

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Curso de Especialização em Soldagem

RODRIGO SOARES NUNES

***ANÁLISE DAS MUDANÇAS DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM NO PROCESSO
GMAW NA SOLDAGEM DE ROLO PARA CORREIA TRANSPORTADORA***

LRSS – Laboratório de Robótica, Simulação e Soldagem

BELO HORIZONTE
2024

RODRIGO SOARES NUNES

***ANÁLISE DAS MUDANÇAS DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM NO PROCESSO
GMAW NA SOLDAGEM DE ROLO PARA CORREIA TRANSPORTADORA***

LRSS – Laboratório de Robótica, Simulação e Soldagem

Monografia apresentada ao curso de pósgraduação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Soldagem.

Orientador: Ariel Rodríguez Arias

**BELO HORIZONTE
2024**

N972a Nunes, Rodrigo Soares.
Análise das mudanças dos parâmetros de soldagem no processo
GMAW na soldagem de rolo para correia transportadora / Rodrigo Soares
Nunes. - 2024.
1 recurso online (47 f.: il., color.) : pdf.

Orientador: Ariel Rodriguez Arias.

"Monografia apresentada ao Curso de Especialização em
Engenharia da Soldagem da Escola de Engenharia da Universidade
Federal de Minas Gerais"

Bibliografia: f. 46-47.

1. Soldagem. 2. Correia transportadora. 3. Arco de soldagem a gás de metal. 4. Testes não-destrutivos. I. Arias, Ariel Rodríguez. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 621.791



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

CURSO DE SOLDAGEM



ATA DA DEFESA DA MONOGRAFIA DO ALUNO RODRIGO SOARES NUNES

Realizou-se, no dia 26 de setembro de 2024, às 18:30 horas, ONLINE - <http://meet.google.com/bfx-tyd-jse>, da Universidade Federal de Minas Gerais, a defesa de monografia, intitulada **ANÁLISE DAS MUDANÇAS DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM NO PROCESSO GMAW NA SOLDAGEM DE ROLO PARA CORREIA TRANSPORTADORA**, apresentada por RODRIGO SOARES NUNES, número de registro 2022687242, graduado no curso de ENGENHARIA METALÚRGICA, como requisito parcial para a obtenção do certificado de Especialista em SOLDAGEM, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Ariel Rodriguez Arias - Orientador (UFMG), Prof(a). Prof. Dr. Alexandre Queiroz Bracarense (UFMG), Prof(a). Reginaldo Matias Nunes (DELP ENGENHARIA).

A Comissão considerou a monografia:

Aprovada

Reprovada

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.
Belo Horizonte, 26 de setembro de 2024.

Prof(a). Ariel Rodriguez Arias (Doutor)

Prof(a). Prof. Dr. Alexandre Queiroz Bracarense (Doutor)

Assinado de forma digital por
Reginaldo M. Nunes
Data: 2024.10.01 18:42:46 -0300

Prof(a). Reginaldo Matias Nunes (Especialista)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, por existir e estar sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças mediante muita luta, prova e principalmente no momento mais triste que tive até hoje.

Presto Homenagem ao meu pai que esteve presente em todo a meu aprendizado em soldagem a pessoa que me apresentou a soldagem e que foi a pessoa que me inspirou e guiou para este mundo da solda, agradeço a minha mãe, minha esposa e minhas filhas. Aos demais amigos que tive a oportunidade de conhecer no curso e professores que tive a honra de ter conhecido.

Agradeço a empresa PROK pelo apoio e a colaboração da empresa que foi essencial para que eu pudesse obter as informações e o suporte necessários, além de me proporcionar uma visão prática e aprofundada sobre a soldagem de rolos. O autor agradece ao Laboratório de Robótica, Soldagem e Simulação (LRSS) pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho. Meus agradecimentos!

" Não se amolde ao padrão deste mundo, mas transforme-se!" - Romanos 12:1)

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de comparar as mudanças que ocorrem na soldagem GMAW alterando os parâmetros do *heat input* com a finalidade de buscar uma melhor penetração da solda executada na soldagem de rolos de duplo tubo na posição 1G na empresa PROK em Vespasiano - MG, utilizando o ensaio visual de solda e a macrografia para avaliar a penetração da solda.

No caso da soldagem GMAW (Gas Metal Arc Welding), a análise macroscópica é importante para garantir que a solda tenha sido realizada corretamente e que a penetração seja adequada. Os dados coletados e analisados foram realizados no período de junho a agosto de 2024 na PROK Vespasiano – MG e ao final chegou à seguinte conclusão: que para a soldagem do rolo duplo tubo, os parâmetros da EPS-261-22 apresentaram um resultado melhor em comparação a EPS P-234/21.

Palavras-Chave: GMAW, soldagem, ensaio não destrutivo, macrografia.

ABSTRACT

This work was carried out with the aim of comparing the changes that occur in GMAW welding by altering the heat input parameters with the aim of seeking better penetration of the weld performed when welding double tube rolls in position 1G at the company PROK in Vespasiano - MG , using visual welding testing and macrography to evaluate weld penetration.

In the case of GMAW welding (Gas Metal Arc Welding), macroscopic analysis is important to ensure that the weld was carried out correctly and that penetration is adequate.

The data collected and analyzed were carried out from June to August 2024 at PROK Vespasiano – MG and in the end the following conclusion was reached: that for welding double tube rolls, the parameters of EPS-261-22 presented a better result in comparison to EPS P-234/21.

Keywords: GMAW, welding, non-destructive testing, macrography.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação de soldagem.....	12
Quadro1 – Resumo cronológico da História da soldagem	13
Figura 2 – Soldagem MIG/MAG – GMAW	16
Figura 3 – Exemplo de EPS de uma empresa.....	19
Figura 4 – Exemplo de RQPS de uma empresa.....	20
Figura 5 – Inspeção Visual de Solda – Verificação dimensional da perna da solda	21
Figura 6 – Transportador de Correia.....	24
Figura 7 – Disposição do rolo no suporte.....	25
Figura 8 – Rolo Soldado.....	25
Figura 9 – Detalhamento de um rolo soldado.....	25
Figura 10 – Identificação das peças soldadas	26
Figura 11 – Rolo soldado.....	27
Figura 12 – Caneca desmontada.....	27
Figura 13 – Modelo isométrico, croqui representando junta na posição 1F, 2F, 2FR, 4F e 5F. (Desenho destacado da solda na posição 2FR).....	28
Figura 14 – Rolo montado no dispositivo de soldagem.....	29
Figura 15 – Mostrador de tensão e corrente.....	29
Figura 16 – Pannel da máquina de solda.....	30
Figura 17 – Mostrador de velocidade de soldagem em centímetros por minutos.....	30
Quadro 2 – Parâmetros de tensão, corrente e velocidade de soldagem utilizados	31
Figura 18 – Terminologia aplicada para identificação das soldas	32
Figura 19 – Macrografia das Soldas X,Y e Z.....	32
Figura 20 – Macrografia da Solda “X”	33
Figura 21 – Macrografia da Solda “Y”	33
Figura 22 – Macrografia da Solda “Z”	34
Figura 23 – corpo de prova 1.	35
Figura 24 – corpo de prova 2.....	36
Figura 25 – corpo de prova 3.....	37

Figura 26 – corpo de prova 4.....	38
Figura 27 – corpo de prova 5.	39
Figura 28 – corpo de prova 6	40
Figura 29 – corpo de prova 7.....	41
Figura 30 – corpo de prova 8.	42
Figura 31 – Macrografia das Soldas X, Y e Z Lado “A”	43
Figura 32 – Macrografia da Solda “X”	43
Figura 33 – Macrografia da Solda “Y”.	44
Figura 34 – Macrografia da Solda “Z”	44
Figura 35– Certificado De Qualidade do Disco	48
Figura 36- Certificado De Qualidade Do Tubo \varnothing 127	49
Figura 37- Certificado De Qualidade Do Tubo \varnothing 203.....	50
Figura 38- Certificado De Qualidade Da Caneca Sólida.....	51
Figura 39- Certificado De Qualidade Argônio	52
Figura 40- Certificado de Qualidade Do Dióxido de Carbono.....	53
Figura 41- Certificado De Qualidade Do Arame ER 70 S6 \varnothing 1,0 e \varnothing 1,2.....	54
Figura 42 – Especificação de Processo de Soldagem EPS-261-22.....	55
Figura 43 – Especificação de Processo de Soldagem EPS- P-234/21.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas

ASTM – American Society for Testing and Materials

ASME - American Society of Mechanical Engineers

AWS – American Welding Society

CQ – Controle de Qualidade

DIN - Deustches Institute fur Normung

END – Ensaio não destrutivo

EPS - Especificação de Procedimento de Soldagem

EVS – Ensaio Visual de Solda

GMAW – Gas Metal Arc Welding

ISO – International Organization for Standardization.

LP – Ensaio por Liquido Penetrante

MAG – Metal Active Gas

MIG – Metal Inert Gas

NBR – Norma Brasileira

PCP – Planejamento e Controle de Produção

RQPS – Registro de qualificação do procedimento de soldagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	Breve histórico e definição de soldagem.....	13
2.2	Processo de soldagem.....	15
2.3	Soldagem GMAW (Gas Metal Arc Welding)	16
2.4	Normas e qualificações em soldagem.....	18
3	METODOLOGIA	24
3.1	Pesquisa	24
3.2	PCP / CQ (Planejamento e Controle de Produção / Controle de Qualidade) na empresa PROK	24
3.3	Transportador de Correia	
3.4	Rolo	
3.5	Soldagem do Rolo de duplo tubo	
3.6	Soldagem dos corpos de prova	
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1	Macrografia das Soldas X,Y e Z do rolo duplo tubo	35
4.2	Macrografia das amostras	
4.2.1	Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 1.....	38
4.2.2	Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 2.....	39
4.2.3	Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 3.....	40
4.2.4	Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 4.....	41
4.2.5	Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 5.....	42
4.2.6	Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 6.....	43
4.2.7	Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 7.....	44
4.2.8	Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 8.....	45
4.3	Penetração das Soldas utilizando os melhores parâmetros da EPS- 261-22.....	46
5	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	48
	Anexos	49

1 INTRODUÇÃO

A soldagem é um processo fundamental na metalurgia, com suas peculiaridades e especificidades que devem ser compreendidas para garantir uma atuação produtiva e eficiente. O conhecimento dos diversos tipos de soldagem e dos padrões de qualidade é imprescindível para otimizar aspectos produtivos, financeiros e de marketing na indústria metalúrgica.

Este trabalho tem como objetivo apresentar um panorama sobre a soldagem, iniciando com a definição do processo e um breve histórico. Em seguida, o foco recai sobre o processo de soldagem GMAW (Gas Metal Arc Welding), detalhando suas diferentes modalidades, vantagens e desvantagens. Também são abordadas as normas e padronizações necessárias para garantir a qualidade da soldagem.

Para uma análise prática, a coleta de dados foi realizada nas instalações da PROK Indústria e Comércio Ltda. Através dessa pesquisa, é possível obter uma visão crítica e abrangente dos parâmetros de soldagem utilizados na produção. Comparações entre diferentes parâmetros de soldagem são realizadas com base em ensaios em corpos de prova na posição 1G.

A revisão de literatura e a análise prática foram conduzidas a partir de fontes diversificadas, incluindo livros teóricos, artigos online, materiais fornecidos por professores, e revistas especializadas. A investigação prática se concentrou na demonstração do processo de soldagem GMAW e suas variáveis, proporcionando uma compreensão detalhada dos métodos aplicados.

O objetivo principal deste trabalho é identificar os melhores parâmetros para obter uma penetração de solda eficaz na soldagem de rolos tipo duplo tubo, seguindo os critérios de aceitação estabelecidos pela norma AWS D1.1.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Breve histórico e definição de Soldagem

A soldagem é um procedimento muito importante para a indústria, os meios de fabricação e a sociedade. Através da mesma pode-se facilitar o procedimento produtivo com a união de determinadas peças que podem formar objetos valiosos e uteis para operacionalidade e usos em geral. Segundo (American Welding Society- AWS) “Soldagem é o processo de união de materiais usado para obter a coalescência (união) localizada de metais e não metais, produzida por aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a utilização de pressão e/ou material de adição”.

FIGURA 1 – Processo de soldagem GMAW



Fonte: Autor, 2024

Até o início do século 20, a soldagem era feita pelo meio de um processo conhecido como soldagem forjada, que consiste em aquecer as peças a serem consertadas e depois martelar até que elas se amalgamam. Com o advento da eletricidade, o processo se tornou mais acessível

e ágil, e atuou como um importante papel no cenário da indústria durante a Primeira Guerra Mundial e II. A Segunda Guerra Mundial imprimiu grande impulso na tecnologia de soldagem, desenvolvendo novos processos e aperfeiçoando os já existentes.

Com o passar dos anos a técnica da soldagem também se adequou aos avanços da metalurgia gerando possibilidades com progressos imprescindíveis em vários ramos como: industriais automobilísticas, naval, aeroespacial, metalúrgica, química, telecomunicações, os bens de serviços etc. Para melhor entendermos a evolução do processo de soldagem averiguaremos o resumo cronológico no quadro a seguir.

QUADRO 1 - Resumo cronológico da história da soldagem:

1801	Sir Humphey Davis descobre o fenômeno do arco elétrico
1836	Edmund Davy descobre o Acetileno
1885	N. Bernardos e S. Olsewski depositam patente do processo de soldagem por arco elétrico.
1889	N.G. Slavianoff e C. Coffin substituem o eletrodo de grafite por arame metálico.
1901	Fouché e Picard desenvolvem o primeiro maçarico industrial para soldagem oxiacetilênica
1903	Gold Schmidt descobre a solda alumino térmica
1907	O. Kjellberg deposita a patente do primeiro eletrodo revestido
1919	C. J. Halsag introduz a corrente alternada nos processos de soldagem
1926	H.M. Hobart e P.K. Denver utilizam gás inerte como proteção do arco elétrico
1930	Primeiras normas para eletrodo revestido nos EUA
1935	Desenvolvimento dos processos de soldagem TIG e Arco Submerso
1948	H.F. Kennedy desenvolve o processo de soldagem MIG
1950	França e Alemanha desenvolvem o processo de soldagem por feixe de elétrons
1953	Surgimento do processo MAG

1957	Desenvolvimento do processo de soldagem com arame tubular e proteção gasosa
1958	Desenvolvimento do processo de soldagem por eletro-escória, na Rússia.
1960	Desenvolvimento de processo de soldagem a laser, nos EUA.
1970	Aplicados os primeiros robôs nos processos de soldagem - apesar de importantíssima a soldagem teve sua evolução nos últimos 100 anos.
1980	ESAB entregou equipamentos pesados para soldagem a arco submerso e soldagem com junta estreita para a Volgadonsk, na antiga União Soviética.
1992	A soldagem por fricção foi patenteada em 1992 pela TWI. O método funciona muito bem para alumínio. É tão simples e eficaz que deve ser considerado uma das inovações mais formidáveis na área de soldagem do século XX.
1999	Os anos 90 acabam com um novo método que aumenta em até 300% a penetração de fluxos no cordão de solda.
2000 EM DIANTE	Os avanços não acabaram: em 2000, foi criada a solda por pulso magnético, e, em 2008, surge a solda híbrida a laser/ MIG.
Fonte: Revista solução ESAB, solda MIG / MAG, 2005.	

