

Eletoerosão

Alan Weiland

Aw001540@fahor.com.br

Faculdade Horizontina, Departamento de Engenharia Mecânica, Horizontina, RS, Brasil.

Resumo

O processo de eletroerosão tem sido utilizado para usinagem de materiais de difícil usinagem em geometrias complexas. As ligas de titânio, por exemplo, são materiais de alto desempenho que possuem características de resistência que tornam o processo de usinagem complicado. A relação do material com a tecnologia de corte é interessante para a produção de superfícies complexas em aplicações de alta tecnologia. Este trabalho procura escrever sobre o surgimento da eletroerosão, caracterização dos processos, e sobre as ferramentas utilizadas como o eletrodo e as bobinas de fio. Conclui-se que este processo de usinagem é majoritariamente aplicado para executar formas complexas e em pequenas quantidades, também é mais custoso que os demais processos de usinagem porque exige qualificação do operador além de permitir somente baixas taxas de remoção de material. **Palavras-chave:** *Eletoerosão por penetração. Eletoerosão a fio. Ferramentas. Aplicações.*

1. Introdução

A eletroerosão baseia-se na destruição de partículas metálicas por meio de descargas elétricas. Na usinagem por eletro-erosão, a peça permanece submersa em um líquido e, portanto, há rápida dissipação do calor gerado no processo. Na eletroerosão não existe força de corte, pois não há contato entre a ferramenta e a peça. Por isso não se formam as tensões comuns dos processos convencionais de usinagem. Uma das vantagens é a automatização das máquinas, que permite a obtenção de estreitos limites de tolerância. No processo, é possível um controle rigoroso da ação da ferramenta sobre a peça usinada, devido a um servomecanismo que reage rapidamente às pequenas variações de intensidade de corrente. Neste artigo vamos conhecer sobre os processos de eletro-erosão por Penetração e a Fio, suas características, materiais usinados que compreendem em sua grande maioria peças de difícil usinabilidade, ferramentas utilizadas, dispositivos, suas aplicações, bem como, algumas curiosidades.

2. Definição

A eletroerosão é um processo baseado na remoção de material por meio de descargas elétricas que ocorrem entre um eletrodo e uma peça através de um líquido dielétrico (EDM – Electrical Discharge Machining) [1]. É indicado na usinagem de formas complexas em materiais condutores elétricos, especialmente de alta dureza, difíceis de serem usinados por processos tradicionais de usinagem [2]. Esse processo garante a produção de superfícies de alta qualidade, praticamente sem distorções e sem alterações microestruturais, já os processos tradicionais de usinagem geram calor e tensões na superfície usinada, produzem enormes cavacos e afetam as características estruturais da peça [3].

Na usinagem por eletroerosão, a peça permanece submersa em um líquido (dielétrico), tendo uma rápida dissipação do calor gerado no processo. Na eletroerosão não existe força de corte, pois não há contato entre a ferramenta e a peça. Por isso não se formam as tensões comuns dos processos convencionais de usinagem.

Este processo permite a obtenção de estreitos limites de tolerância, em virtude da automatização das máquinas. Possibilita um controle rigoroso da ação da ferramenta sobre a peça usinada, decorrente de um servomecanismo que reage rapidamente às pequenas variações de intensidade de corrente [3].

3. Princípios do processo

Para que o processo de eletroerosão ocorra é necessário que a peça a ser usinada e a ferramenta sejam bons condutores elétricos [1].

A peça a ser usinada e o eletrodo (ferramenta que produz a erosão), ambos de materiais diferentes, são mergulhados num recipiente que contém um fluido dielétrico. Esse fluido deve ser capaz de atender os requisitos de alta viscosidade e alta resistência elétrica, também deve atuar como isolante, refrigerante e como um meio de lavagem para remover os subprodutos metálicos da área de trabalho. Em geral, são utilizados como dielétrico o óleo mineral e o querosene.

Peça e eletrodo são ligados, por meio de cabos, a uma fonte de corrente contínua, onde o eletrodo tem polaridade positiva e a peça, polaridade negativa. Um dos cabos é conectado a um interruptor, que aciona e interrompe o fornecimento de energia elétrica para o sistema, conforme a figura 1.

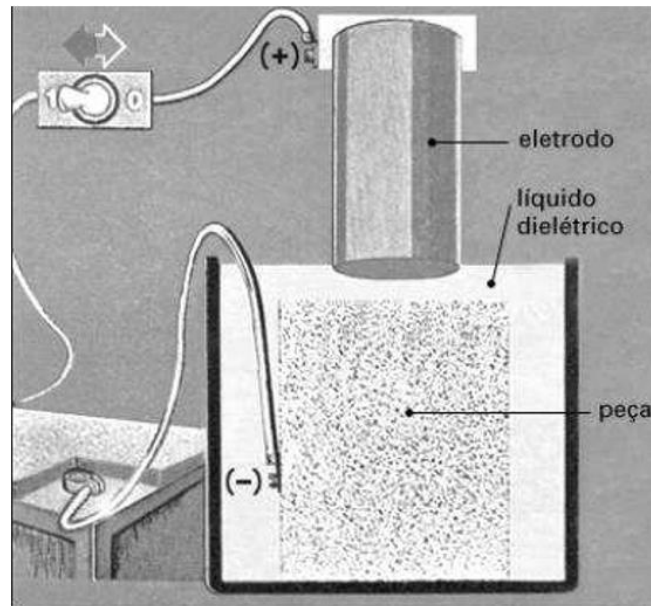


Figura 1. Esquema simplificado de eletroerosão.

Quando o interruptor é ligado, forma-se uma tensão elétrica entre o eletrodo e a peça. Inicialmente não há passagem de corrente, em virtude do dielétrico atuar como isolante. O dielétrico passa a atuar como condutor quando o espaço entre a peça e a ferramenta é diminuída até uma distância determinada, formando uma “ponte” de íons entre o eletrodo e a peça. Produz-se, então, uma centelha que superaquece a superfície do material dentro do campo de descarga, fundindo-a. Estima-se que a temperatura na região da centelha pode variar entre 2500 °C e 50000 °C.

