

# Usinagem por eletroerosão

Suponha que um amigo seu, que vai patrocinar uma importante competição esportiva, esteja encarregado de providenciar um grande número de medalhas.



O problema é que seu amigo não sabe qual é o melhor processo para confeccionar essas medalhas e está pedindo a sua ajuda.

Na sua opinião, qual dos processos de usinagem que você conhece é o mais adequado para essa finalidade?

Uma coisa é certa: seria muito trabalhoso e caro entalhar essas medalhas uma a uma. Na verdade, a produção ficaria mais viável com a utilização de um molde, obtido a partir de um processo denominado **eletroerosão**.

A **eletroerosão** baseia-se na destruição de partículas metálicas por meio de descargas elétricas.

Data de meados do século XVIII a descrição de um processo para obtenção de pó metálico mediante descargas elétricas.

Mas este processo só passou a ser utilizado industrialmente há cerca de sessenta anos, para a recuperação de peças com ferramentas quebradas em seu interior (machos, brocas, alargadores).

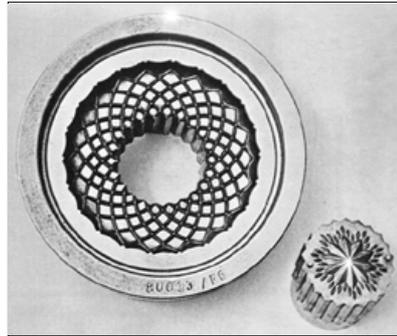
Durante a Segunda Guerra Mundial, a necessidade de acelerar a produção industrial e a escassez de mão-de-obra impulsionaram a pesquisa de novas tecnologias, visando tornar possível o aumento da produção, com um mínimo de desperdício. Esse esforço marcou o início, entre outras realizações, da era da eletroerosão.

Estudando os assuntos desta aula, você conhecerá as aplicações da eletroerosão na indústria, os princípios deste processo e ficará sabendo como são confeccionados os eletrodos usados nas máquinas de eletroerosão.

Este é um dos processos não tradicionais de usinagem que vêm ganhando espaço ultimamente. Várias razões explicam esse crescimento.

Pense, por exemplo, nos novos materiais que têm surgido, como os carbonetos metálicos, as superligas e as cerâmicas. Trata-se, geralmente, de materiais muito duros. Você já imaginou a dificuldade que seria usiná-los pelos processos tradicionais?

Imagine também a dificuldade que representaria a usinagem pelos métodos tradicionais de uma peça com formas tão complexas como a mostrada abaixo.



Brocas helicoidais são eficientes para produzir furos redondos. Mas que broca produziria um furo irregular como o da peça ao lado?

Por eletroerosão, o molde dessa peça pode ser produzido em uma só fase de operação.

Além disso, os processos tradicionais de usinagem geram calor e tensões na superfície usinada, produzem enormes cavacos e afetam as características estruturais da peça. Não são adequados, portanto, para produzir superfícies de alta qualidade, praticamente sem distorções e sem alterações microestruturais.

Já na usinagem por eletroerosão, 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 vantagem adicional é a automatização das máquinas de eletroerosão, que permite a obtenção de estreitos limites de tolerância. No processo de eletroerosão, é possível um controle rigoroso da ação da ferramenta sobre a peça usinada, graças a um servomecanismo que reage rapidamente às pequenas variações de intensidade de corrente.

Tudo isso torna a eletroerosão um processo adequado para atender às exigências atuais de qualidade e produtividade, com grande aplicação na confecção de matrizes para estampos de corte, moldes de injeção, forjaria, cunhagem e fabricação de ferramentas de metal duro.

Mas o que é a eletroerosão, afinal? Você ficará sabendo ao estudar o próximo tópico.

## Eletoerosão: um fenômeno invisível

A eletroerosão é um processo complexo, em grande parte não visível. Portanto, para entender esse processo, você terá de pôr sua imaginação para funcionar.

