COMPARAÇÕES NA SOLDAGEM MIG/MAG: AUTOMATIZADA E MANUAL

MIG/MAG WELDING COMPARISONS: ROBOTICS AND MANUAL

Onivaldo Aparecido Cremon Junior[I]
Victor Hidenari Arashiro do Nascimento[II]
Evaldo Ferezin[III]
Maria Aparecida Bovério[IV]

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa sobre a padronização da soldagem: deposição do metal de adição, qualidade no processo e produtividade e automatização na fabricação de 10 boilers de chopeira, sendo 05 em processo manual e 05 em processo robótico (automatizado). Por meio de um estudo de caso e de uma pesquisa experimental, o procedimento foi feito usando cronometragem, pesagem e inspeção visual da soldagem, realizados com dados observados em situações reais de serviços, nos processos semiautomático e automático, utilizando robô de solda. O problema de pesquisa foi verificar se o investimento na automação do processo de fabricação de boilers na empresa Indústria e Comércio de Chopeiras Ribeirão Preto Ltda garante o retorno no aumento na produção, na qualidade e na padronização do processo. Assim, a pesquisa teve como objetivo comparar a produtividade de um processo manual com a de um robô e analisar se o investimento na automação proporciona garantias do retorno. Concluiu-se que a soldagem robótica possui um ganho em relação a soldagem manual, nos quesitos qualidade, tempo de soldagem e padronização do processo. No entanto, o investimento vale apena para uma empresa desde que seja uma produção em alta escala e com produto repetitivo.

Palavras-chave: Soldagem. Robô. Boiler.

ABSTRACT

This article presents the results of a research on the standardization of welding: deposition of the addition metal, quality in the process and productivity and automation in the manufacture of 10 boilers of Chopeira, being 05 in manual process and 05 in robotic process (Automated). Through a case study and experimental research, the procedure was done using timing, weighing and visual inspection of the welding, performed with data observed in real situations of services, in the semi-automatic and automatic processes, Using welding robot. The research problem was to verify whether the investment in the automation of the manufacturing process

[I] Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Mecânica: processos de soldagem da Faculdade de Tecnologia (FATEC) de Sertãozinho – São Paulo – Brasil. E-mail: onivaldo_junior29@outlook.com
[II] Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Mecânica: processos de soldagem da Faculdade de Tecnologia (FATEC) de Sertãozinho – São Paulo – Brasil. E-mail: victor_xam@hotmail.com
[III] Prof. Dr. da Faculdade de Tecnologia (FATEC) de Sertãozinho – São Paulo – Brasil. E-mail: evaldoferezin@gmail.com
[IV] Profa. Pós-Dra. da Faculdade de Tecnologia (FATEC) de Sertãozinho – São Paulo – Brasil. E-mail: mariaboverio@hotmail.com

of boilers in the company Indústria e Comércio de Chopeiras Ribeirão Preto LTDA guarantees the return on the increase in production, quality and standardization of the process. Thus, the research aimed to study the productivity of a manual process with that of a robot and to compare whether the investment in Automation provides guarantees of return. It was concluded that robotic welding has a gain in relation to manual welding, quality, welding time and process standardization. However, the investment is worth a company as long as it is a high-scale production with repetitive product.

Keywords: Welding. Robot. Boiler.

Data de submissão do artigo: 03/07/2019.
Data de aprovação do artigo: 18/09/2019.
DOI:

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia robótica no Brasil é muito utilizada nas grandes montadoras de carro. Em uma linha de montagem, o processo de soldagem automatizado é muito comum para obter ganhos na produtividade. Com o avanço tecnológico essa mão de obra automatizada está se ramificando em outras áreas industriais, por conta da necessidade de produção em massa e qualidade. Os fatores que impedem a obtenção de um equipamento como este está ligado diretamente no alto custo de aquisição, instalações e manutenções. Os valores podem variar de acordo com a necessidade da empresa, em função do tamanho do robô (porte); satisfação tecnológica; grau de complexidade; exatidão e confiabilidade do mesmo. Mas deve-se considerar as seguintes condições: números de empregados substituídos pelo robô; acréscimos na produtividade; custo do projeto e equipamentos periféricos e custo de manutenção (SANTOS; GORGULHO JÚNIOR, 2015).

