De acordo com a norma AWS D1.1, para o processo de soldagem de arame tubular o alcance da qualidade ótima pode ser obtida através da seguinte configuração:

Figura 7: Junta para processo FCAW, conforme norma AWS.



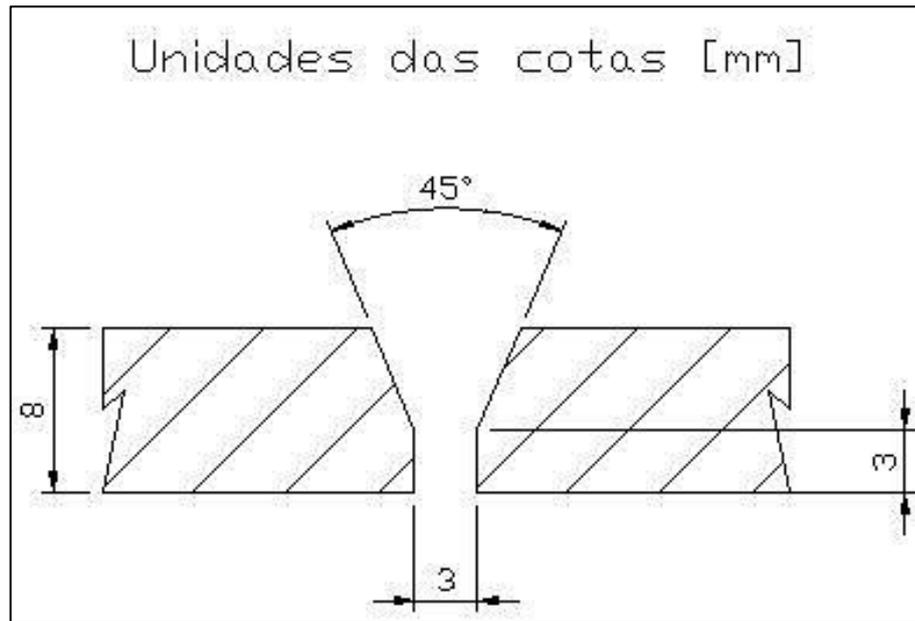
Fonte: Norma AWS

No entanto, a seguinte modificação pode ser realizada segundo fabricante ESAB explica:

“Devido à fusão lateral superior obtida especificamente de arames tubulares OK Tubrod[®] metálicos, os ângulos dos chanfros podem ser geralmente reduzidos. Por exemplo, uma junta de topo em “V” que normalmente teria um ângulo de chanfro de 60° para soldagem manual pode ter uma redução para 45°, reduzindo com isso o desgaste do material de base e também a quantidade de metal de solda necessária para encher a junta” (ESAB, 1999).

Assim, a configuração proposta, segundo fabricante, será:

Figura 8: Junta especificada para EPS.



Fonte: Autor

Por fim, este último será utilizado para este processo além do custo ser praticamente inexistente já que a preparação não exigirá grandes trabalhos visto que a espessura é pequena.

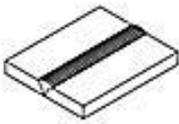
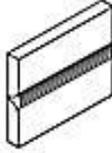
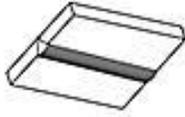
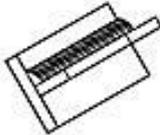
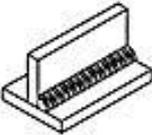
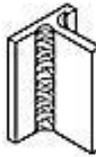
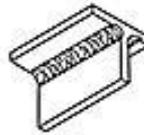
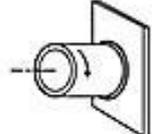
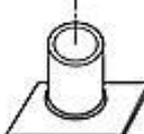
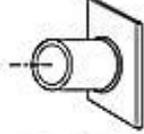
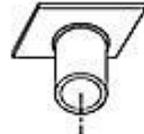
3.3 POSIÇÃO DE SOLDAGEM

Em soldagem a posição com que será realizada a solda, tem grande influência na qualidade, fato que pode ser explicado pelo simples motivo, de que outras variáveis também serão influenciadas e em principal quando se tratar de uma solda manual, dependendo da posição exigirá uma habilidade ainda maior do soldador.

As possíveis posições de soldagem são mostradas na figura 9, segundo a norma ASME.

Devido a este processo de soldagem ser realizado com uma máquina de solda semiautomática e com a utilização de arame tubular com fluxo interno e proteção gasosa sendo que esta última variável foi previamente fixado, o processo de soldagem será realizado na posição plana (na norma ASME a soldagem na posição plana é designada por 1G) com passe único.

Figura 9: Posições de soldagem ASME.

		SOLDA DE TOPO			
		PLANA	HORIZONTAL	VERTICAL	SOBRE-CABEÇA
CHAPAS		PA - ASME 1G			
			PC - ASME 2G	PG ↓ PF ↑ ASME 3Gd ↓ 3Gu ↑	PE - ASME 4G
TUBOS		PA - ASME 1G (Tubo Rodando)			
			PC - ASME 2G (Tubo Fixo)	PG ↓ PF ↑ ASME 5Gd ↓ 5Gu ↑ (Tubo Fixo)	
		SOLDA DE FILETE			
		PLANA	HORIZONTAL	VERTICAL	SOBRE-CABEÇA
CHAPAS		PA - ASME 1F			
			PB - ASME 2F	PG ↓ PF ↑ ASME 3Fd ↓ 3Fu ↑	PA - ASME 1G
TUBOS		PB - ASME 2F (Tubo Rodando)			
			PB - ASME 2F (Tubo Fixo)	PG ↓ PF ↑ ASME 5Fd ↓ 5Fu ↑ (Tubo Fixo)	PD - ASME 4F (Tubo Fixo)

Fonte: Norma ASME.

3.4 PROGRESSÃO DA SOLDA

Quanto à progressão da solda durante o processo pode ser de dois tipos:

- Ascendente, na qual o deslocamento do eletrodo é realizado de baixo para cima e;
- Descendente, quando a progressão se acontece de cima para baixo.

Sendo assim, verifica-se que este item não necessita de análise visto que a soldagem acontece em posição plana (1G) e não vertical.

3.5 CONSUMÍVEIS DE SOLDAGEM

De acordo com a terminologia de soldagem, tem-se que consumíveis de soldagem são todos materiais empregados na deposição e também para proteção da poça de fusão. Como exemplos de consumíveis de soldagem têm-se: eletrodos revestidos, varetas, arames, gases, etc.