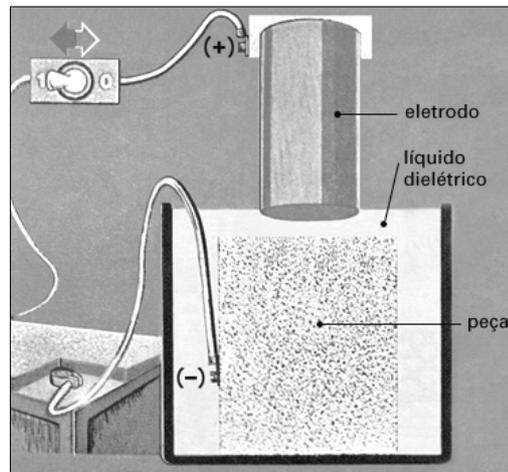
Para que a eletroerosão ocorra, é necessário que os materiais envolvidos (peça a ser usinada e a ferramenta) sejam bons condutores de eletricidade.

A ferramenta que produz a erosão, ou seja, o desbaste da superfície usinada, é o **eletrodo**.

Peça e eletrodo são mergulhados num recipiente que contém um fluido isolante, isto é, não condutor de eletricidade, chamado **dielétrico**. Em geral, são utilizados como dielétricos o óleo mineral e o querosene. O querosene requer cuidados especiais, pois é inflamável e exala um odor forte, prejudicial à saúde e ao ambiente.

Tanto a peça como o eletrodo estão ligados a uma fonte de corrente contínua, por meio de cabos. Geralmente, o eletrodo tem polaridade positiva e a peça, polaridade negativa.

Um dos cabos está conectado a um interruptor, que aciona e interrompe o fornecimento de energia elétrica para o sistema. A figura a seguir mostra um esquema simplificado do processo de eletroerosão.

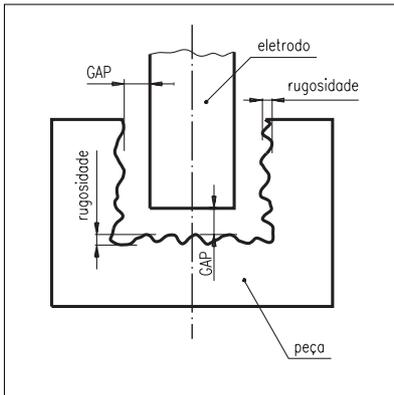


Ao ser ligado o interruptor, forma-se uma tensão elétrica entre o eletrodo e a peça. De início, não há passagem de corrente, já que o dielétrico atua como isolante.

Quando o espaço entre a peça e a ferramenta é diminuído até uma distância determinada, o dielétrico passa a atuar como condutor, 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, dependendo da intensidade da corrente aplicada, a temperatura na região da centelha possa variar entre 2.500°C e 50.000°C.

**Íons:** partículas eletricamente carregadas. Chamam-se **cátions** quando carregadas positivamente e **ânions** quando carregadas negativamente.



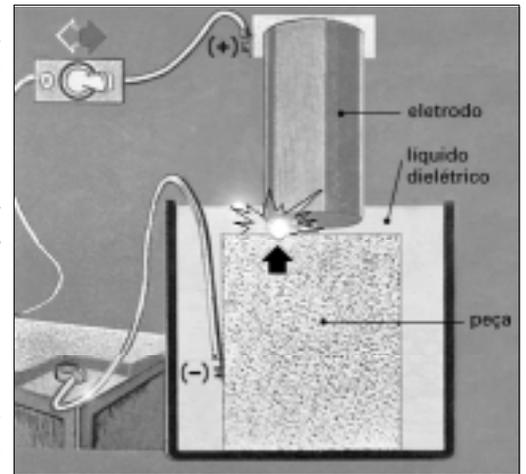
O processo de erosão ocorre simultaneamente na peça e no eletrodo. Com ajustes convenientes da máquina, é possível controlar a erosão, de modo que se obtenha até 99,5% de erosão na peça e 0,5% no eletrodo.

A distância mínima entre a peça e a ferramenta, na qual é produzida a centelha, é chamada GAP (do inglês *gap* = folga) e depende da intensidade da corrente aplicada. O GAP é o comprimento da centelha.

