

**ELECTRO DISCHARGE  
MACHINING**

o

**ELECTRIC DISCHARGE  
MACHINING (EDM)**

o

**ELETTROEROSIONE**

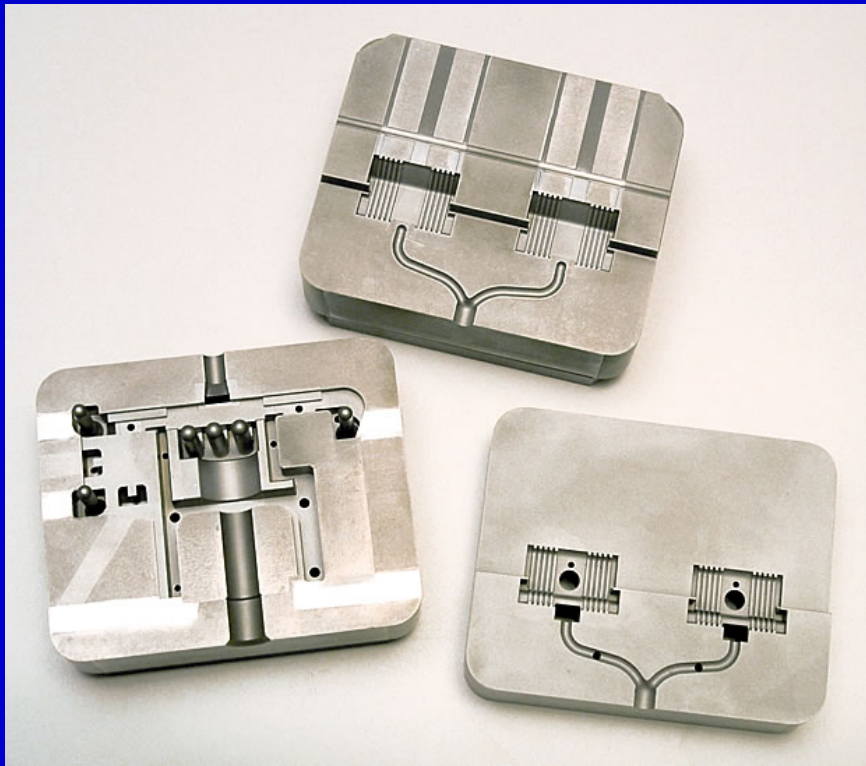


bal©onisullealpi.it

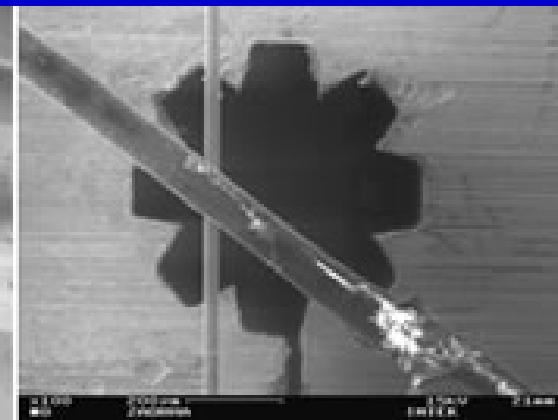
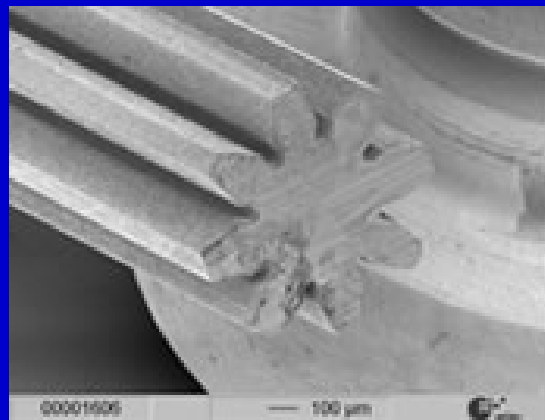