Segundo Kuntz (2016), atualmente através do emprego de técnicas modernas, muitos processos de soldagem ou variações destes são usados para deposição de material sobre uma superfície, visando à restauração de peças deteriorada ou para a formação de um revestimento com características especiais. Em linhas gerais, a soldagem é um conjunto de processos de manufatura pelos quais duas partes metálicas são unidas permanentemente pela “coalescência” da interface de contato, que é induzida pela combinação de temperatura, pressão e condições metalúrgicas (KIMINAMI; CASTRO; OLIVEIRA, 2013).

2.2 Processos de soldagem

Os processos de soldagem apresentam características e funções específicas, com equipamentos, objetivos e resultados bastante particulares. O processo de soldagem tanto manual como o semiautomático sofre interferência do soldador e seu julgamento é fundamental na mudança ou correção da soldagem durante a execução. As tendências apontam para processos cada vez mais automatizados, além de soldas e cortes a laser. Os avanços

tecnológicos e o desenvolvimento de novos materiais exigem novos métodos de soldagem, que ainda têm muito a proporcionar.

Existem diversos tipos de processos de soldagem e cada um possui sua aplicação adequada. Os métodos modernos de soldagem podem ser classificados, dependendo do estado do material durante a soldagem (maleável ou estado fundido), da seguinte forma: Soldagem de plástico ou soldagem por pressão; Soldagem por fusão ou soldagem sem pressão.

Conforme Sociedade Americana de Soldagem (AWS) (2010), Os processos de soldagem podem ser classificados, dependendo da fonte de calor.

Observa-se a imensidão dos processos de soldagem, entendendo que os avanços são notáveis e bem coerentes com a realidade. Pois, a tecnologia obriga a soldadura a se adequar aos progressos da metalurgia que expande e agrega inovações para produção qualitativa e significativa.

Diante de todos esses processos de soldagem focaremos no GMAW e os parâmetros de soldagem que terão uma melhor penetração da solda será o objeto de estudo.

2.3 Soldagem GMAW (Gas Metal Arc Welding)

Soldagem por arco elétrico com gás de proteção, também conhecida como soldagem MIG/MAG (MIG – Metal Inert Gas) e (MAG – Metal Active Gas). O processo de soldagem MIG/MAG, é um processo que se baseia na fonte de calor de um arco elétrico, mantido entre a extremidade de um arame nu consumível, alimentado continuamente, e a peça a soldar. A proteção da região da solda é realizada por uma atmosfera protetora de gás inerte (Argônio (Ar) e Hélio (He)) ou um gás ativo (CO₂ ou mistura O₂ e N₂) (SCOTTI; PANOMAREV, 2008).

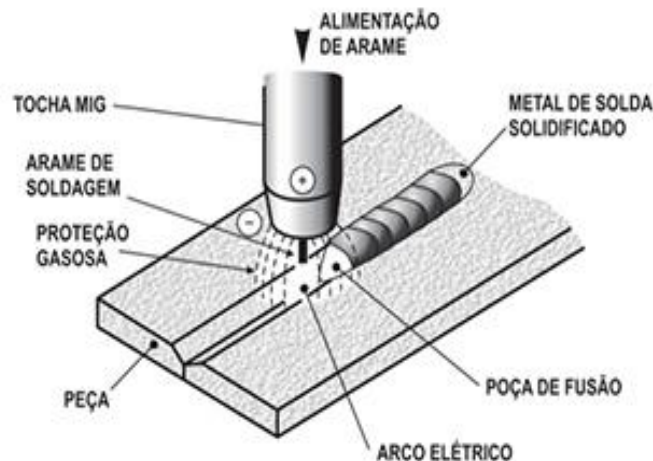
O gás pode ser do tipo ativo ou inerte ele vai depender do trabalho que será executado e do metal base a ser soldado.

Em conformidade com Scotti, Panomarev (2008), as principais vantagens do processo MIG/MAG são: Soldagem de praticamente de todos os metais e ligas comerciais; Alimentação contínua do eletrodo; Soldagem em todas as posições; Elevada taxa de fusão do arame eletrodo e também de deposição; Alta capacidade produtiva; Geração de pouco fumo e pouca escória; Permite a automatização industrial, possibilitando a utilização de robôs. Como

limitações, a soldagem MIG/MAG apresenta menor tempo de resfriamento por não produzir escórias, e a execução do processo necessita ser protegido de correntes de ar.

O processo MIG/MAG é aplicável à soldagem da maioria dos metais consumidos nas indústrias como os aços, o alumínio, aços inoxidáveis, cobre e vários outros. Peças com espessura acima de 200mm podem ser soldados praticamente em todas as posições. Soldagem de carrocerias, estruturas de veículos, estruturas metálicas, peças caldeiradas, tubulações entre outras.

FIGURA 2 – Soldagem MIG/MAG - GMAW



Fonte: Fortes (2005, p. 3)

Este processo de soldagem pode ser mecanizado, automatizado ou semi-automático. A soldagem MIG pode ser usada em ampla faixa de espessuras, em materiais ferrosos e não ferrosos como Alumínio, Cobre, Magnésio, Níquel e suas ligas. O processo MAG é utilizado apenas na soldagem de materiais ferrosos, tendo como gás de proteção o CO₂ com misturas contidas com gases inertes.

Os processos MIG (metal inert gas) e MAG (metal active gas) utilizam como fonte de calor um arco elétrico mantido entre um eletrodo no consumível, alimentado continuamente, e a peça a soldar. A proteção da região de soldagem é feita por um fluxo de gás inerte (MIG) ou gás ativo (MAG). A soldagem pode ser semi-automática ou automática. (WAINER; BRANDI; MELLO, 1992, p.99).

Para Bracarense (2009), os equipamentos básicos necessários para realização de soldagem do processo MIG/MAG inclui fonte de energia, cabos, tocha de soldagem, alimentador de arame e seu sistema de controle, bobina de arame (eletrodo), fonte de gás de proteção com regulador de vazão, ferramentas, e material de segurança.

De acordo com Scotti e Ponomarev (2008), os principais consumíveis utilizados no processo de soldagem GMAW, são o arame nu e os gases de proteção. O arame nu tem a função de garantir alimentação contínua até a poça de fusão. Os gases de proteção são amparos neste procedimento por não ter fluxo ou revestimento na GMAW. Fortes (2005,p.23), diz:

Um dos mais importantes fatores a considerar na soldagem MIG é a seleção correta do arame de solda. Esse arame, em combinação com o gás de proteção, produzirá o depósito químico que determina as propriedades físicas e mecânicas da solda. Basicamente existem cinco fatores principais que influenciam a escolha do arame para a soldagem MIG/MAG: A composição química do metal de base; As propriedades mecânicas do metal de base; O gás de proteção empregado; O tipo de serviço ou os requisitos da especificação aplicável; O tipo de projeto de junta. (FORTES, 2005, p.23).

Portanto, o método de soldagem GMAW, tem muitas vantagens, mas também apresenta algumas limitações que precisam ser levadas em conta para que o processo não seja atingido com falhas e erros por falta de análises e adequações.

2.4 Normas E Qualificação Em Soldagem

Para que um processo flua de forma qualitativa, segura e eficaz é imprescindível se atentar a forma correta de executar a produção seguindo um padrão correto para que o produto seja de qualidade e adequado para uso na sua particularidade. Assim, a soldagem também é referenciada por normas visando à garantia do produto para o cliente, bem como, orientar o operador e inspetores de qualidade. A inspeção de uma peça é a chave para garantir e satisfazer as necessidades do cliente e reconhecer a empresa como um local de confiança e capacidade. Como exemplo de códigos e especificações importantes ligados à soldagem se pode apontar:


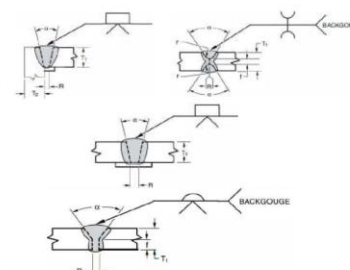
- ASME Boiler and Pressure Vessel Code (vasos de pressão),
- API STD 1104, Standard for Welding Pipelines and Related Facilities (tubulações e dutos na área de petróleo),
- AWS D1.1, Structural Welding Code - Steel (estruturas soldadas de aço carbono e de baixa liga),
- AWS D1.2, Structural Welding Code - Aluminum

- DNV, Rules for Design, Construction and Inspection of Offshore Structures (estruturas marítimas de aço)
- Petrobrás N-0133 – Soldagem
- 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.

Para se fazer o uso das normas de referência de soldas algumas condições são relevantes para a aplicação delas, como:

- Especificação do Procedimento de soldagem (EPS) – documento que descreve todas as variáveis e condições essenciais para obter uma junta soldada metalúrgica e estruturalmente adequada;

FIGURA 3 – Exemplo de EPS da empresa PROK.

		ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (EPS) WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)				2024					
						PÁGINA (Page) 01/01					
EPS Nº	EPS-272-24 ^[1]	Revisão	0	RQPS SUPORTE	RQPS-272-24	Revisão	0	DATA	11/06/2024		
PROCESSO (S) DE SOLDAGEM	GMAW + FCAW + SAW	TIPO	SEMIAUTOMÁTICO / MECANIZADO	NORMA APLICÁVEL	AWS D1.1 ED 2020						
FAIXA QUALIFICADA (Range qualified)											
FAIXA DE DIÂMETRO DE TUBO	CHANFRO (JTPT / JAPT)	Grupos (CJP)	≥ 600,0mm	JTTP / JAPP / JASA	PJP / Flat weld	≥ 2,2x	≥ 600,0mm				
ESP. METAL BASE	CHANFRO (JTPT / JAPT / JTTP / JAPP)	Grupos (CJP/PJP)	≥ 3,0mm	JASA	Flat weld	≥ 3,0mm	≥ 3,0mm				
ESP. METAL DE SOLDA	CHANFRO (JTPT / JAPT / JTTP / JAPP)	Grupos (CJP/PJP)	≥ 1,8m to 1,12"	JASA	Flat weld	≥ 1,8	≥ 1,8				
POSICÃO (ÕES) DE SOLDAGEM	CHANFRO (JTPT / JAPT)	Grupos (CJP)	PLANA (1G) E HORIZONTAL PARA GMAW/FCAW - PLANA PARA SAW	JTTP / JAPP / JASA	PJP / Flat weld	PLANA (1G) E HORIZONTAL PARA GMAW/FCAW - PLANA PARA SAW					
PROGRESSÃO DE SOLDAGEM	CHANFRO (JTPT / JAPT)	Grupos (CJP)	ASCENDENTE / NA	DESCENDENTE / NA	JTTP / JAPP / JASA	ASCENDENTE / NA	DESCENDENTE / NA				
JTPT – JUNTA DE TOPO PENETRAÇÃO TOTAL (CJP - Complete Joint Penetration – Butt Weld) JAPT – JUNTA DE ÂNGULO PENETRAÇÃO TOTAL (CJP - Complete Joint Penetration – Angular Joint)					JTTP – JUNTA DE TOPO PENETRAÇÃO PARCIAL (PJP - Partial Joint Penetration – Butt Weld) JAPP – JUNTA DE ÂNGULO PENETRAÇÃO PARCIAL (PJP - Partial Joint Penetration – Corner or T-Joint)						
METAL DE BASE ^[2] (Base metal)											
ESPECIFICAÇÃO	EN-10025-2-19-S355-J2+N			COM With	GS21Mn5						
PN	NA	GRUPO N° / CLASSE	NAO LISTADO	COM With	PN	NA	GRUPO N° / CLASSE	NAO LISTADO			
METAL DE ADIÇÃO ^[2] (Filler metal)											
ESPECIF. Specification	AWS A5.18	M. COMERCIAL Trade name	PROSTAR 7058	ESPECIF. Specification	AWS A5.36	M. COMERCIAL Trade name	PROSTAR 71	ESPECIF. Specification	AWS A5.17	M. COMERCIAL Trade name	ARC 12 K
CLASSIF./DIA Classification	ER70S-6 / 1,2mm	FABRICANTE Manufacturer	WHITE MARTINS	CLASSIF./DIA Classification	E71T-1 / 1,6mm	FABRICANTE Manufacturer	WHITE MARTINS	CLASSIF./DIA Classification	EM12K	FABRICANTE Manufacturer	TECHNO ALLOYS
								ESPECIF. Specification	AWS A5.17	M. COMERCIAL Trade name	OK FLUX 10.71
								CLASSIF./DIA Classification	NEUTRO	FABRICANTE Manufacturer	ESAB
PRÉ AQUECIMENTO (Preheat)						PROTEÇÃO (Shielding)					
TEMP. MÍNIMA DE PRÉ AQUEC.	VER NOTA 5					TIPO DE GAS	MISTURA		COMPOSIÇÃO PERCENTUAL	80% Ar + 20% CO2	
TEMP. MÁXIMA DE INTERPASSO	350C					PROTEÇÃO(GMAW)	DIOXIDO DE CARBONO		VAZÃO (l/min)	16 - 18	
TEMP. MÍNIMA DE PRÉ AQUEC.	NA					PROTEÇÃO(FCAW)	DIOXIDO DE CARBONO		VAZÃO (l/min)	16 - 18	
OUTROS	NA										
TÉCNICA (Technique)											
LIMPEZA INICIAL	ESMERILHAMENTO / ESCOVAMENTO			LIMPEZA INTERPASSOS	ESMERILHAMENTO + ESCOVAMENTO			MÉTODO DE GOIVAGEM	ESMERIL / GRAFITE / USINAGEM / NA		
TIPO DE CORDÃO	TRANÇADO			TIPO DE CORDÃO	RETILÍNEO			LARGURA MÁXIMA DO CORDÃO	PROCESSO 1		
NÚMERO DE PASSES	PROCESSO 1 SIMPLES			NÚMERO DE PASSES	PROCESSO 1 MÚLTIPLOS			LARGURA MÁXIMA DO CORDÃO	PROCESSO 2		
NÚMERO DE ELETRODOS	PROCESSO 1 SIMPLES			NÚMERO DE ELETRODOS	PROCESSO 1 MÚLTIPLOS			LARGURA MÁXIMA DO CORDÃO	PROCESSO 3		
ESPAÇAMENTO LONGITUDINAL ENTRE ARAMES	NA			ESPAÇAMENTO LONGITUDINAL ENTRE ARAMES	NA			ÂNGULO DE TRABALHO	0° ± 3(SAW)		
VELOCIDADE DE ARAME	NA			VELOCIDADE DE ARAME	NA			ÂNGULO DE DESLOCAMENTO	90° ± 5(SAW)		
DISTÂNCIA BICO-PEÇA	NA			DISTÂNCIA BICO-PEÇA	NA			MODOS DE TRANSFERÊNCIA	GLOBULAR (GMAW) / NA (FCAW) / NA (SAW)		
TRATAMENTO TÉRMICO (Heat Treatment)											
FAIXA DE TEMPERATURAS	NA			FAIXA DE TEMPERATURAS	NA			TEMPO DE PATAMAR	NA		
MODOS DE AQUECIMENTO	NA			MODOS DE AQUECIMENTO	NA			MÉTODO DE CONTROLE	NA		
INÍCIO DE CONTROLE MÁX	NA			INÍCIO DE CONTROLE MÁX	NA			TAXA DE AQUECIMENTO	NA		
FINAL DE CONTROLE(MIN)	NA			FINAL DE CONTROLE(MIN)	NA			TAXA DE RESFRIAMENTO	NA		
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (Electrical Characteristics)											
CAMADA (S) DE SOLDA	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO	TIPO	POLARIDADE	CORRENTE	FAIXA DE TENSÃO (V)	FAIXA DE VELOC. DE AVANÇO (mm/min)	FAIXA DE ENERGIA DE SOLDAGEM (Max)			
TODAS (all)	GMAW	ER70S-6	1,2 CC (DC)	Positiva (Positive)	165 - 347	20,5 - 34,2	96,1 - 384,6	NA			
TODAS (all)	FCAW	E71T-1	1,6 CC (DC)	Positiva (Positive)	255 - 440	23,0 - 43,8	171,4 - 390,6	NA			
TODAS (all)	SAW	EM12K	4,0 CC (DC)	Positiva (Positive)	540 - 825	29,8 - 35,3	226,7 - 393,2	NA			
OBSERVAÇÕES GERAIS (General Remarks)						DETALHE DA JUNTA (Joint Detail) - VER NOTA 4 / See Note 4					
[1] - EPS qualificada para solda principal e reparo (Quando aplicável) / WPS qualified for main weld and repair (When Applicable).											
[2] - EPS qualificada somente para especificação de metal de base. Liste neste procedimento / WPS qualified only the specific combination of steels listed in this procedure.											
[3] - Pode ser usado qualquer marca comercial/fabricante desde que seja indicado/provado pela engenharia. / Any trade mark and any manufacturer can be used with the approval of the engineering.											
[4] - Tipos de Juntas / Type of Joints											
[4.1] - Este procedimento está qualificado para juntas de penetração total (JPT) com ou sem chanfro, juntas de penetração parcial (JPP) e juntas em ângulo conforme figuras 5.1, 5.2 e 5.3 da AWS D1.1 Ed. 2020. / This procedure is qualified for full penetration joint, partial penetration joint and fillet welds according figures 5.1, 5.2 and 5.3 from AWS D1.1 Ed. 2020.											
[4.2] - Este procedimento não está qualificado para juntas com chanfro reto conforme figuras 5.1 e 5.2 e conexões T, Y, K da AWS D1.1 Ed. 2020. / This procedure is not qualified for square joint according figures 5.1 and 5.2 and connection T, Y, K.											
[5] - Pré-aquecimento / Preheat → 3,0 ≤ T ≤ 38,0mm = 35°C; 38,0 < T ≤ 65,0mm = 65°C; T > 65,0mm = 110°C.											
[6] - Para processo SAW utilizar fluxo virgem e/ou fluxo proveniente de sistema de reciclagem de fluxo, não permitido o uso de fluxo de escória triturada. / For process SAW use virgin flux and/or flux from a flux recirculation system; the use of crushed slag flux is not permitted.											
ELABORADO POR:	DATA	APROVADO POR:	DATA	FISCALIZAÇÃO:	DATA						
Eng. Reginaldo M. Nunes	11/06/2024	Eng. Reginaldo M. Nunes	11/06/2024								
CREA/MG 22259/2D		CREA/MG 22259/2D									
Eng. Internacional de Soldagem		Eng. Internacional de Soldagem									
BR-1198-015-15-048		BR-1198-015-15-048									
Certified International Welding Engineer - CIWE		Certified International Welding Engineer - CIWE									
Insc. de Soldagem - IS1439N2		Insc. de Soldagem - IS1439N2									

Fonte: PROK, 2024.

- RQPS – Registro de qualificação do procedimento de soldagem – é um registro das variáveis anotadas durante a soldagem dos materiais de teste contendo também os resultados obtidos nos testes dos corpos de prova na qualificação de uma EPS.

FIGURA 4 – Exemplo de RQPS da empresa PROK

PROK		REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (RQPS) <small>PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)</small>		2024		
RQPS Nº / PQR Nº: RQPS-272-24		REVISÃO: 0	EPS PRELIMINAR Nº: NA	REVISÃO: 0	PÁGINA (page): 01/02	
PROCESSO (S) DE SOLDAGEM: GMAW + FCAW + SAW		TIPO: SEMI-AUTOMÁTICO / MECANIZADO	NORMA APLICÁVEL: AWS D1.1 ED 2020			
NOME DO(S) SOLDADOR(ES): WANDERSON SILVA LOPES		SINETE(S) (S): 11				
METAL DE BASE (Base metal)						
ESPECIFICAÇÃO: EN-10025-2-19-S355-J2+N		COM: W6	GS21Mn5			
PN: NA	GRUPO N° / CLASSE: NAO LISTADO	COM: W6	PN: NA	GRUPO N° / CLASSE: NAO LISTADO		
ESPESURAS: 25,0mm	COM: W6	ESPESURAS: 25,0mm	DIÂMETRO DO TUBO: NA			
METAL DE ADIÇÃO (Filler metal)						
GMAW (1)		FCAW (2)		SAW (3)		
ESPECIF: AWS A5.18	M. COMERCIAL: PROSTAR 7056	ESPECIF: AWS A5.36	M. COMERCIAL: PROSTAR 71	ESPECIF: AWS A5.17	M. COMERCIAL: ARC 12 K	
CLASSIF. DIA: ERT05-6 / 1,2mm	FABRICANTE: WHITE MARTINS	CLASSIF. DIA: E71T-1 / 1,6mm	FABRICANTE: WHITE MARTINS	CLASSIF. DIA: EM12K	FABRICANTE: TECHNO ALLOYS	
				ESPECIF: AWS A5.17	M. COMERCIAL: OK FLUX 10.71	
				CLASSIF: NEUTRO	FABRICANTE: ESAB	
POSIÇÃO DA PEÇA DE TESTE (Test position)						
POSIÇÃO (ÕES) DO CHANFRO OU FILETE: 2G (GMAW / FCAW) - 1G (SAW)		PROGRESSÃO DE SOLDAGEM: ASCENDENTE		DESCENDENTE		
SOLDAGEM FORÇADA COM PRETENSÃO TOTAL: <input checked="" type="checkbox"/>		EXTRAÇÃO DE RAIZ: SEM COBRE JUNTA		SOLDAGEM DE REVEST DUREZ: NA		
SOLDADO COM COBRE JUNTA: <input checked="" type="checkbox"/>		TIPO DE COBRE JUNTA: NA		SOLDAGEM DE REVEST ANTI-CORROSIVO: NA		
PRÉ AQUECIMENTO (Preheat)		GÁS DE PROTEÇÃO (Shielding Gas)		VAZÃO (In/min)		
TEMP. MÍNIMA DE PRÉ AQUEC. E INTERPASSE: 41°C	TIPO DE GÁS: MISTURA	COMPOSIÇÃO PERCENTUAL: 80% Ar + 20% CO2		17		
TEMPERATURA MÁXIMA DE INTERPASSE: 296°C	PROTEÇÃO(GMAW): MISTURA	COMPOSIÇÃO PERCENTUAL: 99,90%		17		
PÓS AQUECIMENTO: NA	PROTEÇÃO(FCAW): DIOXÍDEO DE CARBONO	COMPOSIÇÃO PERCENTUAL: 99,90%		17		
OUTROS: NA						
TRATAMENTO TÉRMICO (Heat Treatment)						
FAIXA DE TEMPERATURAS: NA		TEMPO DE PATAMAR: NA		TX. DE AQUECIMENTO: NA		
MODO DE AQUECIMENTO: NA		MÉTODO DE CONTROLE: NA		TX. DE RESFRI: NA		
INÍCIO DE CONTROLE MÁX: NA		FINAL DE CONTROLE MÁX: NA				
RELATÓRIO DE TRATAMENTO TÉRMICO DE ALÍVIO DE TENSÕES: (EMPRESA / NÚMERO) NA						
OBSERVAÇÕES: NA						
TÉCNICA (Technique)						
LIMPEZA INICIAL: USINAGEM		LIMPEZA INTERPASSES: ESMERLHAMENTO + ESCOVAMENTO		MÉTODO DE GIOVAGEM: NA		
TIPO DE CORDÃO: TRANÇADO		LARGURA MÁXIMA DO CORDÃO: NA		PROCESSO 1: NA		
NÚMERO DE PASSOS: PROCESSO 1: SIMPLES		PROCESSO 2: SIMPLES		PROCESSO 3: SIMPLES		
NÚMERO DE ELETRODOS: PROCESSO 1: SIMPLES		PROCESSO 2: SIMPLES		PROCESSO 3: SIMPLES		
ESPAÇAMENTO LONGITUDINAL ENTRE ARAMES: NA		ÂNGULO DE TRABALHO: 0°		ÂNGULO DE DESLOCAMENTO: 90°		
VELOCIDADE DE ARAME: NA		MODO DE TRANSFERÊNCIA: GLOBULAR (GMAW) / NA (FCAW) / NA (SAW)				
DISTÂNCIA BICO-PEÇA: NA		EQUIP. DE SOLDAGEM: TENSAO CONSTANTE PARA GMAW E FCAW / SAW NA				
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (Electrical Characteristics)						
CAMADA (S) DE SOLDA	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO	CORRENTE	FAIXA DE TENSÃO (V)	FAIXA DE VELOC. DE AVANÇO (mm/min)	FAIXA DE ENERGIA DE SOLDAGEM (kJ/mm)
PASSES 1 - 4	GMAW	ERT05-6	1,2 CC (DC)	183 - 316	128,2 - 307,7	0,79 - 4,73
PASSES 5 - 8	FCAW	E71T-1	1,6 CC (DC)	284 - 400	228,6 - 312,5	1,36 - 4,30
PASSES 9 - 16	SAW	EM12K	4,0 CC (DC)	600 - 750	266,7 - 341,9	3,37 - 5,57
JUNTAS: (Joints)						
			Dados: Abertura de raiz 3mm Espessura da chapa 25mm Ângulo do chanfro 60° Camada de Raiz: Altura de 4mm Camada do processo GMAW 8mm Camada do processo FCAW 8mm Camada do processo SAW 9mm			
OBSERVAÇÕES GERAIS: (General Remarks)						
NA - Não aplicável / No Applicable						
ELABORADO POR: Eng. Reginaldo M. Nunes		APROVADO POR: Eng. Reginaldo M. Nunes		FISCALIZAÇÃO: DATA		
DATA: 11/06/2024		DATA: 11/06/2024		DATA: DATA		
CREM/3222592D		CREM/3222592D				
Eng. Internacional de Soldagem		Eng. International of Soldering				
BR-178-945-18-048		BR-178-945-18-048				
Certific. International Welding Engineer - CIWE		Certific. International Welding Engineer - CIWE				
Inst. de Soldagem - IS1439N2		Inst. de Soldagem - IS1439N2				

Fonte: PROK, 2024.

- Qualificação de Soldadores - objetiva validar a capacidade (destreza) dos soldadores em executar uma solda conforme parâmetro de soldagem referenciados em uma EPS.
- Inspeção visual de ajuste – visam confirmar e garantir que as juntas preparadas para serem soldadas estão em acordo com as condições exigidas nos projetos de fabricações e não ultrapassem os requisitos mínimos pré-estabelecidos nas EPS.
- Inspeção de acompanhamento de soldagem – garante que o processo de soldagem a ser utilizado seja amparado de uma EPS, que o operador de soldagem seja qualificado para processo e metal base em questão e que todos os parâmetros pré-estabelecidos na EPS sejam seguidos corretamente.
- Inspeção Visual de Solda - ensaio realizado após a soldagem da junta onde tem um papel fundamental validando o atendimento ao volume de solda depositado conforme o requerido no projeto, detectando possíveis defeitos e julgando como descontinuidade ou não.

FIGURA 5 – Inspeção Visual de solda – Verificação dimensional da perna da solda.



Fonte: Autor, 2024.

- Plano de Inspeção e Teste – documento elaborado pelo time de engenharia e controle de qualidade do cliente onde especifica todos os ensaios, normas, tolerâncias não especificadas no projeto, pontos de paradas para inspeção com ou sem acompanhamento do cliente, planos de carga e documentação apresentada no fechamento da obra.
- Projetos de fabricação – desenhos de referência utilizados para a fabricação do produto a ser executado especificando dimensões, características das soldas, materiais e etc.

