

DEPARTAMENTO DE FABRICAÇÃO MECANICA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA EPS PARA SUPORTE DE
TRELIÇAS METÁLICAS**

RELATÓRIO FINAL DA INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Aluno: Igor Tadeu Gizzi de Freitas

Orientador: Prof. Amilton Cordeiro

NUPETS - Núcleo De Pesquisas Em Tecnologia Da Soldagem

Curso Superior em Tecnologia Mecânica – Modalidade: Fabricação Mecânica

DEPARTAMENTO DE FABRICAÇÃO MECANICA

Aluno:

Professor Orientador:

CHEFE DO DEPARTAMENTO

Fatec
Sorocaba
José Crespo Gonzales

CPS
Centro
Paula Souza



**GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	METODOLOGIA	6
3	SOLDAGEM	6
3.1	História Da Soldagem.....	6
3.2	Soldagem Mig/Mag	7
3.2.1	Histórico do processo	7
3.2.2	Processo GMAW	8
3.2.3	Gases de proteção utilizados no processo	8
3.2.4	Equipamentos	10
3.3	Técnicas De Soldagem	12
4	MATERIAIS	13
4.1	Aço Carbono	13
4.2	Aço Carbono Alto Manganês – Sae/Aisi 15xx	13
4.3	Aços Utilizados Na Construção Civil.....	14
5	MÉTODOS	15
5.1	Corte Da Amostra.....	15
5.2	Espectrometria	16
5.3	Análise Macrográfica	16
5.4	Códigos De Especificações	17
5.5	Especificação De Soldagem.....	18
5.6	Eps Desenvolvida.....	21
6	CONCLUSÃO	22
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Classificação dos processos de soldagem.....	7
FIGURA 2 Processo GMAW	8
FIGURA 3 Equipamentos GMAW	11
FIGURA 4 Técnicas de soldagem	13
FIGURA 5 Representação do conjunto soldado.....	15
FIGURA 6 Amostra cortada	15
FIGURA 7 Processo de lixamento de amostras	16
FIGURA 8 Resultado do ensaio macrográfico.....	17
FIGURA 9 Modelo de EPS (frente)	19
FIGURA 10 Modelo de EPS (verso).....	20

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Gases utilizados no processo	10
---	----

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização, tem existido uma necessidade de regras e regulamentos para controlar de uma forma ou outra as atividades humanas. Com o advento da revolução industrial, as atividades no campo industrial começaram a exercer um importante efeito sobre os indivíduos não diretamente envolvidos com os processos de fabricação, tanto os usuários diretos como os não usuários dos produtos destes processos. A falta de regulamentação nas diferentes etapas de um processo de fabricação, ou a não observância de regulamentações existentes, tem ocasionado em acidentes e outros problemas que podem ter sérias consequências tanto para os produtores, como para os usuários e, também, para a população em geral e para o meio ambiente. Assim, um dos objetivos primários de um código é a prevenção de acidentes que poderiam resultar em mortes de pessoas, perdas materiais e contaminação do meio ambiente. Além disso, o uso bem-sucedido de códigos e normas pode resultar em uma produção mais uniforme, melhor controle de qualidade, maior rastreabilidade e possibilidade de correção de falhas em produtos e em um método de produção mais sistemático. (PAULO J. MODENESI, 2005)

2 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada utilizando um conjunto já soldado da empresa em questão como referência, ensaios metalográficos, bibliografias e embasamento nas normas ASME seção IX e AWS D1.1.