**“Lavorazione per elettroerosione”**

# Esempi di pezzi realizzati per elettrosione

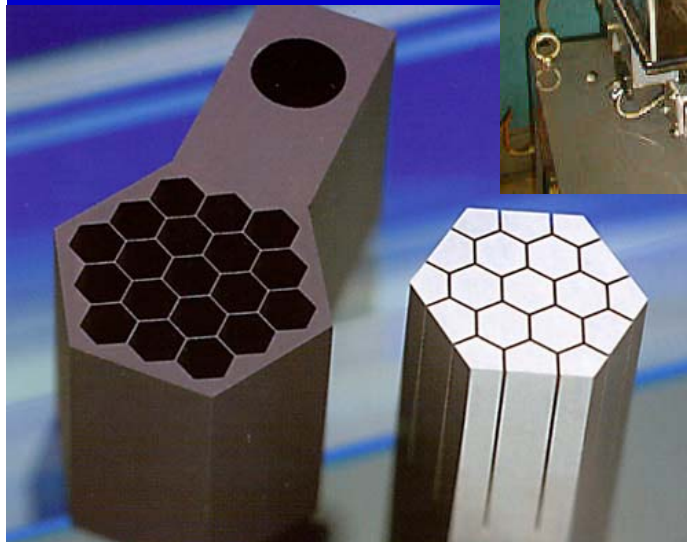


**!! Biomedicale !!**

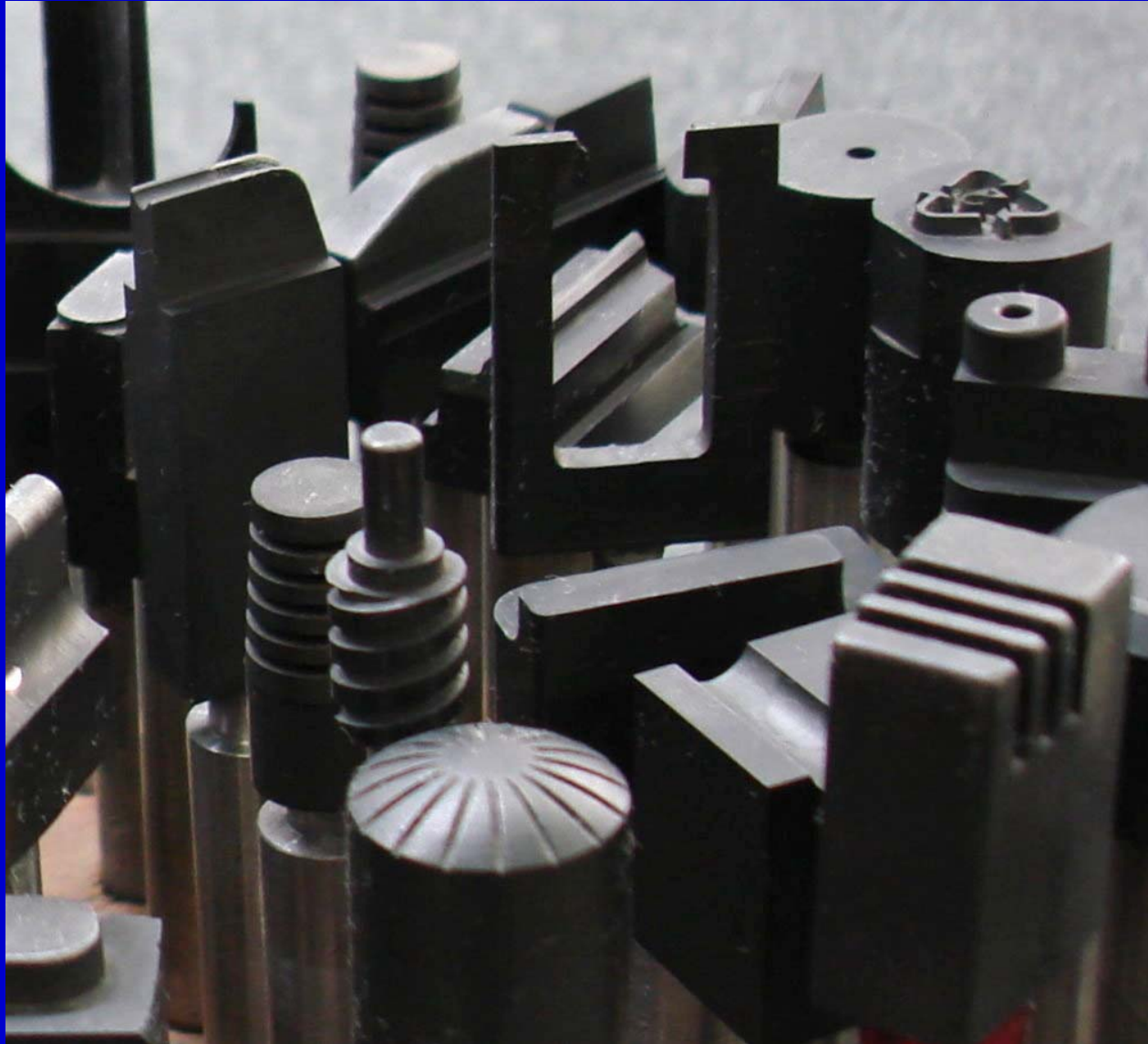




# Esempi di pezzi realizzati per elettrosione



# Esempi di pezzi realizzati per elettroerosione



# Introduzione

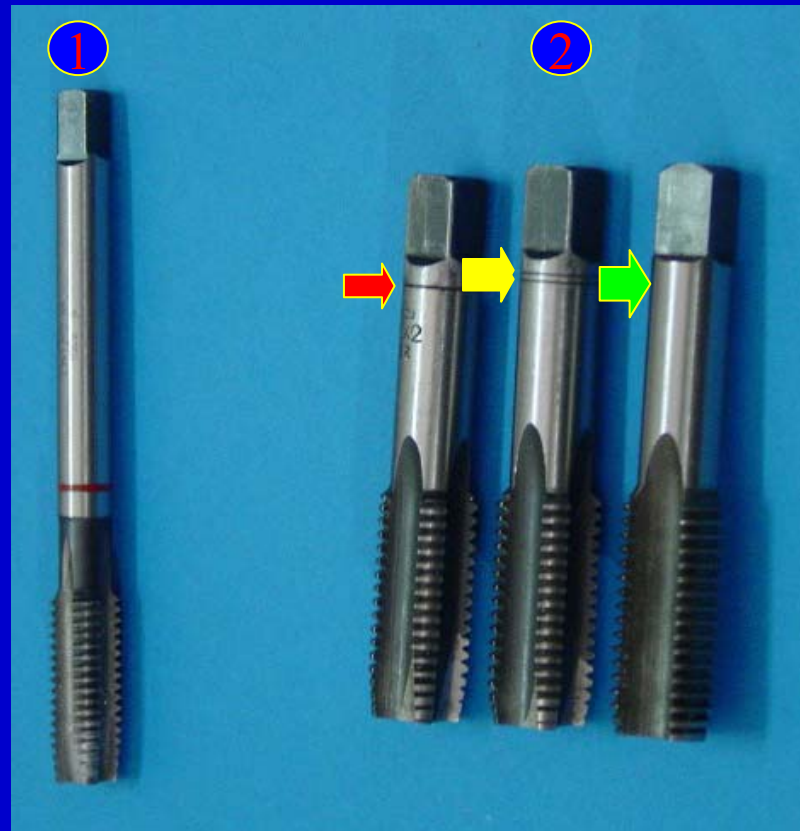
L'elettroerosione è una tecnologia di lavorazione dei metalli che utilizza la capacità erosiva delle scariche elettriche per asportare il materiale.

Il processo elettroerosivo a scintilla, noto anche come EDM (Electric Discharge Machining), fu scoperto dai fratelli Lazarenko durante una serie di esperimenti sull'usura dei contatti elettrici. Essi cercavano di individuare i migliori metalli e leghe capaci di resistere meglio agli archi elettrici.