Os consumíveis em soldagem possui grande influência na qualidade da solda, pois, para que resultados ótimos sejam alcançados devem-se escolher os consumíveis de soldagem em função de alguns parâmetros, entre os mais importantes:

- Metal de base;
- Geometria e tipo de junta;
- Espessura a ser soldada;
- Posição de soldagem, etc.

Como o processo de soldagem já está fixado (FCAW), descrito anteriormente, as análises referente aos consumíveis de soldagem será realizada sobre os eletrodos (arames tubulares ocos com fluxo fusível em seu interior) e gases de proteção para poça de fusão.

3.5.1 ELETRODOS

Nos processos de soldagem com arame tubular, a escolha dessa variável segue as normas AWS, sendo necessário considerar a quantidade de passes a serem realizadas, a necessidade de proteção gasosa ou não, posição de soldagem, características elétricas e as propriedades mecânicas desejadas ao final do processo.

Com base na norma AWS, será selecionado o arame tubular que resultara em uma solda de boa qualidade para o processo em questão.

A norma AWS classifica os eletrodos para processo de soldagem arame tubular (FCAW) em três especificações:

- AWS A 5.20 (para aços carbono-manganês);
- AWS A 5.29 (aços de baixa liga);

- AWS A 5.22 (refere-se a aços inoxidáveis).

Sendo assim, eletrodos com especificação AWS A 5.22, não atende as exigências, pois, o material de base na qual será realizado o cordão de solda, pertence à classe dos metais ferrosos conforme norma ASTM A 131. E para os eletrodos abrangidos na norma AWS A 5.29, são eletrodos de aço de baixa liga, por isso, será descartada a sua utilização.

Logo, conclui-se que o eletrodo pertence à norma AWS A 5.20. No entanto sua especificação é realizada da seguinte maneira:

Tabela 3: Especificação de eletrodo para FCAW.

E	X	X	T	-	XX	M
1	2	3	4		5	6

Onde:

Índice 1: E indica que o consumível é um eletrodo;

Índice 2: indica limite de resistência mínimo a tração, conforme tabela abaixo;

Tabela 4: Exemplos para o índice 2 da tabela 3.

Classificação AWS	Limite de resistência a tração	
	Lb/pol ² (psi)	Mpa
E 6 X T – X	60.000	415
E 7 X T – X	70.000	480

Índice 3: posição de soldagem;

para este índice temos duas possibilidades, como descrito:

- 0, para posição plana e horizontal (solda em ângulo)
- 1, todas as posições

Índice 4: indica que se trata de um eletrodo tubular fluxado;

Índice 5: apresenta a utilização e características de desempenho;

Tabela 5: Características do índice 5 da tabela 3.

Classificação	Técnica, Proteção e Polaridade		
	AWS	Técnica Operativa	Proteção Externa
E X X T – 1	Passe simples ou múltiplos	CO ₂	C.C. / Inversa
E X X T – 1M	Passe simples ou múltiplos	75 ~ 80%Ar / bal. CO ₂	C.C. / Inversa
E X X T – 2	Passe simples	CO ₂	C.C. / Inversa
E X X T – 3	Passe simples	Nenhuma	C.C. / Inversa
E X X T – 4	Passe simples ou múltiplos	Nenhuma	C.C. / Inversa
E X X T – 5	Passe simples ou múltiplos	CO ₂	C.C. / Inversa ou direta
E X X T – 6	Passe simples ou múltiplos	Nenhuma	C.C. / Inversa
E X X T – 7	Passe simples ou múltiplos	Nenhuma	C.C. / Direta
E X X T – 8	Passe simples ou múltiplos	Nenhuma	C.C. / Direta
E X X T – 9	Passe simples ou múltiplos	CO ₂	C.C. / Inversa
E X X T – 10	Passe simples	Nenhuma	C.C. / Direta
E X X T – 11	Passe simples ou múltiplos	Nenhuma	C.C. / Direta
E X X T – G	Passe simples ou múltiplos	(A)	(A)
E X X T – GS	Passe simples	(A)	(A)

Obs.: (A), refere-se que tais requisitos podem ser estabelecidos entre comprador e fabricante.

Índice 6: se o arame o arame foi homologado com uma mistura gasosa.

Com todos os índices conhecidos pode-se agora escolher o melhor eletrodo para realização do cordão de solda.

Obviamente por se tratar de um eletrodo, o primeiro índice será representado pela letra E. Quanto ao limite de resistência do cordão de solda e por uma melhor segurança optou-se no índice 2 pelo valor 7 (correspondente a 70000 psi) encontrado na tabela 4. O índice 3, será o de valor 1, ou seja, que abrange todas as posições, lembrando que valor 0 pode ser utilizado. Como se trata de um eletrodo que apresenta fluxo em seu interior, o índice 4 fica inalterado, como o cordão será realizado em um único passe, proteção gasosa de CO₂, e já estabelecido parâmetro de corrente e polaridade, apresentado adiante (Parâmetros elétricos - 3.7), o índice 5 será o de valor 1 e, por fim o índice 6 será omitido já que não há homologação.

Então o eletrodo escolhido tem a seguinte denominação:

E 71T – 1

Como existem vários fabricantes de consumíveis no mercado, será optado pelo fabricante ESAB, cuja especificação catalogada pelo fabricante é representada por:

OK Tubrod 15.14

Tabelas abaixo seguem todas as características deste eletrodo conforme fabricante.

Tabela 6: Composição química E71T-1.

C (%)	Si (%)	Mn (%)
0,05	0,5	1,3

Tabela 7: Propriedades mecânicas E71T-1.

Limite elástico	530 MPa
Tensão de ruptura	580 MPa
Alongamento	26%

Após análise realizada, para determinação de que eletrodo usar verifica-se a necessidade de determinar a composição desse eletrodo, pois, de acordo com a composição, as propriedades alcançadas podem ser diferentes. Com isso, adiante estão apresentados os tipos de arames existentes no mercado:

- arames tubulares rútilicos (com fluxo não metálico) são arames a base de TiO₂ que por sua vez possui pouca contribuição com oxigênio para solda e, quando combinado com componentes básicos, muitas das características podem ser conservadas, além disso, são arames fáceis de manusear, com uma ação de arco suave, dando excelente aparência ao cordão de solda, com fácil destacamento da escória. Quando aplicados com misturas ricas em

argônio, aplica-se na soldagem o modo de transferência por aerossol, sendo altamente atrativo para o operador;

- arames tubulares básicos (com fluxo não metálico) são arames que possui calcário e outras formas de carbonato de cálcio (CaCO_3) em sua composição com a finalidade de liberar o dióxido de carbono (CO_2) presente no arco, também oferecem baixos teores de hidrogênio e boas propriedades mecânicas.

