



AVALIAÇÃO DO TEOR DE FUMOS EM PROCESSOS DE SOLDAGEM AO ARCO ELÉTRICO COM ELETRODO REVESTIDO

Osenir Virlândio Vieira da Silva Neto

Universidade Federal da Paraíba, Rua Duque de Caxias 539, C. Grande,
e-mail: virlandio@bol.com.br

Leonardo Domingos Pereira

Universidade Federal da Paraíba, Rua Aprígio Veloso 882, C. Grande,
e-mail: mecânica@coordct.ufpb.br

Theophilo Moura Maciel

Universidade Federal da Paraíba, Rua Aprígio Veloso 882, C. Grande,
e-mail: theo@dem.ufpb.br

Resumo.

Neste trabalho, foi avaliada a influência do tipo de revestimento do eletrodo e dos parâmetros de soldagem sobre o teor de fumos no processo de soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido, considerando três fabricantes diferentes. Para isto, foi utilizado um sistema de coleta de fumos elaborado, segundo norma internacional ANSI/AWS F1.2-85. Através do qual foram coletadas as taxas de geração de fumos (TGF) de soldagens executadas com eletrodos AWS E 7018, AWS E 6010 e AWS E 6013 dos 3 diferentes fabricantes, utilizando-se diferentes valores de corrente e tensão, mantendo-se constante a velocidade de soldagem. De um modo geral, todos os eletrodos apresentaram um aumento na TGF com o aumento da potência do arco (P) considerado como o produto da corrente, da tensão e do tempo de soldagem. O modo de variação de P com a TGF apresentou-se de acordo com o tipo de revestimento do eletrodo e com o tipo de fabricante, entretanto, o eletrodo AWS E 6010, de todos os fabricantes, foi o que apresentou uma maior TGF em função de P . Ao analisarmos o efeito da polaridade, foi observado que o eletrodo AWS E 6013 de uma das empresas analisadas apresentou um aumento significativo na TGF quando soldado com polaridade direta.

Palavras-Chave: *Fumos de Soldagem; Taxa de geração de Fumos; Processo de Soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido.*

1. INTRODUÇÃO

O campo de aplicação da soldagem é praticamente irrestrito. Assim sendo, sua aplicação pode variar desde a viabilização de uma simples cadeira com armação metálica, até as naves espaciais mais sofisticadas, que seriam inviáveis sem o conhecimento da soldagem.

Dentre os vários processos de soldagem, tais como: MIG/MAG, Arco Submerso, TIG, etc, a Soldagem a Arco Elétrico com Eletrodo (SAER) é o processo mais utilizado mundialmente, devido à simplicidade do equipamento, e ao seu baixo custo. Este processo possui grande versatilidade e solda a maioria dos metais numa faixa grande de espessura, (Wainer, 1992; Cunha, 1989).

Em todos os processos de soldagem são criados poluentes do ar na forma de fumos e gases. Os fumos consistem, principalmente, de óxidos metálicos que são formados quando o vapor de metais se condensa e oxida. Os gases são criados devido às altas temperaturas e à radiação ultravioleta do arco. Exemplos de gases perigosos formados na soldagem incluem o ozônio, dióxido de nitrogênio, óxido nítrico e monóxido de carbono. O nível de emissão de poluentes do ar e sua composição dependem de inúmeros fatores, tais como: métodos e parâmetros de soldagem, e, metal de adição e, especificamente no caso do processo SAER, do tipo de revestimento do eletrodo.

Os revestimentos são classificados genericamente em Celulósicos, Rutílicos e Básicos, cada um deles com composição química diferente em função dos efeitos que os mesmos devem proporcionar à poça de fusão da solda. (Okumura, 1982; Wainer, 1992; Propesa, 1984).

Um outro fator que pode afetar a taxa de geração de fumos é a inversão da polaridade do eletrodo. Ao se soldar com o eletrodo no pólo positivo (polaridade reversa) ou no pólo negativo (polaridade direta) da fonte energia, há uma inversão do fluxo de eletrons do eletrodo para a peça e vice-versa, o que pode alterar também o valor da Taxa de Geração de Fumos (TGF) (Machado, 1996; Okumura, 1982; Wainer, 1992).

