

ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DA FREQUÊNCIA DE TECIMENTO NAS CARACTERÍSTICAS DOS CORDÕES EM OPERAÇÕES DE REVESTIMENTO DE MODO AUTOMATIZADO

M. Eng. Mec. Renon Steinbach Carvalho, renon@ifc-riodosul.edu.br

Renan Medeiros Kindermann, rmedeiros@emc.ufsc.br

Dr. Eng. Mec. Jair Carlos Dutra, jdutra@emc.ufsc.br

Dr. Eng. Nelso Gauze Bonacorso, nelso@ifsc.edu.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Eng. Mecânica, Campus Universitário – Trindade, 88040-900 - Florianópolis/ SC – Brasil.

***Resumo:** Este documento relata os esforços para melhorar o revestimento de tubos de caldeira em usinas termelétricas, os quais sofrem de erosão e corrosão. Os melhores resultados encontrados com a soldagem MIG na posição vertical destacaram-se por apresentar altos valores de corrente, de modo a obter uma transferência em “spray”, e alta velocidade de soldagem. Salienta-se aqui a inovação obtida, pois com este método de soldagem de revestimento consegue-se um ótimo aspecto visual, baixa penetração e reforço do cordão de solda, e uma soldagem sem respingos. Um parâmetro importante e de forte influência durante a soldagem é a frequência de tecimento. Dessa forma, o presente trabalho demonstra a influência das diferentes frequências de tecimento (2 a 5 Hz) com características físicas e microestruturais do cordão de solda. Para tal, conciliaram-se os parâmetros da soldagem a fim de variar somente as frequências de tecimento obtendo resultados aceitáveis para o aspecto visuais dos cordões. Por intermédio de macrografias longitudinais dos cordões, o depósito apresentou uma maior variação de diluição para frequências menores, quando as mesmas apresentaram menor diluição no sentido transversal. Logo, um questionamento a ser abordado é a comparação dos cordões visando somente a porcentagem de diluição na seção transversal. Outro ponto tratado é a variação das características microestruturais e composições na superfície do revestimento quando ocorrem variações na penetração, utilizando um microscópio eletrônico de varredura.*

***Palavras-chave:** Frequência, Tecimento, Revestimento, Automação.*

1. INTRODUÇÃO

Um grande problema encontrado no setor energético diz respeito à manutenção das usinas termelétricas. Esta é requerida devida principalmente ao desgaste por erosão e corrosão dos tubos de parede de caldeira. A erosão pode ocorrer por partículas de carvão, cinzas leves, cinzas fundentes e causadas pelos sopradores de fuligem. Já a corrosão ocorre devido a impurezas presentes no carvão, e que somado aos esforços de fluência pelo vapor quente sobre alta pressão, acaba rompendo facilmente os tubos. Atualmente a substituição dos mesmos é efetuada por intermédio da reposição completa dos tubos e suas respectivas membranas, realizada com a soldagem TIG de forma manual.

Uma operação de revestimento por soldagem com materiais resistentes a erosão e a corrosão, como por exemplo, o aço inoxidável 309L ou uma liga de alto teor em níquel, evitaria um seccionamento prematuro e a posterior substituição destes tubos. Como se trata de uma grande área a ser revestida a automatização do processo irá proporcionar maior repetitividade e qualidade além de abrir caminho para que a indústria utilize processos de soldagem com maior produtividade.

O enfoque principal do trabalho está relacionado a uma soldagem na qual a literatura diz não ser viável, que é fora da posição plana com o modo de transferência em “spray”, conseguindo dessa forma uma alta velocidade de soldagem. Um parâmetro que ainda foi pouco estudado é a influência das frequências na qual se aplica o tecimento nas características dos cordões. Pensando nisso, é feito uma análise detalhada desta influência.

O arame que foi utilizado para realizar os experimentos foi o ER309L de 1,2 mm de diâmetro, com grande utilização na soldagem por revestimento fora do país. Em uma primeira etapa, buscou-se levantar os parâmetros para se conseguir soldar com todas as frequências sem variar os outros parâmetros.

Um estudo também foi feito averiguando as macrografias dos depósitos, não somente a seção transversal como se costuma fazer, mas também a longitudinal. Então, calculou-se a taxa de diluição para as duas seções, o reforço e a penetração para a seção transversal, como é de costume para muitos autores. Paralelamente a soldagem, utilizou-se um sistema de aquisição portátil para que fosse obtido o oscilograma de corrente em função do tempo.

O terceiro ponto de influência nas conclusões é concernente a uma análise química efetuada nas amostras longitudinais de 2 e 5 Hz.