Essas normas e especificações também podem ser incluídas nos procedimentos internos da empresa podendo atuar em todas as etapas de preparação e soldas quando o cliente ou projeto não especifica uma norma a ser seguida. Elas são a garantia que mínimos erros não sejam caracterizados como defeitos para diminuir custos com reparos e retrabalhos ou que grandes erros influenciem na qualidade final do produto.

No Brasil, a norma padrão de referência para a execução, qualificação e acompanhamento de soldagem são desenvolvidas pela ABNT, porém a maioria dos projetos requerem normas estrangeiras para complementação. Adota-se ainda em muitos trabalhos em soldagem as Normas AWS acrescidas de especificações internas, como é o caso, de serviços ou projetos Petrobrás norma N-0133 (compilado de normas internacionais onde é utilizado o critério mínimo de aceitação dessas tornando esta rigorosa e diferenciada).

As Normas principais de projeto que empregam soldagem como exemplo a API mais utilizada na área de óleo e gás (construção de tanques e tubulação), ASME para construção de vasos de pressão, caldeiras e soldagem de aços inoxidáveis e AWS para a construção de pontes e estruturas metálicas utilizam consumíveis de soldagem normalizados pela AWS.

Diante de várias normas disponíveis para serem referenciadas na manufatura de diversos produtos é imprescindível o uso de no mínimo uma para garantia do bem e/ou serviço e segurança do cliente no produto adquirido.

3 METODOLOGIA

A temática abordada sobre os parâmetros de soldagem aplicados no processo GMAW e a penetração da soldagem revela a individualidade de cada uma demonstrando a importância dos parâmetros de soldagem na qualidade da solda. Nesta perspectiva, a pesquisa gira em torno de definir quais melhores parâmetros para soldar rolos de duplo tubo na posição 1 G.

3.1 Pesquisa

A pesquisa iniciou-se através de uma reunião com o time de PCP (Planejamento e Controle de Produção) e CQ (Controle de Qualidade) com a finalidade de apresentar os objetivos da pesquisa e entender sobre os processos de soldagem da Empresa e a disponibilidade para a realização dos ensaios para a coleta de dados.

3.2 PCP / CQ (Planejamento e Controle de Produção / Controle de Qualidade) na empresa PROK

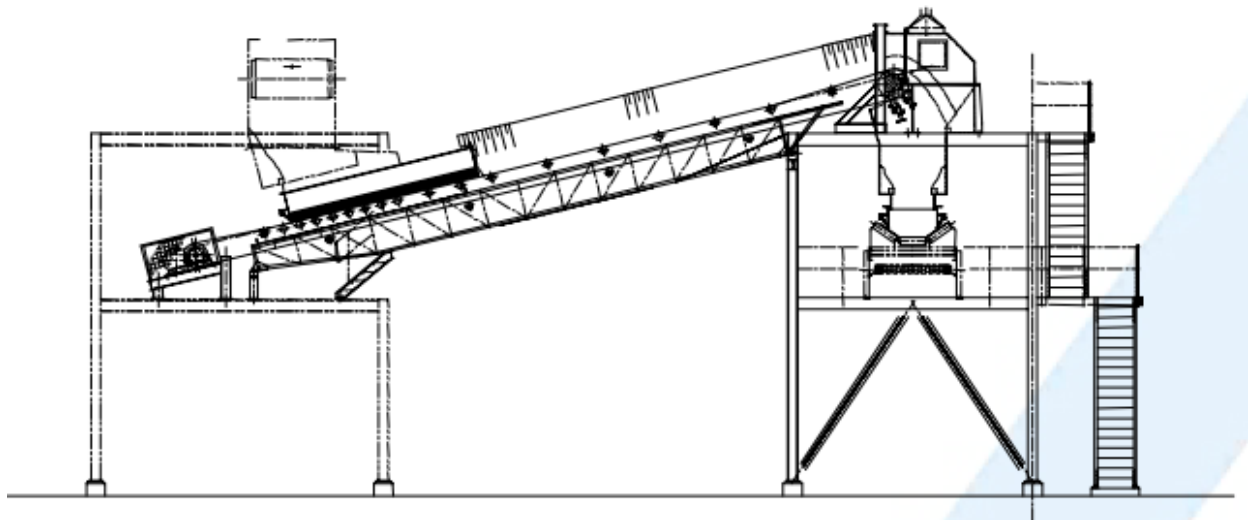
Na Empresa PROK, o PCP e o CQ trabalham de forma integrada onde o CQ faz todo o acompanhamento da fábrica fazendo uma retroalimentação de informação junto ao PCP. O PCP, orienta, auxilia, e o CQ garante que a fabricação do rolo atenda os critérios de qualidade no caso da soldagem as Normas padrões aplicadas são a norma AWS e a NORMA EUROPEIA (EN) e tudo que se diz respeito a qualidade do produto. O analista de PCP gera a OPR (Ordem de Produção de Rolo). A OPR é constituída por desenho, corrida do metal base, lote dos consumíveis e sinete do soldador qualificado, pois são documentos fundamentais para o acompanhamento e garantia da eficácia dos processos de fabricação. Assim, é possível agir de imediato para tratar qualquer não conformidade do produto detectada pelo CQ. Logo, o Controle de Qualidade contribui na análise de RNC (Registro de Não Conformidade) relacionadas ao PCP (como atraso na entrega, falta de demanda, falta de material), bem como na prevenção delas.

A escolha dos parâmetros de soldagem se torna uma tarefa difícil de ser escolhida pelo time de PCP e CQ, pois os parâmetros de soldagem são muito vastos e na maioria das vezes são aplicados com base em condições anteriores e experiências testemunhadas pela equipe.

3.3 Transportador de Correia

Arranjo de componentes mecânicos, elétricos e estruturas metálicas, consistindo em um dispositivo horizontal ou inclinado (ascendente ou descendente) ou em curvas (côncavas ou convexas) ou, ainda, uma combinação de quaisquer destes perfis, destinado à movimentação ou transporte de materiais a granel, através de uma correia contínua com movimento reversível ou não, que se desloca sobre os tambores, roletes e/ou mesas de deslizamento, segundo uma trajetória predeterminada pelas condições de projeto, possuindo partes ou regiões características de carregamento e descarga (ABNT NBR 6177, 2016).

FIGURA 6- Transportador de Correia

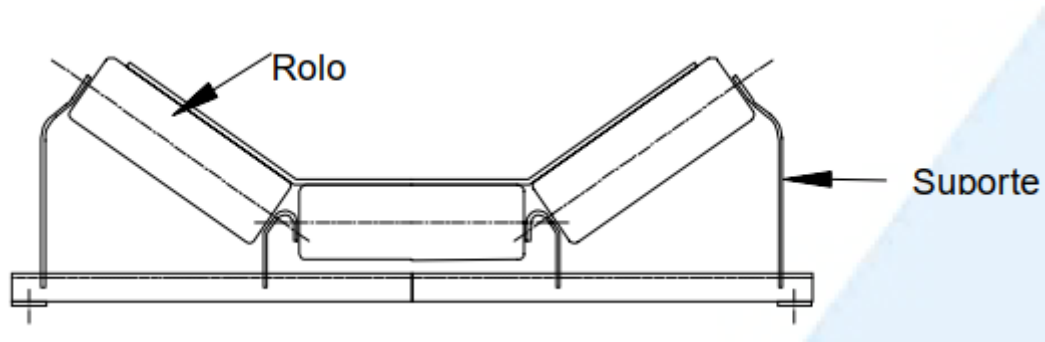


Fonte: (ABNT NBR 6177, 2016).

3.4 Rolo

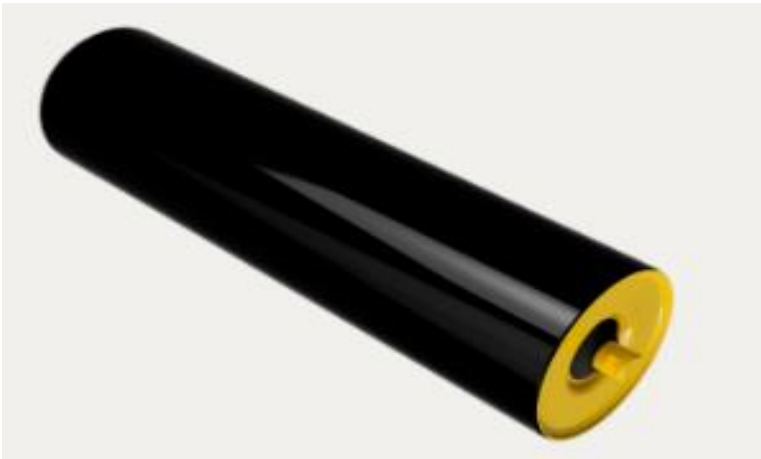
Elemento cilíndrico constituído de corpo e eixo, capaz de girar livremente em torno do seu eixo, com a finalidade de apoiar a correia (ABNT NBR 6177, 2016).

FIGURA 7- Disposição do rolo no suporte



Fonte: ABNT NBR 6177, 2016.

FIGURA 8- Rolo Soldado



Fonte: Site PROK, 2024

FIGURA 9- Detalhamento de um rolo soldado

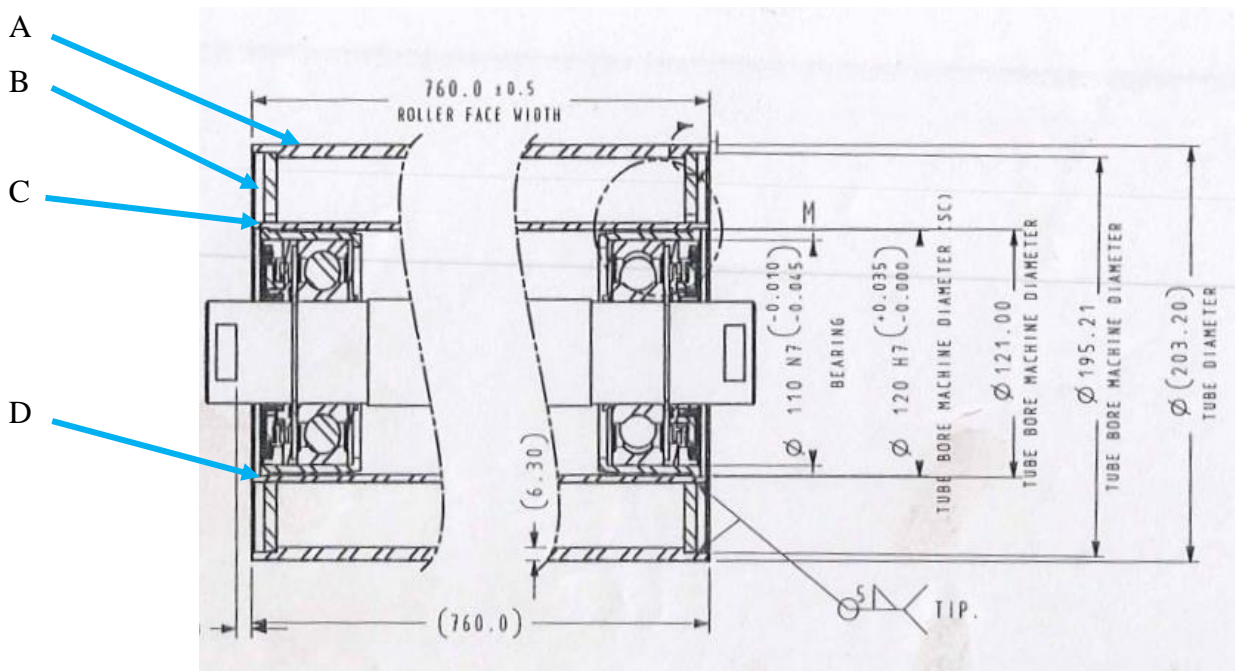


Fonte: Site PROK, 2024

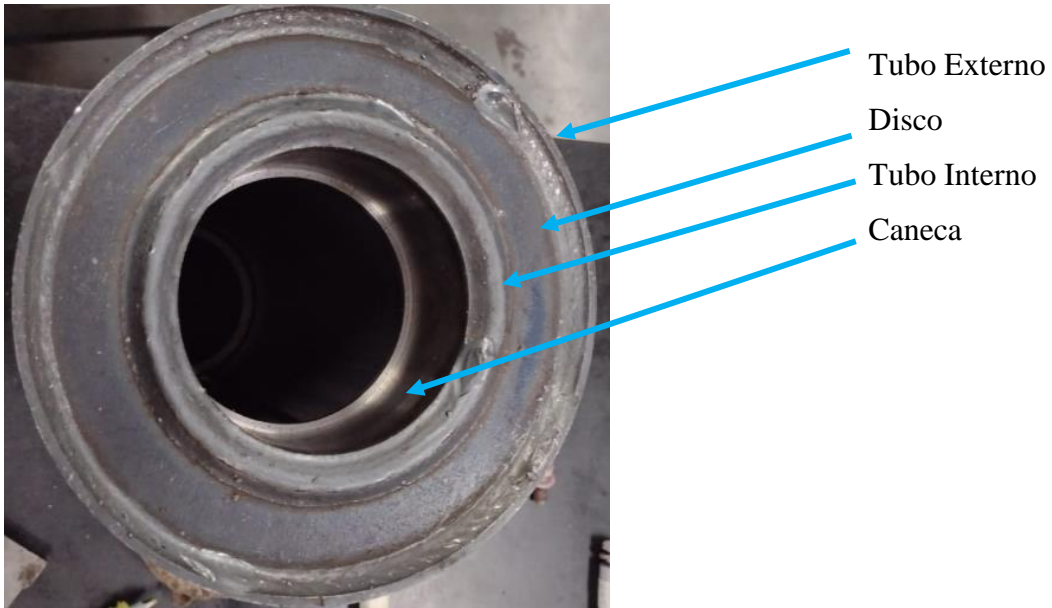
3.5 Soldagem do rolo de duplo tubo

Para a execução desse trabalho foi selecionado o consumível de soldagem de acordo com cada processo em questão e utilizados arame sólido cobreado para o processo GMAW (ER70S-6), com o diâmetro de 1,0 e 1,2 mm e manufacturados pelo mesmo fabricante, com composição química e limite de escoamento similares ao do metal base soldado conforme apresentado nos certificados de qualidade abaixo fornecidas pelo fabricante dos metais de base e consumíveis.