3- MATERIAIS E MÉTODOS

O método utilizado para a coleta de fumos foi o ANSI/AWS F1. 2-85 (Society, 1985). Para tanto foi projetado e construído na Oficina Mecânica do DEM um sistema para a coleta de fumos, segundo as dimensões exigidas pela referida norma e apresentado na Fig. (1). O sistema consta basicamente de uma câmara cônica (cuba) que apresenta duas aberturas por onde o soldador coloca as mãos para a realização dos testes no seu interior e um exaustor cuja função é realizar um desequilíbrio de pressão entre a parte interna e a parte externa, ou seja, a pressão na parte externa se torna menor do que na parte interna fazendo com que o fluxo de fumaça se dê de dentro para fora passando assim pelo filtro que é colocado entre o exaustor e a câmara. Para se obter o registro da corrente e da tensão de soldagem foi utilizado um sistema de aquisição de dados que fornecia e armazenava em um microcomputador os valores destas variáveis a cada 0,5 segundos.

A Figura (1) apresenta fotografia do sistema desenvolvido na oficina do DEM.

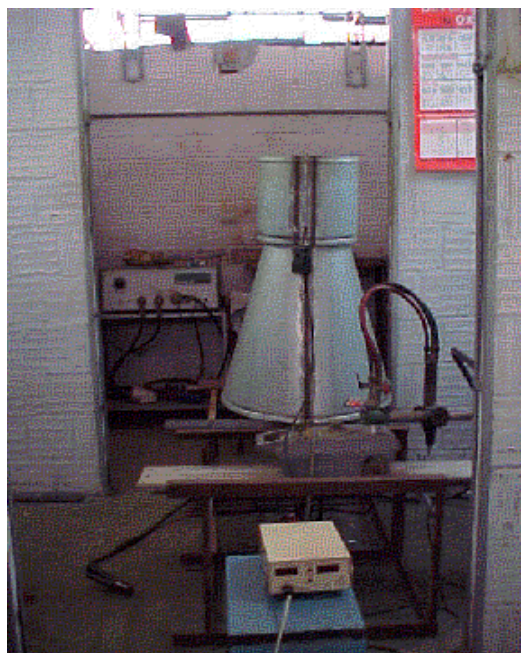


Figura 1. Sistema completo utilizado para a coleta de fumos.

Foram utilizados os eletrodos dos tipos AWS E 6010 (revestimento celulósico), AWS E 6013 (revestimento rutilico) e AWS E 7018 (revestimento básico), todos com diâmetro de $3,25 \times 10^{-3}$ m e comprimento de 350×10^{-3} m, são obtidos de três diferentes fabricantes, que serão denominados de A, B e C.

O metal, de base utilizado como corpo de provas foram chapas de aço com: 30 cm de comprimento, 5×10^{-2} m de largura e 5×10^{-3} m de espessura.

Para se obter uma melhor reprodutibilidade dos resultados foi realizada a automatização do movimento horizontal da chapa, fixando-se desta forma a velocidade de soldagem. Para a automatização do movimento da chapa foi necessário adaptar o "carrinho" (tartaruga) utilizado para a execução de cortes automáticos de chapas de aço por processo oxi-acetilênico. A esse "carrinho" foi acoplada uma plataforma cuja principal função é a de transportar o corpo de prova ao longo do espaço útil de solda, na cuba para a captação dos fumos.

A Figura (2) apresenta o sistema desenvolvido para a automatização da velocidade de soldagem.



Figura 2. Sistema desenvolvido para a automatização do processo de soldagem.

Depois de vários testes determinou-se a velocidade ideal para a execução das soldas testes que foi de: 0,3 m/min; enquanto que o tempo de cada soldagem ficou em torno de 50 s. O filtro utilizado para a captação dos fumos foi de celulose com as seguintes especificações: Diâmetro= 320×10^{-3} m; Porosidade = $8\mu\text{m}$ e Espessura = $0,18 \times 10^{-3}$ m. Utilizou-se uma balança para a pesagem dos filtros.