No primeiro momento este trabalho visa a comparação entre as influências de tecimento. Todavia, pode servir de subsídios para novos estudos e procedimentos realizados na soldagem de tubos de caldeira em termelétricas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Processo MIG/MAG Convencional

A soldagem a arco com proteção gasosa (Gas Metal Arc Welding – GMAW) é um processo em que a união de peças metálicas é produzida pelo aquecimento destas com um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico nu, consumível, e a peça de trabalho, conforme descreve Marques et al (2005). A proteção do arco e da região da solda contra contaminação é realizada através de um gás ou mistura de gases, que podem ser inertes ou ativos. No Brasil, o processo é descrito como MIG (Metal Inert Gas) quando se utiliza gases inertes e MAG (Metal Active Gas) quando o gás é ativo ou misturas ricas em gases ativos.

Segundo Gohr (1992), o processo de soldagem com MIG/MAG convencional é aquele que utiliza a forma mais simples de equipamento. A fonte de energia é do tipo tensão constante, sendo a corrente uma variável dependente, fundamentalmente, da velocidade de alimentação do arame e das suas características físicas e químicas. Dessa forma, as principais variáveis ajustáveis são a tensão da fonte e a velocidade de arame.

Quando se trabalha com correntes de soldagem acima da corrente de transição, descrita como sendo a corrente da qual muda o tipo de transferência de globular para pulverização axial, o metal é desprendido na forma de gotas de metal bem pequenas e em grande número. Na transferência por “spray”, o arco é bastante estável, praticamente não há ocorrência de respingos e o cordão obtido é regular. Alguns autores (Marques et al, 2005 e Wainer, 1992) comentam que soldagem com altas correntes de soldagem é problemática fora da posição plana, entretanto conseguiu-se excelentes resultados para a posição vertical.

2.2. Bancada de Ensaio

A Figura 1) mostra a bancada utilizada para realizar os ensaios pertinentes a este relatório, com destaque em (A) para o robô UP-6 da Motoman (1) e a fonte Digitec 600 da IMC Soldagem (2). Em (B) tem-se uma imagem durante a soldagem. Como vem sendo trabalhado com grandes velocidades de soldagem e altas frequências de tecimento, atualmente, somente com o uso deste robô antropomórfico é possível alcançar estes requisitos. Porém, não é factível trabalhar com o mesmo dentro das usinas, devido a sua falta de versatilidade. Pensando-se nessa problemática, está sendo melhorado o Tartilope V4 que é um sistema robótico de quatro graus de liberdade desenvolvido pelo LABSOLDA, com o intuito de obter tais necessidades.

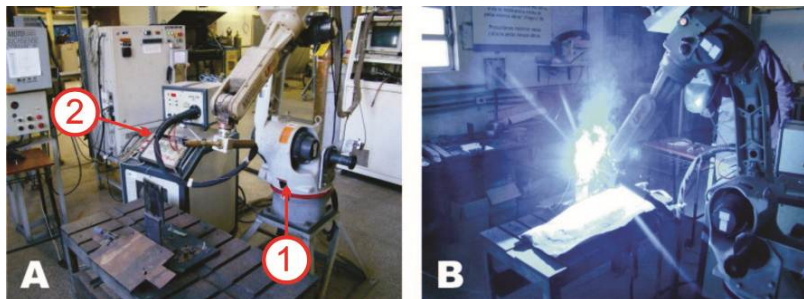


Figura 1. Bancada onde foram realizados os ensaios com alta velocidade de soldagem.

2.3. Corpos de Prova

Os corpos de prova sobre os quais foram depositados os cordões são placas de aço ABNT 1020 de 6,30 mm de espessura. As dimensões das placas como também do posicionamento dos cordões de solda estão ilustradas na Figura 2). Vale lembrar, que se teve um cuidado para realizar a soldagem dos cordões em uma mesma distância das extremidades do corpo de prova para se ter certeza de que não ocorreriam discrepâncias nos resultados.

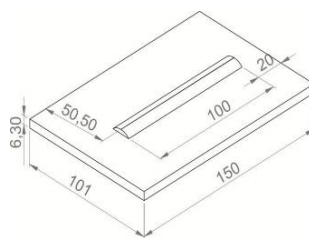


Figura 2. Dimensões, em milímetros, dos corpos de provas utilizados e dos cordões de solda.

2.4. Metal de Adição

O metal de adição utilizado na soldagem é um aço inoxidável com baixa porcentagem em peso de carbono. Seu nome comercial é ER309L. Na Tabela 1) é descrito sua composição química.