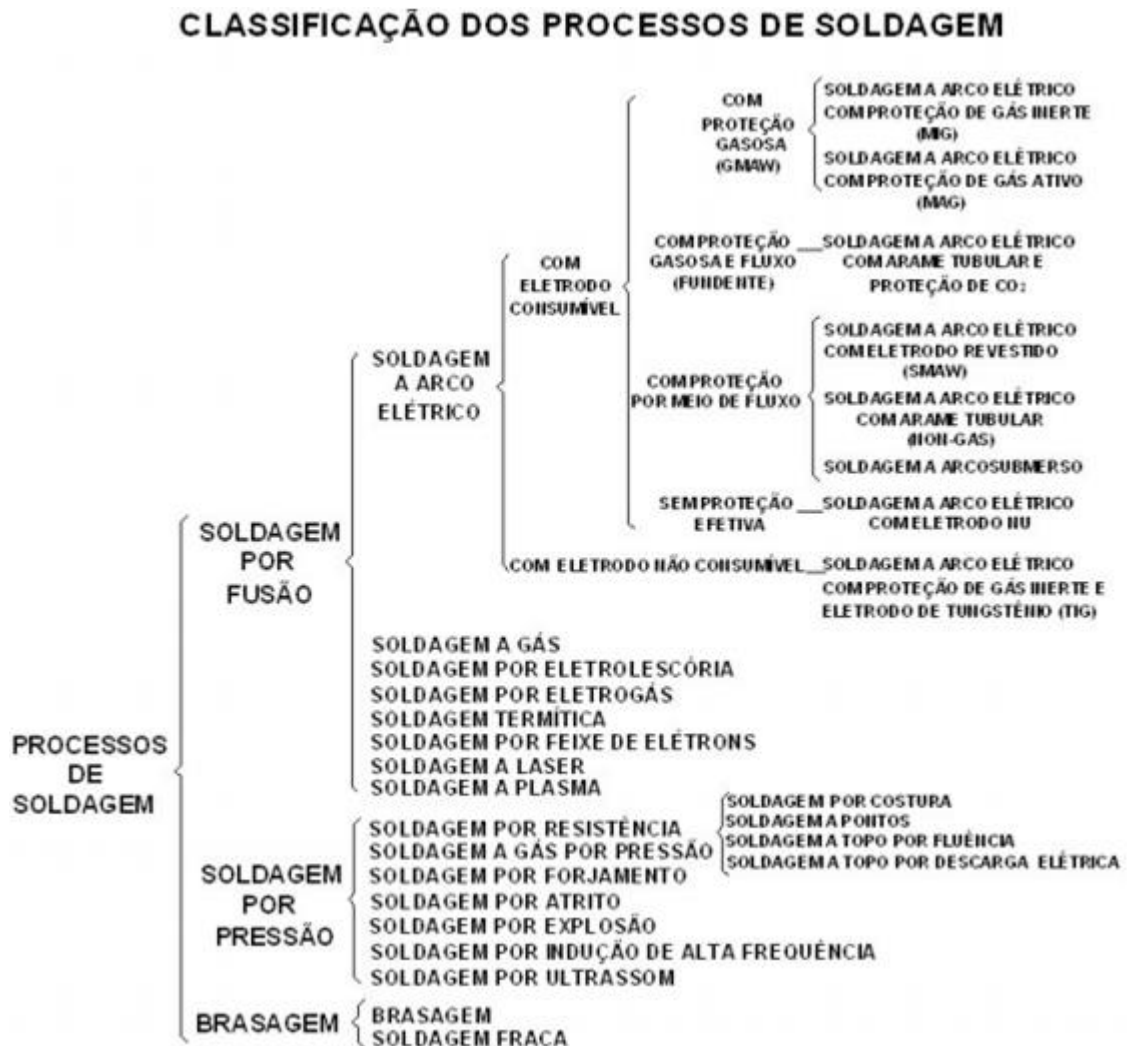
3 SOLDAGEM

3.1 HISTÓRIA DA SOLDAGEM

A história da soldagem mostra que desde as mais remotas épocas, muitos artefatos já eram confeccionados utilizando recursos de brasagem, tendo sido descobertos alguns com mais de 4000 anos; a soldagem por forjamento também tem sido utilizada há mais de 3000 anos. A técnica da moderna soldagem começou a ser moldada a partir da descoberta do arco elétrico, bem como também a sintetização do gás Acetileno no século passado, o que permitiu que se iniciassem alguns processos de fabricação de peças, utilizando estes novos recursos. Com o advento da Primeira Guerra Mundial, a técnica da soldagem começou a ser mais utilizada nos processos de fabricação; a Segunda Guerra Mundial imprimiu grande impulso na tecnologia de

soldagem, desenvolvendo novos processos e aperfeiçoando os já existentes.
(MANOEL MESSIAS NERIS, 2012)

FIGURA 1 Classificação dos processos de soldagem



Fonte: Apostila Soldagem Cetec, p6.

