



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**PMR 3203**

Usinagem por Remoção Química

**GRUPO 7**

Antônio Gustavo Silva Nogueira 11374968

Eduardo de Gouveia Cardoso 10264866

Felipe de Lucas Barbosa 10698895

Frederico Simões Strangis Cumino 10279261

Lucas Teixeira Vasques 10771409

**2020.1**



## Introdução



O processo consiste na remoção de material através de reações químicas, a fim de obter formas desejadas.



Tem importantes aplicações na indústria aeronáutica, elétrica e de mecânica de precisão, sendo utilizado para obtenção de uma melhor relação entre resistência e peso em aeronaves e na produção em série de materiais miniaturizados.



## Objetivos

Apresentar o processo de usinagem por remoção química e suas variações, exemplificando seus usos, e descrevendo suas vantagens e desvantagens



## Histórico

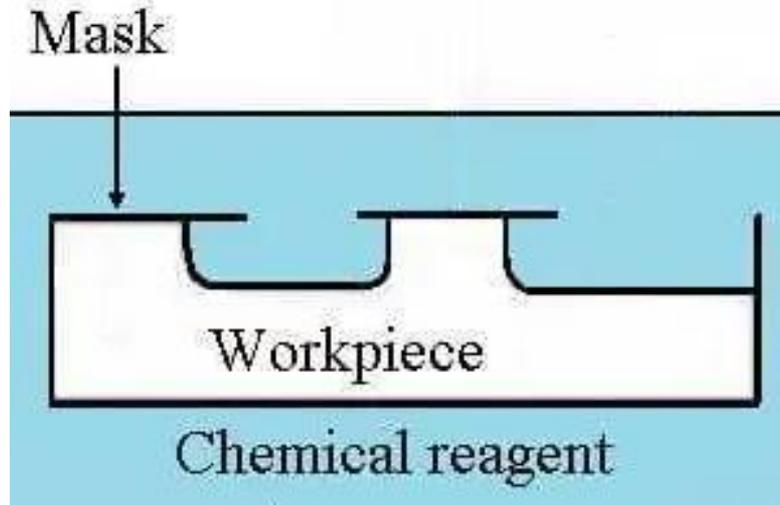
- 400 AC - Ácidos são usados para gerar pigmentos
- 1400s - Primeiro uso moderno: gravuras. Usando sal, carvão e vinagre em metais é possível criar relevo até nas armaduras mais duras
- 1600s - Instrumentos de medição e canhões com graduações de grande precisão
- 1927 - Primeiro uso na indústria





## Princípio de remoção

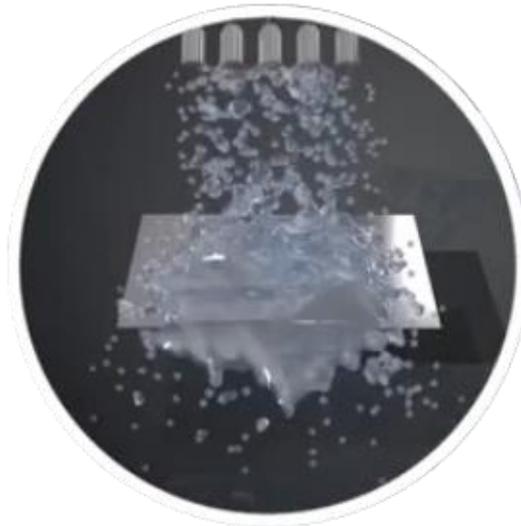
- Ataque químico com ácidos ou alcalinos contra o material mergulhado a uma temperatura controlada.
- As partes que não devem ser removidas são protegidas com uma máscara protetora