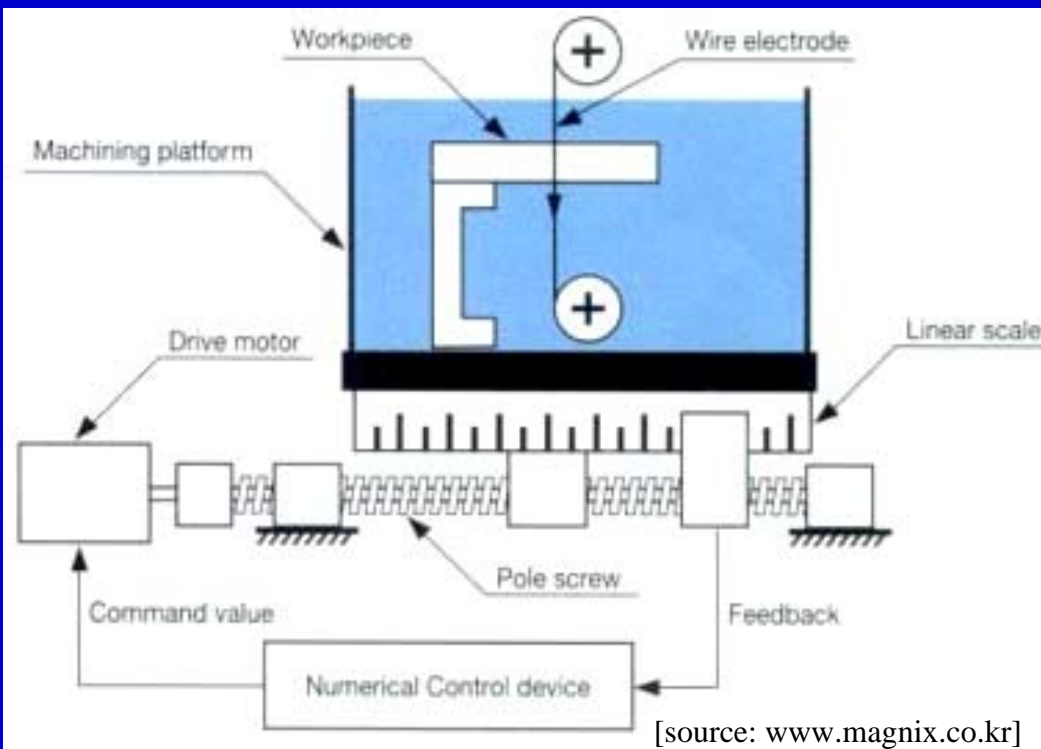
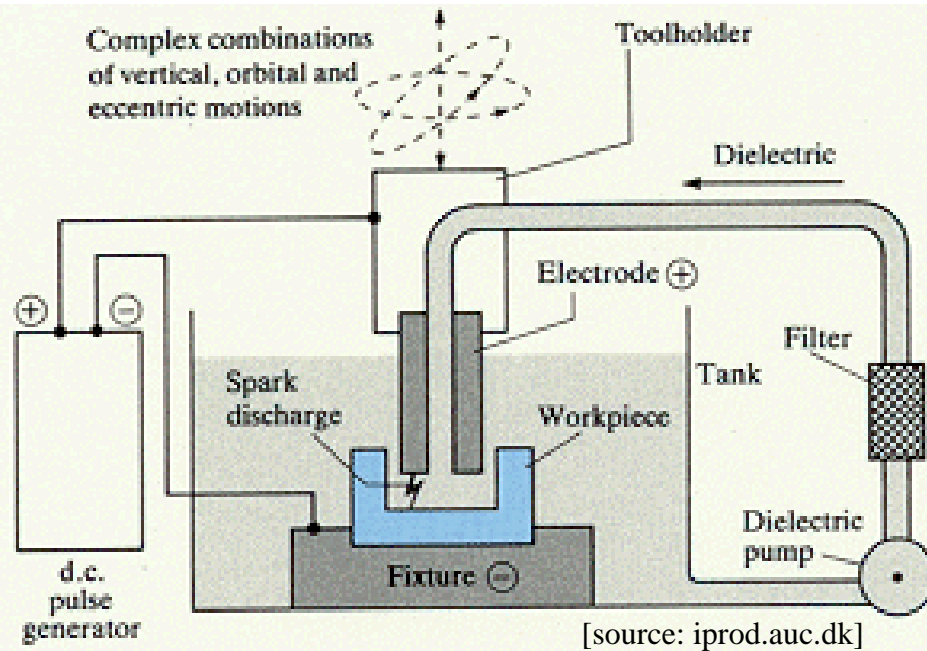


# La prima applicazione





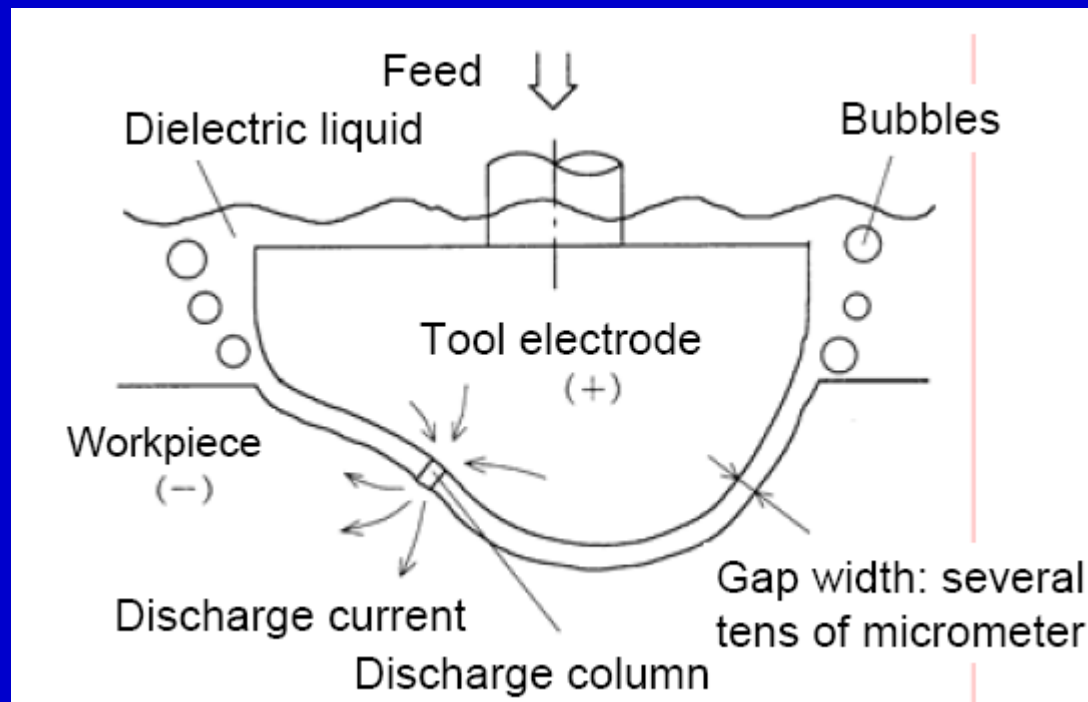
## Electrode EDM



## Wire-cut EDM

# Funzionamento dell'elettroerosione: Cenni generali

- Pezzo da lavorare immerso in un fluido dielettrico
- Elettrodo alimentato con polarità positiva
- Pezzo alimentato con polarità negativa
- L'elettrodo e il pezzo non sono mai a contatto (distanza: circa 25  $\mu\text{m}$ )
- Residui della lavorazione: gas e sfere metalliche (tipo polvere metallica)