Tabela 1. Composição química ER309L

Elemento Químico	%
C	0,03
Mn	1 - 2,5
Si	0,30 - 0,65
Cr	23 - 25
Ni	10 - 14

Chiaverini (1986) cita que aços que contêm simultaneamente teores consideráveis de cromo e de níquel são chamados de aços inoxidáveis austenísticos e considerados os melhores resistentes à corrosão. A seguir será explicado sucintamente o efeito destes dois elementos de liga nas propriedades e na microestrutura do aço.

Sem dúvida o elemento mais importante para conferir a resistência à corrosão ao aço é o cromo. Em teores acima de 20%, como acontece com ER309L, Tabela 1), ocorre uma resistência ao calor. Em resumo, nos materiais resistentes ao calor, associam-se três características: resistência à corrosão, resistência à oxidação e altas temperaturas e resistência à fluência. Para este alto teor de cromo é dito que ocorreu uma total passividade, que é a propriedade de certos metais e ligas metálicas permanecer inalterados no meio circunvizinho. Com bases nos aspectos microestruturais, o aumento do teor de cromo gera uma queda na faixa austenítica, até aparentemente desaparecer para teores maiores que 20%.

O níquel, de um ponto de vista microestrutural, exerce uma influência mais decisiva do que o cromo quanto às formas alotrópicas do ferro. Ao contrário do cromo, o níquel estabiliza a austenita a temperatura ambiente; fato que atribuiu o nome de aços inoxidáveis austenísticos. Além de melhorar a resistência à corrosão, melhora igualmente a resistência à oxidação a altas-temperaturas, de modo que esses aços são também aplicados em condições de temperatura diferentes da ambiente.

Os aços inoxidáveis austenísticos quando trabalhados a temperaturas da ordem de 400° a 800°C são sensíveis ao fenômeno de corrosão intergranular. Isto ocorre devido à precipitação de um carboneto complexo de cromo e ferro na região do contorno de grão. A formação desse carboneto não afeta a resistência mecânica, entretanto, por ser muito rico em cromo (às vezes até 90% em peso), ocorre uma retirada deste composto das regiões circunvizinhas, fragilizando-as frente ao ataque corrosivo.

Como os tubos de caldeira estão sujeitos à faixa de temperatura citada é necessário evitar esta corrosão. Uma maneira é diminuindo o teor de carbono a valores que não favoreça a formação dos carbonetos durante a soldagem, como consequência não ocorrerá a retirada de cromo das áreas adjacentes ao contorno de grão.

2.5 Gases de proteção

Essencialmente, os gases utilizados na soldagem realizam uma proteção contra a poça de fusão. Eles têm como função formar uma barreira física contra o acesso de, principalmente, oxigênio, nitrogênio e hidrogênio, reduzindo a susceptibilidade à formação de poros, excesso de óxidos, nitretos, inclusões e trincas a frio, todos prejudiciais a resistência da junta soldada, conforme mostram Irving (1996) e Chae (1999). Na realidade, o processo de soldagem só é possível graças à dissociação do gás com conseqüente liberação de íons, fenômeno proveniente do aquecimento do gás pela tensão gerada entre os eletrodos e necessário para a formação do plasma e condução da corrente, descrito por Gonçalves e Silva (2005).

O tipo de gás influencia as características do arco e a transferência de metal, a penetração, a largura e o formato do cordão de solda, a velocidade máxima de soldagem, a tendência ao aparecimento de mordeduras e o custo de operação. Para o experimento, buscou-se aliar os requisitos citados com um gás disponível comercialmente, pois o objetivo

principal deste trabalho não é verificar a influência dos gases na geometria do cordão de solda. Para tanto o gás de proteção nos testes realizados possuía como composição 3% de dióxido de carbono (CO₂), 2% de nitrogênio e 95% de argônio.

Gonçalves e Silva (2005) cita também que, de uma maneira geral, soldas realizadas com misturas ricas em Ar, com pouco CO₂, têm maior chance de apresentar resultados satisfatórios quando há um caráter mais crítico em termos de requisitos de regularidade na transferência metálica e geração de respingo, justamente pelo caráter errático e explosivo da transferência metálica característico do CO₂.

3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para verificar a influência das frequências de tecimento foram soldados quatro cordões em quatro chapas diferentes, seguindo a metodologia descrita no item 2.3. As chapas foram colocadas na posição vertical na qual o robô antropomórfico realizou o movimento descendente. A principal preocupação foi obter cordões de bom aspecto superficial, uniformes, e isentos de defeitos superficiais – salvos aqueles referentes à variação da frequência.

A princípio tentou-se também analisar a frequência de 1 Hz porém a mesma foi descartada devido a impossibilidade de aliar um aspecto superficial aceitável com os parâmetros exigidos na soldagem dos outros cordões com diferentes frequências de tecimento.

Os parâmetros pertinentes à soldagem estão mostrados na **Tabela 2**).