## Preparação do Metal

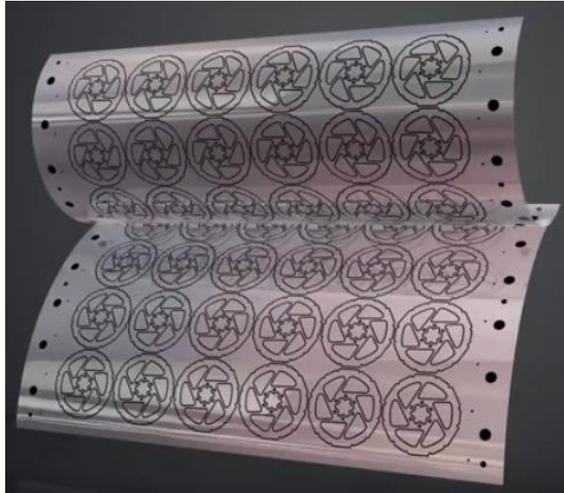
- Limpeza com solução alcalina leve e água para remover gordura e poeira
- Garante boa aderência da máscara
- Também fornece uma superfície regular para ataque químico homogêneo





## Máscara Protetora

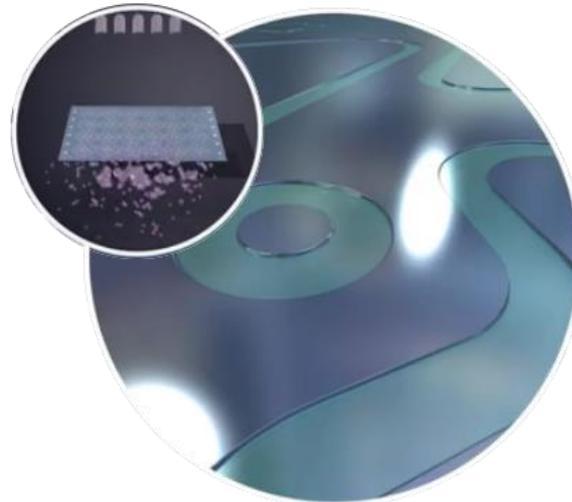
- A máscara apresenta a geometria do resultado esperado
- Máscaras de borracha, plástico e verniz são as mais usadas
- Para produções de grande precisão se prefere o uso de filme fotossensível





## Máscara Protetora - Filme Fotossensível

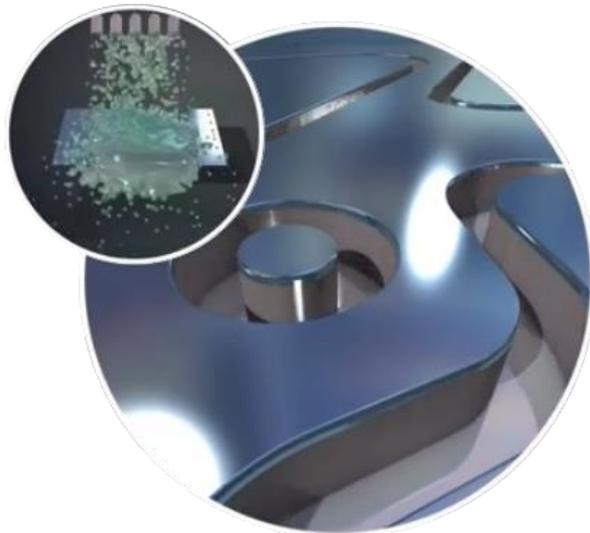
- São parcialmente enrijecidas com luz UV
- As partes escuras não são afetadas pela luz e permanecem moles
- Um ataque químico leve dissolve as partes não enrijecidas, deixando apenas a máscara