# La macchina per EDM a tuffo

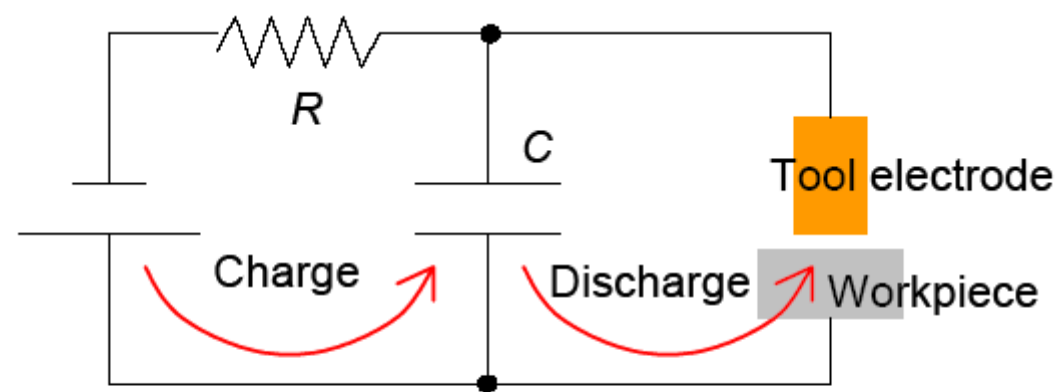
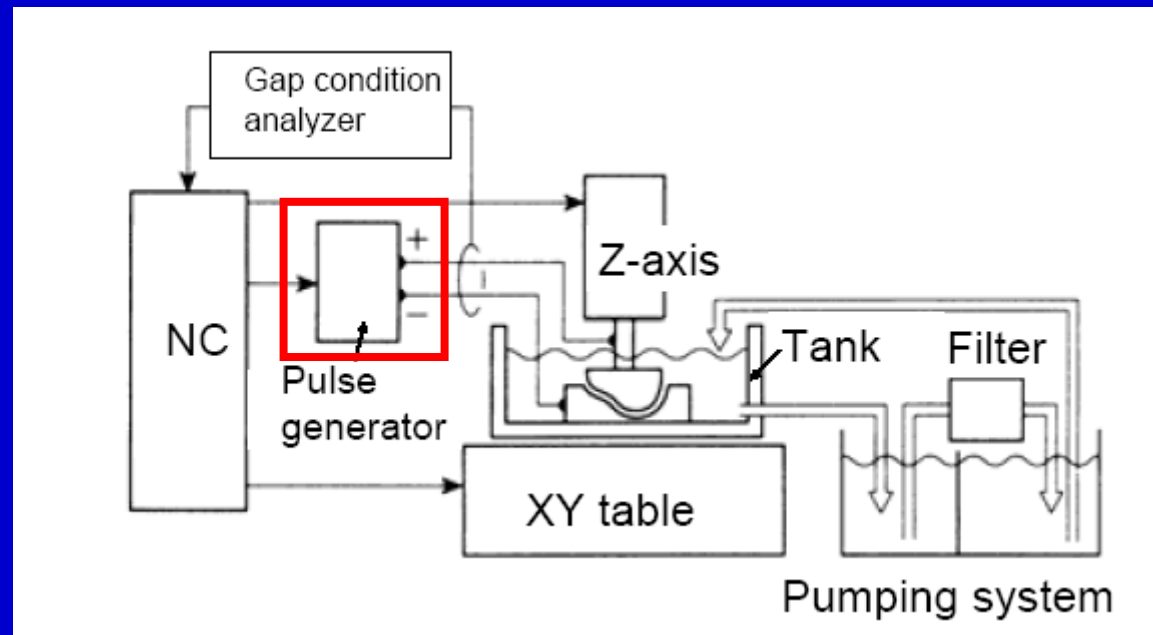


Figure 4: Relaxation type pulse generator.

# Funzionamento dell'elettroerosione

## Descrizione per fasi del processo elettroerosivo:

- 1- raggiungimento di una certa tensione e conseguente liberazione di elettroni dal catodo
- 2- urto degli elettroni con atomi e molecole del fluido e creazione di ioni positivi e negativi (effetto a catena)
- 3- il fluido viene completamente ionizzato e si trasforma in un conduttore lasciando passare la corrente
- 4- il fluido si trova allo stato di plasma che determina la fusione e la vaporizzazione di alcune zone (sia del pezzo che dell'utensile)
- 5- dopo la scarica la tensione scende fino ad annullarsi (condensatori scarichi)
- 6- i condensatori ricominciano ad accumulare energia fino a quando non si raggiunge una tensione tale da innescare nuovamente il processo

**N.B: ad asportare il materiale non è un flusso di corrente ma il continuo e controllato innesco e disinnesco dell'arco elettrico che genera il plasma che ...**



# Funzionamento dell'elettroerosione

## Parametri fondamentali della lavorazione per elettroerosione:

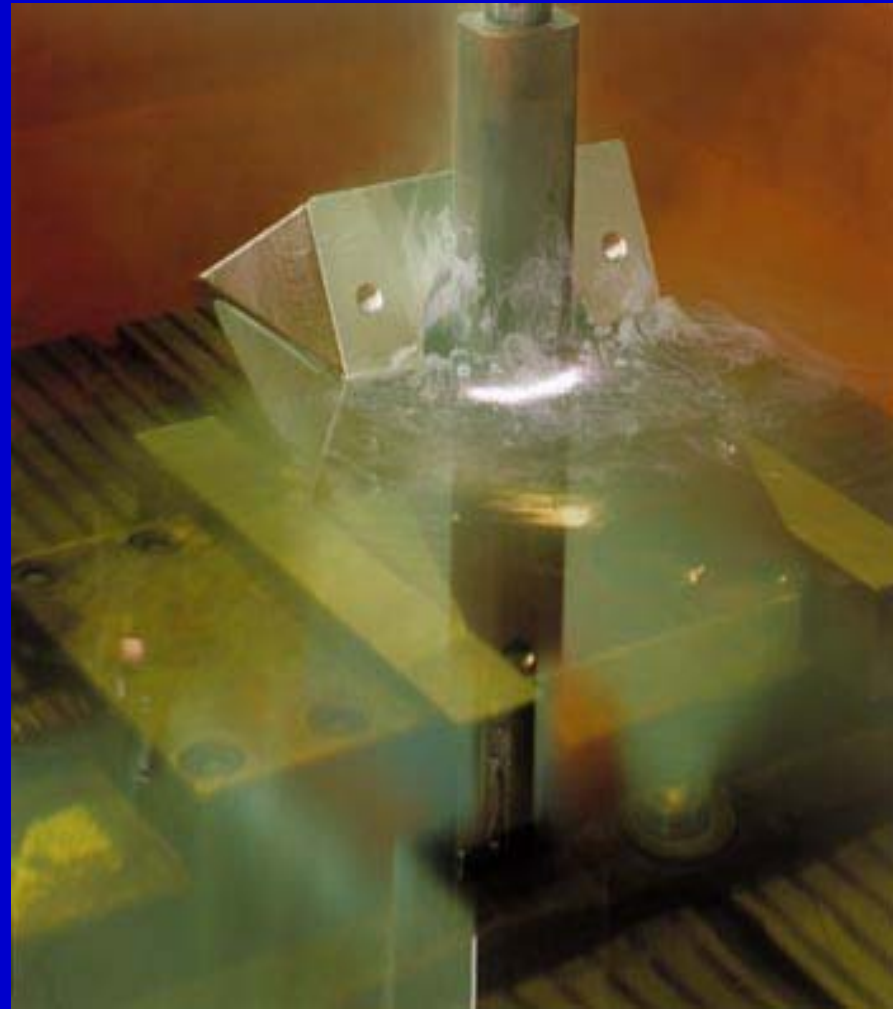
- **TENSIONE D'INNESCO:** tipicamente da 20 a 100 volt
- **POLARITÀ sgrossatura :** normalmente elettrodo positivo e pezzo negativo
- **POLARITÀ finitura :** invertiti
- **CORRENTE MAX DELLA SCINTILLA:** compresa tra 1 e 500A
- **DURATA DELLA SCINTILLA:** compresa tra 1 micro-secondo e 2 milli-secondi
- **PAUSA TRA UNA SCINTILLA E LA SUCESSIVA:** compresa tra 1 e 30 micro-secondi.