Foram utilizados três valores de corrente: de acordo com o tipo de eletrodo, as quais variaram de 85 a 110 A (mínima) de 110 a 115 A (média) e de 115 a 145 A (máxima). A tensão utilizada variou entre 20V e 31V. Tendo em vista o processo ser manual, não pode ser mantido constante o comprimento do arco, cuja variação proporcionou pequenas alterações nos valores das voltagens. Como o aumento desta variável também pode gerar aumento nas taxas de fumos, utilizou-se um parâmetro (P) denominado de potência do arco definido pela Eq. (1):

$$P = I \times V \times t/10^5$$

onde I é a corrente de soldagem em ampères, V a voltagem em volts e t o tempo de ensaio em segundos. Através desta variável pode-se avaliar o efeito conjunto destas três variáveis.

Algumas soldagens foram também executadas com polaridade direta e reversa, com o objetivo de avaliar o efeito desta inversão da polaridade no valor da TGF.

Após termos calibrado todo o equipamento a ser utilizado na experiência, o processo foi iniciado colocando-se o filtro a ser utilizado na experiência dentro do forno a uma temperatura de 373 K, por um tempo de 3600 s. Posteriormente pesamos o filtro com aproximação de $0,001 \times 10^{-3}$ Kg. Em seguida, os filtros foram secados em estufa a uma temperatura de 373 K para retirada da umidade das partículas higroscópicas. Logo após a secagem os filtros eram posicionados no coletor, executando-se em seguida as soldagens. Foram executadas 5 soldagens para cada condição (mesmo

valor de P), e, conseqüentemente, 5 pesagens dos filtros impregnados com fumos em cada caso, calculando-se em seguida o peso médio. A utilização desse artifício foi para que pudéssemos minimizar o erro durante a pesagem do filtro. Após a soldagem, esperava-se aproximadamente 30 segundos para a câmara ficar limpa e então desligava-se o exaustor e cuidadosamente removia-se o filtro, executando-se em seguida a pesagem dos mesmos. A diferença entre pesos dos filtros antes e depois da soldagem fornecia o valor da TGF. Os valores da TGF apresentados nos gráficos representam a média das 5 pesagens e a barra os respectivos valores dos desvios-padrões.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura (3) apresenta a relação entre a potência do arco (P) e os teores de fumos gerados pelos eletrodos AWS E 6010, E 6013 e E 7018 produzidos pelo fabricante A.

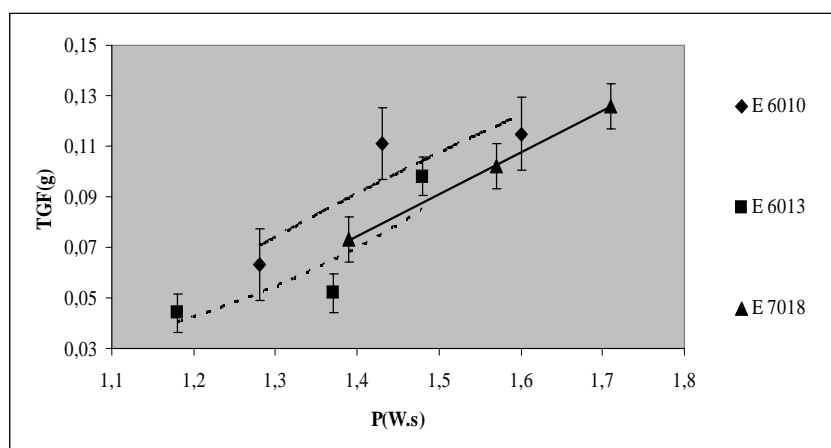


Figura 3. Variação da TGF em função de P nos três tipos de Eletrodos produzidos pelo fabricante A.

Ao analisarmos a relação entre P e TGF apresentada na Fig. (3), observa-se que o aumento de TGF com P ocorreu para todos os eletrodos. Podemos observar também que o eletrodo AWS E 6010 apresentou um maior valor de TGF em relação aos outros. Os valores da TGF dos eletrodos AWS 6013 e AWS E7018 ficaram muito próximos.

A Figura (4) apresenta a relação entre a potência do arco (P) e os teores de fumos gerados pelos eletrodos AWS E 6010, E 6013 e E 7018 produzidos pelo fabricante B.

