INTERFACE TECNOLÓGICA

SOLDAGEM INDUSTRIAL: tipos, aplicações e inovações tecnológicas para produtos mais eficientes

INDUSTRIAL WELDING: types, applications and technological innovations for more efficient products

Marco Aparecido Pinheiro - marcoappinheiro30@hotmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) - Taquaritinga - SP –Brasil

Ramilio Ramalho Reis Filho - ramilio.ramalho@hotmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) - Taquaritinga - SP –Brasil

DOI: 10.31510/infa.v20i2.1824
Data de submissão: 06/09/2023
Data do aceite: 16/11/2023
Data da publicação: 20/12/2023

RESUMO

A soldagem ocupa uma posição proeminente na produção industrial, representando um procedimento de união de materiais utilizado em diversas indústrias, desde a confecção de grades simples até a construção de imponentes navios transatlânticos. Os tipos mais frequentes de soldagem abrangem o método a arco elétrico, soldagem a gás, soldagem por fricção e a soldagem a laser. Esta técnica, comumente empregada em cenários de manufatura e reestruturação, destaca-se pelas múltiplas vantagens que oferece. Elas incluem sua eficiência notável para combinar peças de diferentes materiais, sua versatilidade ao se adaptar a diversas substâncias e a possibilidade de operação manual ou automatizada, viabilizando uma ampla gama de ações tanto em terra quanto sob a água. Isso resulta em um reforço da segurança, prevenindo rupturas e vazamentos. A tecnologia de soldagem continua a progredir, com constantes desenvolvimentos de novos materiais, equipamentos e procedimentos. A soldagem, sendo uma habilidade inestimável, constitui uma parte crucial do processo de produção industrial, possibilitando a criação de produtos mais seguros, duradouros e eficazes.

Palavras-chave: Segurança na Soldagem. Soldagem Industrial. Tecnologia de Soldagem. Qualidade na Soldagem.

ABSTRACT

Welding holds a prominent position in industrial production, serving as a method for joining materials used across various industries, ranging from the crafting of simple grids to the construction of grand transatlantic ships. The most common types of welding encompass electric arcwelding, gas welding, friction welding, and laser welding. This technique, frequently employed in manufacturing and restructuring scenarios, stands out due to its numerous advantages. These include its remark able efficiency in amalgamating parts made from diverse materials, its adaptability to various substances, and the possibility of manual or automate d operation, enabling a wide array of actions both on land and under water. This results in enhanced safety measures, preventing fractures and leaks. Welding technology continues to progress, with ongoing developments of novel materials, equipment, and procedures. Welding,

INTERFACE TECNOLÓGICA

as an invaluable skill, constitutes a critical component of the industrial production process, facilitating the creation of safer, more enduring, and efficient products.

Keywords: Welding Safety. Industrial Welding. Welding Technology. Welding Quality.

1 INTRODUÇÃO

A soldagem é um método de conexão de materiais amplamente empregado em diversas indústrias, como metalurgia, aeroespacial, automotiva e construção civil. A origem da prática de soldagem remonta a milênios atrás, quando as primeiras sociedades humanas buscaram maneiras de unir objetos de metal para diferentes propósitos (Alusolda, 2021).

Equiloc (2021) salienta que avanços significativos na área de soldagem só ocorreram no século XIX. Em 1800, HumphryDavy, um inglês, desenvolveu o pioneiro método de soldagem elétrica, utilizando corrente elétrica para fundir os metais a serem conectados. Esse avanço resultou na técnica de soldagem por arco elétrico, pavimentando o caminho para futuros desenvolvimentos.

Contudo, a solda manual enfrentava limitações. A qualidade das junções dependia das habilidades do operador, gerando variações na qualidade. Isso tornava o processo moroso e exigia alto nível de especialização (Bastos, 2018).

Segundo Isen (2020), o progresso tecnológico e a crescente demanda por produtividade e qualidade industriais fizeram a automação ganhar terreno na soldagem. A partir dos anos 1960, surgiram as primeiras máquinas semi-automáticas de solda, que permitiam controlar a alimentação do eletrodo e a intensidade da corrente elétrica.