O processo de erosão ocorre na peça e no eletrodo, simultaneamente. É possível controlar a erosão de modo que se obtenha até 99,5% de erosão na peça e 0,5% no eletrodo, por meio de ajustes convenientes da máquina.

O eletrodo e a peça são posicionados de tal forma que haja uma distância mínima na qual é produzida a centelha, chamada de gap (do inglês gap = folga), dependendo da intensidade da corrente aplicada. O tamanho desse gap determina a rugosidade da peça, ou seja, com um gap alto, o tempo de usinagem é menor, mas a rugosidade é maior. Já um gap mais baixo implica maior tempo de usinagem e menor rugosidade de superfície.

Após um determinado intervalo de tempo, controlados por comandos eletrônicos (medidos em microssegundos), o fornecimento de corrente é interrompido pelo afastamento do eletrodo. O ciclo recomeça com a reaproximação do eletrodo até a distância gap, provocando uma nova descarga. Descargas sucessivas fazem a usinagem da peça, sua frequência podendo chegar até 200 mil ciclos por segundo [3].

3.1. Eletroerosão por penetração

O processo mais comum de eletroerosão baseia-se na penetração do eletrodo na peça. Esse processo de usinagem é utilizado em peças que seriam difíceis de serem trabalhadas pelos processos convencionais, devido à complexidade de trabalho e pela dureza das mesmas. É aplicada em ferramentaria, para usinagem de estampos para forjaria, em coquilha e, em grande parte, em usinagem de pastilhas de metal duro [4].

3.2. Eletroerosão a fio

O processo de usinagem por eletroerosão a fio é semelhante ao da eletroerosão por penetração. Diferem-se pela forma que são usinados, enquanto que no processo por penetração usa-se um eletrodo, o processo a fio utiliza um fio, visto que o fio é o próprio eletrodo, onde ocorre a passagem de corrente elétrica.

Um fio de latão ionizado (eletricamente carregado) atravessa a peça submersa em água desionizada, em movimentos constantes, provocando descargas elétricas entre o fio e a peça, resultando no corte do material. Para permitir a passagem do fio, é feito um pequeno orifício no material a ser usinado. Conforme a figura. 2.

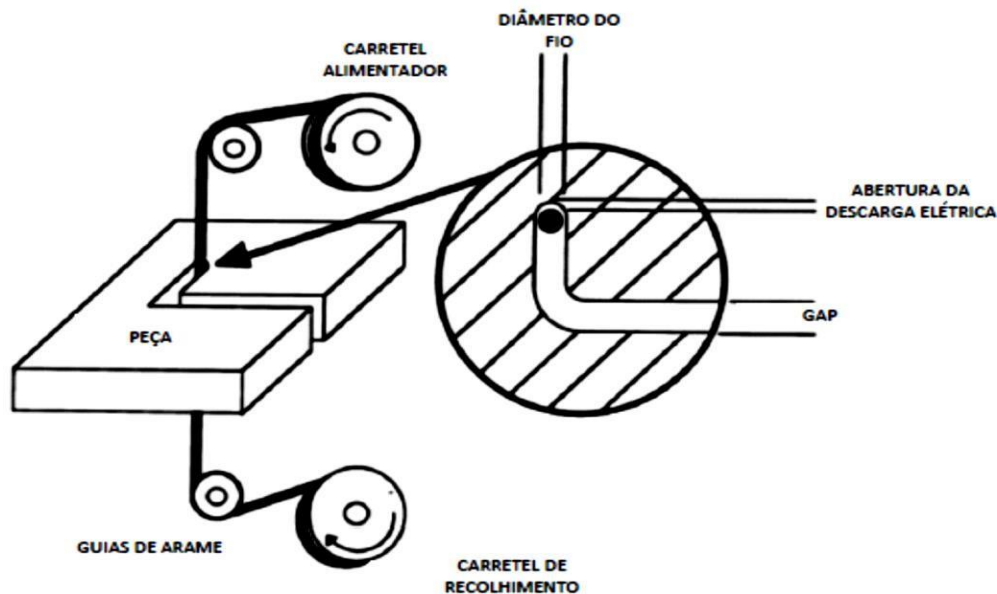


Figura 2. Esquema simplificado de eletroerosão a fio.

O processo permite o corte de perfis complexos e com exatidão, sendo o corte programado por computador.

Em alguns equipamentos, um *ploter*, isto é, um traçador gráfico, possibilita a conferência da execução do programa pela máquina.

Atualmente, esse processo é bastante usado na indústria para a confecção de placas de guia, porta-punções e matrizes (ferramentas de corte, dobra e repuxo).

A vantagem da usinagem por eletroerosão a fio é que as operações são controladas por computador, possibilitando que o operador atenda diversas máquinas ao mesmo tempo. Obtêm-se peças com superfícies de alta qualidade, praticamente sem distorções ou alterações microestruturais.

Essa usinagem é aplicada na confecção de matrizes para estampas de corte, feiras para trefilação e a fabricação de metal duro [1].

4. Materiais usináveis

Os materiais que possuem ponto de fusão elevado e que são bons condutores de eletricidade são considerados como os melhores para produção de eletrodos. De um modo geral, eles podem ser agrupados em duas categorias: Metálicos e não-metálicos.

Os materiais metálicos mais utilizados são os cobs eletrolítico, tungstênio e sintetizado. Eletrodos feitos desses materiais apresentam ótimo acabamento e mínimo desgaste durante o processo de eletroerosão.

Já entre os materiais não-metálicos, o grafite é o principal. Este material é facilmente usinado, porém quebradiço. Os eletrodos de grafite são insensíveis à choques térmicos, conservam suas qualidades mecânicas a altas temperaturas, praticamente não se deformam e são leves. Contudo, são abrasivos, não podem ser moldados ou conformados e não aceitam redução por ácido [3].

5. Ferramentas

As ferramentas utilizadas no processo de eletroerosão é o eletrodo, e o mesmo varia de acordo com a sua necessidade. Todos os materiais que são condutores de eletricidade podem ser utilizados como eletrodo, porém nem todos são viáveis ou o seu rendimento é limitado. Devido a esses critérios que é de grande importância a escolha do material, levando em conta a condutibilidade elétrica, sua usinabilidade e sua qualidade final no trabalho a ser realizado. Já no processo de eletroerosão a fio o material utilizado é o fio de cobre [1, 5].

