

AVALIAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE USINAGEM POR DESCARGAS ELÉTRICAS VIA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

Leandro Jacomine

Marcus Antônio Viana Duarte

Alberto Arnaldo Raslan, itm-raslan@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia/Faculdade de Engenharia Mecânica/Laboratório de Tribologia e Materiais – Av. João Naves de Ávila, 2121 - Bloco 1R - 38400-902 – Uberlândia – MG

Resumo: Na usinagem por descargas elétricas por penetração (EDM), são inúmeras as variáveis intervenientes no processo. O objetivo deste trabalho foi o de identificar via análise estatística, aplicando a metodologia de superfície de resposta, a influência de alguns parâmetros intervenientes nos processos EDM por penetração. Eletrodos de cobre foram fresados para a obtenção de duas geometrias distintas. Parâmetros operacionais da máquina EDM foram alterados e usados na usinagem de aço ABNT M2. A caracterização da geometria da ponta dos eletrodos foi feita com projetor de perfis. A variação de rugosidade foi feita com interferômetro laser. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que os parâmetros de rugosidade e a intensidade de corrente são afetados pela geometria da ponta do eletrodo.

Palavras-chave: usinagem por descargas elétricas, superfície de resposta, eletrodos

1. INTRODUÇÃO

As variáveis intervenientes nos processos de usinagem por descargas elétricas por penetração (EDM) são muitas e diversificadas. Pode-se relacionar os parâmetros associados às descargas elétricas, tais como corrente, voltagem, frequência, *gap* e tempo (McGeough, 1988), aos fluidos dielétricos (Guitral, 1997), aos eletrodos e aos materiais a serem usinados, tais como geometria, rugosidade, microestrutura, ponto de fusão, etc. (Benedict, 1987).

O controle das variáveis dos processos EDM é o que define a qualidade dos mesmos, sob o ponto de vista da velocidade do processo (taxa de remoção de material), desgaste do eletrodo (relação de desgaste), alterações geométricas, modificações superficiais (rugosidade, dureza, integridade) e metalúrgicas (zonas refundidas e afetadas pelo calor) (Field et al., 1989).

A definição da importância de cada variável nos processos EDM é uma tarefa, naturalmente, complexa. Nota-se a ausência de um modelo geral que correlacione os vários parâmetros de usinagem com a afinidade final das impressões geradas pelo processo de eletroerosão. Uma abordagem estatística através da técnica de superfície de resposta pode, a princípio, estabelecer diferentes graus de influência destas variáveis nos processos de usinagem por descargas elétricas (Barros Neto, 1995). Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho é discutir e analisar alguns dos fatores mais importantes que influenciam no processo de usinagem por descargas elétricas, além disso, avaliar o desempenho de diferentes geometrias das pontas de ferramentas, bem como a interação entre este fator e outros como a duração do pulso, duração da pausa e regime de desbaste. Para tal, usar-se-á um projeto fatorial 2^4 completo, tendo como parâmetros a geometria da ponta da ferramenta, duração do pulso da descarga elétrica (T_{on}), relação entre o tempo ativo e tempo total (DT) e intensidade da corrente (T_s).

2. METODOLOGIA

A geometria da ponta do eletrodo de cobre eletrolítico foi confeccionada em uma fresadora CNC. Assim, foi possível a conformação da geometria na ponta da ferramenta nas faces perpendiculares ao plano de trabalho OXY da fresadora. Partindo-se de uma barra cilíndrica, primeiramente foi esculpido um prisma de seção quadrada, posteriormente foi usinada a ponta da ferramenta segundo a geometria adequada. Com o auxílio de cabeçote divisor, uma rotação de 90° em torno do eixo longitudinal da ferramenta, OX, foi feita para se imprimir a geometria nas faces perpendiculares ao plano OXZ. A fig. 1 ilustra a geometria impressa na ponta da ferramenta.