3.2 SOLDAGEM MIG/MAG

3.2.1 Histórico do processo

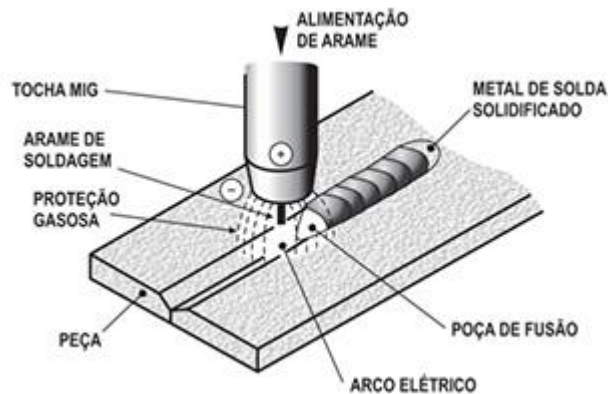
O processo de soldagem GMAW (Gas Metal Arc Welding), ou Soldagem ao Arco Elétrico com Atmosfera de Proteção Gasosa, foi introduzido na década de 1920 e tornado comercialmente viável a partir de 1948. Consiste em um processo de alimentação constante de um arame consumível (polaridade +), que é direcionado a uma peça metálica (polaridade -), sob uma atmosfera de proteção gasosa.

3.2.2 Processo GMAW

Quando o arame consumível entra em contato com o metal de base, temos o fechamento do circuito e a circulação de corrente elétrica entre o pólo positivo e o negativo, os metais são aquecidos até a temperatura de fusão e o resultado é a chamada "poça de fusão" que efetua a coalescência dos metais ali presentes. Parte desta poça de fusão é composta pelo arame consumível ou metal de adição, e parte é composta pelo resultado da fusão entre o arame e o metal de base, o que é chamado de diluição. Após o resfriamento desta poça de fusão temos a união entre estes metais.

Trata-se de um processo muito flexível que proporciona soldagens de qualidade com grande produtividade, principalmente quando comparado com processos manuais como eletrodos revestidos. O processo ficou caracterizado no mercado como MIG/MAG, ou seja, MIG (metal inert gas), quando o gás de proteção utilizado para proteção da poça de fusão é inerte, ou MAG (metal active gas), quando o gás de proteção da poça de fusão é ativo.

FIGURA 2 Processo GMAW



Fonte: ESAB

3.2.3 Gases de proteção utilizados no processo

Os gases de proteção têm como função primordial a proteção da poça de fusão, expulsando os gases atmosféricos da região da solda, principalmente Oxigênio, Nitrogênio e Hidrogênio, que são gases prejudiciais ao processo de soldagem. Além disso, os gases de proteção, ainda possuem funções relacionadas a soldabilidade, penetração e pequena participação na composição química da poça de fusão, quando gases ativos são empregados na soldagem.

Os gases de proteção podem ser de origem atômica como o Argônio e o Hélio, ou moleculares como o Co_2 . Eles ainda se dividem quanto à composição, que pode ser simples contendo apenas um tipo de gás, ou podem ser compostos por misturas, possuindo dois ou mais tipos de gases em sua composição.

Tabela 1 Gases utilizados no processo

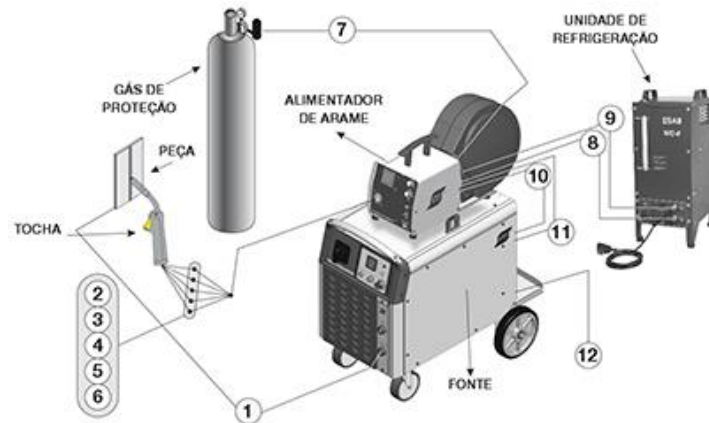
Arame x Tipo de Gás	Ar	CO2	Ar-Co2	Ar-He	Ar-O2
Aços ao carbono e de baixa liga	--	100%	8, 15, 20, 25 ou 50% de CO2 em Ar	--	--
Ligas de aço inoxidável	--	--	até 4% de Co2 em Ar	--	2 a 4% de O2 em Ar
Alumínio e suas ligas	100%	--	--	até 25% de He em Ar	--
Cobre e suas ligas	100%	--	--	até 75% de He em Ar	--
Ligas de níquel	100%	--	--	até 75% de He em Ar	--
Metais reativos	100%	--	--	até 75% de He em Ar	--

Fonte: ESAB

3.2.4 Equipamentos

Equipamentos para um sistema de soldagem semiautomática para aplicação MIG/MAG.

