

DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA PARA O REVESTIMENTO DE TUBOS DE PAREDES DE CALDEIRAS DE TERMELÉTRICAS

Renon Steinbach Carvalho, renon@labsolda.ufsc.br¹

Jair Carlos Dutra, jdutra@labsolda.ufsc.br¹

Luiz Felipe, lfelippe@tractebelenergia.com.br²

Nelso Gauze Bonacorso, nelso@cefetsc.edu.br³

¹Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Laboratório de Soldagem (LABSOLDA), Campus Universitário, caixa postal 476, bairro Trindade, CEP 88040-900, Florianópolis – SC.

²TRACTEBEL Energia – Complexo Temelétrico Jorge Lacerda – Tractebel Manutenção e Serviços (TMS), Av. Paulo Santos Mello, s/nº, Caixa Postal nº38, CEP 88745-000, Capivari de Baixo – SC.

³Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina (CEFET/SC) – Laboratório de Automação Hidráulica e Pneumática (LAHP), Av. Mauro Ramos, 950, Centro, CEP 88020-300, Florianópolis – SC.

Resumo: *O setor energético brasileiro tem uma planta baseada principalmente em usinas hidroelétricas, o que o torna vulnerável a períodos de estiagem. Neste contexto, as usinas termelétricas possuem um papel importante como agente equalizador durante períodos de seca. Desta maneira, é fundamental o desenvolvimento de tecnologias que aumente o período entre paradas de manutenção e reduza o tempo de tal parada. Posto isto, o presente trabalho trata inicialmente do projeto e construção de um robô manipulador CNC compacto, com quatro graus de liberdade e flexibilidade de adaptação às diferentes superfícies encontradas em paredes de caldeiras de termelétricas. Juntamente com o desenvolvimento do manipulador é apresentado o estudo de tecnologias de soldagem para o revestimento dos tubos utilizados para a construção das paredes. Tais tubos, fabricados com o aço 16Mo3, sofrem corrosão e erosão causadas principalmente pelas impurezas e calor gerados na queima do carvão. Outro fator que contribui substancialmente para os danos são os sopradores de vapor. Com a diminuição da espessura da parede, a pressão máxima suportada pela tubulação é drasticamente reduzida, gerando assim a possibilidade de ruptura e conseqüentemente parada prematura da caldeira. Uma maneira de prolongar o tempo entre manutenções, é realizar o revestimento dos tubos com ligas de metais nobres. Assim, são apresentados os resultados iniciais de revestimento obtidos com dois processos de soldagem distintos. Os primeiros testes foram efetuados com o processo MIG pulsado com pulsação térmica utilizando-se como material de adição o aço inoxidável 309. Posteriormente aplicou-se o processo PTAP com o emprego do pó INCONEL 625. Por fim, é efetuada uma análise global sobre as vantagens da operação de revestimento automatizada sobre a operação manual, bem como os prós e contras de cada processo com seu respectivo material de adição.*

Palavras-chave: *soldagem robotizada, recuperação de superfícies, MIG pulsado com pulsação térmica, PTAP, manipulador CNC.*

1. INTRODUÇÃO

A planta do setor energético brasileiro é baseada principalmente em usinas hidroelétricas, isto o torna vulnerável a períodos de estiagem, ou seja, a falta de chuvas acarreta na diminuição do nível dos reservatórios reduzindo desta forma a quantidade de energia elétrica produzida. Assim, as usinas termelétricas apresentam um grau de importância elevado, desempenhando um papel de agente equalizador durante períodos de seca. Logo, é vital mante-las em elevados patamares de confiabilidade e manutenibilidade para proporcionar excelentes níveis de disponibilidade.

Freqüentemente as caldeiras de termelétricas têm que ser paralisadas com o intuito de evitar o rompimento dos tubos que constituem suas paredes, devido principalmente à erosão e a corrosão causadas pelas impurezas e calor gerados na queima de carvão, Fig. (1), conforme Felipe (1998).



Figura 1. Região afetada por erosão e corrosão.

Outro fator que contribui significativamente para os danos são os sopradores de vapor, Fig. (2). Os referidos sopradores têm a função de realizar a limpeza das paredes da caldeira. Tal limpeza é fundamental, pois a fuligem gerada na queima do carvão se deposita sobre os tubos, prejudicando drasticamente a troca de calor, fato que diminui a eficiência na produção de energia.