De acordo com a Associação Brasileira de Soldagem (ABS) (2021), a automação no processo almeja elevar produtividade, qualidade e flexibilidade. Através dela, é viável aumentar a produção, diminuir retrabalho e custos, além de melhorar uniformidade e confiabilidade das junções soldadas.

Conforme Aventa (2020), o processo e automação são áreas interconectadas de suma importância no setor industrial. Elas são amplamente adotadas devido a vantagens como melhoria na qualidade das junções, aumento de produtividade, redução de gastos operacionais e assegurando condições laborais mais seguras.

A automação no processo é realizada por meio de robôs industriais e sistemas automatizados, que executam tarefas de soldagem com maior precisão e rapidez, resultando em

operações mais eficientes. Isso não somente otimiza a produção, mas também eleva padrões de qualidade e competitividade, impulsionando o progresso contínuo das indústrias (Minik, 2021).

O processo estudado emprega a solda MIG (*Gás Inerte de Metal*), conhecida como soldagem a arco com gás de proteção. Isso envolve fundir metais através de um arco elétrico entre um eletrodo consumível e a peça de trabalho. A solda MIG é versátil, fácil de operar e possui alta taxa de deposição de material, sendo adequada para várias aplicações. Ela proporciona junções de qualidade superior, com boa penetração e mínima distorção, o que a torna popular entre fabricantes e soldadores industriais (Kelm, 2021).

Este estudo tem como objetivo geral apresentar o processo de soldagem e a automação utilizado no ambiente empresarial investigado e discutir como a automação industrial e seus aspectos podem impactar na qualidade, produtividade e segurança da execução do trabalho.

2.CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM

A soldagem é um procedimento essencial para a união de duas ou mais peças, envolvendo a fusão e subsequente solidificação dos metais. Há uma variedade de processos de soldagem disponíveis no mercado, cada um apresentando suas próprias particularidades. Este documento discutirá os cinco principais tipos de processos de soldagem prevalentes na indústria.

O primeiro método abordado é o TIG *(TungstenInertGas),* que utiliza um eletrodo de tungstênio e um gás inerte, como argônio, para proteger a poça de fusão contra oxidação e contaminação. De acordo com Aventa (2020), o TIG encontra aplicação extensiva na indústria aeroespacial, na produção de equipamentos médicos, joalherias e na soldagem de tubulações de alta pureza.

O segundo tipo de processo de solda é o MIG/MAG (*Metal InertGas/Metal Active Gas*), que emprega um arco elétrico para fundir os metais, juntamente com um gás de proteção para evitar a contaminação do material. Conforme afirmado por Treal Soluções (2021), o MIG/MAG é um método versátil amplamente utilizado na indústria metalúrgica, na construção de estruturas metálicas, na construção naval e na reparação de veículos automotores.

O terceiro método de solda é o Eletrodo Revestido, também reconhecido como SMAW (*Shielded Metal ArcWelding*), que emprega um eletrodo revestido para fundir os metais. Como explicado pela USP (2019), o processo de Eletrodo Revestido é um dos métodos mais antigos e simples de soldagem, encontrado em grande aplicação na construção civil, manutenção industrial, fabricação de estruturas metálicas e outras áreas.

