

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE MICROUSINAGEM ELETROQUÍMICA

Thiago Ferreira Couto de Freitas

Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, thiagof@gmail.com

Túlio Hallak Panzera

Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, tuliopanzera@hotmail.com

Juan Carlos C. Rubio

Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, juan@ufmg.br

Resumo. Nos últimos anos o avanço tecnológico, principalmente na área computacional, vem exigindo dos engenheiros a capacidade de fabricação de micro componentes cada vez menores e mais robustos, tornando a micro furação um processo de grande interesse pelos pesquisadores e indústrias. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de uma microfuradeira de usinagem eletroquímica de forma a permitir o estudo de parâmetros envolvidos neste processo de usinagem não convencional.

Palavras-chave: microusinagem, usinagem eletroquímica.

1. INTRODUÇÃO

Devido à necessidade nos últimos anos, principalmente na área da indústria aeronáutica, surgiram novos materiais mais resistentes e, conseqüentemente, mais difíceis de serem usinados, como materiais compostos, monolíticos, cerâmicas compostas, ligas de alumínio e titânio, entre outros. Segundo Datta e Harrist ⁽¹⁾ a dificuldade de se usinar estes materiais pelos processos convencionais, devido à sua alta dureza, alta refratariedade, pobres propriedades térmicas, reatividade química com a ferramenta de corte e estrutura não homogênea, tornou necessária a utilização de processos de fabricação não-convencionais.

A usinagem eletroquímica (UEQ) é um ramo promissor nestes processos não-convencionais. Em sua modalidade de microusinagem (MUEQ), algumas de suas grandes vantagens são: capacidade de produzir formas complexas num único passe de ferramenta, gerar furos microscópicos, baixa produção de rejeitos que agridam o meio-ambiente, usinagem de peças ultrafinas, etc.

Segundo Lanna ⁽²⁾ o processo de usinagem eletroquímica é um processo de remoção controlada de material através da dissolução anódica em uma célula eletrolítica, onde a peça a ser usinada funciona como anodo e a ferramenta como catodo. Um fluido eletrolítico é bombeado entre a ferramenta e a peça e é aplicada uma corrente direta com baixa voltagem através da célula eletrolítica, para dissolver o material da peça. A Figura 1 ilustra de forma esquemática o processo eletroquímico.

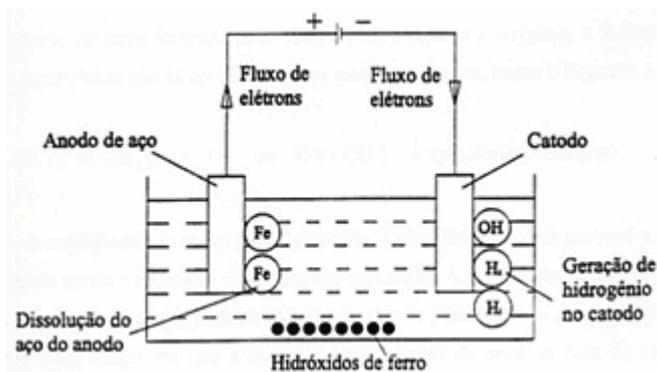


Figura 1. Processo de dissociação eletroquímica do aço, Lanna⁽²⁾.

A Figura 2 exibe um esquema de uma máquina de usinagem eletroquímica e seus principais subsistemas, entre eles: sistema de avanço, aquisição de dados, limpeza, bombeamento e sistema elétrico.

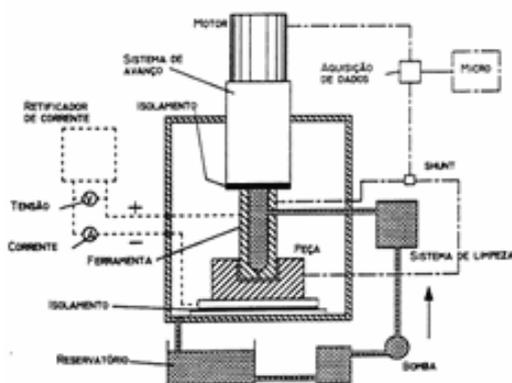


Figura 2. Desenho esquemático de máquina de usinagem eletroquímica, Lanna⁽²⁾.

2. CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

O projeto e a construção da máquina foram baseados no baixo custo de manufatura. Soluções visando à funcionalidade e cumprimento das exigências do processo de usinagem foi criado para tanto. A Figura 3 mostra o desenho esquemático da estrutura projetada para a máquina desenvolvida. Segundo Bhattacharyya, Munda e Malapati⁽³⁾, os parâmetros de projeto mais utilizados em MUEQ serão adotados para o funcionamento da mesma (ver Tabela 1).

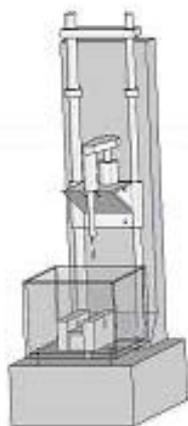


Figura 3. Desenho esquemático da microfuradeira.

Tabela 1. Tabela de parâmetros para MUEQ.

<i>Características de usinagem</i>	Micro-Usinagem Eletroquímica	<i>Características de usinagem</i>	Micro-Usinagem Eletroquímica
Tensão	<10 V	Concentração do eletrólito	<20 g/l
Corrente	< 1 A	Tamanho da ferramenta	Micro
Densidade de Corrente	75-100 A/cm ²	Altura entre a ferramenta e a peça	5-50 µm
Fonte de tensão (DC)	Pulsada	Taxa de remoção de material	5 µm/min
Frequência	kHz - MHz	Sobrecorte lateral	<10 µm
Fluxo de eletrólito	<3 m/s	Acurácia	±0,02-0,1 mm
Tipo de eletrólito	Sal natural ou solução ácida / alcalina diluída	Acabamento superficial	Excelente, 0,05-0,4 µm
Temperatura do eletrólito	37-50 °C	Problemas com depósito de resíduos / toxicidade	Pequeno a moderado

2.1 Estrutura da máquina

A absorção de vibrações mecânicas durante o processo de micro furação é de sua importância para obtenção dos resultados finais, permitindo um melhor acabamento dimensional do furo. Desta forma, a estrutura do protótipo será fabricada em material compósito polimérico particulado, sendo a fase matriz um material polimérico termorígido e a fase dispersa partículas de sílica. As partículas de sílica foram classificadas na faixa granulométrica [8-20 US-TYLER], correspondendo às partículas de diâmetro entre 2,326 mm a 0,833 mm, respectivamente. A composição da mistura foi baseada em estudos realizados por Rubio e Panzera⁽⁴⁾, considerando a obtenção de empacotamento otimizado, sendo esta composta por 30% de matriz polimérica e 70% de particulado. A matriz polimérica utilizada foi a resina epóxi do fabricante Vantico do “tipo M” e endurecedor “HY246”. A estrutura foi vazada num molde de madeira (ver Figura4), utilizando-se uma mesa vibratória para melhor compactação e acomodação das partículas.

As guias da máquina ferramenta foram fixadas durante o vazamento do material compósito, permanecendo fundidas na estrutura de modo a proporcionar alta rigidez, como também absorção de vibrações existentes (Figura 4).

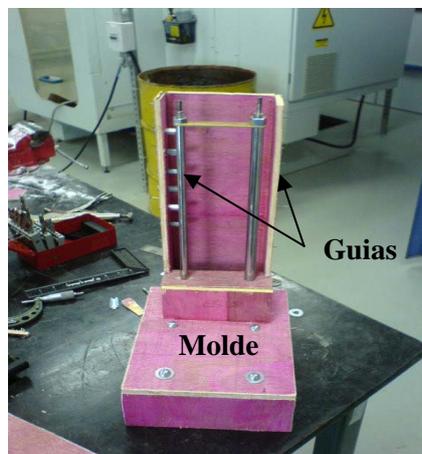


Figura 4. Molde em madeira da estrutura da máquina.

2.2 Guias e suporte do sistema de avanço

As guias que suportam o sistema de avanço foram obtidas a partir de um sistema de impressora matricial. Estas guias foram fixadas à estrutura no momento de seu vazamento e possuem dois espaçadores que garantem a correta distância para que o sistema de avanço possa correr livremente em toda a sua extensão.