FIGURA 10- Identificação das peças a serem soldadas



- A) Tubo externo diâmetro 203,20 mm
- B) Disco diâmetro 195,21mm
- C) Tubo interno diâmetro 121 mm
- D) Caneca

FIGURA 11 – Rolo soldado

Fonte: Autor, 2024

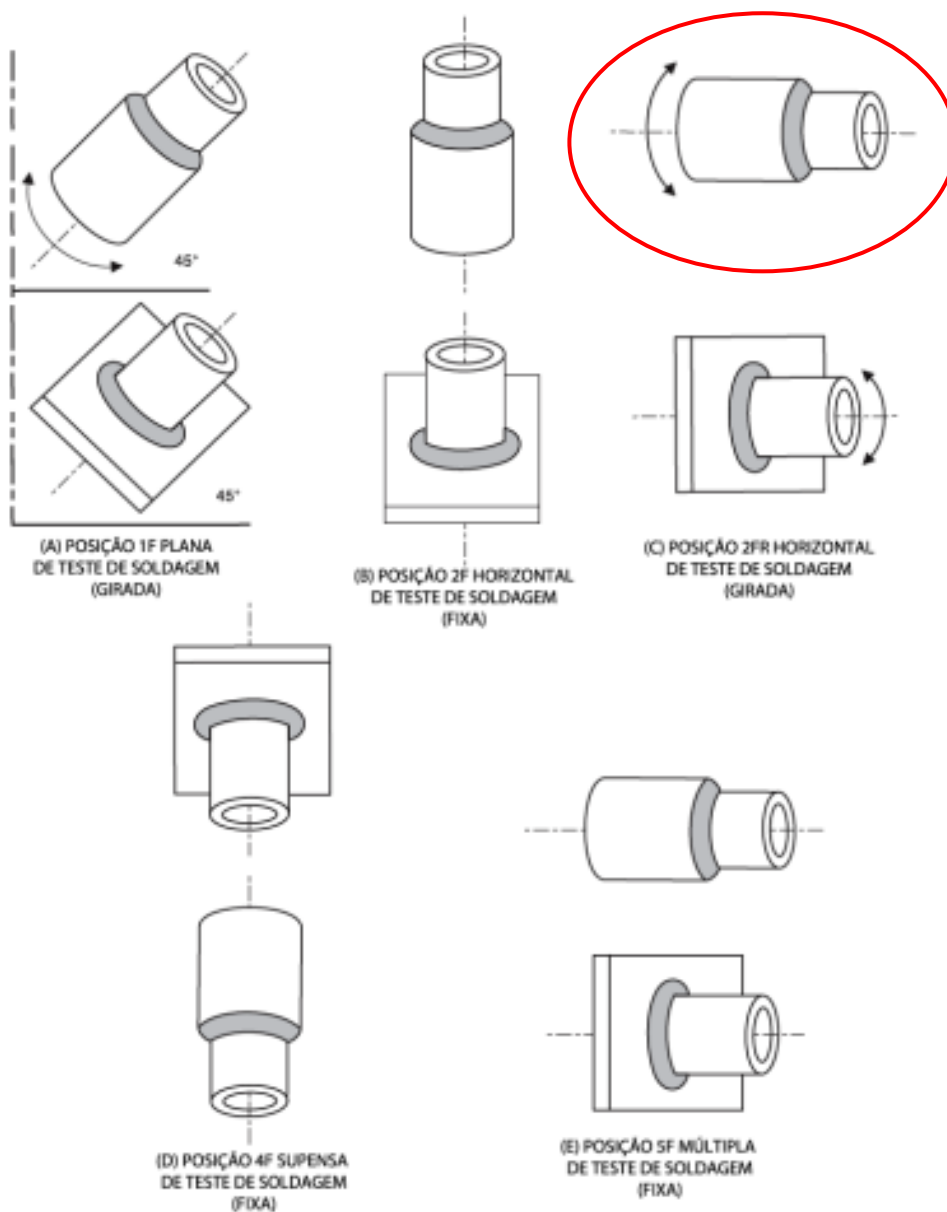
FIGURA 12 – Caneca desmontada

Fonte: Autor, 2024

3.6 Soldagem dos corpos de prova

A soldagem dos rolos foi realizada na posição 2FR em um processo mecanizado onde foram executadas com os parâmetros preestabelecidos na EPS- 261-22 e na EPS- P-234/21.

FIGURA 13– Modelo isométrico, croqui representando junta na posição 1F, 2F, 2FR, 4F e 5F.(Desenho destacado da solda na posição 2FR).



Fonte: AWS D1.1, 2010

FIGURA 14 – Rolo montado no dispositivo de soldagem



Fonte: Autor, 2024

FIGURA 15 – Mostrador de tensão e corrente



Fonte: Autor, 2024

FIGURA 16 – Painel da máquina de solda



Fonte: Autor, 2024

FIGURA 17 – Mostrador de velocidade de soldagem em centímetros por minutos



Fonte: Autor, 2024

Quadro 2 – Parâmetros de tensão, corrente e velocidade de soldagem utilizados.

Variáveis da soldagem de rolos					
Corpo de prova	Tensão	Corrente	Velocidade	Gás	Ø do arame
CP 001 X	24,5 V	198	45 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 002 X	24,5 V	192	45 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 003 X	24,5 V	234	40 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 004 X	24,5 V	198	40 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 005 X	24,5 V	180	95 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 006 X	24,5 V	188	80 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 007 X	24,5 V	178	70 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 008 X	24,5 V	176	70 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 001 Y	27,3 V	196	75 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 002 Y	24,5 V	188	76 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 003 Y	25,7 V	208	70 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 004 Y	24,7 V	196	70 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 005 Y	24,7 V	236	50 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 006 Y	24,6 V	226	50 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 007 Y	24,6 V	236	45 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 008 Y	24,6 V	238	45 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 001 Z	22,7 V	196	55 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 002 Z	22,7 V	196	50 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 003 Z	21,7 V	172	95 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 004 Z	24,7 V	180	95 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 005 Z	22,7 V	196	55 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 006 Z	24,3 V	206	50 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 007 Z	23,9 V	200	70 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 008 Z	25,5 V	210	70 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0

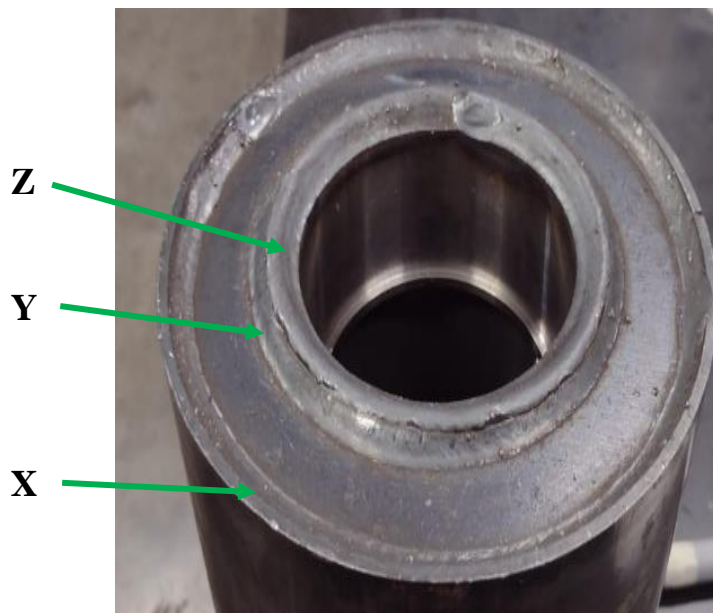
Fonte: Autor, 2024

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1 Macrografia das Soldas X,Y e Z do rolo duplo tubo.

Foi realizada uma macrografia das soldas X,Y e Z de um rolo selecionado para amostra. Após a análise da macrografia, foi solicitado que ela tivesse uma melhor penetração maior.

FIGURA 18 – Terminologia aplicada para identificação das soldas.



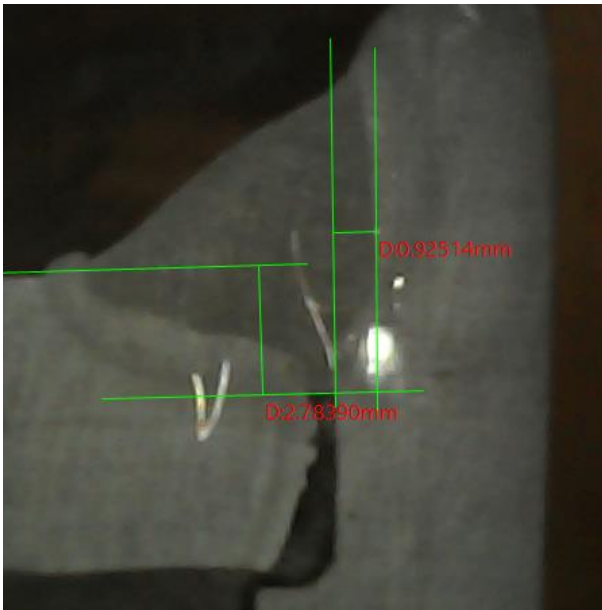
Fonte: Autor, 2024.

FIGURA 19 – Macrografia das Soldas X,Y e Z.



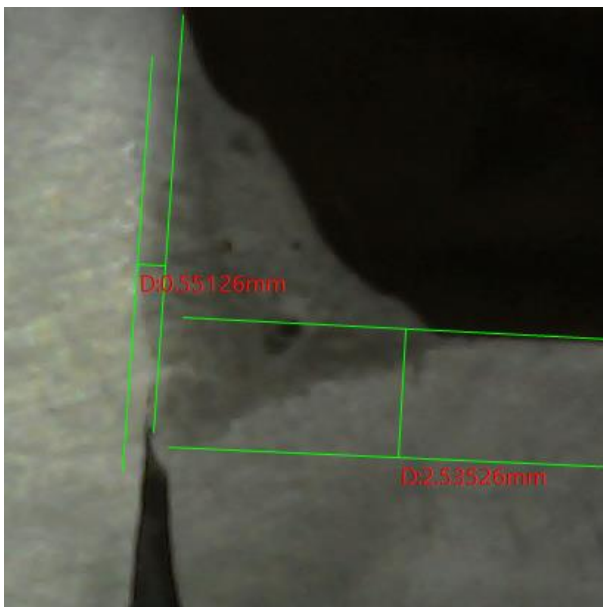
Fonte: Autor, 2024.

FIGURA 20 – Macrografia da Solda “X”



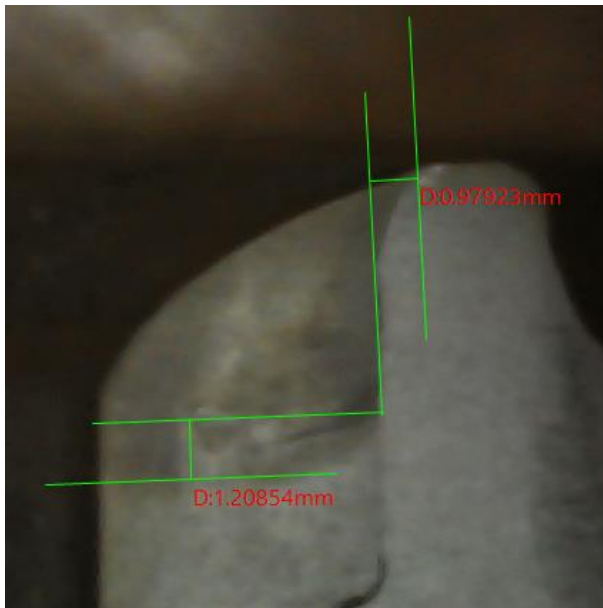
Fonte: Autor, 2024.

FIGURA 21 – Macrografia da Solda “Y”



Fonte: Autor, 2024.

FIGURA 22 – Macrografia da Solda “Z”



Fonte: Autor, 2024.

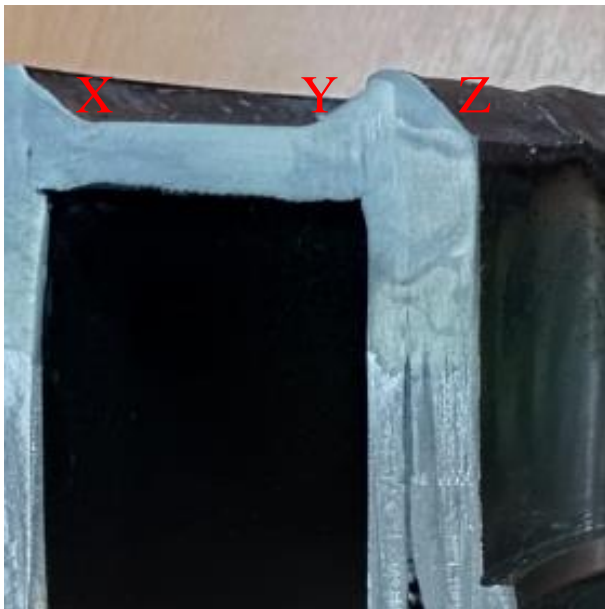
Conforme a análise realizada no ensaio macrográfico foram construídos 8 corpos de prova para avaliação da penetração da soldagem aplicando os parâmetros das EPS medidas retiradas das soldagens realizadas em ambos os lados, aplicando os parâmetros da EPS- P-234/21 e EPS- 261-22. As variáveis que foram alteradas na construção do corpo de prova foram: Diâmetro do arame, Velocidade de soldagem, corrente e tensão.

4.2 Macrografia das Soldas X,Y e Z do rolo duplo tubo.

4.2.1 Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 1.

Variáveis da soldagem de rolos					
Corpo de prova	Tensão	Corrente	Velocidade	Gás	Ø do arame
CP 001 X	24,5 V	198	45 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 001 Y	27,3 V	196	75 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 001 Z	22,7 V	196	55 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2

FIGURA 23 – corpo de prova 1.