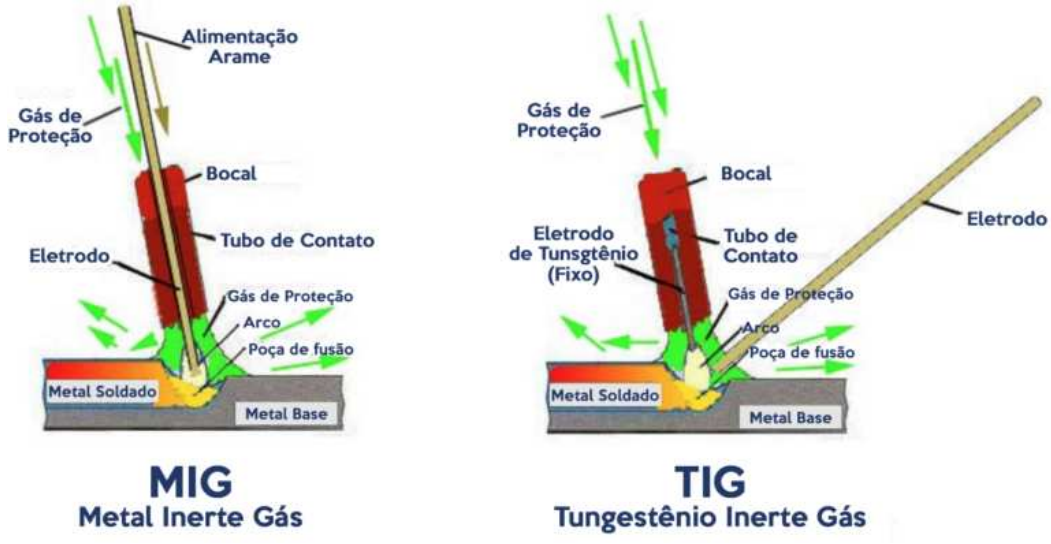
INTERFACE TECNOLÓGICA

O quarto método é o processo a Plasma, que utiliza um gás inerte e um arco elétrico para fundir os metais. Conforme observado por Aventa (2020), a soldagem a Plasma encontra uso principalmente na produção de peças de precisão, na indústria aeroespacial e na fabricação de componentes eletrônicos.

Finalmente, o quinto método de solda é o Arco Submerso, que envolve a imersão de um arco elétrico em um fluxo de material granulado para a fusão dos metais. Segundo Treal Soluções (2021), o Arco Submerso é um método de alta produtividade, utilizado na produção de peças de grande porte, construção naval e outras aplicações industriais.

Cada método de soldagem possui suas vantagens e desvantagens, devendo ser selecionado de acordo com as necessidades e características do projeto. É fundamental escolher o método de soldagem apropriado e aderir às normas de segurança para assegurar uma união segura e durável entre as peças soldadas.

Figura 1: Comparação entre Processos MIG e TIG



Fonte: https://metalrio.com.br/wp-content/uploads/2020/01/diferen%C3%A7a-entre-MIG-e-TIG-768x398.png. (2021).

2.1 Vantagens e desvantagens do processo de solda

O processo de solda é uma técnica amplamente empregada em diversos setores industriais, abrangendo desde a produção de itens metálicos até a construção de estruturas complexas. Embora seja uma ferramenta crucial, a soldagem também apresenta vantagens e desvantagens que necessitam de consideração. No presente contexto, serão destacados os principais pontos positivos e negativos do processo de solda.

INTERFACE TECNOLÓGICA

Quadro 1: Vantagens e Desvantagens da Soldagem

Vantagens do Processo de Solda	Desvantagens do Processo de Solda
União de materiais diversos	Custo elevado
Resistência das juntas soldadas	Requer habilidades e treinamento
Flexibilidade em diferentes materiais e condições	Riscos à saúde e segurança dos trabalhadores
Permite a criação de estruturas complexas	Possibilidade de deformações e falhas nas juntas soldadas
Potencial de automação em produções em larga escala	Necessidade frequente de manutenção e reparos nos equipamentos de solda

Fonte: Adaptado de SENAI (2015)

Tanto as vantagens quanto as desvantagens podem variar de acordo com o tipo específico do processo de solda empregado e o contexto no qual ele é utilizado. Por conseguinte, é essencial avaliar minuciosamente os prós e contras antes de optar pela aplicação desse processo em determinada situação.

2.2. Segurança na soldagem no ambiente de trabalho

A soldagem é um processo intrinsecamente associado a riscos para os profissionais envolvidos, abrangendo questões como radiação, emissão de fumaça, respingos de metal líquido, ruídos e outros potenciais perigos. Para assegurar a integridade e bem-estar dos soldadores durante a realização desse procedimento, a adoção de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) adequados é imperativa (ABNT, 2018).

A regulamentação do uso de EPIs é definida por diretrizes normativas e reguladoras, como a Norma Regulamentadora 6 (NR-6), estabelecida pelo Ministério do Trabalho e Emprego. A NR-6 estipula os tipos específicos de EPIs requeridos para cada atividade, sendo incumbência do empregador o fornecimento e o treinamento adequado para a utilização correta dos EPIs (Senai, 2014).