5.1. Material empregado

Os materiais dos eletrodos estão divididos em dois grupos, os metálicos e não metálicos. Os materiais mais utilizados são: cobre eletrolítico, cobre ao cromo e ao chumbo, cobre tungstênio, tungstênio, tungstênio prata e ligas de alumínio. Já nos não metálicos são os grafites, grafites ao cobre e entre outros de pouca utilização [5].

5.1.1. O Cobre eletrolítico

É um material de boa condutividade, ele também é bem usinado por torno e fresadora o que facilita o processo de fabricação da ferramenta e pode ser retificado. Para evitar que os cavacos se prendam à ferramenta é importante lubrificá-la nos processos de usinagem.

5.1.2. Cobre ao cromo ou ao chumbo

A mistura em pequenas quantidades (1 a 3%) de cromo ou chumbo ao cobre melhora em muito no processo de usinagem, o rendimento dessas ligas não será tão bom quanto o cobre eletrolítico (puro), pois o desgaste será de 15 a 25% maior e a eliminação de material inferior a 10%.

5.1.3. Cobre tungstênio

É aplicado geralmente na usinagem de precisão que possua detalhes finos, em peças com cantos vivos e processos repetitivos. O percentual de tungstênio é de 50 a 80%, e de cobre de 20 a 50%. Quanto maior for a porcentagem de tungstênio mais difícil será a usinagem, e menor será o desgaste do eletrodo durante a operação de eletroerosão.

5.1.4 Tungstênio

Forma eletrodos precisos, excelente desempenho de processamento, e assegura a precisão por um bom tempo. É utilizado na usinagem de micro orifícios.

5.1.5 Tungstênio prata

É aplicado da mesma forma do eletrodo de cobre tungstênio, mas tendo uma pequena vantagem quando empregado para acabamento, pois possui alta resistência a fusão e alta dureza.

5.1.6 Ligas de alumínio

Sua aplicação é feita quando se quer obter cavidades tridimensionais de grandes dimensões com um grau de acabamento não muito rigoroso.

5.1.7 Grafite ao cobre

A usinagem é mais fácil que a do grafite puro, pois é menos frágil, boas propriedades para eletrodos com finos detalhes. Porém é muito caro, e por esse motivo não é muito utilizado.

5.1.8 Grafite

É um material de fácil usinagem, porém ele é muito frágil e não pode ser utilizado em soluções ácidas. Grande eficiência nas operações de desbaste principalmente em peças de aço, proporcionando baixas taxas de desgaste.

5.2. Processo de fabricação

Os eletrodos podem ser construídos por máquinas convencionais de usinagem (fresadoras, tornos, aplainadoras, fresadoras pantográficas, etc.) e por processos de galvanoplastia (eletrodeposição). O sistema a ser empregado na construção dos eletrodos, dependerá do material a ser utilizado e o tipo de perfil de ferramenta que se pretende obter [4].

5.3. Bobina de fio de cobre

O corte por eletroerosão a fio ocorre com eletrodos de fios, o mesmo adquiriu grande importância na ferramentaria com o uso de comandos programáveis (CNC).

Em princípio, qualquer fio condutor de eletricidade se presta para este tipo de corte. Na prática, entretanto, emprega-se mais comumente o de cobre, pois este é encontrado em grande variedade no mercado em razão da grande demanda da indústria eletrotécnica. O importante, de qualquer forma é usar o material sempre limpo. Provou-se ser mais vantajoso o uso de material eletrolítico polido.

Máquinas de eletroerosão que usam arame como eletrodo, não tem condição de produzir cantos vivos. É preciso prever o arredondamento dos cantos, que correspondem ao raio do arame da centelha.

Para furos muito finos, o cobre se torna impraticável, por não ter uma boa resistência à tração. Nestes casos, indica-se o fio molibdênio que possui uma resistência bem maior a tração, este fio poderá tornar-se conforme seu custo, em material universal para toda gama de aplicação [4].

6. Máquina-ferramenta

A composição das máquinas operatrizes segue uma lógica comum que deriva das necessidades dos processos desenvolvidos e da acuracidade necessária das peças. De forma geral as máquinas ferramentas podem ser subdivididas em 5 subsistemas, citados abaixo [7].

1. Subsistema de suporte: sustenta todos os elementos da máquina.
2. Subsistema de fixação da peça: fixa a peça na mesa de trabalho.
3. Subsistema de fixação da ferramenta: fixa o eletrodo/fio no cabeçote.
4. Subsistema de avanço: realiza os movimentos relativos da peça ou ferramenta.
5. Subsistema de acionamento principal: fonte de energia para o processo de remoção de material.

Dentre os elementos que compõe as máquinas de eletroerosão o único componente com características inteiramente comum às máquinas por penetração (die-sinker machines) ou por fio (wire cut machines) é a fonte de energia (*power supply*). As outras sub-montagens como a estrutura, unidade de dielétrico, servo controle do cabeçote, e controle dos eixos X-Y possuem características distintas e por isso devem ser analisadas separadamente [8].

JAMESON (2001) divide as máquinas de eletroerosão em cinco partes, tal como referido na tabela 1 e representado esquematicamente pela figura 3.

Tabela 1. Subsistemas que compõe as máquinas de eletroerosão.

Eletroerosão por Penetração (Die-sinker)	Eletroerosão a fio (Wire cut)
Estrutura da máquina	Estrutura da máquina
Fonte de energia	Fonte de energia
Unidade de dielétrico	Unidade de dielétrico
Servo controle do eixo Z	Servo controle dos eixos X-Y
Controle CNC (Opcional)	Controle CNC (Requerido)

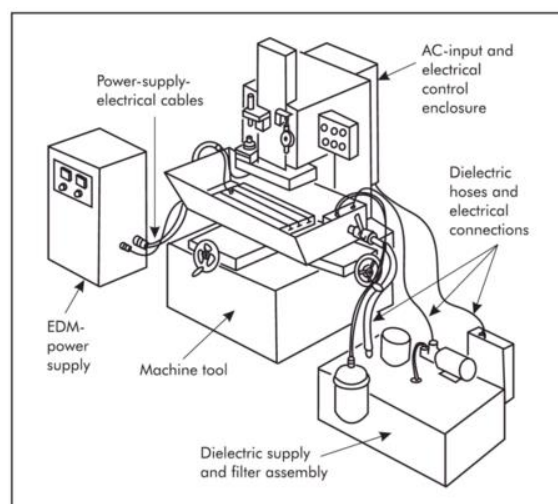


Figura 3. Sub-montagens das máquinas de eletroerosão.