As considerações de segurança são importantes no setor fabril, por exemplo: isenções de doenças ocupacionais, ergonomia e acidente de trabalho. Para os atuais robôs industriais tem que prevalecer a 1ª lei do escritor russo-americano Isaac Asimov "um robô não pode ferir um ser humano ou, por inação, permitir que um humano seja ferido" (SANTOS; GORGULHO JÚNIOR, 2015, p.12)

Neste contexto estudou-se a padronização da soldagem: deposição do metal de adição, qualidade no processo e produtividade e automatização na fabricação de 10 boilers de chopeira, sendo 05 em processo manual e 05 em processo robótico (automatizado). O procedimento foi feito por meio de cronometragem, pesagem e inspeção visual da soldagem, realizados com dados observados em situações reais de serviços. Esse estudo foi feito em processo semiautomático e automático, em equipamentos que são conhecidos como robô de solda.

Este tema foi escolhido porque os pesquisadores atuam no ramo e há importância de se pesquisar esta tecnologia, uma vez que a robótica está se ramificando nas pequenas empresas, que estão priorizando custos e lucros, com investimentos de baixo custo.

Neste sentido, o problema que esta pesquisa investigou é: o investimento na automação do processo de fabricação de boilers na empresa Indústria e Comércio de Chopeiras Ribeirão Preto Ltda, da cidade de Ribeirão Preto/SP, dá garantias de retorno como: aumento na produção, melhoria na qualidade e na padronização do processo?

Considerando-se o tema-problema da pesquisa, adotou-se como hipótese, fundamentada na literatura, que o investimento com a automação é viável, pois pode gerar aumento na produção, na qualidade e na padronização do processo. Nesta perspectiva, o objetivo desta pesquisa foi o de estudar a produtividade de um processo manual com a de um robô e comparar se o investimento na automação dá garantias de retorno como: aumento na produção, a qualidade cordão de solda e na padronização do processo.

2 ROBÔ, SOLDAGEM E BOILER

A palavra robô vem do significado da palavra *robota* (do idioma *tcheco*), ou seja, o de um trabalhador escravo. Muito bem abordado, pela primeira vez em um espetáculo dramatúrgico em 1921 onde a sociedade estava à procura de cada vez mais corporalizar a máquina para substituir o ser humano em atividades muito repetitivas e de situações de risco. Para a humanidade “um robô industrial é um manipulador reprogramável, multifuncional, projetado para mover materiais, pecas, ferramentas, ou dispositivos especiais em movimentos variáveis, programados para realização de uma variedade de tarefas” na automação industrial. (SANTOS; GORGULHO JÚNIOR, 2015). No caso da soldagem robotizada o manipulador "robô" é responsável por posicionar e orientar a ferramenta em relação a peça, ou seja, aciona a máquina de solda e controla as posições de trabalho, velocidade de deslocamento, técnica de deposição do metal e *stick-out*[1] (RIVIN, 1988 *apud* FERREIRA ROMANO; SUELL DUTRA, 2000).

A Soldagem manual MIG/MAG - *Gas Metal Arc Welding (GMAW*) - é um processo semiautomático, para união de materiais metálicos. O processo semiautomático caracteriza-se em uma pistola com gatilho, onde o soldador aciona e controla as posições de trabalho, velocidade de deslocamento, técnica de deposição do metal e *stick-out.* O processo de soldagem a arco elétrico estabelecido entre um eletrodo consumível nu, alimentado continuamente, arame eletrodo e o metal base sob a proteção constante de uma atmosfera gasosa que pode ser inerte, ativo ou misturas de gases (FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM, 2013, p.166).

A palavra boiler é de origem do inglês e, na língua portuguesa significa vaso de pressão, onde "são designados todos os recipientes estanques, de qualquer tipo, dimensões, formato ou finalidade, que são capazes de conter um fluido pressurizado" (TELLES, 1996, p. 1). Segundo o autor existe classificações para vasos de pressão: vasos sujeito a chama e vasos não sujeito a chama. Há, ainda, o trocador de calor que não é sujeito a chama, ou seja, são os aquecedores, refrigeradores, condensadores, refervedores e resfriadores de ar. Dentre os formatos dos vasos de pressão é muito comum serem cilíndricos, esféricos, cônicos ou uma combinação de ambos. A funcionalidade dos trocadores de calor, tal como o próprio nome diz, é a de troca de calor, sendo assim, a finalidade necessita de dois fluidos transitando internamente no vaso, e para isso acontecer, os mesmos são separados por feixe de tubos ou serpentinas. Esses fluidos são rotulados de "fluxo pelos tubos" onde o mesmo percorre internamente nos tubos e o outro é o "fluxo pelo casco" onde são os que trafegam pelo lado externo dos tubos. Os dois são chamados como "lado dos tubos" (*tube-side*) e "lado do casco" (*shell side*) respectivamente. A fotografia 1 apresenta o boiler em estudo.