O tamanho do GAP pode determinar a rugosidade da superfície da peça. 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.

As partículas fundidas, desintegradas na forma de minúsculas esferas, são removidas da região por um sistema de limpeza e, no seu lugar, fica uma pequena cratera. O dielétrico, além de atuar como isolante, participa desta limpeza e ainda refrigera a superfície usinada.

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.



A duração da descarga elétrica e o intervalo entre uma descarga e outra são medidos em microssegundos e controlados por comandos eletrônicos.

Descargas sucessivas, ao longo de toda a superfície do eletrodo, fazem a usinagem da peça. A frequência das descargas pode alcançar até 200 mil ciclos por segundo. Na peça fica reproduzida uma matriz, que é uma cópia fiel do eletrodo, porém invertida.

### **Pare! Pesquise! Responda!**

Por que, no processo de eletroerosão, a fonte de energia deve fornecer corrente contínua e não corrente alternada?

Se você analisar como flui a corrente elétrica por uma pilha, que é um gerador de corrente contínua, você encontrará a explicação para a pergunta anterior. A pilha tem dois pólos: o de carvão (+) e o de zinco (-). O elétrons se movem do pólo negativo para o positivo e a intensidade da corrente é constante. Na corrente alternada, a intensidade da corrente é variável, gerando inversões de polaridade (o mesmo pólo ora é positivo, ora é negativo). No processo de eletroerosão, isso poderia levar a um desgaste maior da ferramenta do que da peça.

### **Eletroerosão por penetração ou a fio?**

O processo mais comum de eletroerosão baseia-se na **penetração** do eletrodo na peça, como foi descrito anteriormente.

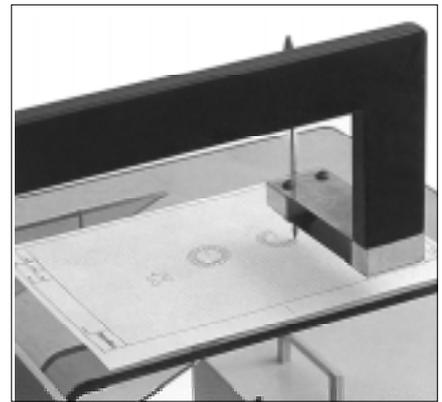
Para certas finalidades, como a usinagem de cavidades passantes e perfurações transversais, é preferível usar o processo de **eletroerosão a fio**.

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**, isto é, eletricamente carregado, atravessa a peça submersa em água desionizada, em movimentos constantes, provocando descargas elétricas entre o fio e a peça, as quais cortam o material. Para permitir a passagem do fio, é feito previamente um pequeno orifício no material a ser usinado.

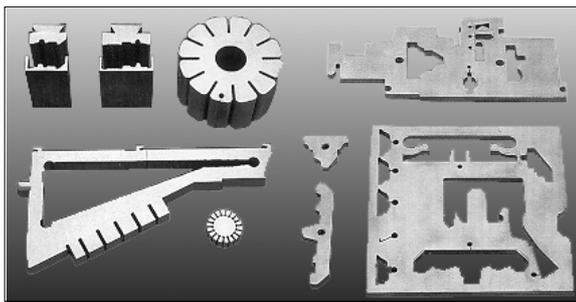


O corte a fio é programado por computador, que permite o corte de perfis complexos e com exatidão.



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

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



A figura mostra alguns exemplos de peças usinadas por eletroerosão a fio.

Como você já sabe, na eletroerosão por penetração, a ferramenta usada é o **eletrodo**.

Em princípio, todos os materiais condutores de eletricidade podem ser usados como eletrodo. Mas tendo em vista que na fabricação de uma ferramenta por eletroerosão o preço de confecção do eletrodo representa uma parcela significativa dos custos do processo, é importante escolher com cuidado o material a ser utilizado e o método de usinagem.