## Usinagem Química

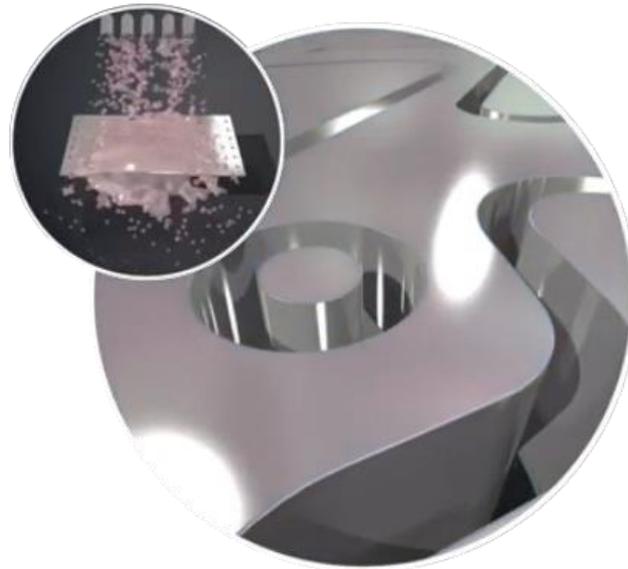
- Os químicos atacam as superfícies desprotegidas e corroem a peça
- Tipicamente se usam soluções cáusticas (para alumínio e aço) e ácidas (para níquel e cobre)
- O saturamento da solução é evitado por um fluxo contínuo ou agitadores





## Remoção de máscara

- A remoção depende do tipo de máscara usada
- A remoção pode ser feita por escovamento mecânico ou banho químico
- Se a peça for muito frágil, também se usa ultrassom





## Demonstração do Processo

- Chemical Etching: A Tour Through The Process (3D Animation)



## Vantagens x Desvantagens



- Peças estruturalmente íntegras, sem rebarbas ou deformações
- Menor tempo para produzir peças complexas em comparação a um meio mecânico
- Usinar metais duros e cerâmicas
- Usina chapas de até 10 microns

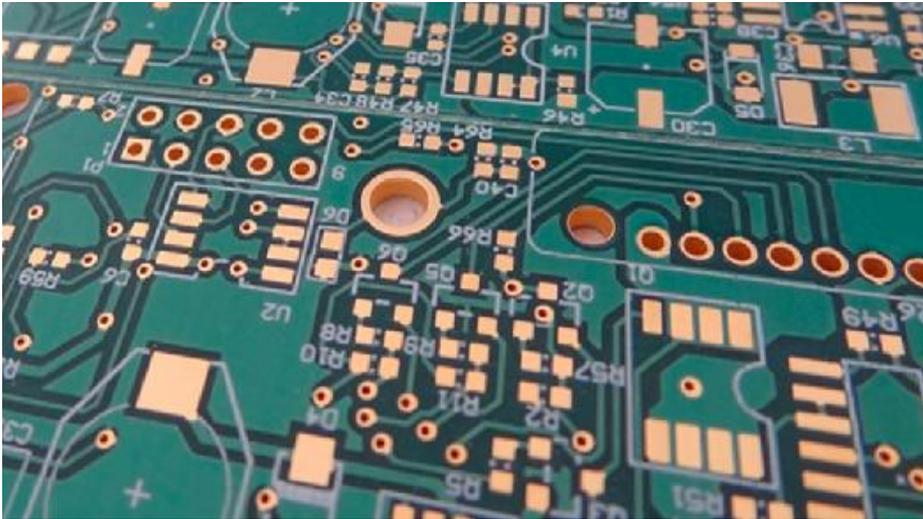


- Ângulos mal reproduzidos
- Necessidade de lavar a peça e remover impurezas previamente
- Perda de precisão com maior profundidade de usinagem