Entretanto quando o vapor retira a camada de fuligem é extraído também o material que constitui o tubo. Deste modo, com o passar do tempo a espessura destes tubos chega a níveis preocupantes no que diz respeito a suportar a pressão interna.

Atualmente a recuperação das zonas danificadas, é efetuada por intermédio da substituição dos tubos e com soldagem manual utilizando-se o processo TIG (*Tungsten Inert Gas*). Entretanto, este procedimento se mostra lento, ocasionando grandes períodos de paralisação da caldeira, além de ser altamente dependente das habilidades e treinamento de cada soldador, não garantido repetitividade na tarefa de recuperação.



Figura 2. Soprador de vapor.

Neste contexto, a utilização de robôs é cada vez mais importante para a execução de tarefas em menor tempo. Isto implica em diminuição no custo final de produção ou de reparo de peças. Segundo Pires et al (2006), o emprego de robôs, entretanto, não é a melhor opção como via geral de regra. É aconselhável a sua aplicação em processos de média produção, onde se mostra mais vantajoso que a operação manual ou a automação dedicada.

No âmbito da soldagem, é relevante a aplicação de sistemas robotizados principalmente por:

- Pela abordagem de Broering (2005), robôs manipuladores podem efetuar soldagem por longos períodos, bem como gerar maior produtividade, repetitividade e melhor condição de trabalho ao soldador, uma vez que esse passa a não mais atuar em um ambiente altamente insalubre;
- Sciavicco e Siciliano (1999) citam que robôs manipuladores são equipamentos flexíveis, o que torna factível e rápida a alteração do *software* de controle para a execução de tarefas distintas. Logo, além de ter maior produtividade comparada ao processo manual, atua em diferentes operações, seja no processo de fabricação de peças ou na manutenção, fato que não ocorre na automação dedicada.

Mesmo com o conhecimento de suas vantagens, são raros os exemplos de robôs manipuladores dedicados a soldagem com tecnologia nacional. Este fato torna o custo de aquisição de sistemas importados extremamente elevado e pouco atrativo. O presente trabalho segue a linha de pesquisa e desenvolvimento característica do LABSOLDA, onde é almejado o surgimento de novas tecnologias e métodos para executá-las. Tal conduta proporciona maior desenvolvimento nacional, pois não fica concentrada apenas na utilização de equipamentos existentes no mercado. No âmbito da tecnologia da soldagem isto é relevante para o Brasil, uma vez que os produtos mais avançados são oriundos de tecnologia estrangeira. Além disso, o desenvolvimento de tecnologia própria gera grande flexibilidade para a pesquisa, pois não se está restrito as limitações impostas por um equipamento comercial, sendo factível realizar alterações de acordo com necessidades encontradas no decorrer do projeto.

O presente artigo apresenta a construção de um manipulador CNC (Comando Numérico Computadorizado) robótico versátil com quatro graus de liberdade, composto por três juntas prismáticas e uma rotacional, voltado a operação de revestimento de tubos de parede de caldeira de usinas termelétricas. Dado que o Complexo Termelétrico ao qual o equipamento é destinado apresenta caldeiras com diferentes diâmetros de tubos, o fator versatilidade é fundamental. Logo, com pequenas mudanças mecânicas e mantendo-se o mesmo sistema de controle, por intermédio de microcomputador, é possível efetuar a operação de revestimentos em todas as caldeiras.

É evidente que o desenvolvimento de um manipulador robótico, com tecnologia nacional, para o revestimento dos tubos das paredes de caldeira representa um grande avanço para o país. Entretanto, é fundamental a elaboração de um procedimento de soldagem, o qual utilize materiais nobres visando o aumento da resistência dos tubos a corrosão e erosão.

Neste sentido, são apresentados resultados iniciais de revestimento com materiais nobres, aço inox 309 e Inconel 625, e diferentes processos de soldagem, MIG/MAG Pulsado com Pulsação Térmica e PTAP (Plasma de Arco Transferido Alimentado com Pó).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Manipulador Robótico

O revestimento dos tubos de caldeiras de usinas termelétricas exige cordões de solda com excelente continuidade e geometria, o que é difícil de obter com a soldagem manual, posto que fica-se diretamente atrelado as tendências de cada soldador. Desta maneira, foi fundamental o desenvolvimento de um equipamento para tal revestimento. O referido equipamento é um manipulador CNC robótico com quatro graus de liberdade, onde cada junta tem função específica no processo de soldagem, Fig. (3), a saber:

- Junta prismática X: realiza o deslocamento no sentido axial do tubo da parede com a velocidade de soldagem especificada. O alcance é ilimitado, visto que é empregado um trilho com 1,5 m com a possibilidade de serem adicionados trilhos sobressalentes para o aumento do espaço de trabalho do manipulador;
- Junta prismática Y: responsável pelo seguimento da junta a ser soldada e movimento de tecimento. Possui um deslocamento máximo de 120 mm;
- Junta prismática Z: ajuste da distância bico de contato peça (DBCP). Apresenta um deslocamento máximo de 40 mm;
- Junta rotacional A: deslocamento angular em torno da junta prismática X ou Y, com o objetivo de regular o ângulo de ataque da tocha de soldagem. É possível um giro de $\pm 50^\circ$ em relação a normal da superfície a ser soldada.

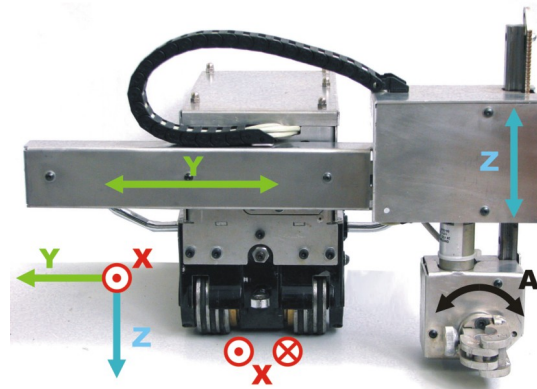


Figura 3. Juntas do manipulador robótico.

A partir da avaliação estrutural e dos movimentos realizados pelo robô manipulador, optou-se utilizar um método de controle similar ao empregado em equipamentos CNC's baseados em microcomputadores. O objetivo de tal linha de

pesquisa foi elaborar IHM's (Interface Homem-Máquina) mais intuitivas, além de facilitar a interação com *softwares* de CAD (*Computer Aided Design*), possibilitando assim o planejamento de trajetórias complexas sem que haja dificuldade de programação.

O estudo de controladores que preenchessem os requisitos fundamentais do projeto, cominou na escolha do controlador denominado Mach3. De acordo com Art Soft (2007), este controlador possui uma interface gráfica extremamente flexível, podendo-se criar um ambiente dedicado a cada atividade de soldagem. Apresenta também bibliotecas para telas sensíveis ao toque (*touchscreen*) e configuração de *teach pendant* mais intuitiva que o teclado do computador. Estes pontos foram primordiais para a escolha do mesmo.

Buscando a facilidade de programação do manipulador, foi desenvolvida uma interface gráfica para ser empregada em um monitor *touchscreen*. A Figura (4A) apresenta a tela inicial de programação implementada no manipulador robótico. A Figura (4B) ilustra a tela para a escolha de forma de trajetória. Por fim, a Figura (4C) traz a tela para determinação dos parâmetros de soldagem.

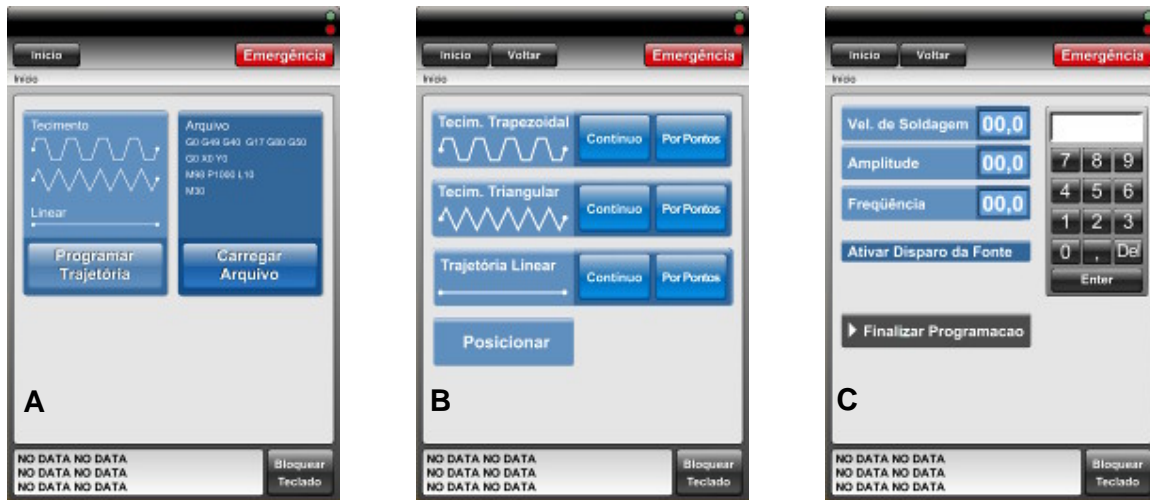
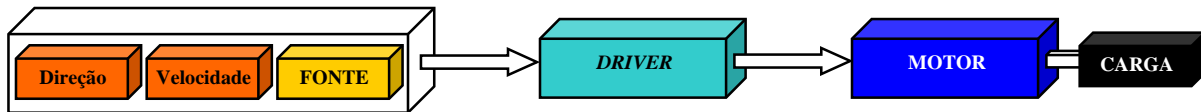