FIGURA 3 Equipamentos GMAW



Fonte: ESAB

- 1 - Cabo de solda (negativo)
- 2 - Refrigeração da tocha (entrada água)
- 3 - Gás de proteção
- 4 - Gatilho da tocha
- 5 - Refrigeração da tocha (retorno água)
- 6 - Conduíte do arame
- 7 - Gás de proteção vindo do cilindro
- 8 - Saída de água de refrigeração
- 9 - Entrada de água de refrigeração
- 10 - Cabo de comando (alimentador/fonte)
- 11 - Cabo de solda (positivo)
- 12 - Conexão para a fonte primária (220/380/440 vca)

Uma das vantagens do processo GMAW é a facilidade de escolha dos equipamentos, sendo que um conjunto de soldagem, pode ser facilmente configurado, sendo composto por:

- **Fonte de energia:** Geralmente possui curva característica de saída de tensão constante, podendo ser fabricada com diversos tipos de tecnologia para controle da tensão, como chaves comutadoras, controle tiristorizado ou através de inversores. Este possui melhor desempenho principalmente por suas características, que possibilitam baixo consumo de energia, redução de peso e dimensões e capacidade de alterar a forma de onda de saída através da interpretação de sinais digitais.

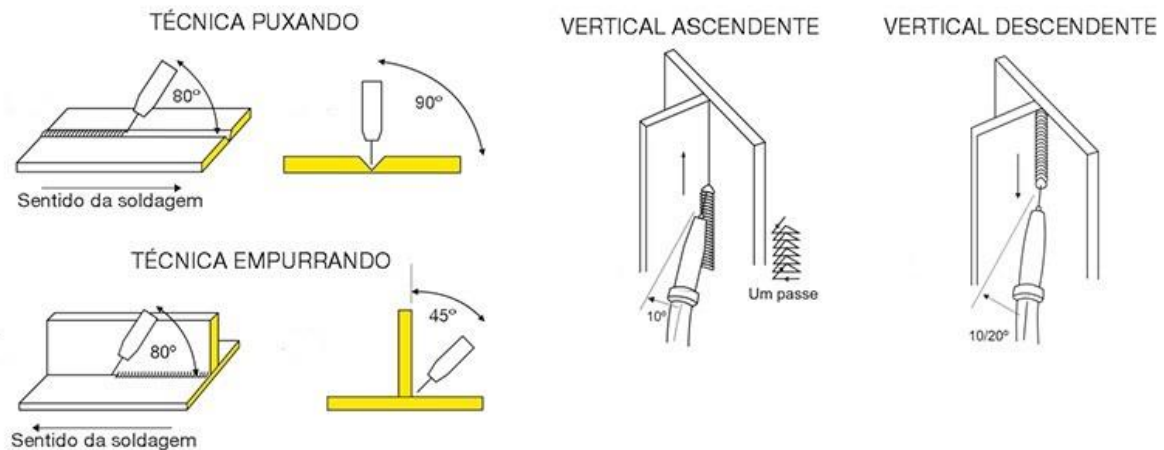
- **Alimentador de Arame:** Este tem como função alimentar o arame consumível através dos guias e conduítes, devendo fornecer uma velocidade de alimentação sempre constante a fim de evitar oscilações no processo. O alimentador de arame pode ser utilizado tanto para aplicações semiautomáticas, quanto para aplicações automáticas, existindo ainda alimentadores de arame específicos para soldagem robotizada.
- **Tocha "pistola" de soldagem:** A tocha de soldagem direciona a alimentação de arame e os fluxos de corrente elétrica e gás de proteção para a poça de fusão. A tocha é composta de um cabo de cobre para a passagem da corrente elétrica, um conduíte e uma mangueira, respectivamente para direcionar o arame e o fluxo de gás.