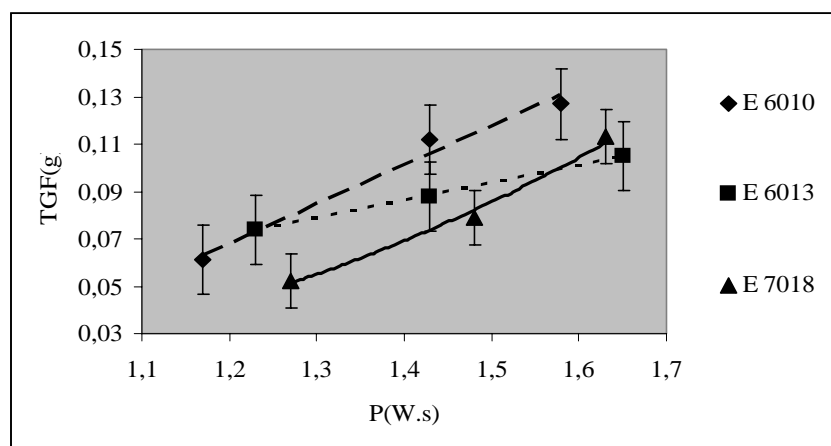


Figura 4. Variação da TGF em função de P nos três tipos de Eletrodos produzidos pelo fabricante B.

Ao analisarmos a Fig. (4), observamos que o maior valor da TGF foi mais uma vez obtido pelo eletrodo E 6010. Observa-se também que de todos os eletrodos produzidos pelo fabricante B, o eletrodo E 7018 foi o que obteve menor valor de TGF principalmente para baixos valores de P. Para altos valores de P obteve-se valores de TGF similares ao do E 6013 e inferiores ao E 6010. Para avaliar melhor a quantificação dos resultados, a Tab. (4) apresenta os valores das TGFs em função de P para os eletrodos produzidos pelo fabricante B.

Tabela 4. Valores da TGF para cada tipo de eletrodo, produzido pelo fabricante B e o seu valor médio com o respectivo desvio padrão médio.

TIPO/B	P	TGF(1)	TGF(2)	TGF(3)	TGF(4)	TGF(5)	TGF(m)	D.PADRÃO MÉDIO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
E 6010	1,17	0,072	0,067	0,063	0,115	0,047	0,061	0,0148
	1,43	0,125	0,101	0,105	0,111	0,117	0,112	
	1,58	0,141	0,117	0,121	0,125	0,131	0,127	
E 6013	1,23	0,096	0,072	0,052	0,091	0,082	0,074	0,0146
	1,43	0,075	0,081	0,087	0,092	0,106	0,088	
	1,65	0,076	0,072	0,052	0,091	0,082	0,105	
E 7018	1,27	0,036	0,074	0,053	0,055	0,042	0,052	0,0114
	1,63	0,119	0,102	0,112	0,115	0,117	0,113	
	1,48	0,083	0,097	0,080	0,071	0,063	0,079	

A Figura (5) apresenta a relação entre a potência do arco (P) e os teores de fumos gerados pelos eletrodos AWS E 6010, E 6013 e E 7018 produzidos pelo fabricante C.

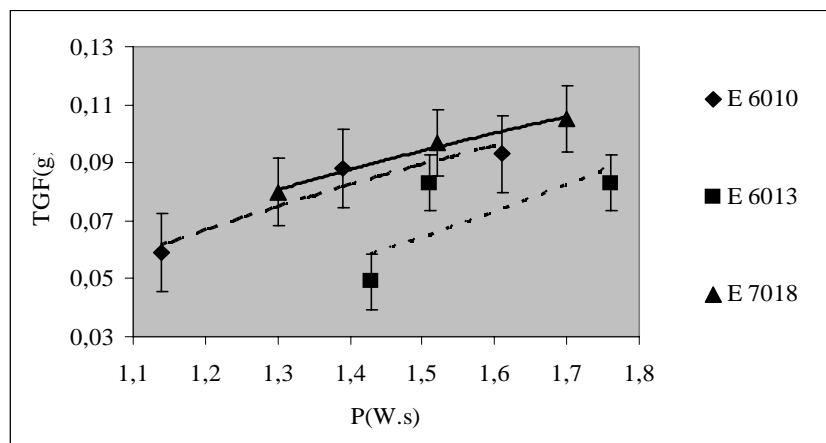


Figura 5. Variação da TGF em função de P nos três tipos de Eletrodos produzidos pelo fabricante C.