Figura 4. Telas de comando elaboradas para programação do manipulador robótico.

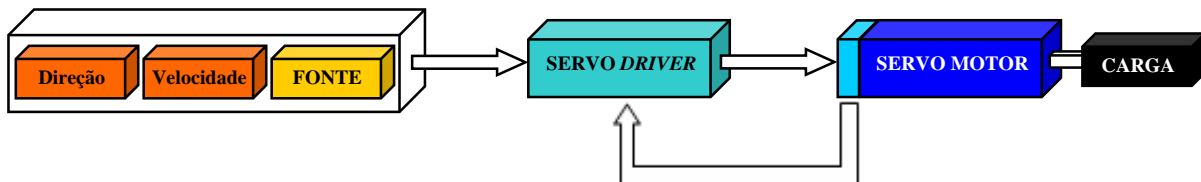
Outro ponto inovador no desenvolvimento do projeto foi o emprego de um sistema de servo acionamento CC. Com este sistema de acionamento, conseguiu-se uma significativa redução de problemas relacionados com vibrações e ruídos, problemas estes comuns em um acionamento tradicional com motores de passo, Fig. (5). Com o emprego de realimentação de posição e velocidade, o sistema eletrônico de controle de movimento dosa a corrente fornecida ao motor, mantendo os parâmetros desejados mesmo que forças externas e/ou perturbações atuem no manipulador. Logo, insucessos no deslocamento são menos prováveis.

Outro ponto a considerar é a maior velocidade alcançada por servo motores CC. Pode-se assim adicionar uma redução em sua saída. Com tal redução, a inércia refletida sobre o eixo do motor diminui consideravelmente, aumentando a carga máxima que o mesmo consegue deslocar.

Em resumo, o emprego desse sistema de acionamento acarreta na diminuição do peso e ruídos do equipamento, aumenta a velocidade de deslocamento e melhora a rampa de aceleração.



(a) Método tradicional



(b) Método proposto

Figura 5. Sistemas de acionamento.

Como resultado final, a Figura 6 traz todo o conjunto utilizado como base para os testes. Sendo o sistema de controle formado por um microcomputador e um painel com botões liga, desliga, emergência, pausa, verifica trajetória e desabilita limites. A IHM é composta por um monitor sensível ao toque de 9 polegadas. A fonte de soldagem é parte integrante da pesquisa em soldagem de tubos de caldeiras e por este fato apresenta um tamanho reduzido, posto as dificuldades de acessibilidade dos locais de trabalho. Por último, tem-se o manipulador CNC robótico.



Figura 6. Componentes do sistema automático de soldagem.

2.2. Soldagem MIG/MAG Pulsado com Pulsção Térmica

A soldagem, quando aplicada como processo de revestimento de partes que tendem a sofrer erosão e corrosão, apresenta uma gama muito variada de possibilidades e normalmente a variante que é utilizada na indústria não está otimizada. Visando o aprimoramento do processo de soldagem utilizado pela indústria, o LABSOLDA desenvolve há algum tempo metodologias de soldagem que ousam além do convencional. Um exemplo desta linha de pesquisa foi o desenvolvimento de um processo de recuperação para as hidrelétricas da TRACTEBEL Energia, conforme relatado por Ribas (2002). Neste trabalho foi empregado o processo MIG/MAG, entretanto muito distinto do que convencionalmente é conhecido. Esta variante do processo MIG/MAG foi denominada de MIG/MAG pulsado com pulsação térmica ou duplamente pulsado, conforme relata Dutra (2008). A Figura (7) ilustra a forma de onda da corrente obtida com este processo. A introdução de uma pulsação térmica promove um efeito de adequação e sustentação da poça metálica com uma conseqüente melhoria na qualidade do depósito. Como outras vantagens da utilização do MIG/MAG pulsado com pulsação térmica podem-se citar:

- Controle sobre o tamanho da poça de fusão, melhoria nas condições de viscosidade e de tensão superficial e no aspecto do perfil do cordão de solda;
- Redução no nível de defeitos como porosidades e mordeduras.