No âmbito da soldagem, os principais EPIs adotados englobam capacetes dotados de filtros de luz, luvas, aventais e mangas de proteção, dispositivos respiratórios e protetores auriculares. Esses elementos são projetados para salvaguardar os soldadores contra riscos de natureza física, química e biológica presentes no ambiente de trabalho.

Conforme indicado por Brasil (2014), o capacete com filtro de luz assume um papel crucial na soldagem, salvaguardando os olhos e o rosto do soldador contra a radiação emitida durante o processo. Diferentes tipos de filtros de luz são disponíveis, adaptados às distintas modalidades de soldagem.

As luvas também desempenham uma função vital na soldagem, resguardando as mãos do soldador contra calor, projeções de metal líquido e objetos cortantes ou perfurantes. A seleção das luvas deve considerar o tipo de soldagem, além de requerer inspeções periódicas.

A proteção do corpo é provida por aventais e mangas de segurança, que oferecem salvaguarda contra projeções de metal líquido, calor e partículas incandescentes. A escolha desses EPIs deve levar em conta o tipo de soldagem e os materiais empregados.

Os respiradores são cruciais para prevenir a inalação de poeiras, fumos e gases tóxicos gerados durante o processo de soldagem. A seleção do respirador deve ser condizente com o método de soldagem e os materiais envolvidos.

O uso de protetores auriculares é fundamental para mitigar os impactos do ruído excessivo gerado durante a soldagem. A escolha do protetor auricular deve corresponder ao nível de ruído predominante no ambiente de trabalho.

A correta utilização de EPIs é de importância primordial para salvaguardar a segurança do soldador durante o processo de soldagem. O emprego adequado, a inspeção periódica e a escolha apropriada dos EPIs são imperativos para garantir a eficácia desses dispositivos e reduzir os riscos de acidentes.

Figura 2: EPIs para trabalho com Solda



Fonte:https://alusolda.com.br/wp-content/uploads/2018/02/importancia-do-epi-para-soldador-2.jpg

INTERFACE TECNOLÓGICA

Figura 3: Demonstração dos EPIs (pessoa).



Fonte:https://www.liderborrachas.com.br/imagens/comprar-epi-para-soldador.png

2.3. Automação no contexto da soldagem

A integração da automação no processo de soldasurge como um padrão ascendente na esfera da indústria de manufatura, e traz consigo uma gama de méritos em relação ao abordagem manual. A soldagem, por sua própria natureza, é uma atividade que demanda acurácia e destreza, e, além disso, é caracterizada por sua repetitividade, o que potencializa os riscos inerentes para os operadores.

Nesse contexto, a automação desponta como um fator que contribui não apenas para incrementar a eficiência das operações, mas também para aprimorar a segurança no ambiente laboral, resultando em uma elevação da qualidade do produto final.

No bojo dessa discussão, um estudo conduzido por Singh et al. (2018) demonstra que a automatização do processo de soldagem pode acarretar substancial aprimoramento na qualidade do produto final, uma vez que reduz falhas de natureza humana e equívocos operacionais.

Por meio da solda automatizada, é possível conferir uma regulagem precisa dos parâmetros de soldagem, abarcando a corrente elétrica, a cadência do arco e a pressão do gás de proteção, o que culmina em um resultado soldado de uniformidade apurada e qualidade elevada.

Outrossim, a automação se correlaciona diretamente com o incremento da produtividade e a contenção dos custos operacionais. Um estudo realizado por Yanez et al. (2019) atesta que a introdução da soldagem automatizada refletiu em um aumento notório na produção, ao mesmo tempo em que reduziu os custos relacionados à mão de obra, além de mitigar o desperdício de material e a necessidade de retrabalho.

É pertinente destacar que, porém, a utilização da automação requer um aporte financeiro inicial substancial, direcionado tanto para aquisição de equipamentos quanto para investimento em tecnologia. Ademais, a manutenção periódica e a capacitação dos operadores competentes são fatores indispensáveis para garantir o funcionamento ininterrupto dos sistemas automatizados.