6.1 Estrutura da máquina

As máquinas de eletroerosão possuem características semelhantes às demais máquinas ferramenteiras de usinagem. Normalmente apresentam uma estrutura rígida de modo que os elementos de fixação do material,

mesa, cabeçotes móveis e fusos sejam fixados a uma coluna central, esta que deve apresentar a rigidez necessária para manter-se inerte as forças de flexão [8].

Para JAMESON (2001), embora a coluna central da máquina de eletroerosão não tenha uma função operacional no processo de remoção por descarga elétrica, porém, é importante porque ajuda a garantir a folga necessária entre o eletrodo e o material base. Qualquer movimentação da estrutura influencia no gap (folga) visto a magnitude dessa dimensão, da ordem de 0,025 a 0,102mm.

Segundo JAMESON (2001) existem dois tipos básicos de coluna para as máquinas de eletroerosão, o tipo C e o tipo ponte. A coluna do tipo C é assim chamada pela vista lateral da máquina, possui uma mesa móvel nos eixos X-Y movendo-se abaixo de um cabeçote fixo. É normalmente a forma de construção mais empregada nas máquinas por penetração. A figura 4 contempla um exemplo desse tipo de estrutura.

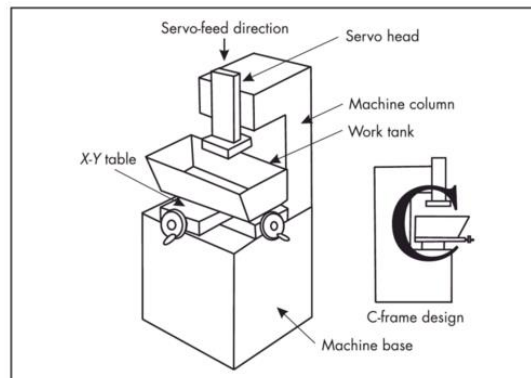


Figura 4. Coluna tipo C.

O outro tipo de estrutura empregada é a coluna tipo ponte, possui uma mesa fixa a estrutura e um cabeçote porta eletrodo que se move nos eixos X-Y. Essa coluna é caracterizada sempre que o cabeçote do eletrodo é suportado por uma estrutura em forma de ponte sobre a mesa de trabalho, tal como demonstra a figura 5 [8].

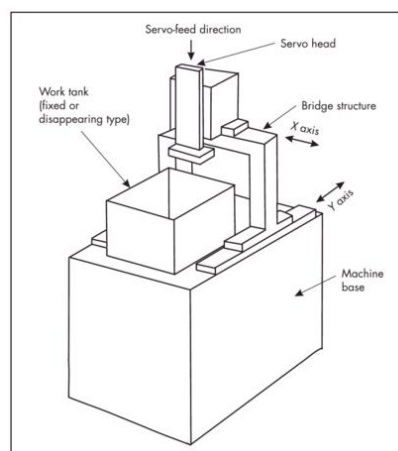


Figura 5. Coluna tipo ponte.

A diferença entre as estruturas tipo ponte e tipo C é o tipo de movimento empregado para o posicionamento dos eixos X-Y. As máquinas com coluna do tipo C posicionam a peça em relação ao eletrodo, de modo inverso, as máquinas com coluna tipo ponte posicionam o eletrodo em relação a peça [8].

De acordo com JAMESON (2001) as estruturas do tipo ponte são mais empregadas em máquinas realizam processos em peças com grandes dimensões, visto que é mais conveniente mover o cabeçote com o eletrodo do que a mesa com o material a ser trabalhado.

6.2 Fonte de energia

A fonte de energia ou gerador tem a função de produzir as centelhas que promovem a remoção de material no processo de eletroerosão. É responsável por controlar o tempo da centelha, e nas máquinas por penetração controla o avanço do eletrodo. É composto por uma série de componentes elétricos e eletrônicos. [8]

Para SOMER (2005) a fonte de energia gera impulsos elétricos entre a peça de trabalho e o eletrodo, sendo que uma pequena folga entre o eletrodo e a peça permite que ocorra um fluxo de dielétrico entre os mesmos, a

fonte ajusta a intensidade da tensão e corrente elétrica a fim de ionizar o dielétrico controlando as centelhas.

As fontes de energia funcionam por meio de dois tipos básicos de circuitos, circuitos RC (resistor-capacitor) e circuitos de chaveamento. Ambos os circuitos possuem internamente um circuito transformador e retificador de tensão [8].

Segundo JAMESON (2001) as máquinas de eletroerosão que utilizam geradores com circuitos RC são mais empregados para a usinagem de superfícies de acabamento fino ou para a execução de furos pequenos de baixa precisão. Isso se deve ao fato de que esse tipo de controle gera uma centelha de baixa amplitude, algo em torno de 15 A, o que limita a taxa de remoção, sendo mais indicada para acabamentos finos.

Os circuitos de chaveamento utilizam transistores para regular o tempo de ON-OFF da centelha, o que permite maiores frequências de centelhamento que o circuito RC. Maiores frequências de chaveamento promovem uma maior retirada de material, o que agiliza o processo [8].

A figura 6 demonstra respectivamente, em (a) a limitação de amplitude da centelha nas fontes de energia que usam o circuito RC e em (b) a maior frequência de centelhamento nos circuitos de chaveamento com transistores [8].