# Principali tipologie di lavorazione per elettroerosione

## **ELETTROEROSIONE A**

**TUFFO:** ha come scopo quello di lavorare il pezzo facendogli assumere una forma complementare a quella dell'elettrodo.

**N.B:** questo procedimento implica la creazione di un elettrodo di forma negativa (di solito un maschio) rispetto alla forma che si vuole ottenere nella lavorazione.



# EDM a Tuffo (sinking EDM)

<http://www.youtube.com/watch?v=HXPotv4evhw>

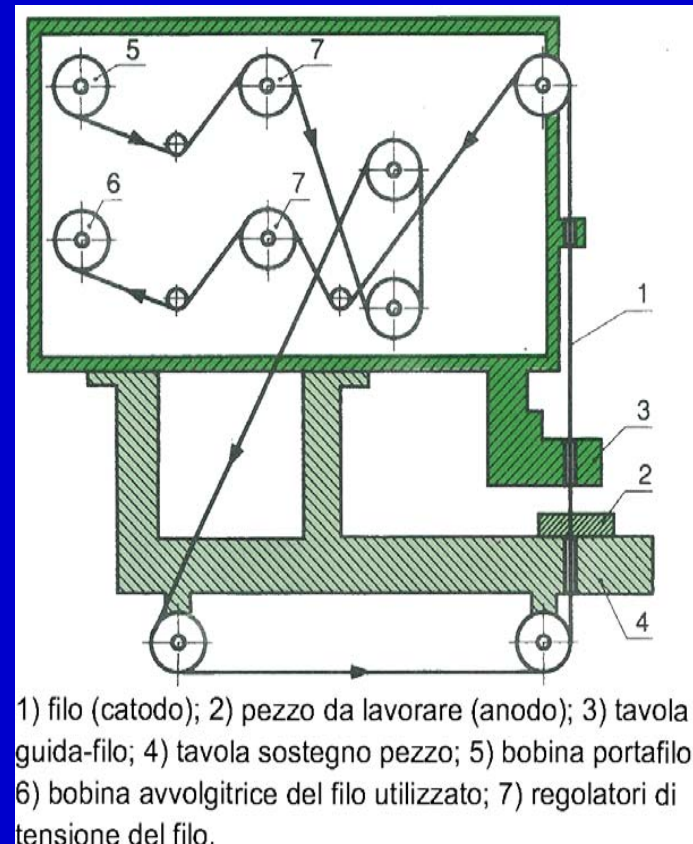
<http://www.youtube.com/watch?v=DUU0I5NK4Tk&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=VrGaQgeCCgU&feature=related>

# Principali tipologie di lavorazione per elettroerosione

## ELETTROEROSIONE A FILO:

in questa lavorazione un filo conduttore teso è usato come elettrodo per tagliare e profilare il pezzo da lavorare.



FORATURA PER ELETTROEROSIONE: consente di realizzare su qualsiasi tipo di metallo fori con diametri da 0.3 a 6 mm su altezze di oltre 300 mm.