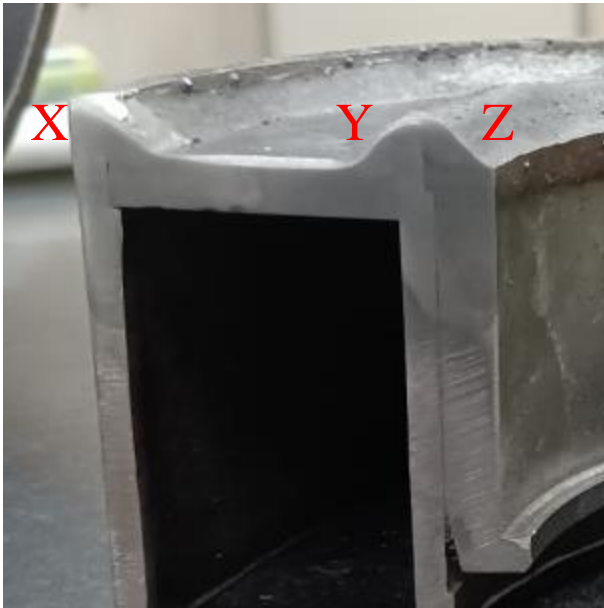


Fonte: Autor, 2024.

4.2.2 Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 2.

Variáveis da soldagem de rolos					
Corpo de prova	Tensão	Corrente	Velocidade	Gás	Ø do arame
CP 002 X	24,5 V	192	45 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 002 Y	24,5 V	188	76 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 002 Z	22,7 V	196	50 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2

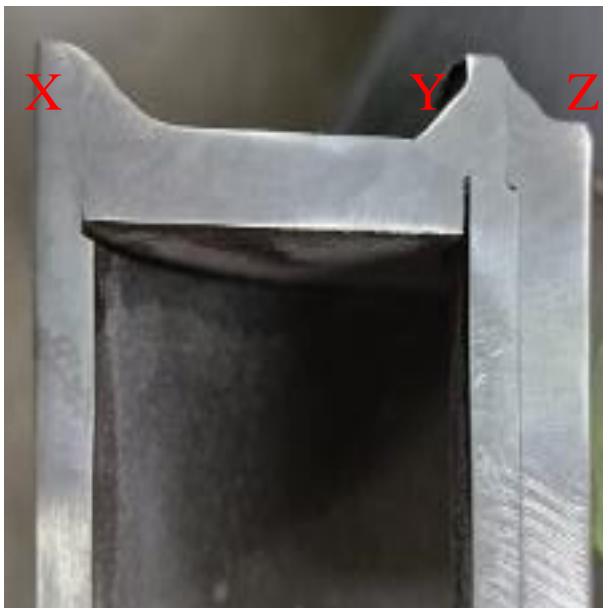
FIGURA 24 – corpo de prova 2 solda X,Y e Z.



Fonte: Autor, 2024.

4.2.3 Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 3.

Variáveis da soldagem de rolos					
Corpo de prova	Tensão	Corrente	Velocidade	Gás	Ø do arame
CP 003 X	24,5 V	234	40 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 003 Y	25,7 V	208	70 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 003 Z	21,7 V	172	95 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0

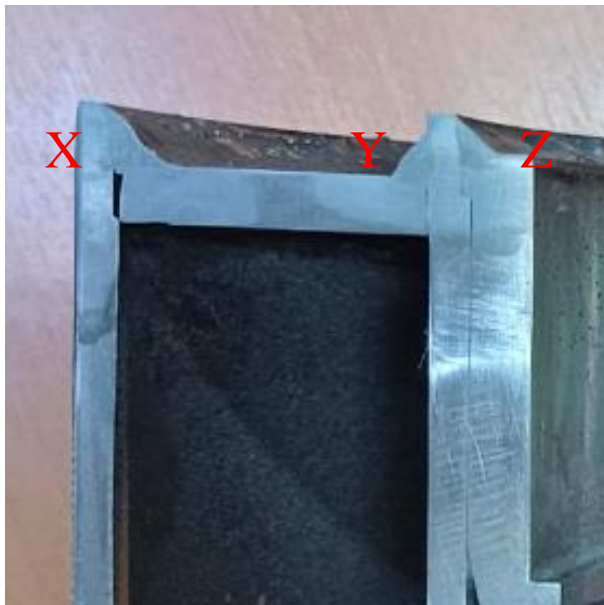
FIGURA 25 – corpo de prova 3 solda X, Y e Z.

Fonte: Autor, 2024.

4.2.4 Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 4.

Variáveis da soldagem de rolos					
Corpo de prova	Tensão	Corrente	Velocidade	Gás	Ø do arame
CP 004 X	24,5 V	198	40 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 004 Y	24,7 V	196	70 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 004 Z	24,7 V	180	95 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0

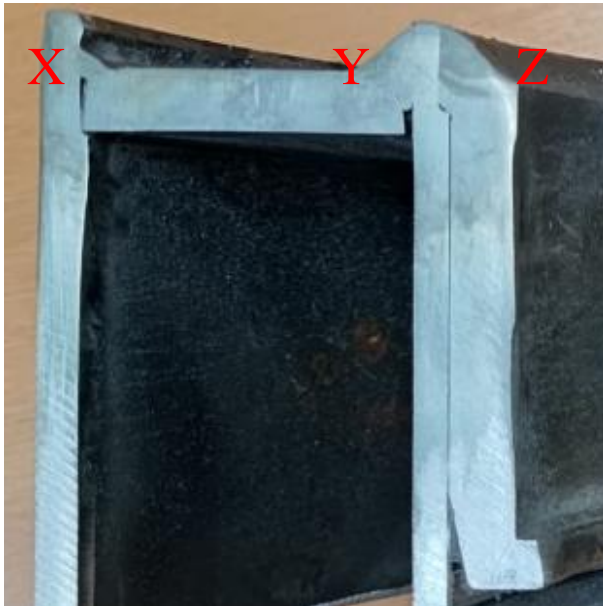
FIGURA 26 – corpo de prova 4 Solda X, Y e Z.



Fonte: Autor, 2024.

4.2.5 Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 5.

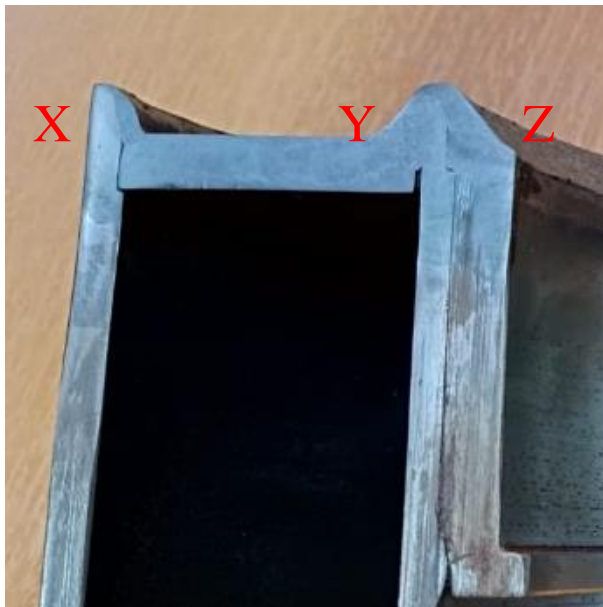
Variáveis da soldagem de rolos					
Corpo de prova	Tensão	Corrente	Velocidade	Gás	Ø do arame
CP 005 X	24,5 V	180	95 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 005 Y	24,7 V	236	50 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 005 Z	22,7 V	196	55 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2

FIGURA 27 – corpo de prova 5.

Fonte: Autor, 2024.

4.2.6 Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 6.

Variáveis da soldagem de rolos					
Corpo de prova	Tensão	Corrente	Velocidade	Gás	Ø do arame
CP 006 X	24,5 V	188	80 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 006 Y	24,6 V	226	50 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 006 Z	24,3 V	206	50 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2

FIGURA 28 – corpo de prova 6.

Fonte: Autor, 2024.

4.2.7 Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 7.

Variáveis da soldagem de rolos					
Corpo de prova	Tensão	Corrente	Velocidade	Gás	Ø do arame
CP 007 X	24,5 V	178	70 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 007 Y	24,6 V	236	45 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 007 Z	23,9 V	200	70 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0

FIGURA 29 – corpo de prova 7.

Fonte: Autor, 2024.

4.2.8 Macrografia das soldas X,Y e Z da amostra 8.

Variáveis da soldagem de rolos					
Corpo de prova	Tensão	Corrente	Velocidade	Gás	Ø do arame
CP 008 X	24,5 V	176	70 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0
CP 008 Y	24,6 V	238	45 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,2
CP 008 Z	25,5 V	210	70 cm/min	20% CO ₂	Ø 1,0

FIGURA 30 – corpo de prova 8.

Fonte: Autor, 2024.

4.3 Penetração das Soldas utilizando os melhores parâmetros da EPS- 261-22.

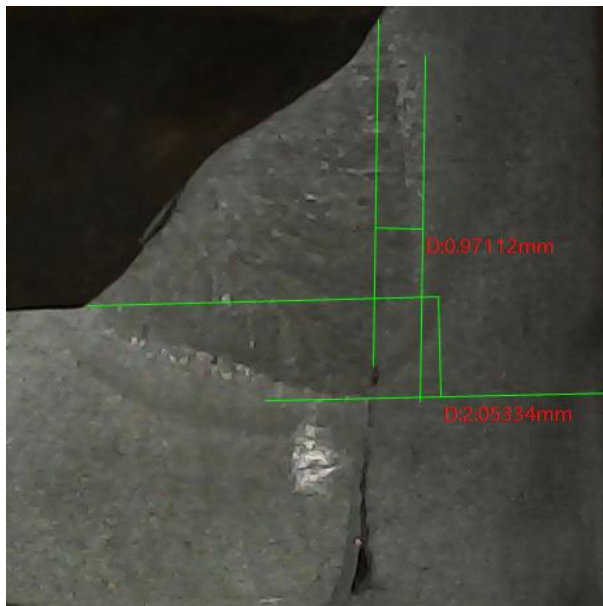
As soldas que apresentaram os melhor acabamento e penetração foram a solda X no CP 02 (Arame de 1,2), solda Y no CP 07 (Arame de 1,2), solda Z no CP 06 (Arame de 1,2). Para uma confirmação dos resultados foi realizada uma soldagem aplicando os melhores parâmetros utilizando o arame de 1,2 mm.

FIGURA 31 – Macrografia das Soldas X, Y e Z com os melhores parâmetros encontrados



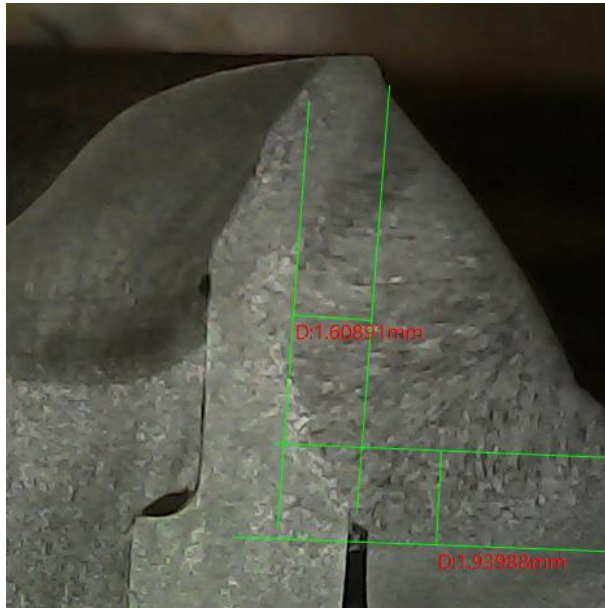
Fonte: Autor, 2024.

FIGURA 32 – Macrografia da Solda “X”.



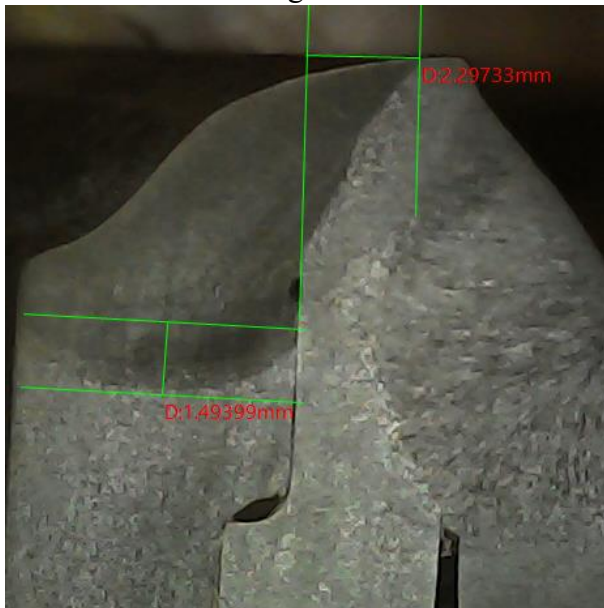
Fonte: Autor, 2024.

FIGURA 33 – Macrografia da Solda “Y”.



Fonte: Autor, 2024.

FIGURA 34 – Macrografia da Solda “Z”.



Fonte: Autor, 2024.

5 CONCLUSÃO

A soldagem realizada pelo processo GMAW com o arame ER 70S6 seguindo os parâmetros da EPS 261-22 se mostrou mais indicada para a soldagem dos rolos “duplo tubo”, pois ela apresentou uma penetração maior conforme mostrado na macrografia apresentada.

O visual da solda dos rolos foi satisfatório pois eles não apresentaram defeitos como trincas, poros e mordeduras, entretanto se tratando da qualidade intrínseca da solda os melhores resultados obtidos foi soldando conforme os parâmetros da EPS- 261-22.

Na soldagem GMAW (ER70S- 6) a boa penetração foi conseguida com uma velocidade de soldagem menor e utilizando uma tensão e corrente maior. Ao utilizar uma velocidade de soldagem menor foi visto que a solda além de boa penetração ocorreu também uma baixa taxa de deposição.

REFERÊNCIAS

American Welding Society - **Sociedade Americana de Soldagem**. Disponível em: < <https://www.aws.org/technical> /> Acesso em: 03 de set. 2018.

American Petroleum Institute Standards. **American Petroleum Institute**. Disponível em:<<https://www.api.org/Standards/>>. Acesso em: 04 de set. 2018.

ANDRADE, Luís. Noções Básicas de Processos de Soldagem e Corte, Literatura ESAB BR, Espírito Santo.

BARROS, S. M. “**Processos de Soldagem**”. Petrobrás, Rio de Janeiro, 1975.

BRANDI, S. e MELLO, F. D.H., **Soldagem: Processos e Metalurgia**. São Paulo, Edgard Blücher, 1992. 3.