Ao se analisar a relação entre a potência do arco (P) e a TGF na Fig. (5), observamos que o eletrodo AWS E 7018 do fabricante C apresentou um valor de TGF muito elevado quando comparado com o mesmo tipo de eletrodo das outras duas empresas, próximos aos valores da TGF produzida pelo eletrodo AWS E 6010. Observa-se também que o eletrodo AWS E 6013 deste fabricante foi o que apresentou a menor produção de TGF para valores de P similares. Esta diferença nos valores de TGF dos eletrodos do mesmo tipo, obtidos de diferentes fabricantes pode ser atribuído a prováveis diferenças nas composições dos revestimentos e/ou nas espessuras dos mesmos. Esta variação na produção da TGF destes dois tipos de eletrodos pode ser comprovada

através dos resultados obtidos por Howden (Howden, 1992), e por Fachinetto (Fachinetto, 1996). Segundo os resultados obtidos por Howden, dentre os três eletrodos o que apresentou o menor valor de TGF foi o AWS E 7018, enquanto que pelos resultados de Fachinetto, o eletrodo que produziu menor TGF foi o AWS E 6013.

Com relação aos eletrodos AWS E 6010, os resultados obtidos por aqueles mesmos autores indicaram também maiores taxas de fumos para este tipo de eletrodo quando comparado com os eletrodos AWS E 6013 e AWS E 7018. O maior teor de fumos deste tipo de eletrodo pode ser atribuído ao maior percentual de materiais orgânicos presentes na composição do seu revestimento, (Machado, 1996).

A Figura (6) apresenta a relação entre a potência do arco (P) e os teores de fumos produzidos pelos três fabricantes A, B e C para o eletrodo AWS E 7018.

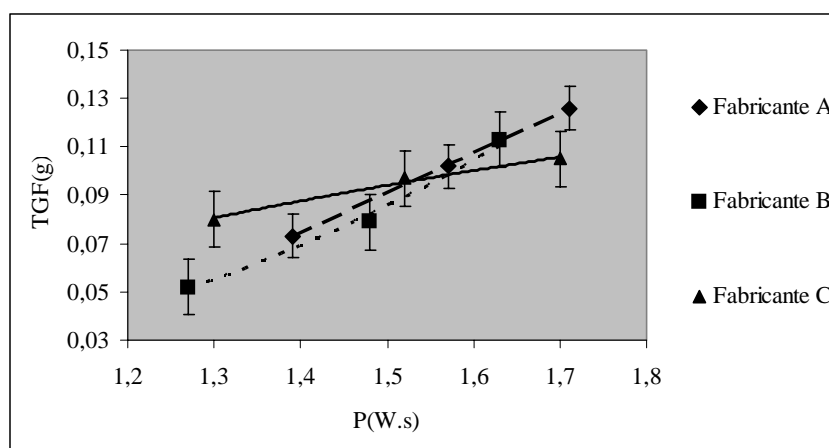


Figura 6. Variação da TGF em função de P para os eletrodos AWS E 7018 produzidos pelos fabricantes A, B e C.

Ao analisarmos a Fig. (6), observa-se que quando utilizamos pequenos valores de P, o eletrodo produzido pelo fabricante B foi o que apresentou a menor produção de TGF. Observa-se também que quando utilizamos altos valores de P, o eletrodo produzido pelo fabricante A foi o que apresentou maior TGF.

A Figura (7) apresenta a variação do Teor de Fumo em função do parâmetro P para os três tipos de fabricantes do eletrodo AWS E 6010.