3.3 TÉCNICAS DE SOLDAGEM

Para a soldagem nas posições plana e filete, duas técnicas são geralmente aplicadas, a técnica puxando e a técnica empurrando. Nas duas técnicas, existem ângulos que devem ser observados, o ângulo de ataque, formado entre a tocha de soldagem e o sentido longitudinal da junta a ser soldada, e o ângulo de posicionamento, formado entre a tocha e o sentido transversal da junta.

A técnica de soldagem empurrando proporciona um cordão de solda mais largo, e um reforço menor, com menor penetração de garganta. Enquanto a técnica de soldagem puxando, proporciona um cordão de solda mais estreito, e reforço do cordão de solda e penetração de garganta maiores. O que determina a técnica de soldagem puxando ou empurrando, são os resultados a serem alcançados, e o tipo de junta a ser soldada.

FIGURA 4 Técnicas de soldagem



Fonte: ESAB

Para a soldagem na posi o vertical, progressão ascendente e descendente, o posicionamento da tocha   extremamente importante, e a soldagem deve ser realizada somente como ilustrado. Pequenas oscila es da tocha, principalmente na progressão ascendente, devem ser utilizadas a fim de garantir uma boa fusão lateral, em ambos os casos, o arco deve ser mantido na borda da poça de fusão para assegurar uma penetra o completa da solda.

4 MATERIAIS

4.1 AÇO CARBONO

Aço carbono   a composi o da liga que confere ao aço o seu nível de resistência mecânica. A quantidade de Carbono define sua classifica o: o baixo carbono possui no máximo 0,30% do elemento; o médio carbono apresenta de 0,30 a 0,60% e o alto carbono possui de 0,60 a 1,00%.

4.2 AÇO CARBONO ALTO MANGANÊS – SAE/AISI 15XX

Os dois primeiros algarismos, ou seja, o 15 significa que os aços são simplesmente ao carbono com alto manganês. A fra o XX/100 indica o teor de carbono em peso presente no aço. Por exemplo, um aço SAE/AISI 1522   um aço simplesmente ao carbono, contendo entre 0,18 e 0,24%C em peso e teor de manganês 1,10 a 1,40%. Estes aços apresentam teor de manganês que varia entre 0,85 e 1,65%, além de fósforo e enxofre com teores máximos de 0,030 e 0,050

respectivamente. O maior teor de manganês confere a esta subclasse maior resistência mecânica e limite de escoamento.

4.3 AÇOS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

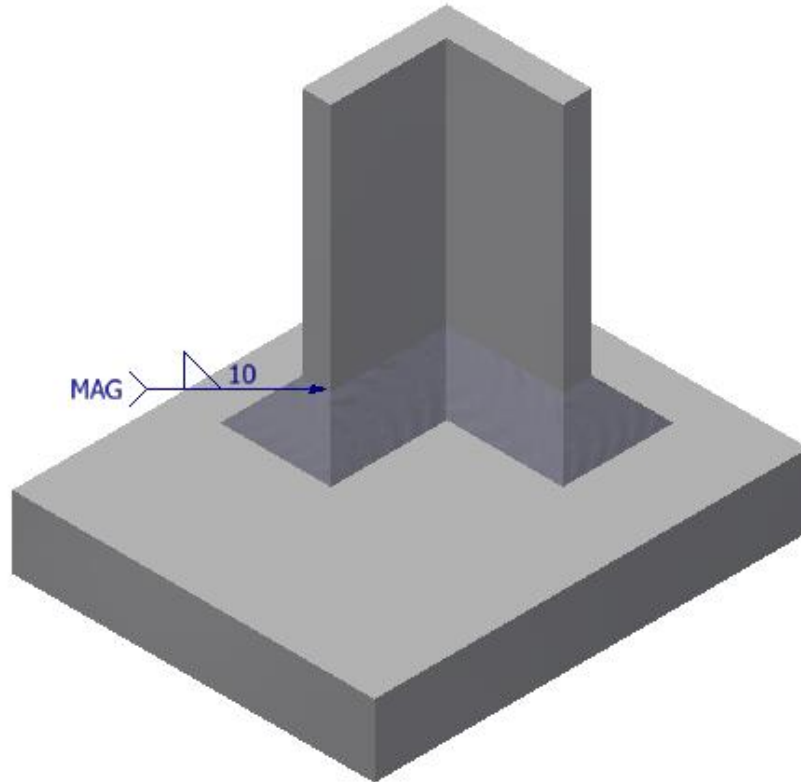
Os aços utilizados na construção civil, os chamados aços estruturais, são aqueles que, devido à suas propriedades de resistência, ductilidade, entre outras, são adequados para a utilização em elementos que suportam cargas. São apresentados nas normas de dimensionamento NBR 8800, AISC/LRFD e AISI/LRFD e são classificados em diversos tipos. As propriedades mecânicas definem o comportamento do aço quando sujeito a esforços mecânicos e determinam a capacidade do material de resistir e transmitir os esforços aplicados sem que haja ruptura ou deformação excessiva. (TEOBALDO, 2004)

