

# OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO MIG PULSADO PARA SOLDAGEM DE CHAPAS FINAS:

R.W.Barros & S.C. da Costa

Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Av. BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá – MG, CEP: 37500-000.

**Palavras Chaves:** MIG, soldagem, pulsado, otimização.

## RESUMO:

Uma preocupação de todos os setores da economia, em principal do setor secundário, ou seja, das indústrias, diz respeito ao aumento da produção, com uma melhoria da qualidade e redução de custos. Para tal existem várias técnicas, que vêm sendo aprimoradas ao longo dos tempos, sendo uma delas a otimização, que é uma ferramenta poderosa capaz de se conseguir as melhores condições de trabalho, e com isso diminuindo as perdas, gerando assim maior lucro.

Neste contexto é que aparece a otimização de experimentos, onde se deseja alcançar experimentalmente os melhores resultados para um determinado experimento. Fazendo isso, pode-se aplicar em diversos processos similares ao do experimento realizado, tornando muito mais fácil o implemento desta ferramenta nas indústrias.

Existem vários métodos para otimização, alguns destes métodos são explicados por Neto (1995), os quais também podem ser facilmente encontrados em forma de programas computacionais, o que facilita bastante o processo de otimização.

No caso do trabalho realizado, a idéia é otimizar o processo MIG Pulsado para que se consiga soldar chapas finas com uma boa qualidade. Para isso, utilizou-se da ferramenta Projeto e análise de experimentos, trabalhando com a metodologia de superfície de resposta, (RSM), uma técnica que se baseia no emprego de planejamentos fatoriais. Decidiu-se trabalhar com quatro parâmetros de soldagem, sendo eles, a corrente de pico, a corrente de base, o ciclo ativo e a velocidade de alimentação do arame, sendo os dois primeiros decorrentes do modo pulsado de transição, se alternando com os seus respectivos tempos de pico e de base, e o ciclo ativo é uma relação entre o tempo de deposição  $t_p$  e o tempo total de soldagem, sendo representado pela equação 1 a seguir.

$$CA = [t_p / (t_p + t_b)] \times 100(\%) \quad (1)$$

Para a realização do experimento utilizou-se uma fonte transistorizada inversora digitalizada, com imposição de corrente no modo pulsado associada a um sistema guia com velocidade controlada, permitindo o deslocamento da tocha durante a realização das soldagens. A seqüência de realização dos experimentos foi delineado de acordo com metodologia descrito por Gunaraj (2000) utilizando-se a técnica estatística de análise de superfície de respostas (RSM). Os valores assumidos para os níveis basearam-se no trabalho de Ribeiro (2000). O tempo de pico foi mantido constante em 4 ms e o tempo de base oscilou entre os valores de 4 ms e 6 ms de acordo com o ciclo ativo (CA) pretendido e determinado de acordo com **Equação 1**. A **Tabela 1** apresenta os parâmetros de controle do processo bem como os seus níveis correspondentes. As soldagens foram realizadas em CC+, utilizando arame ER 70S-6, diâmetro 1,2 mm, proteção gasosa de Argônio puro com vazão de 15 l/min, e velocidade de soldagem de 40 cm/min. O material de base foi o aço ABNT 1045, com dimensões de 120x40x6 mm, sendo a distância tocha-peça de 17.5 mm e recuo do bico de contato de 5 mm.

Tabela 1 – Parâmetros de controle do processo e seus níveis

Parâmetros de soldagem	Unidade	Níveis				
		-2	-1	0	+1	+2
Corrente de Pico (Ip)	Amps	245	280	315	350	385
Corrente de base (Ib)	Amps	55	70	85	100	115
Ciclo Ativo (Ca)	%	35	40	45	50	55
Veloc. Alimentação (va)	m/min.	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5

Depois de realizados os ensaios, os corpos de prova foram seccionados e preparados. Com o auxílio de um projetor de perfil, registrou-se a penetração (p), a largura (b) e o reforço do cordão (r), e utilizando um planímetro pôde-se obter as medidas das áreas de penetração ( $A_p$ ) e de reforço ( $A_r$ ). De posse destes resultados determinou-se o índice de convexidade (IC) e a diluição (D) através das seguintes relações:

$$IC = r/b * 100 (\%) \quad (2)$$

$$D = \frac{A_p}{(A_p + A_r)} * 100 \quad (3)$$

Com os resultados gerados, e utilizando o software Minitab pôde-se otimizar o experimento. Como orientação, procurou-se estabelecer padrões de qualidade aceitáveis onde penetrações máximas com níveis de corrente média mínimos e índices de convexidade próximos de 30%, além de uma máxima diluição foram considerados adequados. Procurando atender estas necessidades, pôde-se gerar a seguinte otimização utilizando o MINITAB.

### Response Optimization

#### Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
P <mm>	Maximum	1,94	2,00	2,00	10	1
D <%>	Maximum	25,00	28,83	28,83	10	1
Ic <%>	Target	32,00	33,00	45,00	10	1

#### Global Solution

Ip	= 260,334
Ib	= 81,930
Ca	= 54,208
Va	= 4,953

#### Predicted Responses

P <mm>	= 2,0000; desirability = 1,00000
D <%>	= 40,7447; desirability = 1,00000
Ic <%>	= 33,0000; desirability = 1,00000

Composite Desirability = 1,00000

## Response Optimization

Optimal	Hi	lp	lb	Ca	Va
D	Cur	385,0	115,0	55,0	6,50
1,0000	Lo	[260,3336]	[81,9304]	[54,2082]	[4,9532]
		245,0	55,0	35,0	4,50

  

P <mm> Maximum y = 2,0000 d = 1,0000	
D <%> Maximum y = 40,7447 d = 1,0000	
Ic <%> Targ: 33,0 y = 33,0 d = 1,0000	

Com isso, através das equações 3 e 4 obtive uma corrente média de soldagem de aproximadamente 179 Amper.

$$I_m = (I_p * t_p + I_b * t_b) / (t_p + t_b) \quad (4)$$

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gunaraj, B.Y.V. & Murugan, N. – “Prediction and Optimization of Weld Bead Volume for the Submerged Arc Process”, *Welding Journal*, pp. 286s-294s, 2000.
- Ribeiro, G. – “Influência dos parâmetros de pulso do processo MIG na qualidade e produtividade da solda”. Dissertação de mestrado. EFEI, 2002.
- Neto, B.B., Scarminio, I.S., Bruns, R.E., *Planejamento e otimização de experimentos*, Editora da UniCamp, 1995;