Tabela 2. Parâmetros da soldagem.

Parâmetros	Unidade	Valor
Arame	-	ER309L
Diâmetro	mm	1,2
Velocidade de arame	mm/min	105
Tensão	V	30
Vazão do Gás	l/min	15
Ks	-	20
Kd	-	20
Velocidade de soldagem	mm/min	400
Amplitude	mm	8
Tipo de tecimento	-	Triangular
Distância bico de contato-peça	mm	25

Para a avaliação do procedimento de soldagem e verificação da estabilidade do arco elétrico, utilizou-se um sistema de aquisição portátil (SAP) paralelo a soldagem, o qual consegue mensurar a variação da corrente em um determinado tempo de arco aberto.

Nos ensaios posteriores a soldagem, as amostras foram seccionadas e analisadas, tanto no perfil transversal como no longitudinal, levando em consideração fatores como diluição no metal de base, penetração e reforço do metal depositado e altura do cordão de solda.

Por fim, realizou-se uma análise química das amostras longitudinais de 2 e 5 para verificar a influência principalmente do teor de cromo com estas duas frequências.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os parâmetros da Tabela 2) foi possível obter os cordões apresentados Figura 3) variando somente a frequência de tecimento. Em (A), (C), (E) e (G) tem-se o aspectos superficiais dos cordões e em (B), (D), (F) e (H) os gráficos da oscilação da corrente de soldagem em função do tempo. Tomou-se o cuidado para que a distância bico de contato-peça (DBCP) fosse mantida sempre a mesma para que não ocorresse uma variação do “stick-out”, com consequente diferença na quantidade e penetração do material depositado.

Fazendo-se uma análise preliminar, é perceptível que para frequências menores de trabalho acarretaram defeitos conhecidos como “mordeduras” e que são atribuídos à alta velocidade de soldagem utilizada, com consequente falta de fusão nas extremidades do cordão. Logo, para frequências maiores realiza-se uma soldagem de revestimento com velocidades acima da obtida com frequências menores, fato muito importante, pois reduziria o tempo de parada para manutenção das caldeiras. Além disso, não foram evidenciadas trincas, poros, ou quaisquer irregularidades na superfície dos cordões. Defeitos internos não foram averiguados.

Os gráficos exibidos são típicos para quando se trabalha com correntes altas (no presente caso, da ordem de 180 A) e acima da corrente de transição, obtendo-se uma transferência com spray. Além do mais, nota-se uma estabilidade no

processo, sem a ocorrência de curtos-circuitos, fenômeno que acaba gerando respingos. Outro ponto importante a ser destacado é a maior oscilação da corrente quando se trabalha com frequências maiores.