- arames tubulares metálicos (com fluxo metálico), possuem em sua composição como principal componente o pó de ferro que tende a aumentar a eficiência da deposição, são arames que quando utilizados em peças com boa qualidade de limpeza, produzem muito pouca escória vítrea, similar à dos arames sólidos.

A seguir, estão a representadas as características do arame tubular (para o ϕ 1,2mm), cedido pelo fabricante.

Tabela 8: Características do arame tubular, conforme tipo.

Tipo	Corrente (A)	Tensão (V)	Taxa de deposição (Kg/h)	Eficiência de deposição (%)	Extensão do eletrodo
Ruíflico	150	28	1,90	87	10 – 20
	210	29	2,85	87	10 – 20
	250	30	3,85	88	10 – 20
	290	33	4,85	88	10 – 20
	330	34	5,75	90	10 – 20
Básico	150	29	2,00	90	20
	210	30	2,95	90	20
	250	32	3,95	91	25
	290	34	4,95	91	25
	330	35	5,85	92	25
Metálico	150	28	1,90	92	10 – 20
	210	29	2,85	92	10 – 20
	250	30	3,85	93	10 – 20
	290	33	4,85	95	10 – 20
	330	34	5,75	95	10 – 20

Tabela 9: Características sugeridas, conforme tipo.

Tipo	Posição	Corrente (A)	Tensão (V)
Rutílico	Plana / Horizontal	150 – 290	23 – 30
	Vertical / Ascendente	150 – 250	22 – 26
	Sobre cabeça	150 - 250	23 – 26
Básico	Plana	250	31
	Horizontal	240	30
	Vertical ascendente	140	24
	Sobre cabeça	140	24
Metálico	Plana / Horizontal	265	30
	Vertical / Ascendente	150	25
	Sobre cabeça	150	25

De acordo com as tabelas acima, pode-se trabalhar com eletrodo rutílico, pois, este permite que a solda seja executada com menores valores de corrente e tensão, reduzindo assim o aporte térmico e, conseqüentemente menor a zona termicamente afetada.

3.5.2 DIÂMETRO

No entanto são apresentados três tipos de eletrodos homologados com esta denominação descrita acima, ambos se diferem no diâmetro ($\phi 1,2$ mm, $\phi 1,4$ mm e $\phi 1,6$ mm) e que possuem características elétricas diferentes. Tanto a taxa de fusão do eletrodo como sua penetração são funções da densidade de corrente. Logo para uma quantidade fixa de corrente, os eletrodos mais finos apresentará uma taxa de deposição e penetração maior em relação ao eletrodo de maior diâmetro, portanto será admitido na EPS em questão o de menor diâmetro ($\phi 1,2$ mm).

3.5.3 F NÚMEROS (F N°) e P NÚMEROS (P N°)

Estas designações ou números se referem aos consumíveis de soldagem e materiais de base.

Com objetivo de facilitar a consulta dos consumíveis de soldagem, os mesmos foram organizados dentro da norma, em grupos, ou seja, todos os eletrodos ou varetas de solda estão agrupados segundo a norma ASME SEÇÃO IX ART. IV – QW 430, e este agrupamento são designados por letra F-Números, sendo que cada número apresenta uma característica de usabilidade diferente dos demais. Outra explicação que pode ser dado a este agrupamento, é o fato ser possível reduzir de forma considerável as qualificações dos procedimentos de soldagem.

Assim como os consumíveis de soldagem, os materiais de base também foram agrupados, porém, com a designação P-Números, podendo ser encontrados na norma ASME SEÇÃO IX ART. IV – QW 420, onde os materiais são divididos com base na composição química, soldabilidade e propriedades mecânicas apresentadas.

Após a compreensão de como estão agrupados os consumíveis de soldagem (eletrodos e varetas de solda) e materiais de base, pode-se consultar a norma ASME e encontrar os valores correspondentes ao F-Número e P-Número, para que seja preenchida a EPS.

Quanto ao F-Número correspondente ao eletrodo especificado anteriormente (E 71T-1 – especificação com base na norma AWS 5.20) o valor encontrado o de número 6.

E por fim, o valor correspondente ao P-Número, para o metal de base especificado, pertence ao grupo 1.

3.6 GÁS DE PROTEÇÃO

3.6.1 TIPOS

Em soldagem os gases de proteção possuem grande influência na qualidade e custo do cordão executado, pois, existe uma gama de gases que podem ser utilizados para um determinado processo de soldagem, já que alguns processos não necessitam deste aporte.

Os gases utilizados em soldagem podem ser de dois tipos:

- inertes que por sua vez não reagem com a poça de fusão e;
- reativos que estão divididos em ativos que tende a reagir com a poça e os gases

reativos redutores que são utilizados com o intuito de reduzir os óxidos metálicos presentes ao seu estado puro.

Tais gases podem ser combinados entre si, para a obtenção de propriedades desejadas.

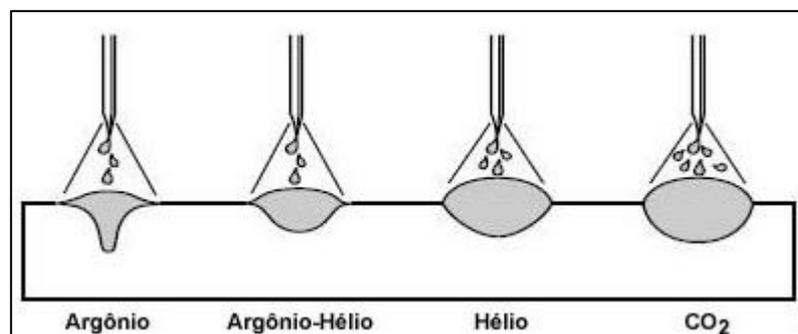
Quanto as principais funções dos gases em soldagem, podem se destacar a de proteção da zona fundida e por ser ionizável permitindo a passagem de corrente, pois, existem diferenças entre os potenciais de ionização de um gás para outro, ou seja, quanto maior o potencial, mais difícil será abertura do arco e sua posterior manutenção, na tabela 10 abaixo, são apresentados os gases utilizados em soldagem com respectivos potenciais de ionização.

Tabela 10: Potencial de ionização de gases de proteção.

GÁS	SIMBOLO	PI (V)
Hélio	He	24,58
Argônio	Ar	15,75
Dióxido de carbono	CO ₂	14,40
Nitrogênio	N ₂	15,50
Hidrogênio	H ₂	15,60
Oxigênio	O ₂	12,50

Outro fator para seleção de gás de proteção esta relacionada com: a composição química do material de base, pois, durante a fusão do mesmo podem ocorrer reações desagradáveis afetando a qualidade da solda, com a espessura, posição de soldagem, já que os gases possuem densidades diferentes entre si.