## Aplicações

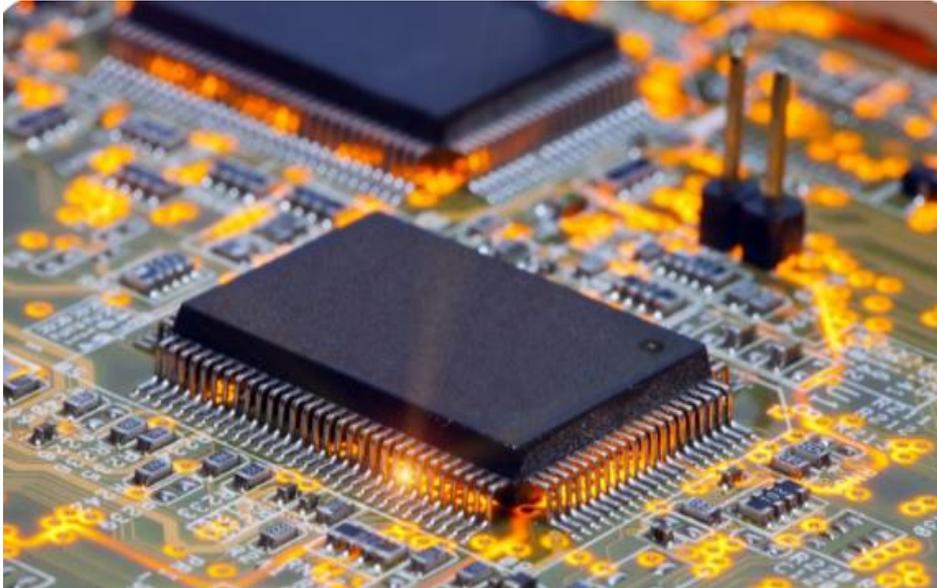
- Placas de circuito impresso





## Aplicações

- Fabricação de semicondutores





## Aplicações

- Remoção de camadas superficiais de material em aviões e espaçonaves





## Aplicações

- Fabricação de sistemas microeletromecânicos e circuitos integrados via gravação





## Variações

Dentre as principais variações do processo de usinagem por remoção química estão:

- Usinagem Eletroquímica
- Usinagem Fotoquímica
  - Gravação



## Usinagem Eletroquímica

Esse processo baseia-se em mergulhar o metal usinado em uma solução eletrolítica, fazendo com que ocorra a remoção e transporte de átomo por átomo.

Sua principal semelhança com a usinagem química é o fato de também aproveitar a capacidade de determinados materiais reagirem quimicamente com outros.



## Usinagem Eletroquímica: Vantagens x Desvantagens



- Peças complexas podem ser facilmente obtidas
- Baixo desgaste nas ferramentas
- Peças sem resíduos de tensões mecânicas e térmicas
- Capaz de usinar material duro e quebradiço com boa precisão e qualidade de acabamento



- Incapaz de usinar qualquer material não condutor
- Ferramentas de difícil fabricação - recomendada para fabricação em massa
- Necessidade de que o material das ferramentas e peças seja quimicamente estável com a solução eletrolítica



## Principais Diferenças - Eletroquímica x Química

Os dois processos baseiam-se em princípios diferentes e apresentam diferença quanto à utilização de energia: enquanto no químico há apenas a energia liberada na reação, no eletroquímico existe a presença de uma fonte externa.

A usinagem química é mais lenta quando comparada à eletroquímica. Contudo, é capaz de gerar resultados mais exatos



## Conclusões e Comentários Finais

Usinagem por remoção química é um processo extremamente preciso, capaz de operar com chapas finíssimas e com geometrias complexas.

Tal precisão ao ser relacionada com seu custo e produção torna este processo extremamente versátil para diversas indústrias



## Referências

Harris, William T. (1976). *Chemical Milling: The Technology of Cutting Materials by Etching*. Oxford: Clarendon Press.

CHEMICAL Machining: Non traditional machining. [S. l.]: Sajal Tiwari, 5 dez. 2016. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/sajaltiwari05/chemical-machining-non-traditional-machining>. Acesso em: 27 jun. 2020.

USINAGEM Química e Usinagem Eletroquímica. [S. l.]: Essel, n. 78, [entre 2000 e 2015].

CHEMICAL Etching: A Tour Through The Process (3D Animation). Produção: Veco Precision. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2O1TyJGXuWY>. Acesso em: 26 jun. 2020..



**- Fim -**