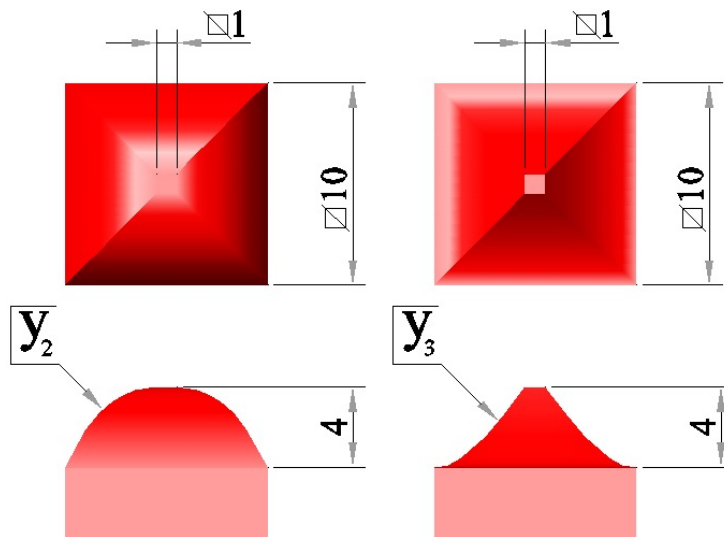


Figura 1 - Desenho esquemático das ferramentas utilizadas.

Após a confecção das ferramentas, procedeu-se a medida dos perfis impressos com o auxílio de um projetor de perfil. Cada uma das quatro faces de cada ferramenta foi medida de tal forma que se obtivesse ao menos 8 pontos sobre cada perfil. Os ensaios de usinagem por descargas elétricas por penetração (EDM) foram realizados em um equipamento Engemac 440 NC com fluido dielétrico Tutela. O material usinado foi aço-rápido ABNT M2 na forma de barras (*bits*). O eletrodo foi confeccionado em cobre eletrolítico com duas geometrias distintas, A e B. A rugosidade dos eletrodos foi avaliada com a utilização de um interferômetro laser. As varreduras foram feitas em uma área de 1 x 0,5 mm, com uma resolução de 500 x 100 pontos e com uma velocidade 0,3 mm/s. Alguns parâmetros de usinagem foram mantidos fixos, tais como: *gap* (7), tempo de erosão (15s), afastamento (2 mm). Os parâmetros são apresentados na tabela 1.

Os valores das taxas de remoção de matéria (TRM) e da relação de desgaste (RD) foram determinados com auxílio de balança analítica de precisão 10^{-5} g e cronômetro digital.

Tabela 1 – Parâmetros operacionais usados nos ensaios de EDM por penetração.

		1	2	3	4	5	6	7	8
A	Ton	43,410	43,410	43,410	43,410	11,590	11,590	11,590	11,590
	DT	81,820	81,820	18,180	18,180	81,820	81,820	18,180	18,180
	Ts	3,914	1,086	3,914	1,086	3,914	1,086	3,914	1,086
B	Ton	43,410	43,410	43,410	43,410	11,590	11,590	11,590	11,590
	DT	81,820	81,820	18,180	18,180	81,820	81,820	18,180	18,180
	Ts	3,914	1,086	3,914	1,086	3,914	1,086	3,914	1,086

A análise estatística dos resultados, com o uso da metodologia de superfície de resposta, foi feita com auxílio de programa computacional MatLab. Nesta abordagem, foi proposto um planejamento fatorial a 2 níveis.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 são mostrados os resultados obtidos para TRM e RD. Na fig. 2 são mostradas as curvas de probabilidade normal para TRM e RD.

Tabela 2 – Valores de TRM e RD

		1	2	3	4	5	6	7	8
A	TRM	26,03	4,60	5,14	3,87	14,36	3,05	1,83	0,66
	RD	30,36	55,72	2,57	93,86	8,41	6,70	1,63	12,26
B	TRM	13,45	5,39	4,37	1,51	6,73	4,31	2,33	1,24
	RD	5,19	26,86	2,01	18,89	3,41	15,72	1,09	6,35