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

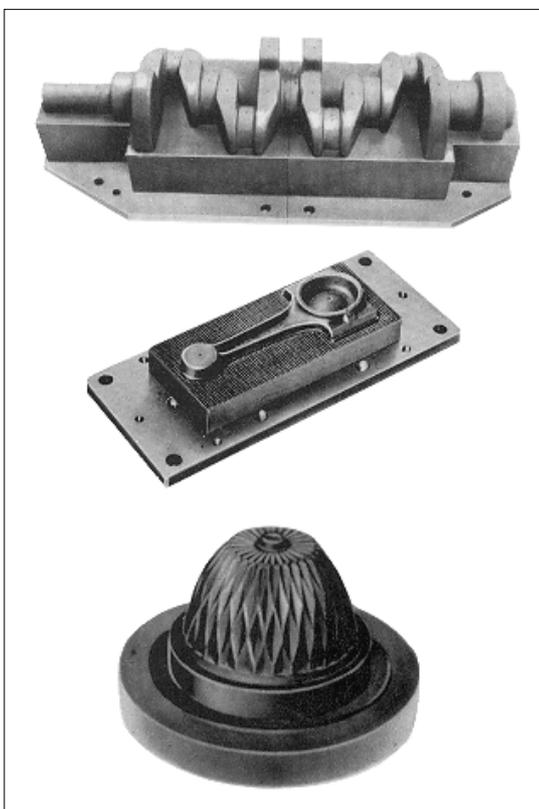
Entre os materiais metálicos, os mais utilizados são: cobre eletrolítico, cobre tungstênio e cobre sinterizado. Eletrodos feitos desses materiais caracterizam-se por apresentarem ótimo acabamento e mínimo desgaste durante o processo de eletroerosão.

Entre os materiais não-metálicos, o grafite é o principal. Este é um material de fácil usinagem, porém é muito quebradiço. Os eletrodos de grafite são insensíveis aos choques térmicos, conservam suas qualidades mecânicas a altas temperaturas, praticamente não se deformam e são leves. Entretanto, são abrasivos, não podem ser moldados ou conformados e não aceitam redução por ácido.

Peças retangulares e cilíndricas, de dimensões padronizadas, são encontradas no comércio. Quando se trata de eletrodos de perfis irregulares e complexos, é recomendável analisar cuidadosamente a relação custo-benefício antes de partir para sua construção.

Os eletrodos podem ser produzidos pelos métodos convencionais de usinagem, como a fresagem, torneamento, aplainamento etc.

Muito bem! Agora que você já sabe que a eletroerosão seria uma solução viável para cunhar as medalhas do seu amigo, deve estar interessado em saber mais sobre este processo. Na próxima aula, você obterá mais detalhes sobre a produção de peças por eletroerosão. Antes, porém, resolva os exercícios a seguir.



**Pare! Estude!  
Responda!**

Marque com X a resposta certa.

**Exercício 1**

Para que a eletroerosão ocorra, é necessário que os materiais da peça e da ferramenta sejam:

- a) ( ) condutores de calor;
- b) ( ) combustíveis;
- c) ( ) isolantes;
- d) ( ) condutores de corrente elétrica.

**Exercício 2**

O dielétrico deve ser um fluido:

- a) ( ) isolante;
- b) ( ) condutor de eletricidade;
- c) ( ) combustível;
- d) ( ) ionizado.

**Exercício 3**

A centelha é produzida quando o eletrodo:

- a) ( ) encosta na peça;
- b) ( ) afasta-se da peça;
- c) ( ) fica a uma distância da peça chamada GAP;
- d) ( ) mergulha no dielétrico.

**Exercício 4**

Entre os materiais mais usados para fabricação de eletrodos, destacam-se:

- a) ( ) cobre eletrolítico, cobre tungstênio, grafite;
- b) ( ) latão, ferro fundido, cobre;
- c) ( ) aço, tungstênio, bronze;
- d) ( ) grafite, latão, ferro fundido.

**Exercício 5**

A eletroerosão a fio é preferível quando for necessário usinar:

- a) ( ) furos cilíndricos cegos;
- b) ( ) cavidades passantes de perfis complexos;
- c) ( ) rebaixos oblíquos não passantes;
- d) ( ) furos helicoidais.