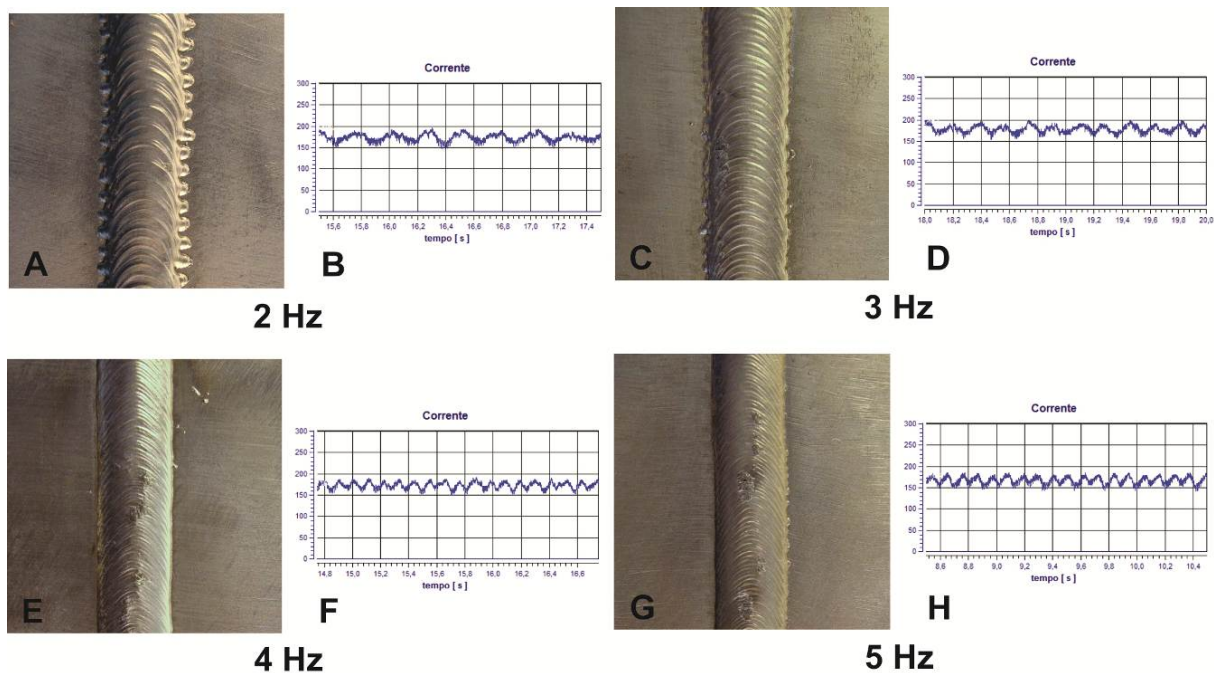


Figura 3. Imagens da superfície do cordão seguido do oscilograma de corrente obtidos para cada frequência de tecimento citada.

Um ponto importante a ser destacado é o tempo que levaria para revestir certa área dos tubos de caldeira com a velocidade de soldagem utilizada. Sabendo que esta apresenta o valor de 400 mm/min, que o cordão de solda de 5 Hz tem 14 mm de largura, e que é aplicada uma sobreposição de 25% sobre os cordões, é factível revestir uma área de 1 mm² de parede de tubo em aproximadamente 4 horas, considerando somente o tempo de arco aberto.

Nesta primeira parte de avaliação dos resultados, a qual verificou o aspecto superficial dos cordões como também os oscilogramas da soldagem, ficam notórios a melhor qualidade dos cordões obtidos com as frequências de 4 e 5 Hz. Outra avaliação foi feita e para esta os cordões foram usinados conforme mostra o esquema da Figura 4) para avaliar qual a porcentagem de diluição encontrada como também a penetração e o reforço. Procurando-se buscar novos métodos de comparação adotou-se outra análise da diluição, para isto, além do corte transversal, foram efetuados dois cortes longitudinais, um no meio e outro na extremidade do cordão de solda.

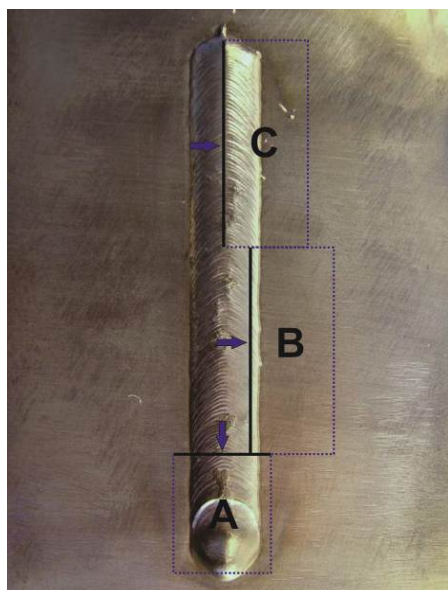


Figura 4. Regiões das análises metalográficas.

Na Figura 4) estão mostradas as regiões onde foram feitos os cortes para a análise das macrografias. Em (A) tem-se o corte transversal que é feito geralmente em todos os cordões de solda para avaliação da diluição, penetração e reforço. Com o objetivo de tentar-se uma análise diferenciada e averiguar qual o comportamento do cordão no sentido longitudinal, realizaram-se os cortes (B) e (C), sendo o (B) mais próximo da extremidade e o (C) no meio do cordão. As setas indicam a região onde foram realizados o lixamento e polimento das amostras, para consequente obtenção das imagens digitalizadas das macrografias.

Analisando separadamente a Figura 5) percebe-se que o cordão obtido com a frequência de 5 Hz ficou com um reforço maior que o obtido para a amostra de 2 Hz, fato que é considerado desaconselhável para a soldagem de tubos de caldeira por requerer uma quantidade maior de metal de adição. Quanto a penetração, a amostra de 2 Hz apresentou a menor distância (0,60 mm), o que é o ideal para o revestimento dos tubos por que com uma menor penetração do metal de adição se torna factível soldar chapas de espessuras menores e também ocorre uma interferência menor nas propriedades do metal de base. Resumindo, com análise somente da Figura 5) levaríamos a uma conclusão de que o processo de 2 Hz foi superior ao de 5 Hz, porém esta conclusão seria precipitada e errônea, com base nos estudos das figuras seguintes.

Quando se leva em consideração as macrografias das seções longitudinais, Figura 6) e Figura 7), nota-se que quanto maior a frequência de tecimento ocorre uma estabilidade no perfil do metal depositado, com consequente queda da diluição, conforme mostra a Tabela 3) principalmente no caso (B). De fato, a variação de penetração encontrada na amostra de 2 e 3 Hz não é benéfico em uma soldagem e nos leva a cometer enganos quando a mesma amostra é analisada no sentido transversal, pois poderia ser tomado como base a parte em que a penetração foi maior, nos dando um resultado diferente do esperado.