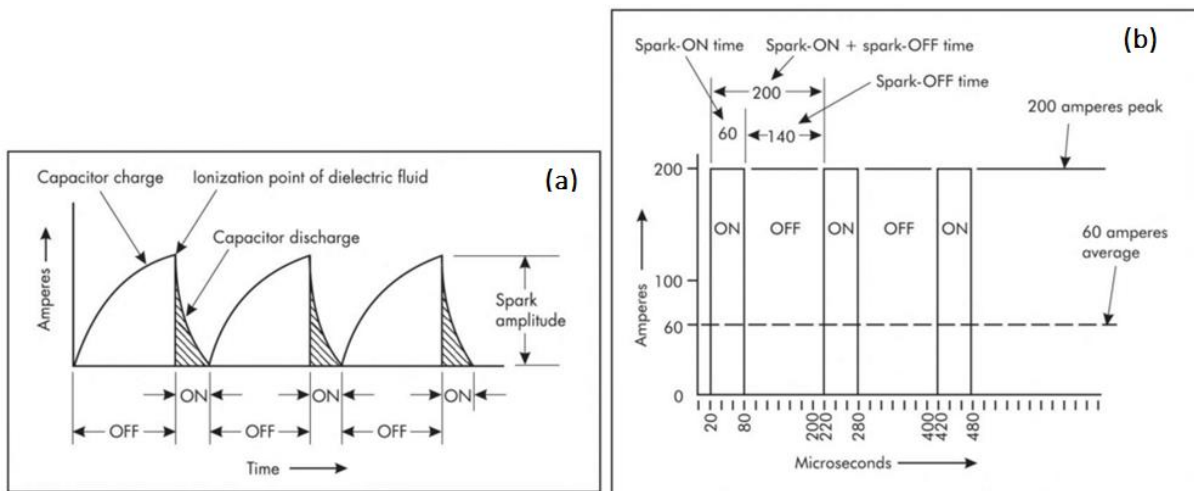


Figura 6. Forma de onda do centelhamento das fontes de energia: (a) circuito RC e (b) circuito chaveado.

6.3 Unidade de dielétrico

Tem a função de armazenar o fluido dielétrico, que pode ser água deionizada ou óleo mineral. Os principais componentes montados junto ao reservatório são o filtro de impurezas, uma bomba de circulação do tanque de trabalho e a bomba de pressão do dielétrico [8].

De acordo com JAMESON (2001) a pressão do dielétrico na saída junto ao eletrodo é de 20psi (138kPa) e o fluxo de dielétrico deve ser constante para promover a remoção do material particulado e a dissipação do calor. A figura 7 demonstra o aspecto geral da unidade de dielétrico nas máquinas de eletroerosão.

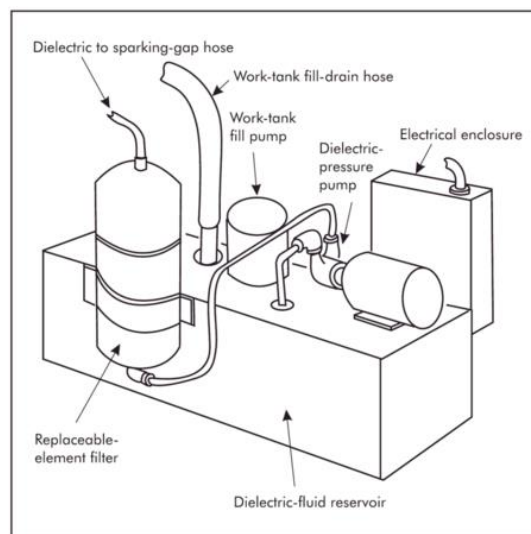


Figura 7. Unidade de dielétrico.

6.4 Controle dos eixos X-Y-Z: Convencional/CNC

A maioria das máquinas de eletroerosão no mercado possuem eixos movimentados por servo-motores acionados por sistemas CNC (Comando Numérico Computadorizado), isso permite um controle mais eficaz da folga necessária entre o eletrodo ou fio e a peça a ser usinada. Se o eletrodo ou fio tocar na peça a ser trabalhada ocorrerá um curto circuito e nenhum material será removido [9].

Segundo JAMESON (2001) as máquinas de eletroerosão a fio estão disponíveis para dois, quatro e cinco eixos de operação. Os eixos são identificados como eixo X, eixo Y, eixo U, eixo V e eixo Z. Em operação os eixos X e U são paralelos em direção a operação, os eixos Y e V também são paralelos, enquanto o eixo Z é perpendicular aos eixos X-U e Y-V. Os eixos U e V definem a distância do fio na direção vertical, este tipo de posicionamento permite a máquina produzir superfícies usinadas verticais e inclinadas na peça. A figura 8 exemplifica o posicionamento dos eixos nas máquinas de eletroerosão a fio.

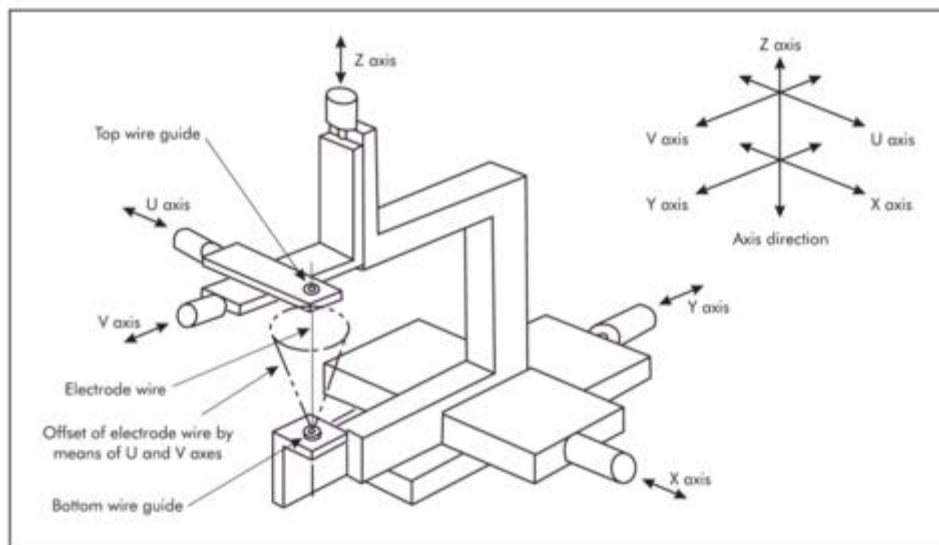


Figura 8. Eixos de posicionamento das máquinas de eletroerosão a fio.