Juntamente com a introdução do referido processo de soldagem, foi empregado o aço inox 309. De acordo com os relatos de Lai et al (2001), o emprego de tal liga proporciona um considerável aumento na vida útil dos tubos, passando-se de 3 para até 20 anos entre parada para manutenção.

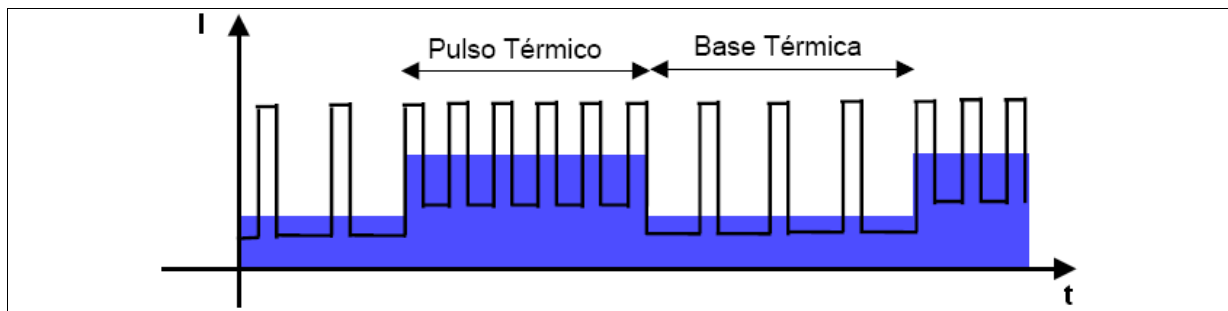


Figura 7. Caracterização da forma de onda da corrente no processo MIG/MAG Pulsado com Pulsção Térmica.

2.3. Soldagem PTAP

Como segunda alternativa, aparece uma opção promissora para o revestimento com camada nobre de proteção dos tubos de caldeiras tem-se o processo PTA (Plasma Arc Transfer). Este processo é similar a uma aspersão com pó, entretanto se diferencia principalmente pelo fato da fonte calorífica ser um arco voltaico estabelecido entre o eletrodo e a peça, uma vez que na aspersão convencional por arco, este é interno à tocha. No LABSOLDA o PTA alimentado com pó, passou a ser chamado de PTAP.

No processo PTAP utiliza-se três sistemas de gás. O primeiro é denominado de gás de plasma e quase sempre é argônio. O segundo é chamado de gás de proteção e o terceiro de gás de transporte, sendo que este último é empregado para carregar o material consumível durante a aplicação do revestimento. Este processo de soldagem é promissor, posto que permite a mistura de ligas, aumentando seu espectro de aplicação. Esta tecnologia foi desenvolvida inicialmente como método alternativo de fabricação de revestimentos de alta qualidade sobre componentes utilizados na indústria nuclear. Segundo Barra (2003), várias são as vantagens atribuídas ao processo, as quais compreendem:

- O processo PTAP produz uma diluição da ordem de 5%, muito inferior aos valores de 20-25% obtidos com o processo MIG/MAG. Para avaliar a qualidade de um determinado revestimento, um requisito importante é a diluição que quantifica o grau de mistura entre o metal de base, o qual apresenta baixa resistência, e o metal de adição, este com alta resistência. Assim, quanto menor a diluição, maior será a eficiência do revestimento aplicado na proteção a erosão, corrosão ou desgaste;
- Maior facilidade para a fabricação de materiais de enchimento para diferentes finalidades experimentais misturando distintos pós.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fim de efetuarem-se testes iniciais e comparativos para o revestimento de tubos de paredes de caldeiras, foram elaboradas duas metodologias distintas. A primeira delas empregou o processo MIG/MAG pulsado com pulsação térmica e o aço inox 309 como material de adição. Já a segunda, fez uso do processo PTAP com adição de INCONEL 625 em pó. Todos os testes tiveram o mesmo padrão de corpo de prova, sendo este um tubo com 50 mm de diâmetro e 6 mm de espessura. Quanto à característica da soldagem de revestimento, foram efetuadas na posição horizontal e em apenas 180° do tubo.