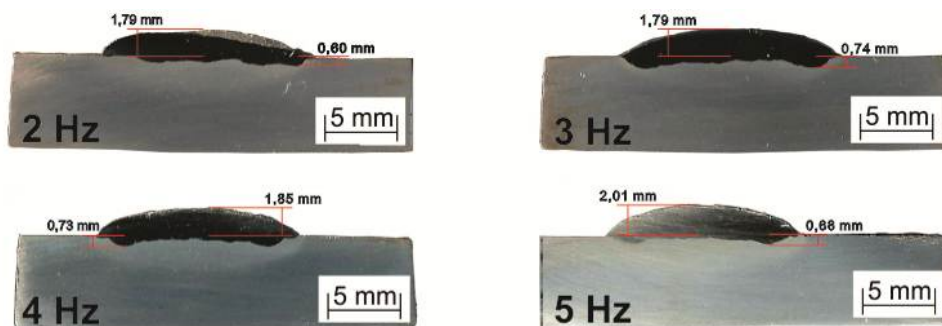


Figura 5. Macrografia das amostras na região A juntamente com as medidas de reforço e penetração.

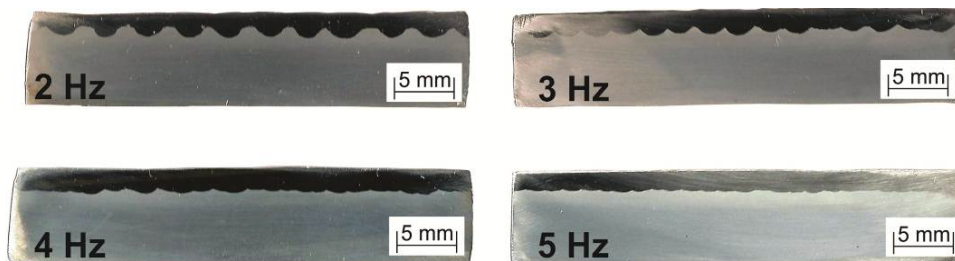


Figura 6. Macrografia das amostras na região B.

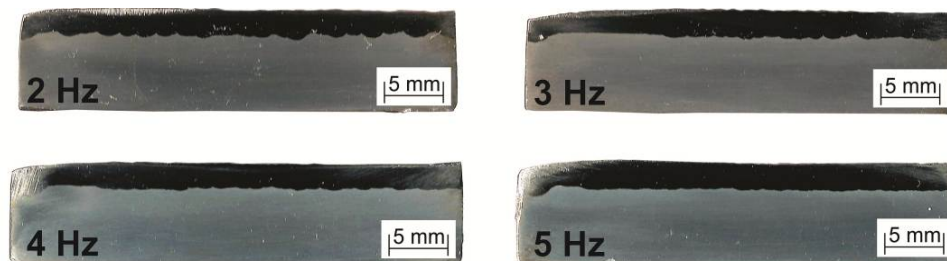


Figura 7. Macrografia das amostras na região C.

Tabela 3. Análise de diluição para as amostras.

Frequência (Hz)	Diluição (%)		
	A	B	C
2	17,15	16,28	27,28
3	24,51	15,01	24,20
4	19,45	9,42	31,43
5	15,16	8,20	27,85

Dessa maneira, questiona-se se o método de avaliação unicamente pela seção transversal é confiável para determinar qual o método é mais adequado. Certos autores, como por exemplo, Lai, comentam na grande vantagem de seus processos aliando uma baixa penetração, porém, como foi mostrado neste relatório, é necessária também uma avaliação da seção longitudinal e não somente da transversal.

Na tentativa de realizar uma comparação mais aprofundada entre os dois extremos de frequência utilizou-se um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) acoplado a um detector de Raios-X, para que fosse analisada a composição química em determinadas regiões das amostras de 2 e 5 Hz no corte (B), conforme mostra a Figura 8) em (A) e em (B), respectivamente. Para a amostra de 2 Hz tomou-se cinco regiões de análise, sendo duas delas na interface e na superfície ao “pico” e as outras três na interface, na superfície e na zona intermediária ao “vale”. Destaca-se que a região intermediária do “vale” fica exatamente na mesma profundidade que a região da interface do “pico”. Por fim, para a amostra de 5 Hz fizeram-se apenas três análises pois não há uma variação tão grande no perfil de penetração, sendo elas detalhadas na Figura 8)B.