As máquinas de eletroerosão por penetração apresentam a particularidade de não precisarem obrigatoriamente de um sistema de servo-posicionamento assistido por CNC para a movimentação dos eixos X e Y da mesa de trabalho. Em máquinas mais antigas essa era uma configuração opcional. Por outro lado, o eixo Z dessas máquinas precisa obrigatoriamente ser movimentado com precisão para manter a folga adequada do eletrodo. Por esse motivo, tal como demonstra a figura 9 o cabeçote do eixo Z é movimentado por um servo-motor comandado por CNC [8].

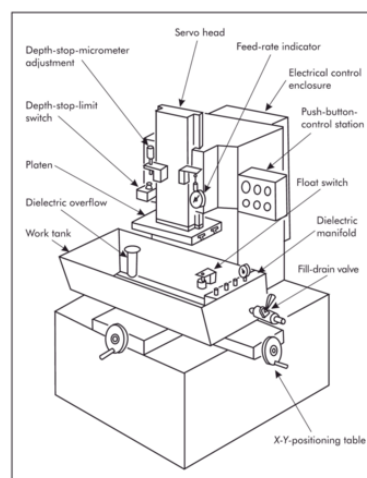


Figura 9. Eixos de posicionamento das máquinas de eletroerosão por penetração.

7. Fornecedores de máquinas de eletroerosão

7.1 Eletro

Fabricante nacional da marca Eletro e importador das marcas Exron e Vision Wide, situado no polo metal-mecânico de Caxias do Sul – RS, rua. Maria Bohn, 118, bairro Sagrada Família. Abaixo a figura 10 demonstra os equipamentos.

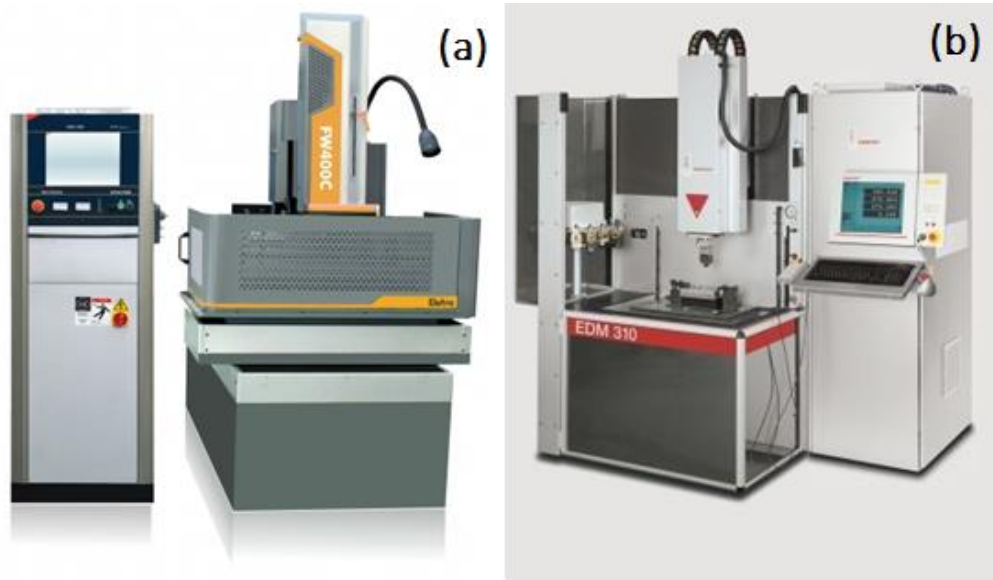


Figura 10. (a) Máquina de eletroerosão por penetração e (b) eletroerosão a fio.

7.2 Resitron

Tradicional fabricante de máquinas de usinagem por eletroerosão, tendo iniciado suas atividades no ano de 1983 como fabricante de equipamentos eletroeletrônicos, passou a ter como atividade principal a produção de equipamentos de eletroerosão a partir de 1989.

Sua linha de produtos abrange desde máquinas convencionais com controle de um eixo, até equipamentos robotizados com 7 eixos simultâneos. Localizada em Caxias do Sul –RS, também é distribuidora exclusiva no Brasil da marca Zimmer & Kreim da Alemanha. Abaixo a figura 11 demonstra os equipamentos.

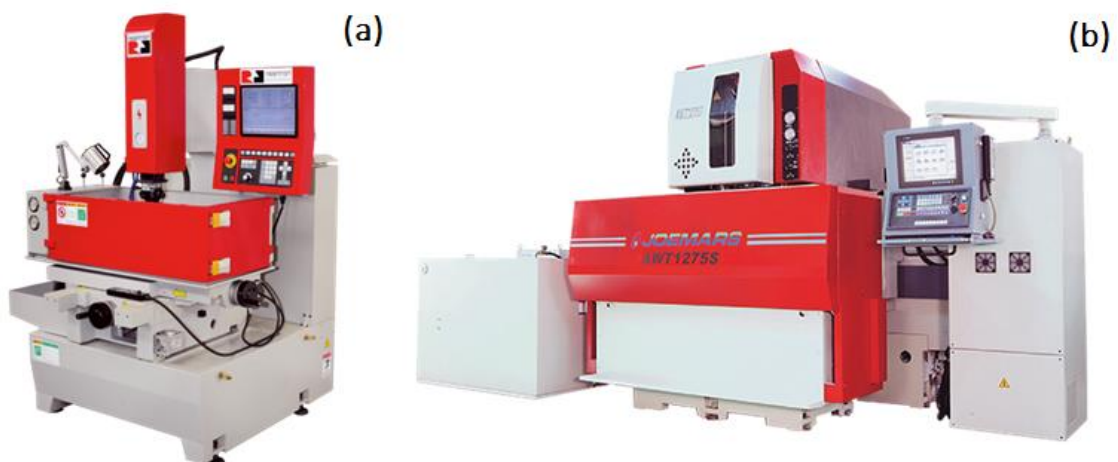


Figura 11. (a) Máquina de eletroerosão por penetração e (b) eletroerosão a fio.