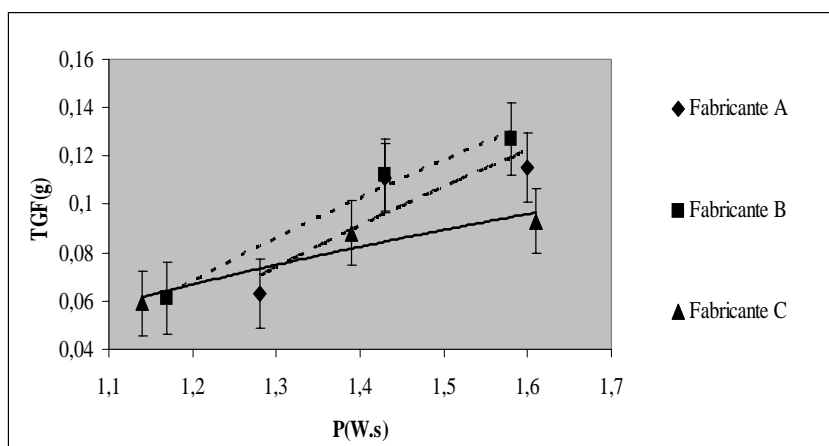


Figura 7. Variação da TGF em função de P para os eletrodos AWS E 6010 produzidos pelos fabricantes A, B e C.

Percebe-se pela Fig. (7) que não houve variação significativa na relação entre P e TGF para os três fabricantes com relação ao eletrodo AWS E 6010, exceto para altos valores de P, onde se observa que o eletrodo produzido pelo fabricante C proporcionou uma menor TGF com relação aos outros dois.

A Tabela (7) apresenta os valores obtidos para a construção do gráfico da Fig. (7).

Tabela 7. Valores da TGF para cada tipo de eletrodo AWS E 6010 e o seu valor médio com o respectivo desvio padrão médio.

E 6010	P	TGF(1)	TGF(2)	TGF(3)	TGF(4)	TGF(5)	TGF(m)	D. PADRÃO MÉDIO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
Fab. A	1,28	0,098	0,052	0,054	0,055	0,053	0,063	0,0143
	1,43	0,125	0,098	0,105	0,111	0,114	0,111	
	1,60	0,135	0,101	0,108	0,113	0,117	0,115	
Fab. B	1,17	0,072	0,067	0,063	0,115	0,047	0,061	0,0148
	1,43	0,125	0,101	0,105	0,111	0,117	0,112	
	1,58	0,141	0,117	0,121	0,125	0,131	0,127	
Fab. C	1,14	0,089	0,045	0,052	0,051	0,055	0,059	0,0133
	1,39	0,073	0,082	0,088	0,095	0,103	0,088	
	1,61	0,081	0,085	0,092	0,099	0,108	0,093	

A Figura (8) apresenta a relação entre a potência do arco (P) e os teores de fumos produzidos pelos três fabricantes A, B e C para o eletrodo AWS E 6013.

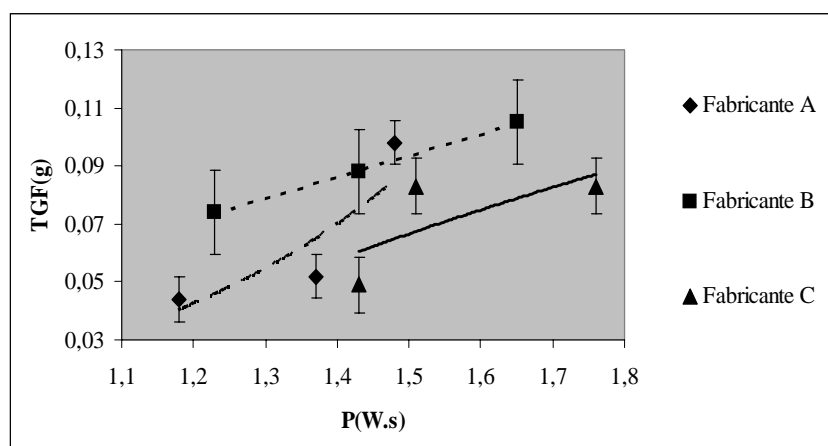


Figura 8. Variação da TGF em função de P para os eletrodos AWS E 6013 produzidos pelos fabricantes A, B e C.

Ao analisarmos a Fig. (8), podemos observar claramente que dos eletrodos AWS E 6013 o que produziu o maior TGF foi o produzido pelo fabricante A enquanto que os produzidos pelo fabricante C foram os que proporcionaram menores valores de TGF, principalmente para valores mais elevados de P.

A Figura (9) apresenta o efeito da polaridade sobre o valor da TGF para o eletrodo AWS E 6013 produzido pelo fabricantes A. Observa-se o grande efeito da inversão da polaridade sobre o valor da TGF.