CHIAVERINI, V., 1986, **Processos de Fabricação e Tratamento**, vol. II, 2a Ed..

FORTES, C. **Soldagem MIG/MAG**, Literatura ESAB BR, Contagem, 2005.

GUERRA, I. G.: “**Soldagem & Técnicas Conexas:Processos**”. Livro, Editado pelo Autor, Porto Alegre, 1996.

JUNIOR, L. P. da S.; CABRAL, T. dos S. **Especificação de Procedimentos de Soldagem MIG para o Preenchimento de Cavidades pela Técnica de Camadas Sucessivas**. 2008, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, 2008.

KIMINAMI, C.S; CASTRO, W.B. de; OLIVEIRA, M.F. de. **Introdução aos processos de fabricação de produtos metálicos**. São Paulo: Blucher, 2013.

KUNTZ, M. R. K. **Análise Comparativa entre a Soldagem com Arame Sólido e Metal Cored no Processo Multipasses**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, Dezembro, 2016.

MARQUES, P. et al, 2005, **Soldagem: Fundamentos e Tecnologia**, 3ª Edição, Editora UFMG, Belo Horizonte /MG, 363pp.

MODENESI, P. J., BRACARENSE, A. Q., **Soldagem Fundamentos e Tecnologia**, Belo Horizonte, Editora UFMG, 2007. 4.

MODENESI, Paulo José; MARQUES, Paulo Villano; SANTOS, Dagoberto. **Introdução à Metalurgia da Soldagem**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2012.

OKUMURA, T.; Taniguchi, C., 1982, **Engenharia de Soldagem e Aplicações**, LTC, Rio de Janeiro, Brasil.

_____. **Engenharia de Soldagem e Aplicações**. São Paulo, LTC, 1982. 2. WAINER, E.

QUITES, A.M.; Dutra, J.C., 1979, **Tecnologia da Soldagem e Arco Voltáico**, EDEME, Florianópolis, Brasil.

REIS, R.P.; SCOTTI, A., **Fundamentos de Soldagem a Plasma** – São Paulo; Artiliber Editora, 2008.

SCOTTI, A; PANOMAREV, V. **Soldagem MIG/MAG: Melhor entendimento, melhor desempenho**. São Paulo, Altliber Editora, 284 p., 2008.

WAINER, E.; Brandi, S.D.; Melo, F.D.H., 1992, **Soldagem – Processos e Metalurgia**, Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, Brasil. 3

ZIEDAS, S. e TATINI, I. **Soldagem**, São Paulo, SENAI, 1997. 6.

ANEXOS

FIGURA 35- Certificado De Qualidade do Disco

GERDAU		CERTIFICADO DE QUALIDADE/MILL TEST / QUALITY CERTIFICATE										
BR-ML-OURO BRANCO-CHAPA GROSSA ROD MG 443 KM 7 FAZENDA DO CADEYE OURO BRANCO MG 36420-000 BRASIL	CLIENTE/CUSTOMER	PEDIDO CLIENTE/CUSTOMER ORDER	ORDEM VENDA/SALES ORDER	PÁG/PAGE								
	PIRES DO RIO CIBRACO COMERCIO E INDUSTRIA DE FERRO	23005273-INABH/00000 / 23005273-INABH	13571410-70	1 / 2								
	PRODUTO/PRODUCT	DIMENSÕES/DIMENSIONS		NÚM.CQ/QC.NUM								
	Chapa Grossa / Plate	6,30mm x 2550mm x 12000mm		8159255055-10								
NORMA TÉCNICA DO AÇO/SPECIFICATION	TIPO DE BORDA/EDGE TYPE		DATA/DATE									
ASTM A131 GrA 2014 ASTM A36 2019	Aparada / Cut edge		19.01.2024									
ASTM A283 GRC 2017	CONDIÇÃO DE FORNECIMENTO/DELIVERY CONDITION		NF/INVOICE									
	Como Laminado / As rolled		002868352									
ID VOLUME/VOLUME ID	CHAPA MÃE / MOTHER PLATE	PESO/WEIGHT (KG)	CORRIDA/HEAT	AMOSTRA/SAMPLE								
3352831601	NÃO/NO	1.565	28140815	28140815002								
COMPOSIÇÃO QUÍMICA/CHEMICAL COMPOSITION												
CORRIDA/HEAT	C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Al T (%)	Cr (%)	Cu (%)	Ti (%)	Mo (%)	Nb (%)	Ni (%)
28140815	0,14	0,64	0,20	0,022	0,008	0,034	0,01	0,00	0,002	0,00	0,000	0,01
	V (%)	B (%)	Ca (%)	N (%)	CEQ2 (%)							
28140815	0,001	0,0000	0,0003	0,0041	0,25							
TRAÇÃO / TENSILE TEST												
AMOSTRA/SAMPLE	DIREÇÃO/DIRECTION	POSIÇÃO/POSITION	LE/YP (MPa)	LR/TS (MPa)	LE/LR	ALONG/ELONG (%)						
28140815002	Transversal	Borda / Corner	382	484	0,79	35,0						
BASE DE MEDIDA/GAUGE LENGTH : LO: 50 mm												
OBSERVAÇÕES/REMARKS												
<p>For cases where carbon equivalent results are available, consider: CEQ1 = C + Mn/6 CEQ2 = C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15</p> <p>Certificado de Qualidade conforme EN 10204-3.1. Certificate of quality according to EN 10204-3.1.</p> <p>Tolerâncias dimensionais conforme ASTM-A6. Dimensional tolerances according to ASTM-A6.</p> <p>Todas as fontes de radiação são monitoradas e controladas. Toda sucata utilizada no processo de fabricação do aço na usina de Ouro Branco é gerada internamente. Certificamos que este material é isento de contaminação por radiação.</p> <p>All radiation sources are verified and controlled. All scrap used at Gerdau Ouro Branco is internally generated. We certify that this material is free of contamination by radiation.</p>												
 Thayne C. Pinto Responsável Qualidade PROK												
00 21996												
A Gerdau S.A. certifica que o material aqui descrito está de acordo com as especificações técnicas aplicáveis. Como proteção mútua para cliente e fornecedor, este certificado é considerado como confidencial e não pode ser transcrito ou reproduzido sem a autorização por escrito da Gerdau S.A.			GERENTE DE QUALIDADE/QUALITY MANAGER		VISTORIADOR/SURVEYOR							
Gerdau S.A. certifies that the material herein, described is in accordance with the applicable technical specifications. As mutual protection for customer and supplier, this certificate is			 THAYNE OLIVEIRA SILOTTI									

Fonte: PROK, 2024.

FIGURA 36- Certificado De Qualidade Do Tubo ø 127

CERTIFICADO DE ANÁLISE

Número: **724888/24**

Cliete: **PROK BRASIL INDUSTRIA DE COMPONENTE** Nota Fiscal: **724888** Data: **25/04/2024** Página: **01/01**

AÇO CARBONO

Item	Descrição	Norma	Data Norma	Peso(kg)	Barras															
51103426	TUBO FQ - (127,00X4,75X6000) - NBR6591 - (RR)	NBR6591	28/08/2008	3285	38															
Matéria Prima Lote(s):																				
HQU046740	10012407001																			
HQU046790	10012407001 , 10012407013																			
Matéria Prima																				
Análise Química																				
	C	Mn	P	S	Si	Al	Cu	Cr	Ni	Mo	V	Propriedades Mecânicas								
HQU046740	0,1503	0,6690	0,0108	0,0034	0,0060	0,0230	0,0100	0,0190	0,0080	0,0020	0,0000	Dureza(HRB)	LR (MPa)	LE (MPa)	Alongamento(%)	Tam.do Grão	Dobramento 180 Trans	Emb. Endusen	Epssem PE 60/10	Epssem PE 60/15
	C	Mn	P	S	Si	Al	Cu	Cr	Ni	Mo	V									
HQU046790	0,1503	0,6690	0,0108	0,0034	0,0060	0,0230	0,0100	0,0190	0,0080	0,0020	0,0000	451,00	300,00	31,00	NA	NA	NA	0	0	

INSPEÇÃO DE QUALIDADE
PROK

NP: OQ-000019954

Aprovado

Data: 17/05/2024

Responsável: Reinaldo Carlos Pinto

Outros Ensaios:
 Achatamento: Aprovado
 Expansão: Aprovado
 Bordeamento/Flangeamento: Aprovado

Eddy Current: Aprovado
 Controle Visual e dimensional: Aprovado



Material sem contaminação por radioatividade.

Marcegaglia do Brasil
 Rodovia BR 101, Km 11 - Unibussués - CEP 89.246-000 - Garuva/SC - Brasil
 Fone: +55 (47) 3431-9405 - Fax: +55 (47) 3431-8445

Nota

Fonte: PROK, 2024.

FIGURA 37- Certificado De Qualidade Do Tubo ø 203

 <p>Soluções em Aço Usiminas S.A. SEDE: Itabira - Minas Gerais Av. DO CONTORNO, 694 BARRIO: SAUVASSI - CP 806 - CEP: 30110-044 CNPJ: 4299441/0001 INSCRIÇÃO ESTADUAL: 002113780048 Planta: ZA08 - Porto Alegre - RS</p>	<p>CERTIFICADO DE INSPEÇÃO</p> <p>INSPECTION CERTIFICATE</p>	Cliente - Customer: PROK BRASIL INDUSTRIA DE COMPONENTELTDA	Nota Fiscal Commercial Invoice 366106	Data de Emissão Date of Issue 14.06.2023												
		Produto - Product: TBC IN Red, sem acab.LQ / LQ	Ordem de Venda Sale Order N° 1017010	N° Certificado Certificate NP 1170166												
		Tolerâncias - Tolerances (mm):	Folha - Sheet - 1 / 1													
Certificamos que o material discriminado neste documento foi ensaiado pelo nosso laboratório de Qualidade, de acordo com as Especificações Técnicas da norma de referência. We certify that the material discriminated in this document was assayed and analyzed for our Laboratory of the Quality, in accordance with the respective Specifications Techniques of the reference norm and is duly approved.																
Qualidade - Steel SAE-1010	Dimensões Nominais - Nominal Dimensions 203,20 X 8,30 X 6000,0	Aparência Superfície - Surface Appearance	Norma de Fabricação - Manufacturing Standards: NBR 6591	Código do Material Cliente - Code of Customer Material												
Dados Matéria Prima - Data Raw Material																
Composição Química (% peso) - Chemical Composition (% Weight)																
Lote M.P. Batch R.M. 0017575961 0017607234 0017585309	C Si Mn P S	0,09000 0,01000 0,45000 0,01500 0,00900	0,01000 0,01000 0,01600 0,00800 0,00800	0,04400 0,00000 0,00100 0,01000 0,01000	0,00000 0,01000 0,00100 0,01000 0,01000	0,00000 0,00200 0,00000 0,00270 0,00000	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000 0,00000
Lote M.P. Batch R.M. 0017575961 0017607234	Volume Heat A80028 A80029	Corrida Actual 6,30 6,30	Espessura Real Actual Thickness 6,30 6,30	Fornecedor Provider A80028 A80029	Tratamento Pós Galvanização Post Galvanization Treatment	Lote M.P. Batch R.M. 0017585309	Volume Heat 51648651 A80029	Corrida Actual 6,30	Espessura Real Actual Thickness 6,30	Fornecedor Provider A80029	Tratamento Pós Galvanização Post Galvanization Treatment					
Dados Produto Final - Data End Product																
Lote Batch 0017778650 0017780116 0017780296 0017780452	Lote M.P. Batch R.M. 0017607234 0017607234 0017585309 0017575961	Peças Pieces 7 10 10 10	Peso Líquido Net Weight 1,504 1,865 1,860 1,860	Lote Batch 0017779670 0017780130 0017780384	Lote M.P. Batch R.M. 0017607234 0017575961 0017585309	Peças Pieces 10 10 10	Peso Líquido Net Weight 1,865 1,865 1,860									
Total peças - Total pieces - 67 Peso Líquido Total - Total Net Weight - 12,479 Tonelagem Métrica-Metric ton																
Ensaio de Achatamento - Lote Obtido Batch Obtained 0017780296 APROVADO 0017780384 APROVADO 0017780452 APROVADO 001778650 APROVADO 001778970 APROVADO 0017780116 APROVADO 0017780130 APROVADO																
Ensaio de Alongamento - Lote Obtido Batch Obtained 0017780296 APROVADO 0017780384 APROVADO 0017780452 APROVADO 001778650 APROVADO 001778970 APROVADO 0017780116 APROVADO 0017780130 APROVADO																
Ensaio de Flangeamento - Lote Obtido Batch Obtained 0017780296 APROVADO 0017780384 APROVADO 0017780452 APROVADO 001778650 APROVADO 001778970 APROVADO 0017780116 APROVADO 0017780130 APROVADO																
Abreviaturas-Abbreviations BM = Base Medida-Gauge Length Dir = Direção-Direction M.P. = R.M. = Matéria Prima-Raw Material TG = Tamanho do Grão-Grain Size																
Certificamos que este material possui nível de radiação abaixo de 0,5 µSv/h. We certify that this material has radiation level below 0,5 µSv/h.																
Observação - Remarks:			 Engº André Luciano Leite Gerente da Qualidade • Soluções Usiminas													

Fonte: PROK, 2024.

FIGURA 38- Certificado De Qualidade Da Caneca Sólida.