# EDM a FILO (wire EDM)

<http://www.youtube.com/watch?v=J0qkiNzH0cE>

# IL PROCESSO ELETTROEROSIVO

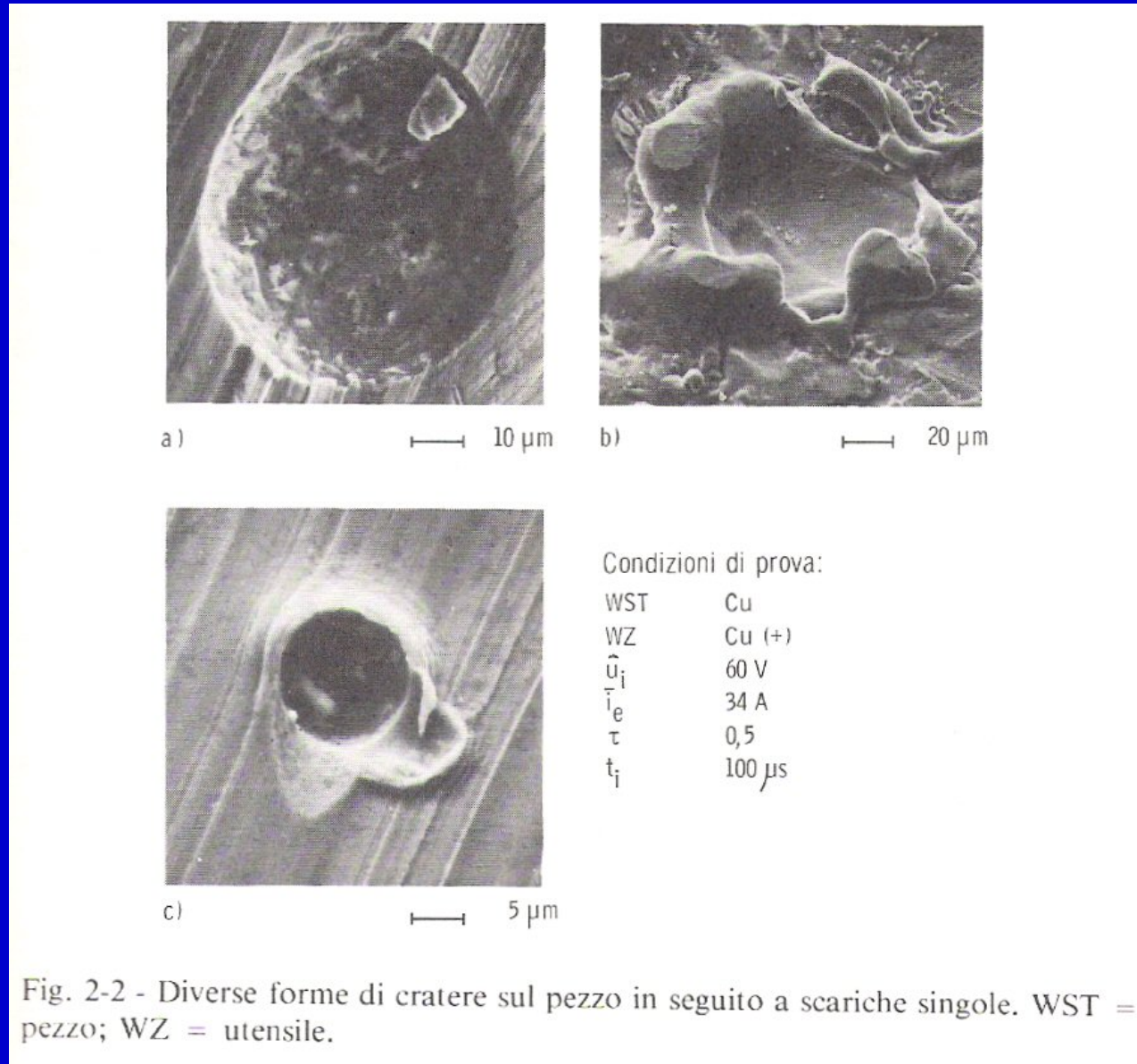
<http://www.steelfluid.it>

- Il processo elettroerosivo sfrutta l'effetto di erosione del metallo ottenuto grazie ad innumerevoli scariche elettriche che vengono generate tra l'elettrodo pezzo da lavorare e l'elettrodo utensile.

Le scariche scoccano una dopo l'altra, formando piccoli crateri sulla superficie del pezzo in lavorazione. Se le scariche si protraggono per un tempo sufficientemente lungo, si forma una sequenza regolare di crateri. In tale condizione viene asportato del materiale dalla superficie del pezzo.

Nella realtà operativa tra i due elettrodi (utensile e pezzo da lavorare) vi è una piccolissima intercapedine (Gap) ricolma di uno speciale liquido dielettrico, il cui livello è mantenuto costante mediante un sistema automatico di regolazione.

# Crateri dovuti a scintille singole

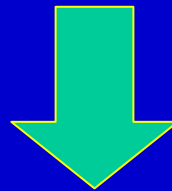


# Materiale degli elettrodi

## CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DEGLI ELETTRODI:

- *Resistenza alle scariche*
- *Buona resistenza all'usura*
- *Costo contenuto*

+ *Buona lavorabilità (solo per elettroerosione a tuffo)*



- **GRAFITE** → Resiste bene alle scariche, costa poco, facile da lavorare, NON adatto a lavorare superfici con bassa rugosità
- **RAME** → Resiste bene alle scariche, facile da lavorare, adatto a lavorare superfici con bassa rugosità, **costo elevato**



# Confronto tra processo elettroerosivo e metodi di lavorazione consueti

Es. 1- assenza di limiti di durezza del materiale da lavorare

**-FRESATURA:** più passate per evitare la rottura dell'utensile

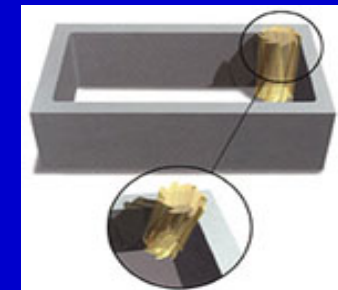


**-ELETTRROEROSIONE:** assenza di limiti legati alla resistenza dell'utensile

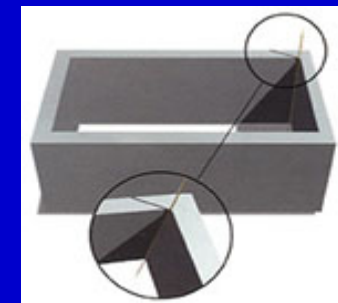


Es. 2- assenza di limiti legati alla forma dell'utensile

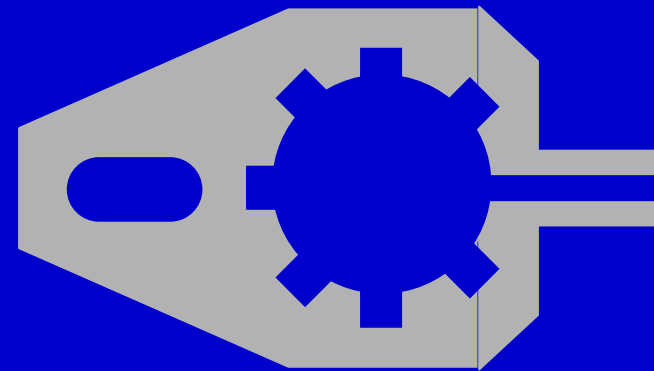
**-FRESATURA:** impossibilità di ottenere spigoli vivi interni