Muitas vezes, para peças de aço serem transformadas em elementos estruturais, são utilizados processos de soldagem. Sendo assim, a soldabilidade é uma propriedade de extrema importância para o material. Para sua execução é necessário que o aço seja composto por elementos químicos em percentuais ideais. (TEOBALDO, 2004)

5 MÉTODOS

5.1 CORTE DA AMOSTRA

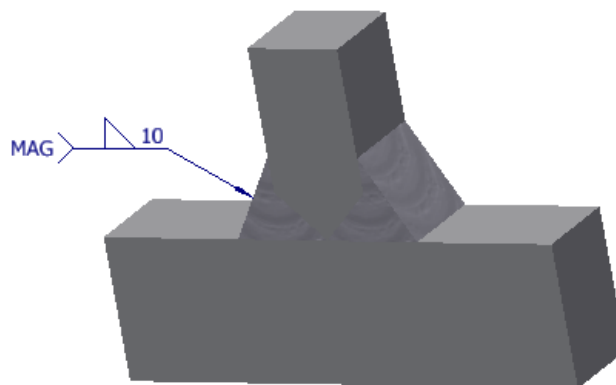
FIGURA 5 Representação do conjunto soldado



Fonte: Desenvolvido pelo autor

O conjunto foi cortado para a realização da espectrometria e o ensaio macrográfico.

FIGURA 6 Amostra cortada



Fonte: Desenvolvido pelo autor

5.2 ESPECTROMETRIA

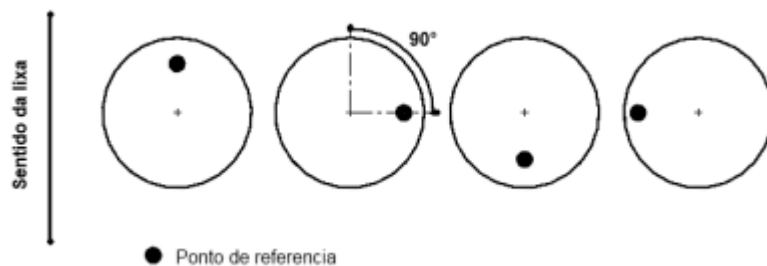
A espectrometria em massa é um método analítico usado para identificar os compostos diferentes baseados na constituição atômica da amostra das moléculas e de seu estado da carga, que permite a análise das “cortinas” de uma amostra desconhecida sem nenhum conhecimento prévio de sua composição.

Devido ao desconhecimento do metal a ser estudado foi necessário levar uma amostra da junta soldada para uma máquina de espectrometria de massas para descobrir sua composição química, cujo resultado foi de um aço ao carbono SAE/AISI 1522.

5.3 ANÁLISE MACROGRÁFICA

A análise consiste em lixar a amostra utilizando lixas de granulações diferentes (220, 320, 400 e 600), a cada lixa é feito um giro na peça em 90° para eliminar qualquer tipo de risco que possa estar contido na peça para fazer o ataque químico.

FIGURA 7 Processo de lixamento de amostras



Fonte: Laboratório de Ensaios Mecânicos e Materiais – Metalografia preparação de amostra, pag 15

Após a peça passar pelo processo de lixamento é efetuado um ataque químico utilizando Nital 3%. O ataque químico revela a região da solda e a zona termicamente afetada.

Figura 8 Resultado do ensaio macrográfico



Fonte: Desenvolvido pelo autor

O ensaio macrográfico foi necessário para elaborar o croqui para a EPS, utilizando o resultado como base para o desenho.