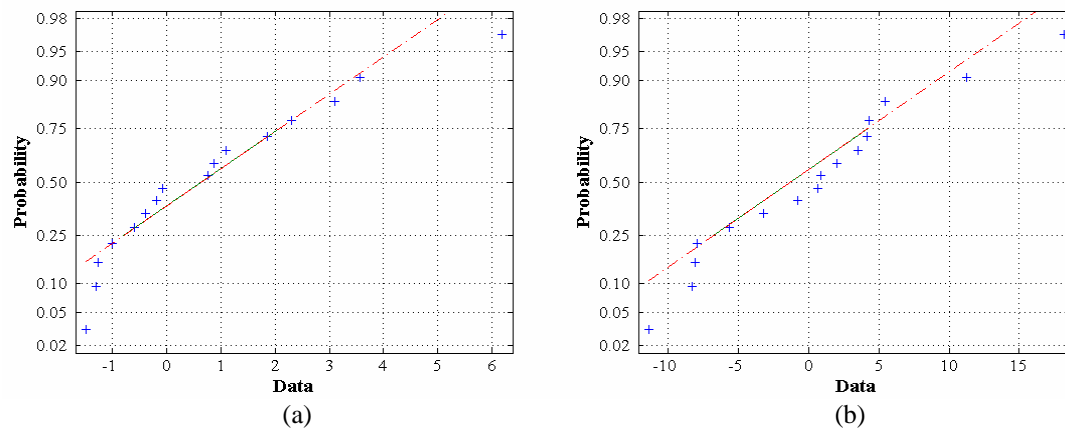


Figura 2 – Curvas de probabilidade normal para (a) TRM e (b) RD.

Pelos gráficos de probabilidade normal, vê-se que para essas duas variáveis de saída (TRM e RD), não se encontra coeficientes estatisticamente significativos.

A figura 3 mostra os resultados dos perfis avaliados em eletrodos com 2 geometrias distintas, A e B. Não se observa desvio significativo de forma.

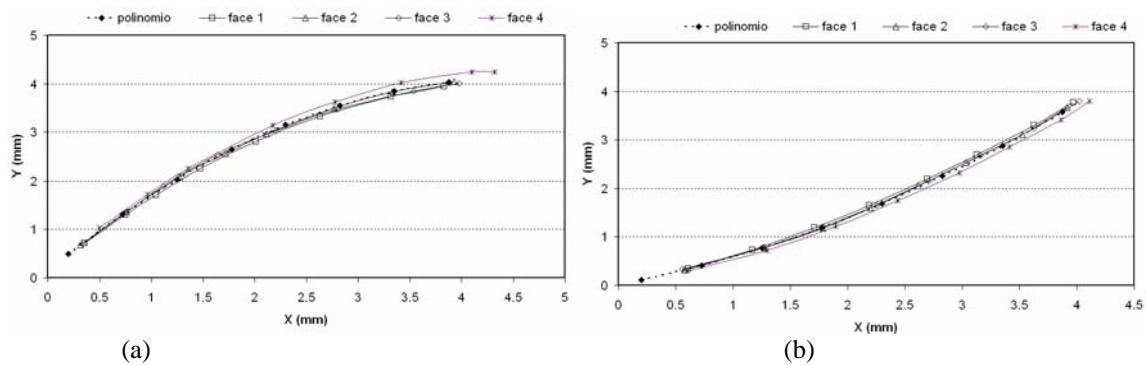


Figura 3 - Medida de forma do eletrodo com geometria: (a) do tipo A e (b) do tipo B

As variações nos valores da rugosidade média (S_a) na ponta dos eletrodos antes e após a usinagem são mostradas na tabela 3. A fig. 4 mostra a curva probabilidade normal para S_a .

Tabela 3 – Variação dos valores de rugosidade (S_a)

		1	2	3	4	5	6	7	8
A	Antes $S_a, \mu\text{m}$	0.31	0.36	0.40	0.56	0.31	0.26	0.52	0.33
	Após $S_a, \mu\text{m}$	2.63	0.76	11.61	0.72	3.92	2.33	3.6	0.89
B	Antes $S_a, \mu\text{m}$	0.39	0.29	0.29	0.27	0.36	0.41	-xx-	0.49
	Após $S_a, \mu\text{m}$	2.28	0.64	2.2	0.72	2.01	0.61	2	0.96