Os resultados são apresentados na Tabela 4) para a amostra de 2 Hz e na Tabela 5) para a de 5 Hz. Lembrando que existe um percentual de erro nas análises que é inerente ao processo do MEV. O componente químico que servirá de base para o estudo a ser feito é o cromo, pois o mesmo está relacionado com a passividade dos aços inoxidáveis, conforme descrito na seção 2.4. Logo, quanto menor o teor de cromo mais suscetível é o metal a ataques químicos. Segundo Chiaverini (1986), para teores acima de 10% de cromo o aço possui resistência à corrosão e na faixa de 20% adquire resistência ao calor.

A análise química da Figura 8)A revela que não existe uma regularidade na composição do cordão de solda, sendo que a região (A-3) possui apenas 16,24 % de cromo, teor abaixo do encontrado nas outras regiões. De fato, quanto maior a penetração menor será o teor de cromo alcançado, sendo que este perfil em forma de onda realça mais essa diminuição. Logo, caso aconteça uma degradação do metal revestido no futuro, quando a região em questão for alcançada, a proteção não será a mesma e a corrosão se dará de forma mais rápida. Somado a isso, a área abaixo de (A-2) é desnecessária, pois à medida que as regiões acima dela forem degradadas a área abaixo de (B-2) ficará sem o material de solda, ocorrendo uma corrosão iminente em determinados pontos do tubo.

Com relação à Figura 8)B é perceptível que o teor de cromo está maior que a amostra de 2 Hz e há uma regularidade na composição química do cordão de solda, fator que é benéfico pois sabe-se que até a região (C-3) o cromo mantém-se semelhante a região (C-1) e com alta porcentagem em peso – acima de 20%.

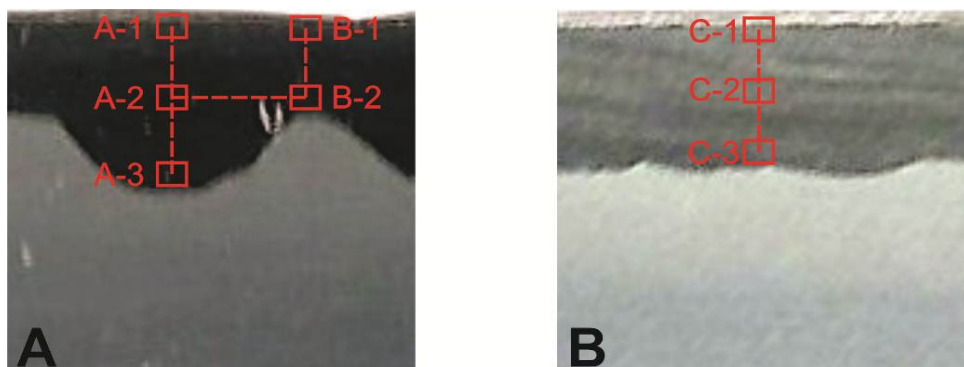
**Figura 8. Regiões onde foram feitas as análises químicas.**

Tabela 4. Composição química para as regiões especificadas para a amostra de 2 Hz

Região	Composição (%)			
	Cr	Mn	Fe	Ni
A-1	18,64	2,11	68,27	10,99
A-2	18,08	1,85	69,17	10,9
A-3	16,24	2,16	72,23	9,38
B-1	18,98	1,88	67,85	11,29
B-2	18,12	1,93	69,93	10,03
Erro (+/-)	0,28	0,19	0,69	0,49

Tabela 5. Composição química para as regiões especificadas para a amostra de 5 Hz

Região	Composição (%)			
	Cr	Mn	Fe	Ni
C-1	19,85	1,92	66,64	11,59
C-2	20,22	1,86	66,31	11,61
C-3	20,24	1,81	66,7	11,25
Erro (+/-)	0,31	0,35	0,66	0,51

Sendo assim, é dito que para um depósito com uma uniformidade maior a composição química do cordão de solda é evidentemente mais benéfica para a resistência a corrosão, em vista dos teores de cromo e de níquel serem maiores, como acontece com a amostra de 5 Hz.

5. CONCLUSÃO

Esse trabalho teve como enfoque a verificação da influência de tecimento em determinados aspectos do cordão de solda e servirá como base para futuros estudos com soldagem de revestimento pelo processo MIG/MAG.

Primeiramente, pela análise do aspecto superficial conclui-se que para frequências maiores consegue-se soldar com velocidades de soldagens maiores, o que gera um tempo menor para a realização do revestimento dos tubos de caldeira. Contrariando as literaturas, houve a possibilidade de se soldar com “spray” na posição vertical e pela Figura 3) percebe-se que as altas correntes empregadas tornam o processo rápido e sem respingos, de forma a ser facilmente automatizado.