5.4 CÓDIGOS DE ESPECIFICAÇÕES

No caso específico das operações de soldagem, a realização de soldas inadequadas durante a fabricação de certos tipos de estruturas ou equipamentos, tais como navios, pontes, oleodutos, componentes automotivos e vasos de pressão, pode resultar em sérios acidentes com perdas materiais e, eventualmente, humanas e danos ao meio ambiente. Para minimizar a chance destas ocorrências e garantir uma maior uniformidade, controle e rastreabilidade do processo, as operações de soldagem para diversas aplicações e diversos outros aspectos ligados à soldagem são regulados por diferentes códigos e especificações. Como exemplo de códigos e especificações importantes ligados à soldagem pode-se citar:

- ASME Boiler and Pressure Vessel Code (vasos de pressão),
- API STD 1104, Standard for Welding Pipelines and Related Facilities (tubulações e dutos na área de petróleo),

- AWS D1.1, Structural Welding Code - Steel (estruturas soldadas de aço carbono e de baixa liga),
- AWS D1.2, Structural Welding Code - Aluminum
- DNV, Rules for Design, Construction and Inspection of Offshore Structures (estruturas marítimas de aço),
- Especificações diferentes de associações como a International Organization for Standardization (ISO), American Welding Society (AWS), British Standard Society (BS), Deustches Institute fur Normung (DIN), Association Francaise de Normalisation (NF), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), etc.

Estes códigos e especificações podem cobrir as mais diferentes etapas de soldagem incluindo, por exemplo, a especificação de material (metal de base e consumíveis), projeto e preparação da junta, fabricação de estruturas e equipamentos, qualificações de procedimento e de operador, procedimentos de inspeção e avaliação de descontinuidades.

5.5 ESPECIFICAÇÃO DE SOLDAGEM

A Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS) é um documento no qual os valores permitidos de diversas variáveis do processo estão registrados para serem adotados, pelo soldador ou operador de soldagem, durante a fabricação de uma dada junta soldada. Em geral, os códigos separam as diferentes variáveis do processo em variáveis de qualificação (ou essenciais), cuja alteração além de limites determinados pela norma implica na necessidade de uma nova qualificação do procedimento, e em variáveis “não-essenciais. (PROF. PAULO J. MODENESI)

FIGURA 9 Modelo de EPS (frente)

ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (EPS)

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 APOS 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:	TÉCNICA: 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:	
PRÉ-AQUECIMENTO: Temperatura: Temp. entre passes: Outro:	

Fonte: Normas e qualificação em soldagem, pag 5

FIGURA 10 Modelo de EPS (verso)


DETALHES DA JUNTA:

Passe N ^o	Processo	Metal de adição		Corrente		Faixa de Tensão (V)	Velocidade de Soldagem (mm/s)
		Classe	Diâmetro	Pol.	Faixa (A)		

Fonte: Normas e qualificação em soldagem, pag 6

5.6 EPS DESENVOLVIDA

	ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM				EPS NÚMERO: 00001				
					DATA: XX/06/2019				
	REVISÃO: OK		FOLHA: 1/2						
Normas de referência: AWS				Croqui:					
Processo 1: GMAW		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		SAE 1522	P-Nº	Gr.	----	P-Nº	Gr. ----		
MATERIAL 2		----	P-Nº	Gr.	----	P-Nº	Gr. ----		
DIÂMETRO		----			----				
ESPESSURA DO METAL BASE [mm]		10 (Aproximadamente)			----				
ESPESSURA DO METAL DE SOLDA DEPOSITADO [mm]		Processo 1		10,0	----				
		Processo 2		----	----				
POSIÇÃO		2F			----				
PROGRESSÃO		Ascendente	X	Descendente	----	Ascendente	----	Descendente	----
METAL DEPOSITADO		RAIZ	ENC/ACN	TUNGSTÊNIO	RAIZ	ENC/ACN	TUNGSTÊNIO		
ESPECIFICAÇÃO SFA (AWS)		AWS/ASME SFA 5.18	AWS/ASME SFA 5.18	----	----	----	----		
CLASSE (AWS)		ERS70S-6	ERS70S-6	----	----	----	----		
FABRICA/MARCA		OK AUTROD 12.51	OK AUTROD 12.51	----	----	----	----		
DIÂMETRO [mm]		1,2	1,2	----	----	----	----		
F-Nº		----	----	----	----	----	----		
A-Nº		----	----	----	----	----	----		
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS		Processo 1		Processo 2		Processo 1		Processo 2	
CORRENTE		Contínua		----		----		----	
POLARIDADE		Positiva		----		----		----	
VOLTAGEM [V]		18-34 V		----		----		----	
AMPERAGEM [A]		120-380 A		----		----		----	
INSPETOR DE SOLDAGEM - N2		ENGENHEIRO RESPONSÁVEL				FISCALIZAÇÃO			

	ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM				EPS NÚMERO: 00001				
					DATA: XX/06/2019				
					REVISÃO: OK		FOLHA: 2/2		
					R.Q.P.S				
CONTROLE DE TEMPERATURA									
VARIÁVEIS		VALOR RQPS			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		---- [°C]			---- [°C]				
TAXA DE AQUECIMENTO		---- [°C]			---- [°C]				
TAXA DE RESFRIAMENTO		---- [°C]			---- [°C]				
TEMPERATURA DE TRATAMENTO		INICIAL	----	FINAL	----	INICIAL	----	FINAL	----
GÁS DE PROTEÇÃO									
	TOCHA	PURGA		TOCHA	PURGA				
TIPO	CO2	----		----	----				
PORCENTAGEM	25%	----		----	----				
TAXA DE DEPOSIÇÃO [kg/h]	2.0 - 11	----		----	----				
TÉCNICA									
	RAÍZ	ENC/AC	TUNGSTÊNIO	RAÍZ	ENC/AC	TUNGSTÊNIO			
OSCILAÇÃO	----	----	----	----	----	----			
VELOCIDADE [cm/min]	----	----	----	----	----	----			
HEAT IMPUT	----	----	----	----	----	----			
LP	----	----	----	----	----	----			
PM	----	----	----	----	----	----			
GOIVAGEM	----	----	----	----	----	----			
PROTEÇÃO DE RESFRIAMENTO	----	----	----	----	----	----			
MEDIÇÃO DE TEMPERATURA	----	----	----	----	----	----			
PROTEÇÃO DE RESPINGOS	----	----	----	----	----	----			
LIMPEZA	----	----	----	----	----	----			
OBSERVAÇÕES	----	----	----	----	----	----			
INSPETOR DE SOLDAGEM - N2	ENGENHEIRO RESPONSÁVEL			FISCALIZAÇÃO					

6 CONCLUSÃO

Devido a especificação de soldagem qualquer trabalho realizado será de forma padronizada, com isso o processo será uniforme, seguro, com melhor controle de qualidade e com a possibilidade de correções de possíveis falhas. Um processo normalizado e padronizado diminui drasticamente a realização de soldas inadequadas no processo, assim evitando possíveis acidentes, além de diminuir o desperdício e o custo das operações.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Processo de soldagem: MIG/MAG (GMAW) – Disponível em: <https://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_mig_mag_gmaw.cfm> Acesso em: 05 abr. 2019

PROF. PAULO J. MODENESI – Normas e qualificação em soldagem (Adaptado e atualizado de texto escrito pelo prof. Michael D. Hayes). Universidade Federal de Minas Gerais - Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Janeiro de 2005.

O que é Aço carbono? – Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/o-que-e-aco-carbono>> Acesso em: 27 abr. 2019

PROF ADRIANO SCHEID - Classificação dos aços DEMEC – TM049 – Disponível em: <<http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM049/Aula%202.pdf>> Acesso em 27 abr. 2019

Dr. Tomislav Meštrović, MD, Ph.D. – What is Mass Spectrometry – Disponível em: <[https://www.news-medical.net/life-sciences/What-is-Mass-Spectrometry-\(Portuguese\).aspx](https://www.news-medical.net/life-sciences/What-is-Mass-Spectrometry-(Portuguese).aspx)> Acesso em: 27 abr. 2019

CALDAS, Chruster Thiago Gonçalves. Desenvolvimento de uma EPS especificação de procedimento de soldagem para união de chapas de aço ASTM A131 com processo FCAW. 2013. 53 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/118458>> Acesso em: 27 abr. 2019

GUILHERME WANKA IMIANOWSKY, MARCUS ALBERTO WALENDOWSKY - Os principais aços carbono utilizados na construção civil. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado – Engenharia Civil) - Centro Universitário de Brusque. Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/arquivosSGC/a%C3%A7os%20carbono%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil.pdf>> Acesso em: 04 mai. 2019