[1] Medida do bico de contato até a peça.

Fotografia 1 – *Boiler*



Fonte: os autores (2019)

Durante a fabricação de um boiler a maior parte do mesmo é feito de chapa de aço SAE 1020, passando pelos processos de conformação de calandra e estamparia. Após a montagem e soldagem são inspecionadas as soldas para verificar se todas elas estão estanques, isto é, verifica-se se não há descontinuidades (vazamentos) nas soldas. Na próxima etapa de montagem é feito o vácuo no corpo e é injetado um gás refrigerante no boiler, que não pode haver contato com a atmosfera.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerando-se os objetivos desta pesquisa, adotou-se o estudo de caso realizado na empresa Indústria e Comércio de Chopeiras Ribeirão Preto Ltda, para comparar as soldagens robótica e manual em 10 boilers de chopeiras.

3.1 Materiais e Equipamentos

Para a realização da pesquisa foram utilizados:

- Robô antropomórfico de 6 graus de liberdade KUKA KRC-4;
- Máquina de solda integrada LINCOLN;
- Arame de solda BELGO ER-70s6;
- Gás de proteção 8% de CO2 e 92% de argônio;
- Chapa aço 1020, tubo 2” aço 1020;
- Máquina de solda semiautomática ESAB Smashweld 257;
- Balança toledo 3400.

As Fotografias 2 e 3 apresentam: manipulador (robô) e máquina de solda semiautomática.

Fotografia 2 - Robô Antropomórfico de 6 graus de liberdade KUKA KRC-4



Fonte: os autores (2019)

Fotografia 3 – ESAB Smashweld 257– Máquina de solda semiautomática



Fonte: os autores (2019)

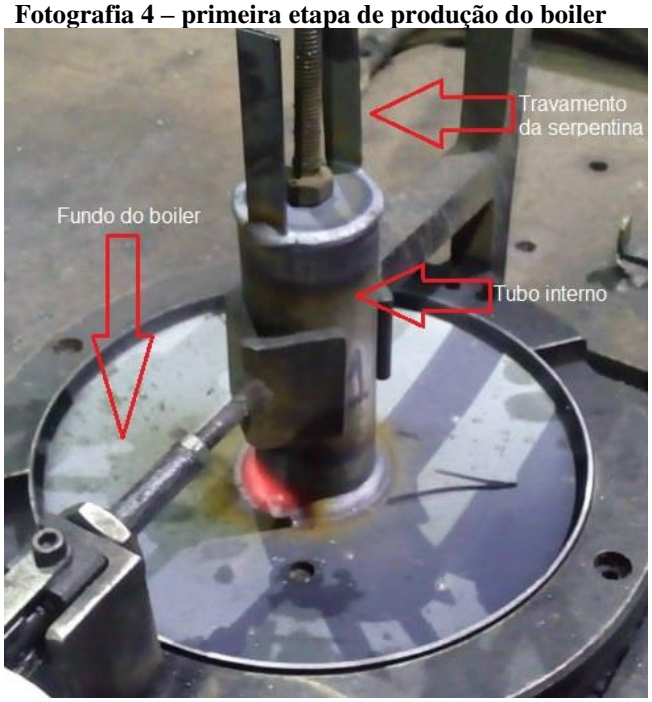
3.2 Métodos

Os métodos utilizados foram:

a) pesagem das cinco amostras antes das soldagens;
b) Soldagem MIG/MAG manual em cinco amostras;
c) soldagem MIG/MAG robótica em cinco amostras;
d) pesagem das cinco amostras após a soldagem;
e) inspeção visual; e
f) inspeção de tempo de soldagem.

Foram comparados os principais temas de soldagem quando se quer adquirir a automação, como: produtividade, qualidade, padronização, tempo de soldagem, ritmo e repetibilidade. Nessa etapa da produção o boiler é composto por 4 peças, para a montagem e é dividido em 2 etapas de soldagem sendo primeiro o fundo do boiler (fundo estampado, tubo interno de 2" e travamento da serpentina – fotografia 4) e segundo o corpo do boiler. Neste trabalho foram utilizadas 10 amostras (boilers), sendo 5 amostras para cada caso, numeradas de 1 a 5 e de 6 a 10; realizou-se a pesagem das peças antes das soldagens automatizada e manual.