Os testes com o processo MIG/MAG pulsado com pulsação térmica e inox 309, apresentaram bons resultados quanto a continuidade dos cordões e estabilidade da soldagem. A Figura (8) apresenta os primeiros resultados, onde foi utilizado uma corrente média de pulsação de 150 A e corrente média de base de 60 A, sendo que a velocidade de soldagem foi 40 cm/mim e tecimento trapezoidal com frequência de 1,7 hz, amplitude de 5 mm e tempo de parada de 0,1 s. Como gás de proteção foi empregado uma mistura com 95% de Ar, 3% CO₂ e 2% N₂. Mesmo com esta metodologia, que tem como característica proporcionar maior controle sobre a geometria do cordão de solda, não foi conseguido um depósito com espessura menor do que 2,5 mm. Esta espessura é considerada exagerada para um revestimento com materiais mais nobres do que o material de base. Além do desperdício de material, tal espessura acarreta uma deformação grande nos tubos. A Figura (9) apresenta um corpo de prova de 500 mm onde a deformação foi de cerca de 6 mm de flecha.

Um dos principais problemas durante a execução dos ensaios foi a instabilidade no arco elétrico, está por sua vez era decorrente de uma elevada amplitude de tecimento. Tal fato é natural, dado que ao fazer-se o tecimento sobre uma superfície curvada ocorre grande variação na DBCP (Distância Bico-de-Contato Peça). Esta variação de DBCP impossibilitou alcançar-se amplitudes maiores que 5 mm para o processo MIG/MAG. Desde forma, para o revestimento de 180° do tubo foi necessária a realização de 10 cordões de solda.

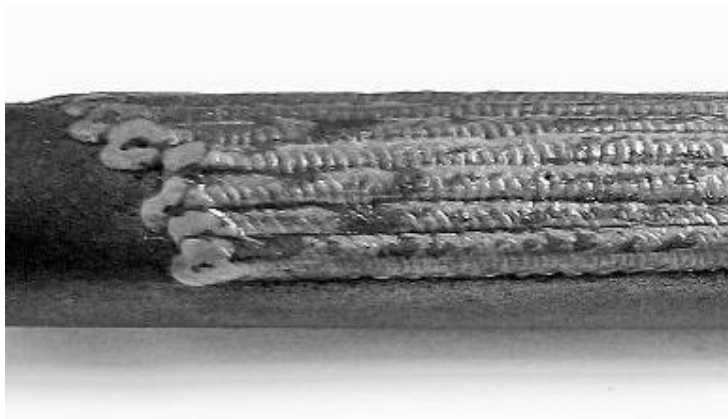


Figura 8. Detalhe do revestimento.



Figura 9. Corpo de prova com deformação.

A segunda solução aplicada foi com o processo PTAP. Aqui foi empregado como material de adição o pó INCONEL 625 e uma corrente de 160 A. A não utilização do inox 309 se deve a sua não disponibilidade comercial. Quando comparado com o processo MIG/MAG pulsado com pulsação térmica, o PTAP apresenta um arco elétrico extremamente estável para variações de DBCP na ordem de 3 a 5 mm. Assim, foi possível a utilização de amplitudes bem maiores do que no caso anterior, chegando-se ao valor limite de 13 mm. Desta forma, com apenas 3 cordões, ao invés de 10, foi possível efetuar o revestimento do tubo. A Figura 10 mostra a característica do revestimento no tubo de 50 mm de diâmetro.



Figura 10. Tubo revestido com o processo PTAP.

Com o revestimento por intermédio do processo PTAP, os cordões de solda apresentaram alturas menores do que 1 mm, o que altamente desejado em um procedimento de revestimento. A Figura 11 apresenta as características de altura dos cordões.