 Vallourec Soluções Tubulares do Brasil S.A. Usina Barreiro - Av. Olimo Meireles, 65 Barreiro de Baixo - CEP: 30640-010	 	Certificado de Inspeção (De acordo com DIN EN 10204.3.1)		
		Nº.: 0050797106 / 00		Folha: 1 / 3
Cliente: 2410 - DISTRIBUIDOR VALLOUREC SOLUÇÕES TUBULARES DO BRASIL S.A				
País: Brasil		Cod.Material: 379820		
Num.Material Cliente (NCM): 125 X 99		Pedido Usina: 596528 / 50		
Pedido Cliente: P07-93788				
Inspeção: VALLOUREC SOL TUBULARES BRASIL S.A BARREIRO				
DESCRIÇÃO DO PRODUTO: TUBO DE AÇO SEM COSTURALAMINADO À QUENTE, PONTA LISA, LAMINADO DIMENSÕES: 127,00 mm X 15,90 mm GRAU DO AÇO: VMec 134 AP NOMINAL (EXT x INT): 125 X 099 PROTEÇÃO SUPERFICIAL: EXTERNA: SEM PROTEÇÃO PROTEÇÃO DE PONTAS: SEM PROTEÇÃO TOLERÂNCIAS: DIÂMETRO EXTERNO(CORPO TUBO): -1,00 mm / +1,00 mm PAREDE: -1,27 mm / +1,27 mm COMPRIMENTO: FAIXA: 8000,00 mm - 12000,00 mm MARCAÇÃO DE NORMA: Estencilado no corpo do tubo: FABRICANTE VMec134AP 127,00 X 15,90 DN 125 X 99 NÚMERO DA CORRIDA LOGO VSB				
Corrida	Amarrado	Peças	Comprimento(m)	Peso (Kgf)
192473	8002365388	6	62,60	2726
Total		6	62,60	2726
O PRODUTO FOI APROVADO NOS SEGUINTE TESTES/INSPEÇÕES: DIMENSIONAL = VISUAL #				

	 	Certificado de Inspeção (De acordo com DIN EN 10204.3.1)												
		Nº.: 0050797106 / 00		Folha: 2 / 3										
Composição Química (%)														
Processo: Forno básico a oxigênio, aço acaimado														
		C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Al	Cu	V	Nb	Ti
Análise de Corrida	Min				0,0100									
	Max	0,220	1,60	0,025	0,0250	0,55						0,050	0,030	0,030
Corrida Lote Controle														
192473	030003629670	0,194	1,51	0,016	0,0121	0,23	0,04	0,16	0,016	0,014	0,08	0,005	0,002	0,002
Ensaio de Tração														
Direção do Corpo Prova: Longitudinal		Temperatura: Ambiente			Espessura da parede: 15,90 mm			Medida L0: L0=S0						
		Corpo de Prova			Área	LE	RT	AL						
					(MM ²)	(MPA)	(MPA)	(%)						
		Especificado: Min				345	510	22,0						
		Max												
Corrida Lote Controle		TIRA LARGURA 25,4 MM			425,1	362	583	28,0						
192473	030003629670													
LE-Limite de Escoamento; RT-Resistência a Tração; AL-Alongamento;														
Ensaio de Dureza														
Escala: HB														
		Especificado: Min			145,0									
		Max												
Corrida Lote Controle					164,0									
192473	030003629670				164,0									
Observações: NOTA FISCAL: 000285235														

Fonte: PROK, 2024.

FIGURA 39- Certificado De Qualidade Argônio.

MESSER 
Gases for Life

CERTIFICADO DE CONFORMIDADE

Contagem , 16 de Outubro de 2023

A PROK BRASIL

Prezados (as),

Certificamos que o produto fornecido pela Messer, através da NF 5511 conforme normas internas, encontram-se dentro da especificação:

Ar (Argônio Gasoso) 99,99 % (4,0)

Validade: 36 meses

Comentários: As especificações do produto, representa a concentração de componentes que são controlados no processo produtivo ou que, pelas características deste processo, pode ser atingido e garantido.
A análise típica do produto, representa valores médios de concentrações dos contaminantes ou pureza, verificados por amostragem.

RODOLPHO GAMA DE CASTRO ALVES
SUPERVISOR DE FILIAL - CONTAGEM (MG)
MESSER GASES BRASIL

↓
Supervisor de Filial
Filial Contagem


Os resultados declarados referem-se apenas ao item especificado. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem alterações

Messer Gases Ltda. _____
Telefone /Telephone
0800 725 4633

BR-PRO-0204

Fonte: PROK, 2024.

FIGURA 40- Certificado de Qualidade Do Dióxido de Carbono



CERTIFICADO DE CONFORMIDADE

Contagem, 19 de Outubro de 2023.

A PROK BRASIL

Prezados (as),

Certificamos que o produto fornecido pela Messer através da NF 5595, conforme Norma Interna BR-DIR-0015, encontra-se dentro da seguinte especificação:

CO₂ (Dióxido de Carbono)
99,9 % (3,0)

Validade: 36 meses

Comentários: As especificações do produto, representa a concentração de componentes que são controlados no processo produtivo ou que, pelas características deste processo, pode ser atingido e garantido.
A análise típica do produto, representa valores médios de concentrações dos contaminantes ou pureza, verificados por amostragem.

RODOLPHO GAMA DE CASTRO ALVES
 SUPERVISOR DE FILIAL - CONTAGEM (MG)
 MESSER GASES BRASIL

Supervisor de Filial
Filial Contagem-MG

Os resultados declarados referem-se apenas ao item especificado. A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem alterações

Telefone /Telephone
0800 725 4633

BR-PRO-0204

Fonte: PROK, 2024.

FIGURA 41- Certificado De Qualidade Do Arame ER 70 S6 Ø 1,0 e Ø 1,2.

BESTONE GROUP INC.

QUALITY CERTIFICATE

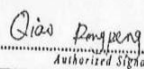
ISSUED DATE: JUN. 20, 2023

BUYER: MR SOLDAS LTDA.
 PRODUCT: SOLID WIRE as per AWS A5.18 ER70S-6

PRODUCT	LOT#	DIA	QTY. (lb)	PROPERTIES OF ALL WELD METAL				CHEMICAL COMPOSITION OF WELDING WIRE (%)								X-ray Inspect
				T.S (Mpa)	Y.P (Mpa)	E.L (%)	Impact Charpy Value -30°C (J)	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	
ER70S-6	23026423	0.8MM/15KG	4320	565	480	27	113	0.05	1.46	0.88	0.01	0.013	0.013	0.008	0.01	I
ER70S-6	23026423	1.0MM/15KG	4320	572	483	29	115	0.06	1.48	0.87	0.02	0.017	0.012	0.007	0.03	I
ER70S-6	23026423	1.2MM/15KG	10800	570	480	28	110	0.07	1.45	0.89	0.01	0.015	0.013	0.008	0.02	I

THIS IS TO CERTIFY THAT THE GOODS MEET WITH ABOVE STANDARD.

INSPECTOR: Zhang Hong ISSUED BY: Sun Zhongbao

For and on behalf of
BESTONE GROUP INC.

 Authorized Signature(s)

08-14052

27 BEIJING ROAD, QINGDAO, CHINA
 TEL: 86 532 82806221 FAX: 86 532 82815032

Fonte: PROK, 2024.

FIGURA 43 – Especificação de Processo de Soldagem EPS- P-234/21.

EndTest		ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (EPS)				PROK			
INSPECÇÕES TÉCNICAS		WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)							
CLIENTE:		PROK BRASIL INDUSTRIA DE COMPONENTES LTDA				FOLHA: 01 / 01			
EPS Nº.: P-234/21		Rev.: 0	Data: 18/10/2021	RQPS Nº.: P-235/21	NORMA: AWS D1.1 - EDIÇÃO: 2020	Sheet:			
WPS Nr.:		Rev.:		POR Nr.:	Code:				
Processo de Soldagem: GMAW - Arame Sólido		TIPO: Mecanizado		Data da soldagem: 13/10/2021					
Welding process:		GMAW - Solid electrode		Mechanized		Welding date:			
METAL DE BASE: (Base Metal)									
Metal de base 1: NBR 6591		com		Metal de base 2: Q/BQB 302-2018 SPHC FB		Base metal 2:			
Base metal 1:		With		Base metal 2:					
Especificação: P nº: NA / Gr. nº: NA		com		P nº: NA / Gr. nº: NA		Gr. nº: NA			
Specification: P nº: NA / Gr. nº: NA		With		P nº: NA / Gr. nº: NA		Gr. nº: NA			
Espessura metal base: Chanfro (JPT)		Ângulo		Espessura do Revestimento: NA		NA			
Base metal thickness: Groove (CJP)		Filet		Overlay Thickness: NA		NA			
Espessura metal de solda: Chanfro (JPT)		Ângulo		Processo 1: Nota 4		Processo 2: -x-			
Weld metal thickness: Groove (CJP)		Filet		Process 1: Note 4		Process 2: -x-			
Diâmetro do metal de base: Chanfro (JPT)		Qualquer		Progressão de soldagem: NA		NA			
Base metal diameter: Groove (CJP)		Any		Welding Progression: NA		NA			
Posições de Soldagem: 1F (Plana rodada) e 2F (Horizontal rodada) exceto conexões T, K e Y									
Welding Positions: 1F (Flat rotated) and 2F (Horizontal rotated) except T, K and Y connections									
METAL DE ADIÇÃO / FLUXO: (Filler metal / Flux)									
Consumível 1 (Filler Metal 1)		Consumível 2 (Filler Metal 2)		Consumível 3 (Filler Metal 2)		FLUXO (Flux)			
Specification: AWS A5.18 e/ou A5.36									
Classificação: ER 70S-6 (Ver obs. 2)									
Classification: ER 70S-6 (See remark 2)									
Fabricante: Qualquer									
Manufacturer: Any									
Marca comercial: Qualquer									
Trade name: Any									
Ø (mm): 1,0 mm									
Ø (mm):									
F nº: / A nº: NA / NA									
F nº: / A nº:									
GÁS: (Gas)									
Tipo: Mistura		Composição: 80% Ar + 20% CO2		Vazão (l/min): 14,4 a 27		Pré aquecimento: ≥ 13 °C (Ver obs. 3)			
Gas of this type: Mixture		Composition: 80% Ar + 20% CO2		Flow rate: 14,4 a 27		Preheat Temperature: ≥13 °C (See note 3)			
Proteção: Mistura		80% Ar + 20% CO2		14,4 a 27		Interpasses: NA			
Shielding: Mixture		80% Ar + 20% CO2		14,4 a 27		Interpass Temperature: NA			
Proteção: Mistura						Pós aquecimento: NA			
Shielding: Mixture						Post Heat: NA			
Purga: -						Observações: -x-			
Purging: -						Remarks: -x-			
TRATAMENTO TÉRMICO (Heat Treatment):									
Temperatura: -x-		Tempo: -x-							
Temperature: -x-		Time: -x-							
Temperatura de Início de controle: -x-		Temperatura de Término de controle: -x-							
Start control max: -x-		Final Control max: -x-							
Taxa de aquecimento: -x-		Taxa de resfriamento: -x-							
Rate of Heating: -x-		Rate of cooling: -x-							
Modo de aquecimento: -x-		Método de controle: -x-							
Mode of Heating: -x-		Method of control: -x-							
TÉCNICA: (Technic):									
Tipo de cordão: X Retilíneo		Oscilação máxima: Processo 1: NA		Processo 2: -x-					
Bead type: Straight		Oscillation max: Process 1: NA		Process 2: -x-					
Número de passes: X Simples		Nº de Eletrodo / Arame: Processo 1: X Simples		Processo 2: Simples		Múltiplos			
Number of passes: Single		Nr of electrodes/wire number: Process 1: Single		Process 2: Single		Multiple			
Limpeza inicial: Usinagem e/ou Esmerinhamento		Limpeza interpasses: NA							
Initial cleaning: Machining or/and Grinding		Interpass cleaning: NA							
Método de poivagem: NA		Classificação eletrodo de tungstênio / Ø: NA							
Method of back gouging: NA		Classification Tugsteneu electrode / Ø: NA							
Distância Boca / Peça: Processo 1: 10		Processo 2: -x-		Diâmetro do bocal: Processo 1: 20 mm		Processo 2: -x-			
Contact Tube to Work Distance: Process 1: 10		Process 2: -x-		Nozzle diameter: Process 1: 20 mm		Process 2: -x-			
Inclinação longitudinal do arame (SAW): Arame 1: NA		Arame 2: NA		Inclinação Axial do arame (SAW): Arame 1: NA		Arame 2: NA			
Inclination normal to the direction of travel (SAW): Wire 1: NA		Wire 2: NA		Inclination axial to the direction of travel (SAW): Wire 1: NA		Wire 2: NA			
Aporte de Energia máx.: Processo 1: NA		Processo 2: NA		Distância entre eletrodos (SAW): NA		NA			
Heat input max.: Process 1: NA		Process 2: NA		Spacing of the arcs (SAW): NA		NA			
Modo de transferência: Processo 1: Globular / Spray		Processo 2: NA							
Mode of metal transfer: Process 1: Globular / Spray		Process 2: NA							
CROQUI DA JUNTA / OBSERVAÇÕES (Joint sketch / Remarks):									
<p>1) EPS não qualificada com requisitos de tenacidade e/ou Tratamento Térmico de Alívio de Tensões.</p> <p>1) WPS is not qualified with the requirements of toughness and/or Stress Relief Heat Treatment.</p> <p>2) Usar consumíveis com tensão de tração máxima de 70 ksi.</p> <p>2) Use consumables with a maximum tensile strength of 70 ksi.</p> <p>3) Aplicar pré aquecimento para as seguintes faixas de espessura: Até 38 mm = 13°C, acima de 38 mm até 65 mm = 65°C e acima de 65 mm = 110°C.</p> <p>3) Apply preheating for the following thickness ranges: Up to 38 mm = 13 °C, above 38 mm up to 65 mm = 65 °C and above 65 mm = 110 °C.</p> <p>4) EPS qualificada para tamanhos de filete menores ou igual a 6 x 4 mm.</p> <p>4) WPS qualified for fillet sizes less than or equal to 6 x 4 mm.</p>									
PARAMETROS DE SOLDAGEM (Welding Parameters)									
Passo	Processo	Classificação	Ø (mm)	Corrente (Current)			Tensão (V)	Velocidade (cm/min)	Outros:
				Tipo	Polaridade	Valor (A)			
Único	GMAW	ER 70S-6 (2)	1,0	CC	Positiva	171 a 215	21,4 a 25,7	66,6 a 111,0	-x-
Single	GMAW	ER 70S-6 (2)	1,0	DC	Positive	171 a 215	21,4 a 25,7	66,6 a 111,0	-x-
Data: (Date)		18 de outubro de 2021		Número de OS: (Job Number)		-x-		Data: (Date)	
ANTENOR SEVERO DOS SANTOS		INSPEÇÃO DE SOLDAGEM - FBTS-IS-0601-N2		Italo J.L. Campanella		RESPONSÁVEL DO CONTROLE DA QUALIDADE		FISCALIZAÇÃO	
Welding Inspector - FBTS-IS-0601-N2				Quality Control Responsible				Supervision	

EPS-234-21-RQPS-RAS-AWS.r0.xls

Fonte: PROK, 2024.