Por conseguinte, a avaliação meticulosa dos aspectos relativos a custos e benefícios se revela como uma etapa preponderante antes de se deliberar pela adoção da automação no processo de soldagem.

A automação no domínio da soldagem ergue-se como uma tendência em ascensão na indústria de manufatura, conferindo um leque de vantagens notáveis, a saber, aprimoramento da qualidade do produto final, intensificação da produtividade e contenção de custos. É premente considerar uma análise aprofundada acerca dos elementos custo-benefício antes de se efetivar a transição para a soldagem automatizada.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Conforme observado por Gondim, S. M. G. (2002), a pesquisa qualitativa é uma abordagem que se centraliza na apreensão dos fenômenos sociais a partir da ótica intrínseca dos próprios participantes. Distintamente da pesquisa quantitativa, cujo propósito recai na mensuração e quantificação de dados, a pesquisa qualitativa direciona sua atenção à compreensão das vivências e perspectivas individuais no contexto social.

De acordo com Denzin, N. K. e Lincoln, Y. S. (2006), os procedimentos metodológicos da pesquisa qualitativa compreendem a coleta e a análise de dados que facultem ao pesquisador uma percepção sobre a intricada tessitura dos fenômenos sociais. A condução metodológica da pesquisa qualitativa implica, portanto, a coleta e análise de informações que habilitem o pesquisador a apreender a profundidade dos contextos sociais em questão.

É de primordial importância que a pesquisa qualitativa se norteie por indagações inequívocas e pertinentes. A seleção criteriosa dos participantes é uma etapa crucial, e a análise dos dados deve ser conduzida de maneira sistemática e reflexiva, como frisado por Minayo et al. (2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho se fomentou no campo acadêmico e industrial, analisando os conceitos qualitativos e a capacidade de aplicação no meio organizacional, dentre os métodos de execução simplificada e necessidade premente encontra-se, conforme (USP, 2019):

Existem diversos benefícios advindos da implementação dessas medidas, dos quais os principais destacam-se pela substancial diminuição nos encargos de produção, incluindo fatores como tempo, mão de obra, consumo de gás, energia e materiais consumíveis.

Verifica-se um incremento notável na capacidade produtiva da empresa, acompanhado por aprimoramentos significativos na qualidade das soldagens realizadas, dentre outros aspectos relevantes.

A redução dos custos de fabricação, abrangendo múltiplos elementos, assume um papel preponderante na eficácia dessas estratégias. A otimização do tempo e a racionalização da mão de obra contribuem para uma operação mais eficiente, permitindo uma alocação mais judiciosa dos recursos disponíveis.

Redução do consumo de recursos como gás, energia e materiais consumíveis não apenas resulta em economia financeira, mas também alinha-se com considerações ambientais, promovendo práticas sustentáveis dentro do contexto industrial.

A expansão da capacidade produtiva emerge como um desdobramento natural das melhorias implementadas, o aprimoramento das técnicas de produção e soldagem, associado à redução de gargalos operacionais, confere à empresa uma maior flexibilidade para atender à demanda do mercado.

Paralelamente, a elevação da qualidade das soldagens efetuadas é de suma importância, uma vez que impacta diretamente na durabilidade e no desempenho dos produtos fabricados. Essa melhoria contribui para a satisfação do cliente e fortalece a reputação da empresa no mercado competitivo.

5 CONCLUSÃO

A solda permite a criação de produtos personalizados e de alta qualidade, o que é fundamental para a competitividade das empresas no mercado global, também é fundamental para a manutenção de equipamentos e estruturas, prolongando sua vida útil e garantindo a segurança dos usuáriosexige uma série de etapas importantes, desde a preparação do material até a realização da solda propriamente dita.

A tecnologia do processo continua a evoluir, com novos materiais, equipamentos e processos sendo desenvolvidos regularmente. A soldagem robótica, por exemplo, está se tornando cada vez mais comum na indústria, permitindo uma maior precisão e eficiência na produção.

O processo é uma habilidade valiosa e uma parte vital do processo de fabricação industrial, permitindo a criação de produtos mais seguros, duráveis e eficientes, a aplicação do processo de soldagem deve ser realizada por profissionais capacitados e experientes, que possuam o conhecimento e habilidades necessárias para realizar uma soldagem segura e de alta qualidade.