**-ELETTRROEROSIONE:** nella lavorazione a filo possibilità di eseguire qualsiasi profilo

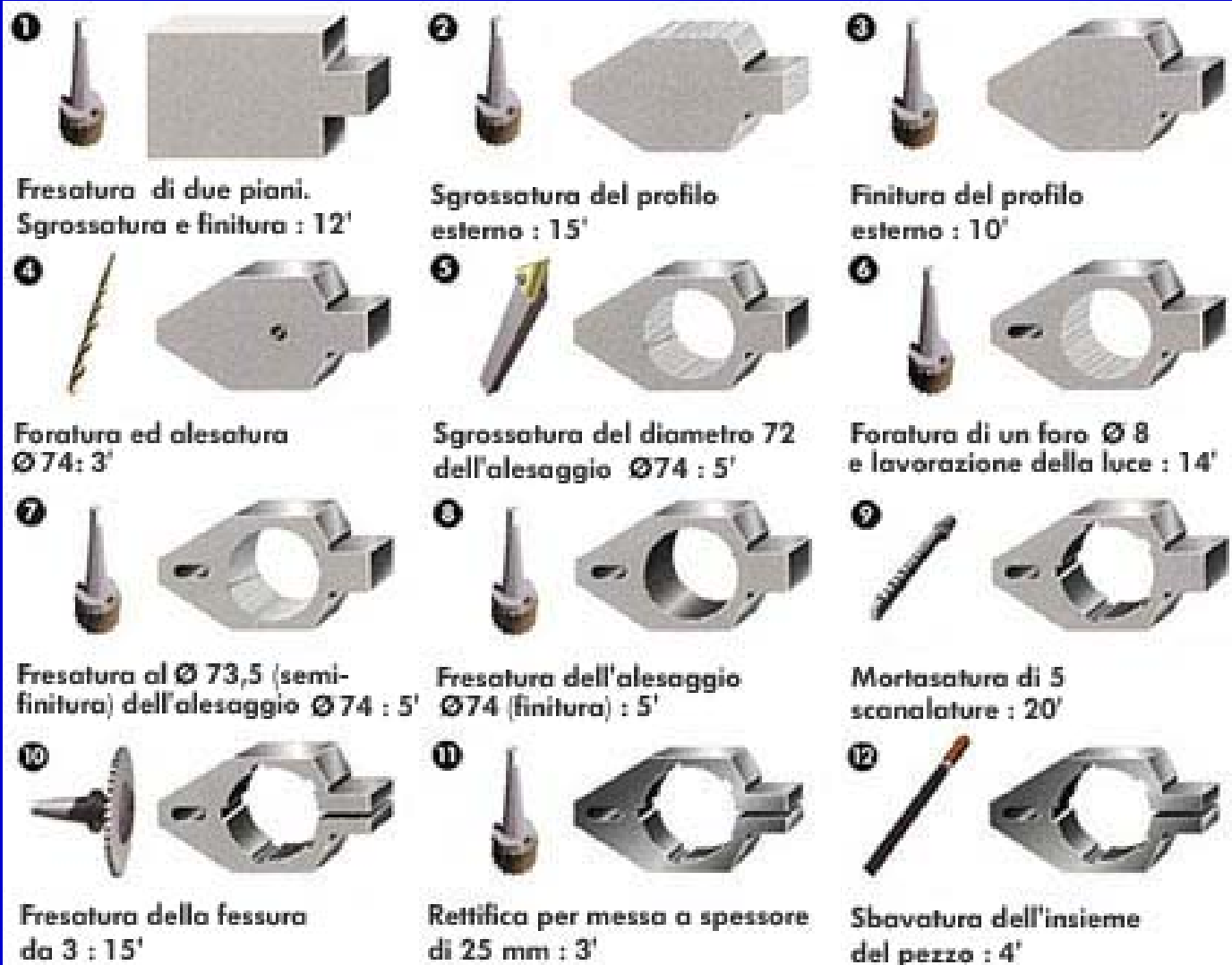


# Confronto tra processo elettroerosivo e metodi di lavorazione tradizionali



**Materiale C40**

# Confronto tra processo elettroerosivo e metodi di lavorazione tradizionali



**CICLO DI  
LAVORAZIONE  
DI UN PEZZO  
MECCANICO  
CON METODI  
DI  
LAVORAZIONE  
TRADIZIONALI**

Lavorazione : 1 h 51 +  
Preparazione/regolazione: 4 h  
Tempo totale : 5 h 51

# Confronto tra processo elettroerosivo e metodi di lavorazione tradizionali

 <p>①</p>	 <p>②</p>
<p>Programmazione del profilo : 15'</p>	<p>Foratura per la lavorazione della luce e del profilo : 5'</p>
 <p>③</p>	 <p>④</p>
<p>Lavorazione dei profili interni e esterni: 1 h 45'</p>	<p>Lavorazione della luce : 10'</p>

**CICLO DI LAVORAZIONE DI UN PEZZO MECCANICO PER ELETTROEROSIONE**

+ Preparazione/regolazione : 15 mn

Tempo totale : 2 h 30

## OSSERVAZIONI:

Elettroerosione: poche sequenze di lavorazione, una sola macchina

Metodi tradizionali: numerose fasi, presenza di cambi utensile e di cambi macchina.

Caccia all'errore nel secondo ciclo

# Confronto tra processo elettroerosivo e metodi di lavorazione tradizionali

La lavorazione per elettroerosione rispetto ai metodi di lavorazione consueti (tornitura, fresatura, ecc) presenta alcuni vantaggi. qui di seguito vengono riportati diversi esempi:

## Nessuno sforzo meccanico è esercitato sul pezzo:

- 1- eliminazione di complessi sistemi di bloccaggio
- 2- eliminazione del problema dell'usura disomogenea delle frese garantendo una buona precisione delle quote indipendentemente dal numero di pezzi da eseguire

### DERIVA DELLE QUOTE CON METODO CONSUETO



Quote al centesimo



Quote al millesimo pezzo

### DERIVA DELLE QUOTE CON ELETTROEROSIONE



Quote al centesimo



Quote al millesimo pezzo



# PRO e CONTROLLO della lavorazione per elettroerosione:

## VANTAGGI

- Possibilità di lavorare qualsiasi materiale metallico (indipendentemente dalla sua durezza)
- Possibilità di lavorare il pezzo creandovi qualsiasi figura geometrica o volumetrica (es: nervature, cavità, ecc.) purchè "sformabile"
- Discrete tolleranze di lavorazione ( $\pm \mu\text{m}$ )
- Elevata autonomia delle macchine che spesso lavorano per ore non presidiate

## SVANTAGGI

- Produttività inferiore rispetto alle singole macchine utensili.
- Elevata usura relativa dell'utensile (5/10% del materiale asportato)
- Le superfici prodotte presentano sempre un certo grado di rugosità.

# I prodotti dell'elettroerosione

## I principali prodotti dell' PROCESSO ELETTOEROSIVO sono:

- matrici e stampi (mediante processo a tuffo)
- pezzi dalla forma complessa (mediante processo a tuffo o a filo)
- utensili da taglio (lavorazione materiali particolarmente duri)