Figura 10: Comparativo do grau de penetração entre gases de proteção.



Fonte: ESAB

Acima, estão representadas na figura 10, as características específicas de gases ou misturas que são utilizados em soldagem. E de imediato, o que se observa, é a diferença quanto à penetração da solda, a largura do metal de solda entre outras.

Como apresentado, o CO₂ é o que possui a uma penetração mais uniforme ao longo do material, por este motivo, entre outros, é de grande utilidade para proteção durante a soldagem com arames tubulares. Duas vantagens deste gás são o baixo custo e alta penetração. Embora ele usualmente seja usado nas transferências globular.

Principais características deste gás, é que pode ser utilizado sozinho ou combinado com Ar, para soldagem de aços de baixa liga, ou até mesmo com o He quando se desejar soldar aços inoxidáveis as série 300, além do mais o CO₂ é um gás ativo (ao passar pelo arco que esta a alta temperatura de aproximadamente 3000 °C), ou seja, reage com a poça de fusão, para que CO não fique retido no cordão, produzindo poros, e a reação entre C e FeO não seja reduzida, os eletrodos utilizados em conjunto com estes gases devem ser compostos por elementos desoxidantes que tende a reagir com o FeO, mantendo assim a resistência mecânica da junta soldada. (Bracarense, 2009)

A grande desvantagem da utilização deste gás é o fato de gerar um arco instável e conseqüentemente uma quantidade considerável de respingos.

3.6.2. VAZÃO DE GÁS

Outro parâmetro importante em soldagem é o controle ou regulagem da vazão necessária para a proteção gasosa, pois, não se trata apenas em abrir uma válvula reguladora e deixar o gás sair através do bocal, visto que, influenciara no custo final ou até mesmo na qualidade do cordão, em alguns casos podem surgir descontinuidades ao longo do cordão.

O controle da vazão deve ser bem rigoroso, pois, não é com maiores ou menores vazões que se proporcionara um cordão com bons aspectos, devido ao fato de que com grandes vazões o ar atmosférico pode ser absorvido, causado pela alta velocidade da vazão de gás, e vazões baixas haverá também a introdução de gases atmosféricos junto à poça de fusão.

Para a seleção correta do valor de vazão deve ser levado em consideração o tipo de gás a ser utilizada, intensidade de corrente, posição de soldagem, velocidade soldagem, tipo de metal de base entre outros.

É sempre desejável que a vazão apresente características de escoamentos laminares, ou seja, para o numero adimensional de Reynolds menor que 2000, conforme apresentado em mecânica dos fluidos, a velocidade de vazão do gás pode ser encontrado através da equação 1, a seguir: (Machado, 1996)

$$Vazão < \frac{2000 \times \mu}{D \times \rho}$$

Onde: μ = viscosidade dinâmica [N.s/m²]

ρ = massa específica [Kg/m³]

D = diâmetro do condutor [m]

Apesar da existência de equações para determinação da vazão, o método mais utilizado é o empírico. Sendo existem uma gama de tabelas para diferentes gases. Por exemplo, abaixo (tabela 11) tem-se a vazão recomendada para os gases de Ar, CO₂ e O₂ considerando uma corrente inicial igual a 100 [A], juntamente com o valor que deverá ser acrescentado caso haja um acréscimo de 50 [A] na corrente.

Tabela 11: Vazão dos gases em função da corrente elétrica.

Material do arame	Vazão para corrente de 100 [A] - [l/min]	Vazão para cada acréscimo de 50 [A] na corrente - [l/min]
Aços	10	1,5
Al, Ni e suas ligas	14	2,0
Cu e suas ligas	18	0,5
Mg e suas ligas	20	1,5

Outro fator que deve ser levado em consideração é o diâmetro do bocal, pois, o mesmo tem relação com a vazão de gás. Assim, após a determinação da vazão pode-se selecionar o bocal correto, já que existem diversos diâmetros, conforme apresentado abaixo (tabela 11).

Tabela 12: Vazão dos gases em função do diâmetro do bocal.

Vazão - [l/min]	Diâmetro [mm]
8 a 11	14
10 a 13	16
12 a 18	18
20 a 25	20

Por fim, após analisar a influência do fluxo gasoso direcionado para poça de fusão durante o processo de soldagem e, diante do conhecimento da faixa de amperagem que pode ser utilizado neste processo, como explicado no item 3.7.3 adiante, será optado inicialmente uma vazão de 14,5 [l/min], sendo que é um valor é intermediário para respectiva faixa de amperagem.

3.7 PARÂMETROS ELÉTRICOS

Quanto aos parâmetros elétricos envolvidos em soldagem, os mesmos devem ser bem dimensionados, pois, com valores inadequados haverá o aparecimento de descontinuidades e defeitos, que em alguns casos podem ser irreparáveis.

Os processos em sua grande maioria são obtidos a partir da formação do arco elétrico, que na verdade é uma descarga elétrica com uma energia térmica considerável capaz de fundir o material na qual se deseja a união. Esta descarga só é conseguida pela diferença de potencial existente entre o consumível e material de base, onde esta diferença dependerá do comprimento do arco em especial. Por isso, a seguir serão apresentadas e discutidas as variáveis elétricas (corrente, tensão e polaridade) para que se possam admitir valores coerentes para EPS em questão.

3.7.1 CORRENTE E POLARIDADE

De modo geral pode-se dizer que a importância da corrente elétrica em soldagem é com relação à penetração.

Os equipamentos elétricos utilizados em soldagem podem operar tanto em corrente contínua como em corrente alternada, porém é necessária distinção quanto ao uso de cada.

Para fontes que utilizam corrente contínua, é permitido durante a soldagem, que o comprimento do arco varie sem que a corrente de soldagem sofra alterações, isto tem grande benefício quando a soldagem é executada manualmente, pois, é complicada a manutenção da abertura do arco. Com corrente contínua maiores níveis de penetração é atingido juntamente com maiores velocidades de soldagem.

Porém, em corrente contínua pode-se ter duas condições:

- corrente contínua polaridade direta: a soldagem com esta polaridade (CC-) resulta em um arco voltaico de menor aquecimento, mas, de alta penetração e;

- corrente contínua polaridade inversa: a aplicação com esta polaridade (CC+) embora resulte em um elevado aquecimento o que proporciona maior taxa de fusão, em contrapartida a penetração é menor.