Com tudo o trabalho demonstra a necessidade do processo de solda e as nuances do mesmo em um mundo cada vez mais competitivo e globalizado, visando diminuir custos, sustentabilidade, retrabalho, saúde e segurança do trabalho, sugere-se a continuação da pesquisa no âmbito organizacional (quantativa) aplicando os conceitos apresentados.

REFERÊNCIASBIBLIOGRÁFICAS

ALUSOLDA, Blog. **O que é soldagem: entenda agora**. 2021. Disponível em: <https://alusolda.com.br/o-que-e-soldagem/ >. Acesso em: 25 ago. 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2013**). NBR 13281: Processos de soldagem - Execução de soldagem em estruturas de aço e em estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro: ABNT.

AVENTA, Blog. **O Que é Soldagem**. 2020. Disponível em: < https://aventa.com.br/novidades/o-que-e-soldagem>. Acesso em: 25 ago. 2023.

Associação Brasileira de Soldagem (ABS). **Soldagem.**Disponível em: https://www.abs-soldagem.org.br/. Acesso em: 25 ago. 2023.

BASTOS, Gilberto de Figueiredo Schitine. **Importância do ensaio por ultrassom para garantia da qualidade da solda** [manuscrito] / Gilberto de Figueiredo Schitine Bastos, Lycia Paiva Noronha da Silva. – 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho. (2014). **Norma Regulamentadora 12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Brasília: MTE.

DENZIN, N. K., & Lincoln, Y. S. (2006). O **planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens.** Artmed Editora.

EQUILOC, Locadora.**O que é e para que serve a Soldagem**. 2021. Disponível em: < https://locadoraequiloc.com.br/blog/soldagem/>. Acesso em: 25 ago. 2023.

ISEN, Blog.**Tipos de Soldagem e Aplicações**. 2020. Disponível em: < https://www.isen.com.br/tipos-de-soldagem-e-aplicacoes/>. Acesso em: 25 ago. 2023.

ESCOLA SENAI ROBERTO SIMONSEN. (2015). **Tecnologia da Soldagem.** São Paulo: SENAI-SP.

GONDIM, S. M. G. (2002). **Pesquisa em ciências sociais e humanas: paradigmas, estratégias e métodos.** Editora UFRJ.

KELM, MaiqueSlva.**Processo de Soldagem MIG MAG.** 2021. Disponível em: < https://www.balmer.com.br/blog/processo-de-soldagem-mig-mag/>. Acesso em: 25 ago. 2023.

MINAYO, M. C. de S., Hartz, Z. M. A., &Buss, P. M. (2000). **Qualidade de vida e saúde: um debate necessário.** Ciência & Saúde Coletiva, 5(1), 7-18.

MINIK, Blog.**Soldagem: entenda o básico sobre a técnica da serralheria**. 2021. Disponível em: < https://www.lojadominik.com.br/noticia/categoria-todos/soldagem-entenda-o-basico-sobre-a-tecnica-da-serralheria/>. Acesso em: 25 ago. 2023.

TREAL SOLUÇÕES.**Processos de soldagem: tipos e cuidados.** 2021. Disponível em: https://www.treal.com.br/blog/processos-de-soldagem-tipos-e-cuidados/. Acesso em: 25 ago. 2023.

SINGH, R., Singh, S., & Singh, S. (2018). **Review onautomationofweldingprocess. JournalofMechanicalEngineeringResearchandDevelopments**, 41(3), 246-252.

SILVA, S. A. e. (2005). **Soldagem: Processos e Metalurgia.** São Paulo: Blucher.

USP. **Processos de soldagem e disciplina**. 2019. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6441297/mod_resource/content/0/MODULO%202%20PROCESSOS%20DE%20SOLDAGEM%20E%20DISCIPLINA.pdf. Acesso em: 25 ago. 2023.

YANEZ, O. A., Ortiz, M. M., Rodriguez, R. A., &Escamilla, F. (2019**). Implementationofautomatedwelding in a metal-mechaniccompany. Research, Society andDevelopment**, 8(5), e18852019.