O estudo das macrografias revela que se deve tomar cuidado ao analisar somente o perfil transversal, pois podem acontecer desvios na seção longitudinal levando a conclusões incorretas. Assim, para uma frequência de tecimento de 5 Hz acabou havendo uma altura e penetração maior que para a frequência de 2 Hz, mas em contrapartida o depósito se deu de forma regular ao longo de todo o cordão soldado.

Essa vantagem em um depósito de perfil regular foi comprovada com as análises químicas que mostram que o teor de cromo e de níquel manteve-se constante ao longo de todo o cordão, o que dará um tempo de vida maior para o revestimento em si.

Dessa forma, conclui-se que para frequências de tecimento maiores o processo de revestimento se torna mais vantajoso no que diz respeito ao tempo de soldagem, ao tempo de vida e também ao aspecto superficial.

Convém ressaltar, que estão sendo adequados os processos, pois não seria factível utilizar um robô antropomórfico dentro das usinas termelétricas devido ao seu grande porte e sua falta de mobilidade. Nesse contexto, um novo Tartilope V4 vem sendo produzido pelo LABSOLDA no intuito de adequar as necessidades de alta velocidade e frequência de tecimento.

6. 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.

7. REFERÊNCIAS

- Chae, Y.M. et al, 1999. "A New Instantaneous Output Current Control Method for Inverter Arc Welding Machine", IEEE, pp. 521-526.
- Chiaverini, V., 1986, "Tecnologia Mecânica: Materiais de Construção Mecânica", McGraw-Hill, 2.ed, São Paulo, Brasil, pp. 250-258.
- Gohr, R.J., 1992, "Novos Métodos de Controle da Soldagem MIG/MAG", Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Gonçalves e Silva, R.H., 2005, "Soldagem MIG/MAG em Transferência Metálica por Curto-circuito Controlado Aplicada ao Passe de Raiz", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Irving, B., 1994, "Trying to Make Some Sense Out of Shielding Gases", Welding Journal, Vol. 73, No. 5, pp. 65-70.
- Lai, G., "Performance of Automatic GMAW Overlays for Waterwall Protection in Coal-Fired Boilers", Welding Services Inc., Georgia.
- Lai, G., Stamper, D., Hulsizer, P., "Use of Pulse Spray Gas Metal Arc Weld Overlay Technology for Boiler Tube Protection against Corrosion and Erosion", Welding Services Inc., Georgia, p. 22-23.
- Marques, P.V., Modenesi, P.J., Bracarense, A.Q., 2005, "Soldagem: Fundamentos e Tecnologia", Editora UFMG, Belo Horizonte, Brasil, pp. 233-251.
- Wainer, E., Brandi, S.D., Homem de mello, F.D., 1992, "Soldagem: Processos e Metalurgia", Editora Blucher, São Paulo, Brasil, pp. 104-105.

8. DIREITOS AUTORAIS

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

STUDY ON THE INFLUENCE OF FREQUENCY CHARACTERISTICS OF CORDS IN TORCH OSCILATION OPERATIONS FOR AUTOMATED COATING METHOD

M. Eng. Mec. Renon Steinbach Carvalho, renon@ifc-riodosul.edu.br

Renan Medeiros Kindermann, rmedeiros@emc.ufsc.br

Dr. Eng. Mec. Jair Carlos Dutra, jdutra@emc.ufsc.br

Dr. Eng. Nelso Gauze Bonacorso, nelso@ifsc.edu.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Eng. Mecânica, Campus Universitário – Trindade, 88040-900 - Florianópolis/ SC – Brasil.

Abstract: *This document reports efforts to improve the coating of boiler tubes in power plants, which suffer from erosion and corrosion. The best results with the MIG upright stood out by presenting high current values in order to obtain a transfer in spray, and high speed welding. Salient here is the innovation made, because with this method of welding coating can be a great visual appearance, low penetration and reinforcement of the weld, and welding without a splash. An important parameter and the strong influence during welding often is the Food Supply. Thus, this study demonstrates the influence of different frequencies of torch oscilation (2-5 Hz) with physical characteristics and microstructure of the weld bead. To this end, reconciled to the welding parameters to vary only the frequencies of Food Supply obtaining acceptable results for the visual aspect of the cords. Through macrographs longitudinal ridges, the deposit showed a greater variation in dilution to lower frequencies when they were less dilution in the transverse direction. Therefore, a question to be addressed is the comparison of strings only targeting the percentage of dilution in cross section. Another point addressed is the variation of compositions and microstructural characteristics of the coating on the surface when there are variations in penetration, using a scanning electron microscopy.*

Keywords: *Frequency, Supply, Coating, Automation.*