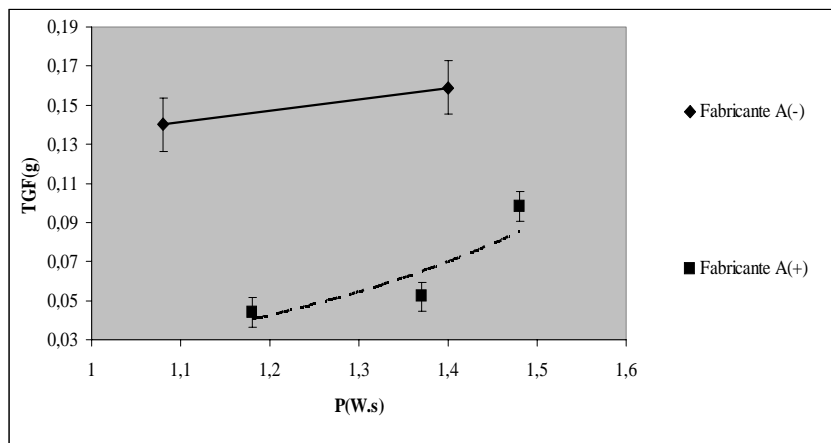


Figura 9. Efeito da polaridade sobre a TGF em função de P para o eletrodo AWS E 6013 produzido pelo fabricante A.

A Tabela (9) apresenta os valores obtidos para a construção do gráfico da Fig. (9).

Tabela 9. Valores da TGF para cada tipo de eletrodo AWS E 6013 e o seu valor médio com o respectivo desvio padrão médio.

E 6013	P	TGF(1)	TGF(2)	TGF(3)	TGF(4)	TGF(5)	TGF(m)	D.PADRÃO MÉDIO
Unidade	W.s	g	g	g	g	g	g	
Polaridade Direta(-)	1,08	0,124	0,135	0,14	0,148	0,155	0,14	0,0135
	1,4	0,174	0,17	0,165	0,14	0,146	0,159	
Polaridade Reversa(+)	1,18	0,033	0,04	0,045	0,049	0,053	0,044	0,00761
	1,48	0,093	0,097	0,098	0,104	0,107	0,098	
	1,37	0,055	0,038	0,063	0,058	0,053	0,052	

A Figura (10) apresenta o efeito da polaridade sobre o valor da TGF para o eletrodo AWS E 7018 produzido pelos fabricantes A.

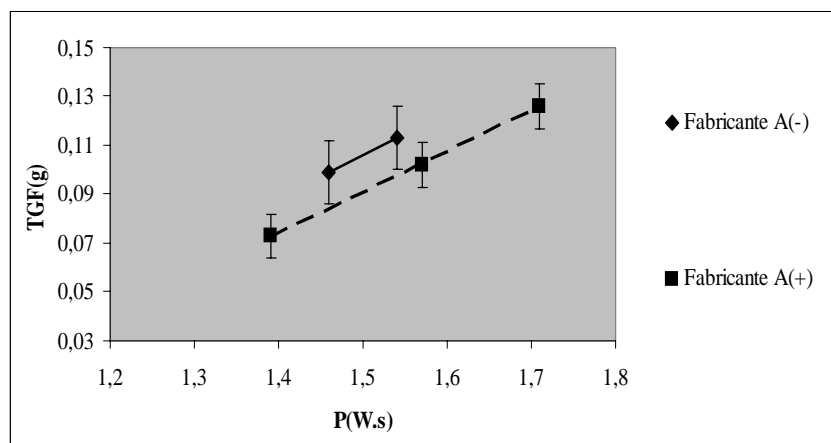


Figura 10. Efeito da polaridade sobre a TGF em função de P para o eletrodo AWS E 7018 produzido pelo fabricantes A.

Ao analisarmos a Fig. (10), observamos que houve uma pequena diferença na produção de TGF do eletrodo AWS E 7018 produzido pelo fabricante A quando soldado com polaridade direta.

Estes resultados mostram, portanto, que a inversão da polaridade, pode proporcionar uma significativa diferença nos valores da TGF, principalmente com relação à soldagem com o eletrodo AWS E 6013, o qual produziu valores de TGF superiores em mais de duas vezes ao se soldar com polaridade direta.