7.3 Agie Charmilles

É uma marca do grupo norte-americano George Fischer que trabalha no ramo de tubulações industriais, peças automotivas e máquinas de usinagem. Tem uma representação em São Paulo – SP na Rua Dr. Geraldo Campos Moreira, 240 Conjunto 32 Ed. River Park - 04571-904 – Bairro do Brooklin. Abaixo a figura 12 demonstra os equipamentos.

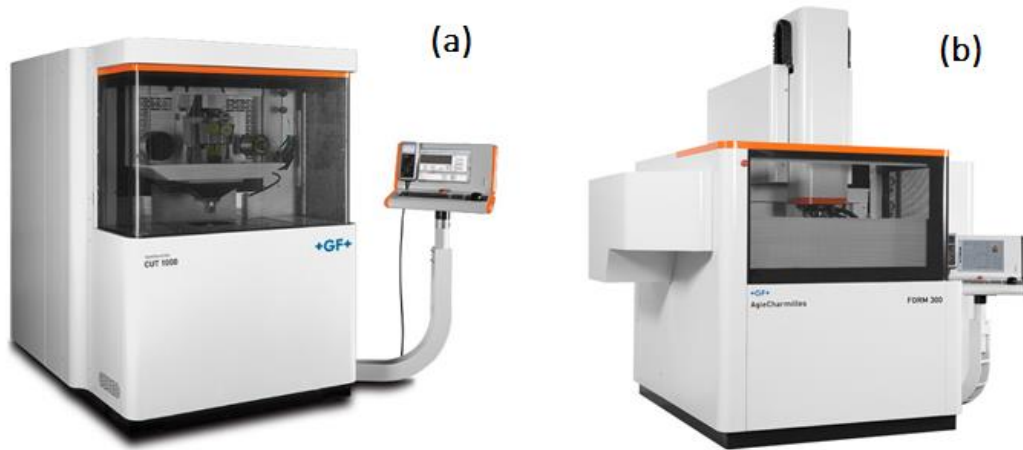


Figura 12. (a) Máquina de eletroerosão por penetração e (b) eletroerosão a fio.

7.4 Mitsubishi

Tem uma representação chamada MC Machinery Systems do Brasil situada na Rua. Amapá, 191 - Vila Canero, São Paulo – SP. Importa para o mercado nacional máquinas industriais de eletroerosão, usinagem e corte laser. Abaixo a figura 13 demonstra os equipamentos.

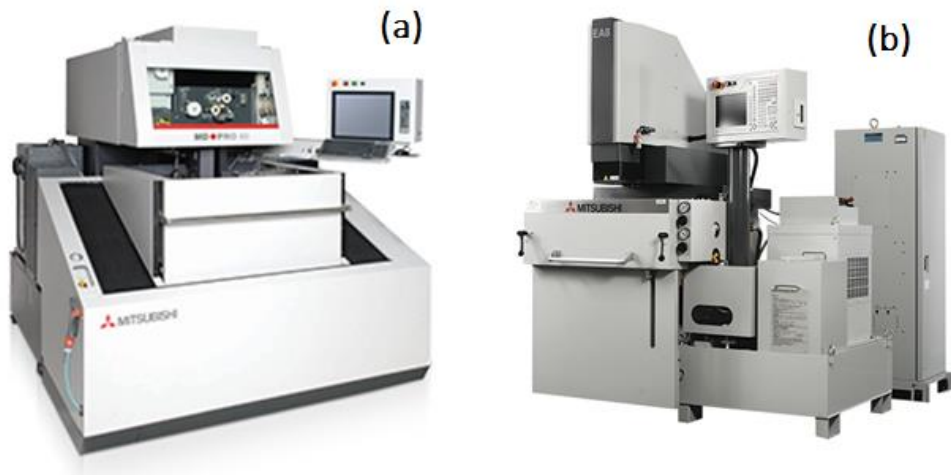


Figura 13. (a) Máquina de eletroerosão por penetração e (b) eletroerosão a fio.

8. Fixação de peças - Dispositivos

O benefício da utilização das ferramentas anteriormente apresentadas, é fixar a peça de trabalho com livre acesso do fio sobre a maior parte de sua superfície. Também a preparação fora da máquina, como exemplo em um tridimensional, bem como a ter um ajuste fácil em XYZC através do nivelamento do cabeçote. Para peças pesadas, algumas empresas oferecem sistema de réguas adaptados para cada tamanho de máquina.

Além disso, a gama de produtos para fixação é completado por mesas, o que permite preparar o trabalho fora da máquina e cobrindo por completo toda a área de trabalho da máquina.

9. Aplicações

9.1. Eletroerosão por penetração

- Indústria automotiva
- Indústria de gravação e estampagem
- Usinagem de metais de elevada dureza
- Peças com geometrias complexas
- Indústria de moldes e matrizes

9.2. Eletroerosão a Fio

- Usinagem de cavidade passante
- Usinagem de perfurações transversais
- Confecção de placas e guias
- Confecção de porta punção e matrizes (ferramentas de corte, dobra e repuxo).

9.3. Vantagens e Desvantagens

As vantagens e desvantagens de um ou outro sistema dependem de cada caso e deve ser levado em conta não só a geometria da peça, mas também a precisão requerida.

- Vantagens da eletroerosão por penetração: Superfícies de alta qualidade; Peças com formas complexas; Baixa taxa de remoção de material.
- Vantagens da eletroerosão a fio: permite corte de perfis complexo com exatidão; sistema automatizado; peças com formas complexas; superfície de alta qualidade.
- Desvantagens da eletroerosão por penetração: desgaste do eletrodo; processo apenas com corrente contínua; alto custo.
- Desvantagens eletroerosão a fio: baixa taxa de remoção de material; dificuldade de descarte dos fluidos utilizados no processo; alto custo.