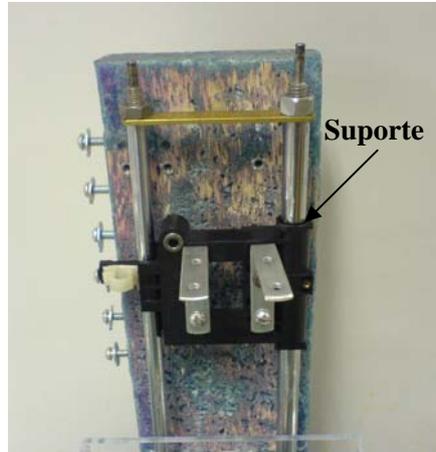


Figura 5. Guias de suporte e estrutura da máquina.

2.3 Sistema de avanço (motor, redução, micrômetro)

Para se obter o avanço necessário para este tipo de operação ($5\ \mu\text{m}$), foi utilizado um micrômetro da marca *Starrett*, de resolução $0,1\ \text{mm}$, conectado a um motor de baixa rotação associado a uma redução (ver Figura 6). O motor escolhido foi o da bandeja rotatória de um forno microondas, de marca *Sankyo* que fornece $3\ \text{rpm}$. A redução utilizada possui uma relação de $50:1$, da marca *McLennan*.

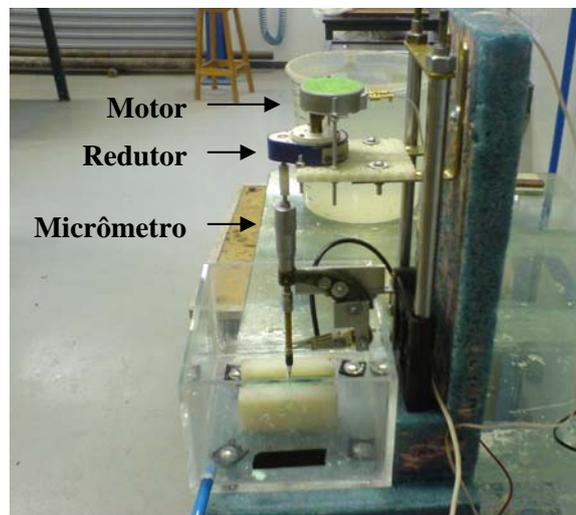


Figura 6. Componentes do sistema de avanço.

2.4 Ferramenta de corte

A ferramenta de corte utilizada na furação será um eletrodo de grafite de média dureza com diâmetro de $0,5\ \text{mm}$. A utilização da grafite foi considerada por ele apresentar: características elétricas semelhantes aos materiais de ferramentas existentes, pela natureza do processo exigir baixos esforços mecânicos da ferramenta e pelo seu custo reduzido. A Figura 7 exibe o suporte da ferramenta, sendo este composto pelo mecanismo de fixação de uma “lapiseira” e um cilindro de cobre o qual foi acoplado diretamente ao micrômetro, como também serve de ponto de contato elétrico para a ferramenta de grafite.



Figura 7. Sistema de avanço.

2.5 Suporte da peça a ser usinada

Nos testes iniciais do protótipo serão usinadas chapas de aço inox de 8 mm de comprimento, 25,4 mm de largura e 3 mm de espessura (1/8 de polegada). Para garantir um correto contato elétrico, um suporte de cobre de mesmas dimensões foi confeccionado, permitindo a fixação da chapa sobre o mesmo. O suporte de cobre será conectado a um parafuso condutor, de forma a garantir a condução elétrica exigida para o funcionamento do sistema (Figura 8).

2.6 Base de *nylon*

Uma base de *nylon* foi fabricada nas dimensões exatas para o acoplamento do suporte, da chapa e o direcionamento do fluxo de eletrólito sobre a região a ser usinada (Figura 8).

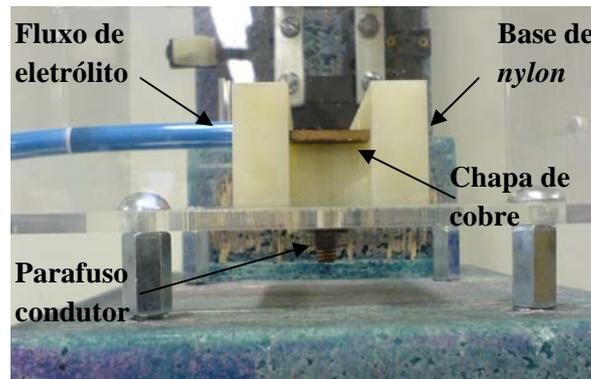


Figura 8. Detalhe do suporte da peça e da base de *nylon*.