Outro tipo de corrente é a alternada, onde a cada inversão da corrente, a polaridade se alterna. Este tipo de corrente raramente é utilizado em processo de arame tubular devido os equipamentos elétricos neste processo serem constituídos por gerador.

Com isso, adota-se para preenchimento da EPS, corrente contínua com polaridade inversa, pois, proporciona-se um arco e transferência mais estáveis, juntamente com poucos salpicos e melhores características do cordão de solda, além dos argumentos apresentados acima, devem ser observadas as características do eletrodo selecionado, pois, essas são fornecidas pelo fabricante.

3.7.2 VOLTAGEM

Nos processos de soldagem, outra variável muito importante é o aparecimento da tensão devido à abertura do arco, para transferência de energia e conseqüentemente fusão das partes a serem soldadas, pois, quanto maior o comprimento do arco maior será a tensão e vice-versa.

Outra propriedade importante da tensão, é que quando essa esta relacionada com a corrente, dará origem ao potencial elétrico, que por sua vez é responsável pela largura do cordão de solda. Admitindo constante o valor da corrente elétrica durante a soldagem e variando a tensão será verificada uma variação na largura do cordão, por isso, a necessidade de se conhecer a influencia da tensão nos processos de soldagem. (Wainer, 1992)

Quando a seleção dessa variável ocorre de maneira equivocada, descontinuidades podem vir a surgir, como respingos por exemplo.

Por fim, depois de verificado a importância da tensão nos processos de soldagem, pode-se estabelecer um faixa para a tensão para o preenchimento da respectiva EPS em análise. Porém, a faixa de tensão já esta fornecida pelo fabricante do eletrodo consumível, como apresentado na tabela 9, a faixa esta entre 23 V e 30 V. Como mencionado estes valores deverão ser validados através de uma RQPS.

3.7.3 AMPERAGEM

Aqui nesse item será abordada apenas a faixa da amperagem, valor da corrente elétrica, com que deverá ser realizada a soldagem, sendo que esta faixa esta entre as informações que são fornecidas pelo fabricante.

Logo, com a determinação do eletrodo consumível a ser usado no processo de soldagem, pode-se verificar que a faixa de amperagem, conforme tabela 9 fornecida pelo fabricante ESAB, equivale a 150 A a 290 A, lembrando que essa faixa vale apenas para eletrodo consumível de ϕ 1,2 mm e para o eletrodo consumível da marca ESAB, pois, esta faixa pode variar conforme o fabricante.

3.8 CONTROLE DE TEMPERATURA

A aplicação de um calor suplementar na peça antes ou depois da soldagem pode ser uma atividade muito importante dos procedimentos de soldagem. A elevação da temperatura das peças de trabalho imediatamente antes da soldagem ou do corte é chamada de pré-aquecimento. A aplicação de um calor suplementar na junta soldada ou na peça depois da soldada é chamada de pós-aquecimento. Ambos podem ser aplicados localmente na área de junção ou na peça inteira. Esses tratamentos são empregados no corte e, particularmente, nas operações de soldagem, por várias razões dentre as quais as mais importantes são:

- Evitar trincas a frio nas zonas termicamente afetadas dos aços temperados;
- Aumentar a dureza da junta soldada e melhorar a sua capacidade de resistir às condições adversas de serviço envolvendo cargas de impacto ou baixas temperaturas;
- Aliviar os efeitos do hidrogênio que penetra no metal de solda e na zona termicamente afetada do metal de base;
- Reduzir as tensões residuais (tensões internas devido à contração, transformação de fase);
- Minimizar contrações e distorções;
- Produzir uma propriedade física ou mecânica particular no aço no qual a soldagem é feita.

Certos aços-carbono e aços-liga são bastante sensíveis a taxas de resfriamento e à temperatura final do resfriamento. A simples diferença de 100 graus na temperatura do metal

de base no início da soldagem, em certos casos pode determinar se a soldagem será aceitável ou se aparecerá trincas. Enquanto por muitos anos o pré-aquecimento foi considerado necessário para assegurar uma junção aceitável, agora não mais se trata da aplicação do pré-aquecimento desse simples ponto de vista. Com alguns dos novos aços ligas, pré-aquecimento pode ser prejudicial para as propriedades finais da união se aplicada sem observar outras considerações térmicas.

Por algumas razões de ordem mecânica e metalúrgica, precisa-se ter atenção especial com:

- Temperatura inicial do metal de base, que será a temperatura de pré-aquecimento se for elevado a um valor acima da temperatura ambiente;
- A temperatura do metal de base durante a deposição do metal de adição, que é chamada de temperatura de “interpasse”;
- Qualquer tipo de ciclo térmico ou tratamento aplicado depois da operação soldagem, que é o tratamento posterior. Por último, pode-se também realizar tratamentos a temperaturas abaixo de zero juntamente com tratamento a elevadas temperaturas.

O pré-aquecimento envolve o aumento da temperatura do metal de base acima da temperatura da vizinhança antes de soldar. A parte integral a ser soldada pode ser pré-aquecida ou, se for necessário pré-aquecimento local, somente a vizinhança da junta a ser soldada é aquecida.

O tratamento posterior, que é aquecer a peça soldada imediatamente após o término da soldagem, sob certas circunstâncias, pode ser substituída pelo pré-aquecimento. A temperatura de pré-aquecimento requisitada depende da composição do aço, da rigidez do metal de base que será soldado e do processo de soldagem.

A determinação correta da temperatura é uma parte importante da técnica do pré-aquecimento. A temperatura pode ser medida ou estimada por vários métodos. Termômetros de superfície, giz colorido que muda de cor a temperaturas conhecidas e bolinhas que se fundem a temperaturas conhecidas são alguns poucos métodos práticos.

Apesar de outros efeitos, é uma regra universal que o pré-aquecimento diminui a taxa de resfriamento após a soldagem. Para um dado conjunto de condições de soldagem (corrente, velocidade de soldagem, etc.) as taxas de resfriamento serão mais rápidas numa soldagem feita sem pré-aquecimento do que com pré-aquecimento. Quanto maior a temperatura de pré-aquecimento, menor será a taxa de resfriamento depois que a soldagem é completada. Além disso, reduzindo o gradiente de temperatura, que é o principal fator da taxa de resfriamento. Baixa condutividade térmica resulta numa maior demora para que o calor se dissipe da zona

soldada, e a baixas taxas de resfriamento. Mais, um aumento da temperatura do metal de base geralmente aumenta o superaquecimento da poça de fusão na soldagem a arco. Como resultado, os passes depositados nas juntas pré aquecidas tendem a ser mais fluidos, exibindo depois de resfriado uma superfície mais lisa ou mais côncava que os passes depositados sem o pré aquecimento. Aumentando o calor da peça na operação, o pós aquecimento reduz a taxa de resfriamento e, se adequado, previne as zonas duras das martensitas. Não tem uma diferença essencial entre pré aquecer ou pós aquecer a peça uma vez que o pós aquecimento é aplicado antes da peça resfriar até a temperatura ambiente; se a peça se resfriar, martensita pode se formar que é acompanhado por trincas, cujo tratamento posterior ajuda a corrigir. (Ribeiro, 1999)

Os aços de médio e alto teores de carbono têm grandes quantidades de carbono e de elementos endurecedores. Assim tais aços apresentam maior tendência ao endurecimento da zona térmica afetada. Para prevenir fraturas é recomendado que eletrodos de baixo hidrogênio sejam utilizados, além da realização de pré-aquecimento das partes a soldar.