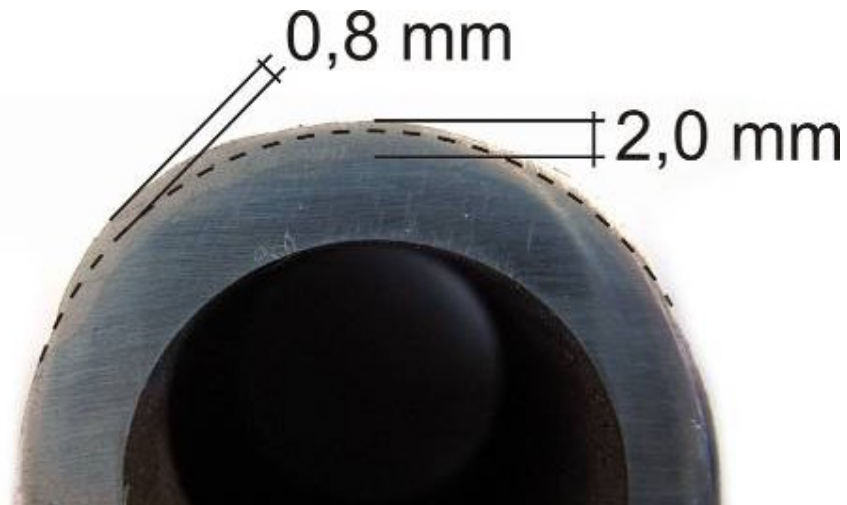


Figura 11. Visão da altura do cordão.

4. CONCLUSÕES

As considerações finais do projeto analisam separadamente as duas linhas de pesquisa desenvolvida. Quanto ao processo de soldagem utilizado, os dois apresentaram bons resultados no quesito de continuidade dos cordões. Como

melhor opção para o revestimento tem-se o processo PTAP com adição de INCONEL 625. Embora, o custo do INCONEL 625 seja alto, cerca de R\$150,00 por quilo contra R\$58,00 por quilo do inox 309, a sua aplicação pelo processo PTAP produz cordões com espessuras menores, o que economiza material e o acabamento é mais uniforme. Outra vantagem diz respeito ao tempo total de soldagem. Com a utilização do processo MIG/MAG pulsado com pulsação térmica a velocidade de soldagem ficou na casa de 40 cm/min e são necessários a realização de 10 cordões. Já com o processo PTAP, a velocidade de soldagem ficou na ordem de 20 cm/min, entretanto foram feitos apenas 3 cordões para conseguir-se o revestimento em 180° do tubo. Cabe salientar que estes resultados são preliminares e que devem ainda serem analisados ainda as vantagens que cada metodologia em ambiente real de operação.

No que tange ao projeto do manipulador robótico para a automatização da operação de revestimento de tubos de parede de caldeira de usinas termelétricas, o desenvolvimento até o ponto atual é satisfatório, posto que os testes efetuados em campo mostraram bons resultados. Assim, é viável a continuidade no desenvolvimento buscando tornar o protótipo em produto. Neste sentido, tem-se como sugestão a troca do microcomputador convencional por um sistema de controle embarcado, o que reduziria significativamente o tamanho do mesmo. Também é fundamental a continuidade no aperfeiçoamento da IHM para torná-la ainda mais simples e intuitiva.

No que diz respeito à estrutura mecânica, existem alguns pontos deficientes a serem aperfeiçoados em um segundo protótipo. A avaliação deste primeiro protótipo indica que o centro de massa do equipamento deve ser deslocado ao máximo para o entre eixos. Assim, espera-se maior repetitividade no deslocamento, devido ao melhor equilíbrio entre as forças envolvidas durante a execução de uma tarefa de soldagem. É necessária também a substituição da fixação atual por uma destinada a robótica. Deste modo, podem-se ter maiores deslocamentos nas juntas, postos que um dos problemas atuais é a acomodação dos fios, os quais são relativamente grossos e com pouca flexibilidade.

Este trabalho também poderá servir como base para futuras pesquisas no que tange à tecnologia da soldagem, seja na parte de desenvolvimento de novos processos ou em novos métodos para a automação da soldagem. Um bom exemplo é o desenvolvimento de um sistema para o controle de altura da tocha de soldagem. Esse sistema certamente traria muitas vantagens para a soldagem, posto que tende a proporcionar maior estabilidade ao arco elétrico no transcorrer da realização do cordão de solda. O aumento da estabilidade reflete-se diretamente na melhoria da qualidade do cordão. Outro exemplo é a integração de sistemas CAD/CAM na determinação das trajetórias de soldagem principalmente no corte de metais por intermédio dos processos de oxicorte e plasma. Com essa integração é factível que o manipulador trabalhe como uma fresadora CNC, ou seja, o equipamento além de realizar a soldagem passaria a fazer operações de corte com excelente resolução e confiabilidade.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a toda equipe do LABSOLDA pelo suporte técnico e a TRACTEBEL Energia S/A pelo suporte financeiro e viabilização dos testes.