10. Curiosidades

10.1. Eletroerosão X HSM (indústria de moldes e matrizes)

A usinagem em alta velocidade (High Speed Cutting – HSC e High Speed Machinnig – HSM) é uma tecnologia de usinagem que ocorre em altíssimas velocidades de corte, normalmente entre 600 m/min e 1500 m/min. Ela permite que sejam usinadas 35 peças com altas durezas e em um menor período de tempo do que na usinagem convencional.

A evolução do HSM ao longo do tempo foi possível devido à evolução das máquinas ferramenta com eixos de altíssimas rotações, que possibilitaram que a usinagem fosse efetuada com altíssimas velocidades de corte. O desenvolvimento desta tecnologia exigiu também o desenvolvimento de novas ferramentas e de novos programas para controle das máquinas operatrizes com as características necessárias para a otimização do processo.

O emprego de HSM permite diminuir a cadeia de processo necessária a fabricação de um produto. O bom acabamento superficial em muitos casos elimina a necessidade de retificação e reduz bastante o tempo de polimento. A tecnologia HSM permite também a usinagem de peças com altas durezas eliminando a necessidade de usinagem por eletroerosão e de se efetuar têmpera após a usinagem [10].

Usinagem em HSC (High Speed Cutting) ou HSM (High Speed Machining) é a mais avançada tecnologia de usinagem que temos a disposição, essa tecnologia surgiu a quase 80 anos na Alemanha e ela consiste em substituir um processo de poucos passes, pesados e lentos por muitos passes leves e com altas velocidades de corte. As áreas que mais utilizam esse tipo de usinagem é a de moldes e matrizes, aeroespacial e automotiva.

Atualmente o processo HSM permite a usinagem dos componentes diretamente em material endurecido eliminando as operações de eletroerosão e do polimento manual. O resultado destas melhorias que o processo HSM proporciona na usinagem de moldes é um menor tempo de ciclo de produção, eliminação de operações e conseqüentemente a queda no custo de fabricação da peça [11].

6.2. Produtividade

Divididos basicamente em máquinas manuais convencionais e máquinas controladas por CNC (Comando numérico computadorizado), os equipamentos de eletroerosão são considerados de precisão milesimal e de usinagem lenta – mas, dependendo da aplicação, conseguem obter maior produtividade do que máquinas convencionais de usinagem. “O grande diferencial das máquinas de eletroerosão é a precisão do corte, capaz de proporcionar um acabamento da peça que muitas vezes não é possível alcançar com outros equipamentos”, a produtividade destes equipamentos pode ser medida por meio da taxa de remoção de material e da relação de desgaste do eletrodo.

As principais tendências para a eletro-erosão serão o avanço nas usinagens de PCD (diamante policristalino), o desenvolvimento de máquinas capazes de trabalhar sem operadores e o aumento tanto dos controles simultâneos dos eixos quanto da velocidade de corte [12].

7. Conclusão

Podemos concluir que o processo de usinagem por eletroerosão baseia-se na penetração do eletrodo na peça, onde as faíscas ocorrem através de um pequeno gap entre a ferramenta e a superfície da peça. Para certas finalidades, como a usinagem de cavidades passantes e perfurações transversais, é preferível usar o processo de eletroerosão a fio. Os princípios básicos da eletroerosão a fio são semelhantes aos da eletroerosão por penetração. A diferença é que, neste processo, um fio de latão ionizado, atravessa a peça submersa em água desionizada, provocando descargas elétricas entre o fio e a peça, as quais cortam o material.

Com isso, a eletroerosão torna-se um processo adequado para atender às exigências atuais de qualidade e produtividade, com grande aplicação na confecção de matrizes para estampas de corte, moldes de injeção, e fabricação de ferramentas de metal duro. Vale ressaltar que a eletroerosão é um processo moderno de usinagem que oferece vantagens consideráveis e sua aplicação está em contínua expansão.

8. Referências Bibliográficas

- [1] SCHIMIDT, Igor; SABO, C.S. Usinagem por eletroerosão. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAA6GwAH/usinagem-por-eletroerosao>>. Acesso em: 9 abril 2016.
- [2] ARANTES, Luciano J.; et al. Avaliação de superfícies usinadas por diferentes fluidos dielétricos no processo de usinagem por eletroerosão. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 10 abril 2016.
- [3] TELECURSO 2000. Usinagem por eletroerosão. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAABMQAA/68proc>>. Acesso em: 10 abril 2016.
- [4] CHEIDA, Pedro. Eletroerosão. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAABTE8AL/eletroerosao>>. Acesso em: 9 abril 2016.
- [5] KRATOCHIVIL, Rafael. Análise sobre processo de eletroerosão na utilização de Eletrodos de Cobre ou Grafita. Disponível em: <<http://www.moldesinjeaoplasticos.com.br/eletrodosdecobre.asp>>. Acesso em: 22 março 2016.
- [6] WELTER, André. Eletrodos. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAA0AQAB/trabalho-eletroerosao#>>. Acesso em: 9 abril 2016.
- [7] CIMM (Centro de Informação Metal Mecânica). Definição - O que é Subistemas da máquina-ferramenta. Disponível em: <<http://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/480-subistemas-da-maquina-ferramenta>>. Acesso em: 05 maio 2016.
- [8] JAMESON, Elman C. Electrical discharge machining. Society of Manufacturing Engineers, 2001.
- [9] SOMMER, Carl; SOMMER, Steve. Complete EDM Handbook: Wire EDM, RAM EDM, Small Hole EDM; Practical Information for Designers, Engineers, Machinists, Tool and Die Makers, Mold Makers and Others in the Metal Machining Fields. Advance Publ, 2005.
- [10] CORRÊA REFAEL AGRESTA. Tendências tecnológicas para máquinas ferramenta de alta velocidade. Agosto 2013. Rio de Janeiro.
- [11] CAPLA. Lumatech Indústria e Comércio. Disponível em: <<http://www.lumatech.com.br/usinagem-hsm-high-speed/>>. Acesso em: 02 de abril de 2016.
- [12] FERES FERNANDA. O mundo da usinagem. Revista nº65. 2010. Disponível em: <<http://www.omundodausinagem.com.br/pdf/65>>. Acesso em: 02 de abril de 2016. Jun. 1996.