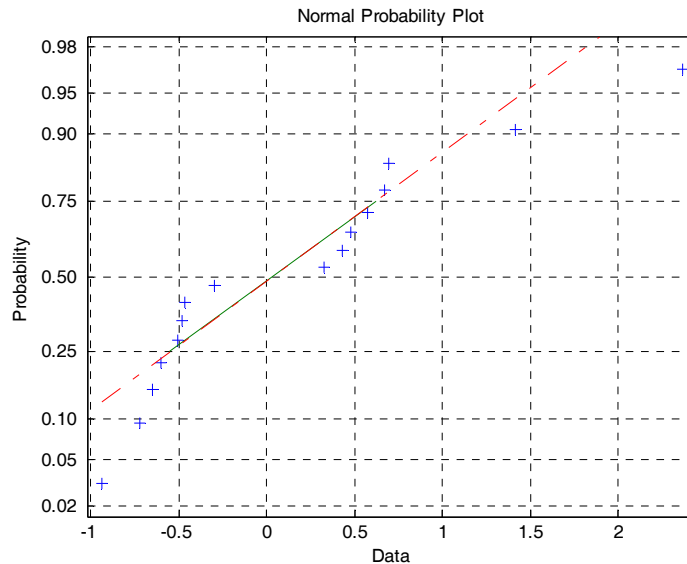


Figura 4 – Curva de probabilidade normal para Sa.

Nota-se que, além do termo independente, a geometria da ponta da ferramenta tem uma influência superior a encontrada para o DT e T_{on} . Observa-se ainda para todos os casos que apenas os pontos referentes ao termo independente, geometria de ponta da ferramenta e intensidade de corrente, se distancia suficientemente da reta normal, sendo considerados como os únicos coeficientes relevantes da interpolação. Neste caso, pode-se deduzir que esse resultado é influenciado pela geometria da ferramenta. Níveis de variação da ordem de 43%, significativos estatisticamente, foram encontrados para o modelo de Sa.

4. CONCLUSÃO

Com o uso da técnica de fresamento, foi possível imprimir duas geometrias distintas em eletrodos de cobre empregados em EDM. O desvio de forma apresentado pode ser considerado desprezível.

A avaliação dos parâmetros de rugosidade mostrou que esse resultado é influenciado pela geometria do eletrodo e pela intensidade da corrente.

A TRM e a RD não apresentou variação com significância estatística.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPEMIG pelo suporte dado através do Projeto TEC 727/2004 – Avaliação e Otimização de Parâmetros de Usinagem por Descargas Elétricas Via Superfícies de Resposta.

6. REFERÊNCIAS

- Barros Neto, B.; 1995, Planejamento e Otimização de Experimentos, Ed. Unicamp, Campinas / SP, v.1, 300p.
 Benedict, G. F.; 1987 Nontraditional Manufacturing Processes, New York, Marcel Dekker, pp.207-246.
 Field, M., Kahles, J. F., Koster, W. P., 1989, Surface Finish and Surface Integrity, Metcut Research Associates Inc., Metals handbook – 9th Ed., Machining, Vol. 16, pp. 19-36.
 Fuller, J. E., 1989, Electrical Discharge Machining, Metals Handbook, 9^a Ed. Vol. 16, machining, pp. 557-564.
 Guitral, E. Bud, 1997, The EDM Handbook, Hanser Gardner Publication, Cincinnati, 306 pp.
 McGeough, J. A.; 1988, Advanced Methods of Machining, London, Chapman and Hall, pp.128-152.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos neste trabalho.

EVALUATION AND OPTIMIZATION OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING PARAMETERS BY RESPONSE SURFACE

Abstract. On die-sink electrical discharge machining (EDM), there are many relevant variables that determinates the performance of the process. This paper has as objective to identify the influence of some EDM parameters by statistical analysis, applying the response surface methodology. Copper electrodes were machined into two different geometries. Operational parameters were selected and used on the machining of ABNT M2 high speed steel. The characterization of the electrode geometry was done by a profile projector and the roughness variation was conducted by laser interferometry. The results showed that the electrode geometry affects the roughness parameters and current intensity.

Key-words: EDM, Response Surface, Electrodes.