6. REFERÊNCIAS

- Art Soft. Using Mach3 Mill. Disponível em: <http://www.machsupport.com/documentation/M3M1_84-A2.pdf>. Acesso em: 15 de agosto de 2008.
- Barra, S. R. Influência do Processo MIG/MAG Térmico sobre a Microestrutura e a Geometria da Zona Fundida. Ago. 2003. 210p. Tese de doutorado. Dept. de Eng. Mecânica, UFSC, Florianópolis, 2003.
- Broering, C. E. Desenvolvimento de Sistemas para a Automatização da Soldagem e do Corte Térmico. Fev. 2005. 96p. Dissertação de mestrado. Dept. de Eng. Mecânica, UFSC, Florianópolis, 2005.
- Dutra, J. C., Felipe, L. Desenvolvimento de tecnologias e de equipamentos para a recuperação por soldagem de tubos de parede de água de caldeira. Disponível em: <<http://www.tractebelenergia.com.br/uploads/2h0f7eri.pdf>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2008.
- Dutra, J. C. O Processo MIG/MAG Pulsado com Pulsação Térmica. Disponível em: <http://www.labsolda.ufsc.br/projetos/projetos_labsolda.htm>. Acesso em: 13 julho de 2008.
- Felipe, L. Santo, E. O. E. II SEMASE, CO-GUT-01, 1998 – GCOI/SCM
- Lai, G., Stamper, D., Jirinec, M., Hulsizer, P. Use of pulse spray gas metal arc weld overlay technology for boiler tube protection against corrosion and erosion. Welding Services, Inc.
- Pires, J. N., Loureiro, A., Bolmsjö, G., Welding robots: technology, system issues and applications. Springer. London. 2006.
- Ribas, F. Depoimento sobre o desenvolvimento de tecnologias para a recuperação por soldagem de regiões cavitadas de turbinas hidráulicas. Disponível em: <http://www.labsolda.ufsc.br/reconhecimento_labsolda.htm> Acesso em: 21 de maio de 2008.
- Sciavicco, L.; Siciliano, B. Modelling and Control of Robot Manipulators. Second Edition. Springer. London. 1999.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OVERLAY OF BOILER TUBE OF WALLS OF THERMOELECTRIC POWER PLANT

Renon Steinbach Carvalho, renon@labsolda.ufsc.br¹

Jair Carlos Dutra, jdutra@labsolda.ufsc.br¹

Luiz Felipe, lfelippe@tractebelenergia.com.br²

Nelso Gauze Bonacorso, nelso@cefetsc.edu.br³

¹Federal University of Santa Catarina (UFSC) – Laboratory of Welding (LABSOLDA), Campus Universitário, CP 476, Trindade, CEP 88040-900, Florianópolis – SC – Brazil.

²TRACTEBEL Energy – Complex Thermoelectric Jorge Lacerda – Tractebel maintenance and service (TMS), Av. Paulo Santos Mello, s/n°, Caixa Postal n°38, CEP 88745-000, Capivari de Baixo – SC.

³Federal Technological Education Center of Santa Catarina (CEFET/SC) – Laboratory of Automation Hydraulic and Pneumatic (LAHP), Av. Mauro Ramos, 950, Centro, CEP 88020-300, Florianópolis – SC – Brazil.

Abstract: The main source of electrical energy produced in Brazil derives from hidroelectrical power plants, which make it vulnerable during lack of rain periods. On this context, thermoelectrical power plants have an important role as an equalizer agent during these periods. Therefore it is fundamental the development of technologies that increase the working time and reduces periods of stop of the hidroelectrical generators. In this sense, the present work is about the construction project of a compact CNC manipulator robot with four degrees of liberty and adaptation flexibility to different surfaces found in boiler walls of thermoelectric power plants. Together with the development of the manipulator a study of welding technology is presented for the overlay of tubes used on the construction of the walls. Such tubes are made of 16Mo3 steel, suffer from corrosion and erosion caused mainly by impurities and heat on the burning of coal. Another factor that contributes to the damage are the steam blowers. As with the reduction on the walls the maximum pressure supported by the pipes is drastically reduced. This becomes source of possible wall collapse and consequently will cause premature stop of the boiler. One way to extend the time between maintenances is to make the overlay of the tubes with noble metals. In this way initial results of overlay by two distinct welding processes. The primary tests were made with Pulsed MIG process with thermal pulsation using as the addition material the stainless steel 309. Then the PTAP process with INCONEL 625 powder was used. At last, it is performed a global analysis over the qualities of the operation of automated overlay over the manual operation, as well as the pros and cons of each process with its respective addition material.

Key-words: robotic welding, weld overlay, thermal pulsed MIG weld, PTAP, CNC manipulator.