6.CONCLUSÕES.

*A quantidade de TGF em função de P apresentou uma variação significativa em função tanto do tipo do revestimento do eletrodo como do seu respectivo fabricante.

*O eletrodo que apresentou uma maior TGF em todos os fabricantes analisados foi o eletrodo AWS E 6010.

*O eletrodo AWS E 6013 produzido pelo fabricante A foi o que apresentou uma maior TGF quando comparado com os eletrodos do mesmo tipo dos outros fabricantes.

*Os eletrodos AWS E 7018 e AWS E 6013 apresentaram comportamentos diferentes com relação a TGF em função do tipo de fabricante.

*O eletrodo AWS E 6013 produzidos pelo fabricante A apresentou um significativo aumento nos valores da TGF ao ser soldado com polaridade direta.

7.AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas fornecedoras dos eletrodos e ao CNPq pela Bolsa de Iniciação Científica.

8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

-Cunha, Lélis José G.da, 1989, “SOLDA: Como, Quando e Por quê”, 2. Ed.- D.C. Luzzato, Ed., Porto Alegre, Brasil, 260 p.

-Fachinetto, Jefferson Luiz, 1996, “Avaliação dos fumos produzidos por diferentes processos de soldagem”, PPGEM, Porto Alegre, Brasil, 127p.

-Gareis, Bernardo, 1994, “A Soldagem, simples como ela é”, Ed. SACTES, Recife, Brasil, 223 p.

-Howden, D. G., 1992, “Soldagem & Materiais”, Ed. Simone Maria Silva, Rio de Janeiro, Brasil, 39-41p.

-Machado, Ivan Guerra, 1996, “Soldagem e técnicas conexas: processos”, Editado pelo autor, Porto Alegre, Brasil, 477 p.

-Okumura, Toshie, Célio Taniguchi, 1982, “Engenharia de soldagem e aplicações”, Ed. Livros Técnicos e Científicos S.A., Rio de Janeiro, Brasil, 461 p.

-Propesa, Centro Técnico Aeroespacial, 1984, “Fundamentos da Tecnologia da Soldagem”, Ed, São Paulo, Brasil.

-Society, American Welding, 1985, 550 N. W. Lejeune Road, P. O. Box 351040, Miami, FL 33135, por American Welding Society.

-Wainer, Emílio, Sérgio Duarte Brandi, Fábio Décourt Homem de Melo, 1992,
“SOLDAGEM; processos e metalurgia”, Ed. EDGARD BLÜCHER LTDA, São Paulo, Brasil, 494 p.

EVALUATION OF THE LEVELS OF FUMES GENERATION ON THE SHIELDED METAL ARC WELDING PROCESS

Summary.

In this work, the influence of the type of the electrode coating and the welding parameter on the levels of fume generation in Shielded Metal Arc Welding Process was evaluated. For this, a system of fume collection was elaborated using the international standard ANSI/AWS F1.2-85, through which the rates of fumes generation (RFG) were collected. The welds were executed with electrodes AWS E7018, AWS E 6010 and AWS E 6013, from 3 different manufacturers, varying the current and tension values and staying constant the welding speed. In a general way, all the electrodes presented an increase in RFG with the increase of the potency of the arc welding (P) considered as the product of the current, the tension and welding time. The way of variation of P with RFG was in function of the type of coating of the electrode and with the manufacturer, however, the electrode which presented the larger RFG values was the AWS 6010. About the effect of the polarity on the RFG, it was observed that the electrode AWS E 6013, from one of the manufacturer, presented a significant increase in RFG when it was used with direct polarity.

Keywords: *Welding Fumes; Rates of Fumes Generation; Shielded Metal Arc Welding Process*

Osenir Virlândio Vieira of Silva Neto

Federal University of Paraíba Rua Duque de Caxias 539, C. Grande- Brazil
e-mail:virlandio@bol.com.br

Leonardo Domingos Pereira

Federal University of Paraíba Rua Aprígio Veloso 882,C.Grande, Brazil,
e-mail:mecânica@coordct.ufpb.br

Theophilo Moura Maciel

Federal University of Paraíba Rua Aprígio Veloso 882, C.Grande, Brazil
e-mail: theo@dem.ufpb.br