2.7 Cuba de acrílico

Uma cuba de acrílico, de dimensões 150 mm x 150 mm x 100 mm foi fabricada, a fim de garantir a retenção do fluxo eletrolítico do sistema de corte (Figura 9).

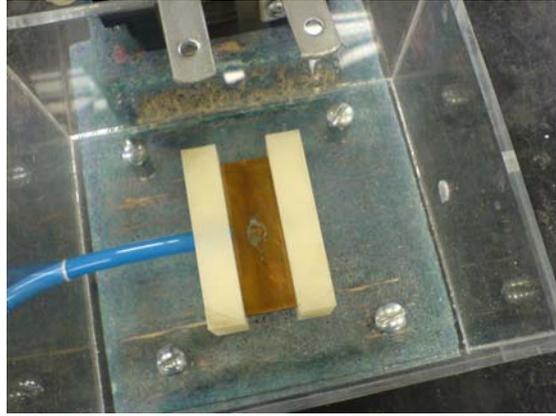


Figura 9. Cuba de acrílico e mangueira de bombeamento do eletrólito.

2.8 Sistema de bombeamento

O eletrólito utilizado será o NaCl diluído em água. O sistema de bombeamento consiste em uma bomba de aquário de água salgada, de vazões de 80 e 160 l/h. Este eletrólito é conduzido à cuba de acrílico por mangueiras de 7 mm de diâmetro, o que faz com que a velocidade do eletrólito seja de 0,86 m/s, responsável pela a renovação do eletrólito no ponto de usinagem, remoção do material desprendido pela peça e retirada de calor (Figura 10).



Figura 10. Fluxo de eletrólito.

2.9 Sistema elétrico

É necessária a criação de uma corrente elétrica entre a ferramenta e a peça. Para isto, um transformador será utilizado, tanto para a transformação da corrente de alternada para contínua quanto para a aplicação da tensão correta no sistema. Após a saída da fonte, um fusível é adicionado ao circuito para prevenir qualquer curto-circuito provocado pelo toque da ferramenta na peça.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e a construção da máquina de microusinagem eletroquímica foram realizados com sucesso, permitindo o ajuste dos parâmetros do processo de usinagem eletroquímica para diferentes materiais. Testes preliminares permitiram identificar o correto funcionamento do sistema. Características como acabamento superficial e conicidade dos furos serão futuramente investigados.

4. REFERÊNCIAS

1. DATTA, M. e HARRIST, D.; **Electrochemical Machining: An environmentally friendly, high speedy processing technology**. *Electrochimica Acta*, v. 42, p. 3007-3013, 1997.

2. LANNA, M.A., **Desenvolvimento de um protótipo de usinagem eletroquímica**, Dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG, p. 7-38, 1999.
3. BHATTACHARYYA, B., MUNDA, J. e MALAPATI, M.; **Advancement in Electrochemical Micro-Machining**. International Journal of Machine Tools & Manufacture, v. 44, p. 1577-1589, 2004.
4. RUBIO, J. C. e PANZERA, T. H. ; **Development of a Polymeric Particulate Composite for Precision Engineering Applications**. CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Florianópolis. Proceedings of the 37th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems. Paris : CIRP - International Institution for Production Engineering Research, v. 1. p. 56-60, 2005.

DEVELOPMENT OF AN ELECTROCHEMICAL MACHINING PROTOTYPE

Thiago Ferreira Couto de Freitas

Federal University of Minas Gerais

Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, thiagof@gmail.com

Túlio Hallak Panzera

Federal University of Minas Gerais

Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, tuliopanzera@hotmail.com

Juan Carlos C. Rubio

Federal University of Minas Gerais

Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, juan@ufmg.br

***Abstract.** In recent years the tech advance, mainly in the area of computational research, has required engineers to manufacture components as small and as robust as they can. In this way the micromachining has been the focus of many researchers and industries. This work aims to the development of an electrochemical machining prototype in order to study the main factors involved in this manufacturing process.*

***Keywords:** micromachining, electrochemical machining.*