Para os aços de baixo carbono o maior problema da soldabilidade destes aços é a formação de trincas induzidas pelo hidrogênio, principalmente na zona termicamente afetada (ZTA). Outros problemas mais específicos incluem a perda de tenacidade na ZTA, ou na zona fundida e a formação de trincas de solidificação (em peças contaminadas ou na soldagem com aporte térmico elevado). (Modenesi, 2009)

Logo conclui-se que ato de pré-aquecer ou pós-aquecer um aço de baixo carbono, com a finalidade de se obter um produto final com níveis de tensões reduzidas, pode ser desprezado, devido também por se tratar de um material com baixa espessura. Por isso, a temperatura e tempo de pré-aquecimento e pós-aquecimento poderão ser desconsiderados.

3.9. TÉCNICA

3.9.1. OSCILAÇÃO

Essa variável está relacionada com o movimento transversal do arco elétrico durante a progressão da solda, geralmente esta é uma técnica utilizada nos processos de soldagem manual, com esta técnica é possível direcionar a calor gerado pelo arco, para uma determinada região, isso, em muitos casos podem ser um problema, pois, se o soldador não

tiver prática com esse tipo de técnica, poderá causar descontinuidades no material de base, além do que, acarretará no deslocamento da curva de repartição térmica.

Como a EPS em análise está sendo desenvolvida para um processo semiautomático, esta variável não influenciara no resultado final, pois, se tratando de um processo semiautomático, a técnica de oscilação pode ser descartada.

3.9.2. VELOCIDADE DE SOLDAGEM

A velocidade de soldagem é uma variável que influencia na energia de soldagem, que será discutida adiante, logo na quantidade de calor transferida à peça, como também na penetração do cordão.

Uma velocidade de soldagem muito baixa gera elevada energia de soldagem, podendo causar problemas metalúrgicos não desejáveis na microestrutura da junta soldada. E velocidade de soldagem muito alta causa o aparecimento de mordeduras, falta de fusão e/ou de penetração no cordão de solda, (MARQUES et al., 2007).

Quanto à velocidade de soldagem, segundo Barbedo (2011), a mesma corresponde a 7,75 [mm/s], utilizando o arame tubular com ϕ 1,2 [mm]. Sendo assim, será possível avaliar, através de cálculos, da energia de soldagem necessária para o processo e, preencher a EPS.

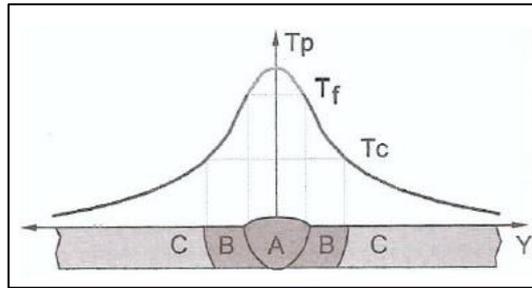
3.9.3. ENERGIA DE SOLDAGEM

Outra variável importante em processos de soldagem, está relacionado com a quantidade de calor que é necessária para promover a fusão das partes, pois, grande parte desta energia é absorvida pela peça e, de acordo com o nível de absorção poderá surgir inconvenientes ao cordão de solda, ou seja, modificações estruturais ao longo do cordão de solda.

A energia de soldagem pode ser definida como a razão entre quantidade de energia dispendida na soldagem e a velocidade da peça de fusão (MARQUES et al., 2007).

Através da energia de soldagem é possível prever o grau de deformação de um material a ser soldado, isso é conseguido pela análise da curva de repartição térmica, pois, a energia absorvida poderá elevar a temperatura do material de base a valores indesejados.

Figura 11: Esquema das regiões de uma solda por fusão.



Fonte: Apostila FBTS

Através da curva de repartição térmica acima em uma junta soldada, três regiões podem ser verificadas:

- Metal base (C): esta região não é afetada pelo processo de soldagem. As suas temperaturas de pico são inferiores a temperatura crítica do material;
- Zona termicamente afetada – ZTA (B): corresponde a parte não fundida do metal de base, porém teve sua microestrutura alterada pelo ciclo térmico. As temperaturas de pico desta região foram superiores à temperatura crítica do material em questão e inferiores à sua temperatura de fusão;
- Zona fundida - ZF (A): é região onde ocorre a fusão e posteriormente a solidificação durante a soldagem. As temperaturas de pico desta região foram superiores a temperatura de fusão do metal base.

Essa energia pode ser calculada pela seguinte equação:

$$E = \frac{\eta \times V \times I}{v}$$

Onde:

E = energia de soldagem [KJ/mm]

η = eficiência do processo;

V = tensão de soldagem [V];

I = corrente da soldagem [A];

v = velocidade de soldagem [mm/s].

De acordo com Quites (2002) a eficiência do processo FCAW pode ser considerada a 80%.

Logo com os valores obtidos nos itens anteriores, plotados na tabela abaixo, é possível calcular a energia de soldagem pela equação 2.

Tabela 13: Valores selecionados para cálculo da energia de soldagem.

Variáveis	Tensão [V]	Amperagem [A]	Velocidade [mm/s]	Eficiência	Energia de soldagem [Kj/mm]
Valores	23	150	7,75	0,8	0,36
	30	290	7,75	0,8	0,90

Na tabela acima são apresentados dois valores para energia de soldagem, pois, conforme tabela 9, tem-se valores mínimos e máximos para posição plana, que é do interesse para o desenvolvimento da EPS, permitindo assim, a execução da solda para valores intermediários.

CAPITULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

De imediato, os objetivos foram alcançados com o desenvolvimento desse trabalho, pois, foi verificada a importância de um bom planejamento para se criar uma EPS em processos de soldagem. Visto que, através da EPS é possível se ter um controle do processo, ou uma visão geral de como esta sendo realizada a solda, além do que, com a aprovação do RQPS, tem-se a certeza de que, se a solda estiver sendo seguida conforme especificado, a mesma possui as qualidades desejadas.