Fotografia 4 – primeira etapa de produção do boiler



Fonte: os autores (2019)

Tanto para a soldagem manual quanto a automatizada o fundo do boiler é soldado primeiro para a montagem posterior do corpo do boiler.

Na soldagem manual mediu-se o tempo total que o soldador levou para a montar e soldar as peças, visando a produção, sem interrupções, ou seja, sem parada para descanso e banheiro. No primeiro passo utilizou-se o processo MIG/MAG manual para união das peças metálicas fundo do boiler (fundo estampado, tubo interno de 2 e travamento da serpentina) e manteve-se o ritmo para efeito de produtividade, isto é, montou-se todas as 5 amostras, com a ajuda de gabaritos. Em seguida realizou-se a soldagem do mesmo para concluir a etapa, por questões de parametrizações do processo, que são 2 tipos de juntas, sendo uma de topo horizontal e outra em angulo de 90° com parâmetros diferentes entre si. Após a soldagem do fundo do boiler foi feita a montagem do mesmo no corpo do boiler, e em seguida realizada a soldagem na junta de aresta circunferêncial, mantendo-se os parâmetros de soldagem para as 5 amostras e, por fim, realizou-se a soldagem da junta longitudinal de todas elas.

Na soldagem automática mediu-se o tempo total do ciclo de soldagem das 5 amostras. A montagem das peças foi feita em dispositivos propriamente desenvolvidos para a soldagem no robô, sendo assim, um agrupamento rápido, padrão e preciso das peças a serem soldadas. Seguiu-se a mesma sequência de montagem e soldagem no processo manual, ou seja, realizou-se a solda primeiramente no fundo do boiler e, em seguida, a montagem do mesmo no corpo do boiler. Com a máquina em espera, iniciou-se a cronometragem e em seguida a montagem do fundo do boiler no dispositivo para dar início ao ciclo de soldagem. Após a soldagem de 1 fundo do boiler, ele foi montado no dispositivo para a soldagem do fundo mais o corpo e, posteriormente, deu-se início ao ciclo de soldagem. Nessa etapa, no momento que o robô está realizando a soldagem do fundo com o corpo do boiler, o operador já está montado o fundo para próxima amostra a ser soldada. Logo após finalizar a montagem do mesmo, o operador dá o início para o próximo ciclo antes mesmo do robô finalizar a etapa anterior e,

assim, sucessivamente, dando ritmo no processo e usando 100% do funcionamento da máquina no período em que foram soldadas as 5 amostras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa da comparação robótica e manual tem o objetivo de analisar as qualidades do cordão de solda, tempo final do produto acabado e padronização do processo.

4.1 Análise do tempo de soldagem

Foi comparado o tempo de soldagem das amostras 01 a 05 pelo processo automático (robotizado) (fotografia 5) e 06 a 10 pelo semiautomático (manual) (fotografia 6). No processo automático o tempo foi de 00:23:49 e no manual o tempo foi de 00:43:23, totalizando um ganho de 45,10% na produção final do produto pelo processo robotizado. Um dos resultados foi que o tempo de arco aberto para a soldagem manual e robotizada são semelhantes, pois segue-se os parâmetros de soldagem. Porém o ganho de 45,10% na produção foi devido à facilidade da montagem das peças nos dispositivos e, também, ganha-se o tempo com ritmo, ou seja, no momento que estava soldando uma etapa do boiler o operador já estava montado a segunda etapa do boiler.

Fotografia 5 – amostras 1 a 5 do processo automático (robotizado)



Fonte: os autores (2019)

Fotografia 6 – amostras 6 a 10 do processo manual



Fonte: os autores (2019)

4.2 Ensaio visual

Nas 10 amostras realizou-se um ensaio de inspeção visual das soldas 01 a 10. Nos corpos de prova 01 a 05 (automático/robotizado) obteve-se um resultado muito satisfatório como: qualidade, padronização (soldas idênticas), conforme fotografias 7 e 8. Nos corpos de prova 06 a 10 (manual) o resultado foi razoável como: um cordão não uniforme, conforme fotografias 9 e 10.