esempi di matrici e stampi



Esempi di pezzi finiti ottenuti per elettroerosione



Porta mozzo di una formula 1 benetton

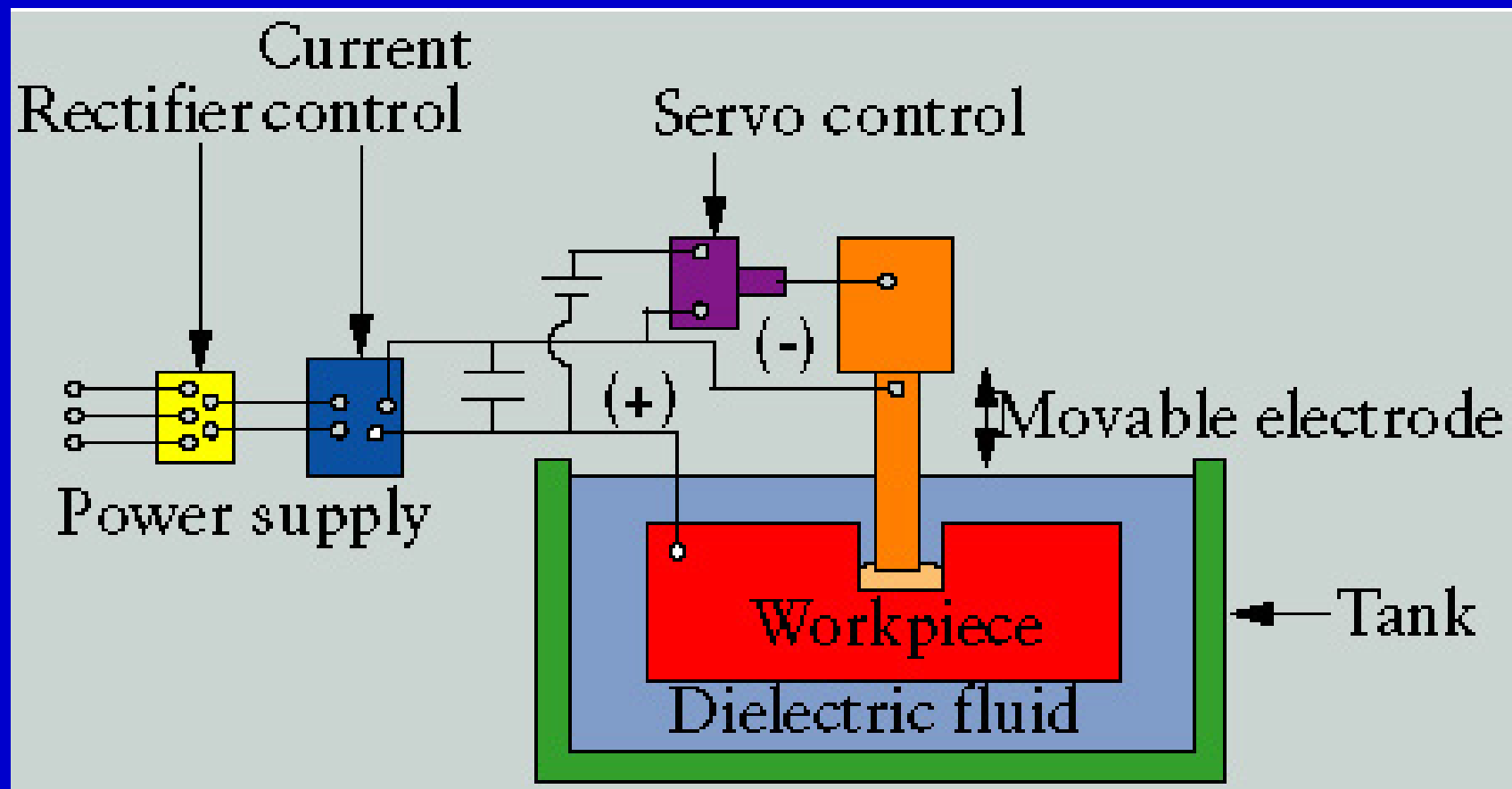
# Electro-Discharge Machining (EDM)

- Sparks between electrode-workpiece
- Dielectric flushes the metal powder
- **Inexpensive, precise, complex shapes**
- **Workpiece must be a conductor**

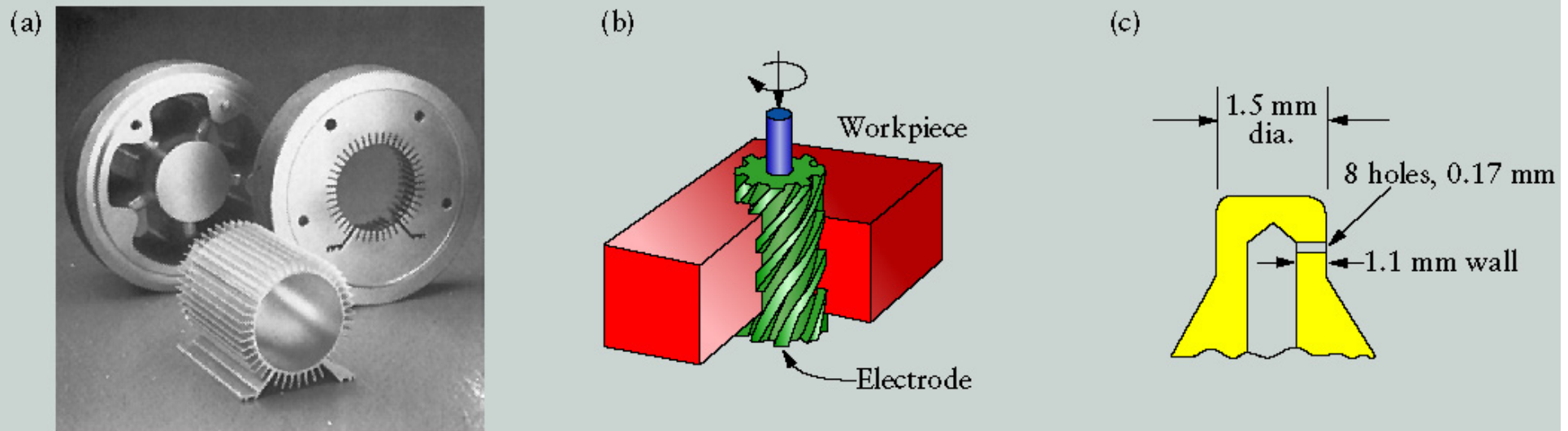


# Electrical-Discharge-Machining Process

Schematic illustration of the EDM process.



# Cavities made with electrical-discharge-machining process



- FIGURE 9.33 (a) Examples of cavities produced by the electrical-discharge-machining process, using shaped electrodes. The two round parts (rear) are the set of dies for extruding the aluminum piece shown in front. *Source: Courtesy of AGIE USA Ltd.* (b) A spiral cavity produced by a rotating electrode. *Source: American Machinist.* (c) Holes in a fuel-injection nozzle made by electrical-discharge machining. Material: Heat-treated steel.

# Stepped Cavities



**FIGURE 9.34** Stepped cavities produced with a square electrode by EDM. The workpiece moves in the two principal horizontal directions, and its motion is synchronized with the downward movement of the electrode to produce various cavities. Also shown is a round electrode capable of producing round or elliptical cavities. *Source: Courtesy of AGIE USA Ltd.*