Outro aspecto importante se deve ao fato de analisar características e identificar quais podem trazer uma redução dos custos para processos de soldagem em que a qualidade da solda seja mantida, pois, como verificado, não deve ser esquecido que qualidade de uma solda esta relacionado ao custo.

Como o objetivo desse trabalho consiste em simular uma EPS, para o processo FCAW e outras variáveis já fixadas, como mencionado no texto, a determinação das variáveis que tende a fornecer uma solda com boas propriedades e qualidade, consiste através do estudo em normas e para outras variáveis é necessário definir qual fabricante será o fornecedor, no caso dos consumíveis, sendo que para cada fornecedor as características apresentadas se diferem, conseqüentemente uma nova EPS deverá ser desenvolvida.

Apesar de não se o foco desse trabalho, em verificar a eficiência dos processos de soldagem, em uma breve análise foi verificada a distinção entre os processos de FCAW e MIG/MAG, embora os equipamentos de soldagem sejam os mesmos, os consumíveis se diferem além das características apresentadas por esse processo, sendo que em muitos casos o processo FCAW superior.

E como sugestão para futuros trabalho, fica como uma possível aplicação a EPS desenvolvida para verificar a validade das variáveis especificadas e calculadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRACARENSE, A. Q., MODONESI, P. J., MARQUES, P. V. **Soldagem – Fundamentos e tecnologia**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009. 362 p.

BRACARENSE, A. Q., **Processo de soldagem com arame tubular**. 15p. Apostila – Grupo de robótica, Soldagem e Simulação. Universidade Federal de Minas Gerais.

FORTES, C. **Apostila Arames Tubulares**, ESAB BR, 2004. 103p. Disponível em: <http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/apostilas/upload/1901098rev0_ApostilaAramesTubulares.pdf>. Acesso em 24 jul. 2013.

RIBEIRO, D. M. **Tecnologia da Solda**. 2000. 214 p. Apostila. - Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

QUITES, A. M. **Introdução à soldagem a arco voltaico**. Florianópolis: Soldasoft, 2002, 352 p.

WAINER, E.; BRANDI, S. D.; MELLO, F. D. H. **Soldagem – Processos e metalurgia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1992, 494 p.

MACHADO, I. G. **Soldagem e técnicas conexas**. Porto Alegre: Editado pelo autor, 1996. 477 p.

ASME. **Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators**.

Disponível em: <<https://law.resource.org/pub/us/code/ibr/asme.bpvc.ix.2010.pdf>>. acesso em: 06 ago. 2013.

THE HISTORY of welding. Disponível em:

<http://www.gowelding.org/History_of_Welding.html>. acesso em: 28 jun. 2013

LINCOLN ARC WELDING FOUNDATIONS. **The Procedure Handbook of Arc Welding**. Edição. Cidade: editora, 2000. 750p.

BARBEDO, N.D.L. Avaliação comparativa dos processos de soldagem GMAW e FCAW utilizando aço ASTM A-36 para verificar a soldabilidade, propriedades metalúrgicas e geométricas, e resistência mecânica. 2011. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2011.

ANEXOS

ANEXO 1 – EPS

Figura 12: Formulário para EPS baseado parcialmente no código ASME seção IX.

Nome da Companhia:	
EPS Nº: Data: .../.../... RQP correspondente(s):	
Processo(s) de soldagem: Tipo: (manual, semi-, automático)	
JUNTAS: Projeto da Junta: Cobre Junta (Sim/Não): Material (tipo): Outro:	TRAT. TÉRMICO APÓS SOLDAGEM: Faixa de Temperatura: Tempo de permanência: Outro:
METAIS DE BASE: Tipo: Análise química: Faixa de espessura: Outro:	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS: Corrente (CC/CA): Polaridade: Faixa de corrente: Tensão: Outro:
METAIS DE ADIÇÃO E FLUXOS: Classif. AWS: Marca comercial: Dimensões: Outro:	TECNICA: Dimensão do bocal: Dist. Bico de contato-peça: Limpeza inicial ou entre passes (escovamento, esmerilhamento, ...): Cordão (reto/trançado): Oscilação: Método de goivagem: Número de passes (por lado): Eletrodo (simples ou múltiplo): Velocidade de soldagem (faixa): Posição: Outro:
GÁS: Gás(es) de proteção: Composição (misturas): Vazão: Outro:	
PRE-AQUECIMENTO: Temperatura: Temp. entre passes: Outro:	

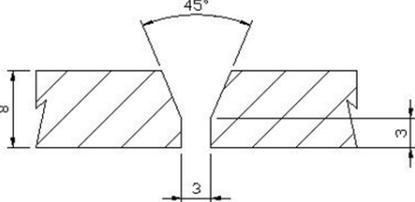
Fonte: Norma ASME.

ANEXO 2 – RQPS

<u>REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (NORMA ASME SECÃO IX)</u>	
Empresa: _____ Especificação de procedimento de soldagem nº: _____ Processo (s) de soldagem: _____	Aprovado por: _____ Data: _____ Tipo: _____
JUNTAS - CROQUIS (QW-402):	POSIÇÕES (QW-405) Posição do Chanfro: _____ Progressão de: _____
METAIS DE BASE (QW-403) Especificação de Tipo e Grau: P-Nº ____ Grupo Nº ____ com P-Nº ____ Grupo Nº ____ Espessura da Chapa de teste (mm): _____ Diâmetro da peça de teste (mm): _____ Outro: _____	PRÉ-AQUECIMENTO (QW-406) Temperatura pré-aquecimento (mín.): ____ Temperatura de interpasse (máx.): _____
METAIS DE ADIÇÃO (QW-404) Especificação (SFA): _____ F-Nº: ____ A-Nº: ____ Classificação: _____ Dimensão (mm): _____ Espessura do metal depositado (mm): _____ Marca comercial: _____ Outro: _____	TRATAMENTO TÉRMICO APÓS A SOLDAGEM Temperatura de patamar (°C): _____ Tempo de patamar (h): _____ Velocidade de aquecimento (°C/h): _____ Velocidade de resfriamento (°C/h): _____ Temperatura de tratamento inicial (°C): ____ Temperatura de tratamento final (°C): ____
TÉCNICA (QW-410) Cordão retilíneo oscilante: _____ Orifício ou dimensão do bico de cerâmica: _____ Método de limpeza inicial e interpasse: _____ Método de goivagem: _____ Oscilação: _____ Distância entre o tubo de conato e a peça (mm): _____ Passe único ou multipasse: _____ Eletrodo simples ou múltiplo: _____ Velocidade de soldagem: _____ Martelamento: _____ Outros: _____	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (QW-409) Corrente AC ou DC: ____ Polaridade: _____ Corrente – faixa (A): _____ Tensão – faixa (V): _____ Dimensão e tipo de eletrodo de Tungstênio: _____ Modo de transferência metálica: _____ Faixa de velocidade de alimentação de arame (cm/min): _____ Outros: _____

REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (NORMA ASME SEÇÃO IX)							
ENSAIO DE TRAÇÃO (QW-150)							
Identificação CP Nº	Largura (mm)	Espessura (mm)	Área (mm ²)	Carga aplicada (Kgf)	Limite de resistência (MPa)	Tipo e localização da fratura	
ENSAIO DE DOBRAMENTO (QW-160)							
Tipo e Nº do CP				Resultado			
ENSAIO DE IMPACTO							
CP Nº	Local do entalhe	Tipo de entalhe	Temperatura de ensaio (°C)	Valores encontrados (J)	Expansão lateral (%) cisalhamento (mm)	DROP WEIGHT	
						Quebrou	Não quebrou
ENSAIO DE SOLDA EM ÂNGULO (QW-180)							
Resultado – satisfatório: sim		Não		Penetração no metal de base: sim		não	
Macrografia – Resultado: _____							
OUTROS ENSAIOS							
Tipo de ensaio: _____							
Análise de depósito: _____							
Outro: _____							
Nome do soldador: _____			Matrícula: _____		Sinete: _____		
Teste conduzido por: _____			Relatório de ensaio Nº: _____				
NOS CERTIFICADOS QUE OS RESULTADOS AQUI ESCRITOS ESTÃO CORRETOS E QUE AS PEÇAS DE TESTES FORAM PREPARADAS, SOLDADAS E TESTADAS EM ACORDO COM OS REQUISITOS DO CÓDIGO ASME SEÇÃO IX EDIÇÃO 98.							
Inspetor de Soldagem:			Chefe controle de qualidade:		Fiscalização:		

ANEXO 3 – EPS DESENVOLVIDA

	EPS ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM						EPS NÚMERO:						
							DATA:						
							REVISÃO:		FOLHA: 1/2				
							R.Q.P.S.:						
Normas de referência:		AWS											
Croqui:													
 <p>Todas as cotas com a unidade em [mm]</p>													
Processo 1:		FCAW			Tipo:		Semiautomático						
Processo 2:		-----			Tipo:		-----						
Backing:		sim	-	não	X	Material do Backing		Metal	-	Metal não fusível	-	Não metálico	-
Outros:													
VARIÁVEL			VALOR R.Q.P.S				FAIXA QUALIFICADA						
MATERIAL 1			ASTM A 131	P-Nº	1	Gr.	II	-----	P-Nº	--	Gr.	-	
MATERIAL 2			----	P-Nº	--	Gr.	--	----	P-Nº	--	Gr.	-	
DIÂMETRO			----				-----						
ESPESSURA DO METAL DE BASE [mm]			8,0 (aproximadamente)				-----						
ESPESSURA DO METAL DE SOLDA DEPOSITADO [mm]			PROCESSO 1		8,0		-----						
			PROCESSO 2		----		-----						
POSIÇÃO			1G				-----						
PROGRESSÃO			Ascendente	-	Descendente	-	Ascendente	-	Descendente	-			
METAL DEPOSITADO			RAIZ	ENC/AC	TUNGS-TÊNIO	RAIZ	ENC./AC	TUNGS-TÊNIO					
ESPECIFICAÇÃO SFA (AWS)			A 5.20	A 5.20	----	---	---	---					
CLASSE (AWS)			E 71T-1	E 71T-1	----	---	---	---					
FABRICA/MARCA			OK Tubrod 15.14	OK Tubrod 15.14	----	---	---	---					
DIÂMETRO [mm]			1,2	1,2	----	---	---	---					
F-Nº			6	6	----	---	---	---					
A-Nº			1	1	----	---	---	---					
CARACT. ELÉTRICAS			PROCESSO 1		PROCESSO 2		PROCESSO 1		PROCESSO 2				
CORRENTE			Contínua				-----		-----				
POLARIDADE			Inversa				-----		-----				
VOLTAGEM [V]			23 a 30				-----		-----				
AMPERAGEM [A]			150 a 290				-----		-----				
INSPETOR DE SOLDAGEM - N2			ENGENHEIRO RESPONSÁVEL				FISCALIZAÇÃO						

	EPS ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM				EPS NÚMERO:				
					DATA:				
					REVISÃO:		FOLHA: 2/2		
					R.Q.P.S.:				
CONTROLE DE TEMPERATURA									
VARIÁVEL		VALOR R.Q.P.S			FAIXA QUALIFICADA				
PRÉ-AQUECIMENTO		----- [°C]			----- [°C]				
TEMPERATURA DE INTERPASSE		----- [°C]			----- [°C]				
PÓS-AQUECIMENTO		----- [°C]			----- [°C]				
TRATAMENTO TÉRMICO									
TEMPERATURA DE PATAMAR		----- [°C]			----- [°C]				
TEMPO DE PATAMAR		----- [min]			----- [min]				
TAXA DE AQUECIMENTO		----- [°C/hora]			----- [°C/hora]				
TAXA DE RESFRIAMENTO		----- [°C/hora]			----- [°C/hora]				
TEMPERATURA DE TRATAMENTO [°C]		INICIAL	---	FINAL	---	INICIAL	---	FINAL	---
GÁS DE PROTEÇÃO									
	TOCHA		PURGA		TOCHA		PURGA		
TIPO	CO ₂		----				----		
PORCENTAGEM	99,5		----				----		
VAZÃO [l/min]	14,5		----				----		
TÉCNICA									
	RAIZ	ENC/AC	TUNGS-TÊNIO	RAIZ	ENC./AC	TUNGS-TÊNIO			
OSCILAÇÃO									
VELOCIDADE [cm/min]	46,5	46,5	46,5						
HEAT IMPUT [Kj/mm]	0,36 a 0,9			----					
LP	----			----					
PM	----			----					
GOIVAGEM	----			----					
PROTEÇÃO DE RESFRIAMENTO	----			----					
MEDIÇÃO DE TEMPERATURA	----			----					
PROTEÇÃO DE RESPINGOS	----			----					
LIMPEZA	----			----					
OBSERVAÇÕES:									
INSPETOR DE SOLDAGEM - N2		ENGENHEIRO RESPONSÁVEL			FISCALIZAÇÃO				