Fotografia 7 – Boiler soldado pelo processo automatizado/robotizado



Fonte: os autores (2019)

Fotografia 8 – Boiler soldado pelo processo automatizado/robotizado



Fonte: os autores (2019)

Fotografia 9 – Boiler soldado pelo processo manual



Fonte: os autores (2019)

Fotografia 10 – Boiler soldado pelo processo manual



Fonte: os autores (2019)

4.3 Padronização do cordão de solda

Para provar a uniformidade da deposição do metal de adição foi utilizada uma balança para pesar as peças das amostras antes e depois da soldagem. Após a execução da soldagem conclui-se que na soldagem das amostras de 01 a 05 teve aproximadamente uma uniformidade de deposição com uma variação mínima de 0,002 kg, conforme apresentado na tabela 1, enquanto nas amostras de 06 a 10 teve uma variação relativamente significativa de 0,033kg conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 1 - Uniformidade de deposição na soldagem das amostras de 01 a 05 – automatizada/robotizada

Amostras Solda robotizada	Fundo do boiler	Tubo interno 2''	Travamento serpentina	Corpo do boiler	Peso total sem solda	Peso total com solda	Peso efetivo do metal de solda
Amostra1	0,714 kg	0,234 kg	0,064 kg	3,376 kg	4,388 kg	4,560 kg	0,172kg
Amostra2	0,716 kg	0,234 kg	0,064 kg	3,380 kg	4,394 kg	4,564 kg	0,170kg
Amostra3	0,718 kg	0,232 kg	0,064 kg	3,210 kg	4,224 kg	4,396 kg	0,172kg
Amostra4	0,718 kg	0,232 kg	0,064 kg	3,202 kg	4,216 kg	4,386 kg	0,170kg
Amostra5	0,720 kg	0,232 kg	0,064 kg	3,184 kg	4,200 kg	4,370 kg	0,170kg

Fonte: elaborada pelos autores (2019)

Tabela 2 - Uniformidade de deposição na soldagem das amostras de 06 a 10 – manual

Amostras Solda manual	Fundo do boiler	Tubo interno 2''	Travamento serpentina	Corpo do boiler	Peso total sem solda	Peso total com solda	Peso efetivo do metal de solda
Amostra 6	0,708 kg	0,236 kg	0,064 kg	3,252 kg	4,260 kg	4,393 kg	0,133 kg
Amostra 7	0,706 kg	0,236 kg	0,064 kg	3,246 kg	4,252 kg	4,420 kg	0,166 kg
Amostra 8	0,716 kg	0,236 kg	0,064 kg	3,250 kg	4,266 kg	4,426 kg	0,162 kg
Amostra 9	0,718 kg	0,238 kg	0,064 kg	3,236 kg	4,256 kg	4,410 kg	0,158 kg
Amostra10	0,710 kg	0,238 kg	0,064 kg	3,258 kg	4,270 kg	4,426 kg	0,158 kg

Fonte: elaborada pelos autores (2019)

Uma das vantagens processo automático são as parametrizações do arco elétrico, sendo possível diferentes regulagens na peça ou até mesmo no cordão de solda sem paradas para ajustes.

5 CONCLUSÃO

A soldagem robótica possui um ganho em relação a soldagem manual, nos quesitos qualidade, tempo de soldagem e padronização do processo.

O investimento vale apena para uma empresa desde que seja uma produção em alta escala, com produto repetitivo, por motivos de *setup,* ou seja, as modificações dos dispositivos e programações do robô.

A empresa que opta pela automação, necessita de um período de adaptação para um processo robotizado, especialmente na padronização das peças e das suas etapas, buscando melhorias em corte e dobra.

REFERÊNCIAS

FERREIRA ROMANO, Vitor; SUELL DUTRA, Max. **Introdução à robótica industrial** 2000. Disponível em: http://www.fem.unicamp.br/~hermini/Robotica/livro/cap.1.pdf. Acesso em: 03 març. 2019.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM. **Curso de inspetor de soldagem**. v. 2. Rio de Janeiro: Publit, 2013.

SANTOS, Winderson Eugenio dos; GORGULHO JÚNIOR, José Hamilton Chaves. **Robótica industrial**: fundamentos, tecnologia, programação e simulação 1. ed. São Paulo: Érika, 2015.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **Vasos de Pressão**. 2. ed. Rio de Janeiro: LCT, 1996.