

機工實習課程 (11/16)
特殊加工法-放電加工

郭詩坪

e-mail: jeffcuo@webmail.pme.nthu.edu.tw

<http://edl.pme.nthu.edu.tw/newweb/tw/course.htm>

2008/05/30



Contents

- 放電加工原理
- 放電加工參數
- 放電加工缺點
- 雕模放電加工
- 線切割放電加工
- 微細電極製作
- 放電加工機

本內容參照資料:

1. 精密加工電學應用, 木本康雄 著, 賴耿陽譯
2. 放電加工, 倉藤尚雄, 鳳誠三郎, 鄒大均譯
3. Manufacturing Process. B.H AMSTED
4. http://elearning.stut.edu.tw/m_facture/ch6.htm
5. 華梵電機工程95年成果報告 指導教授 顏木田

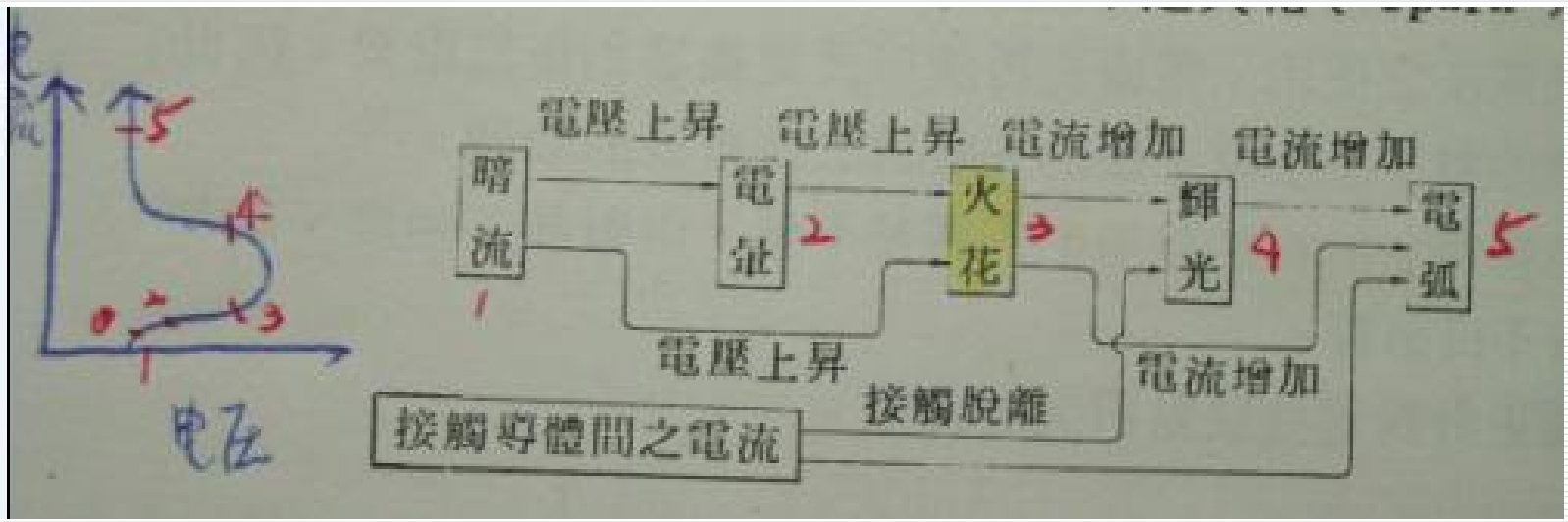
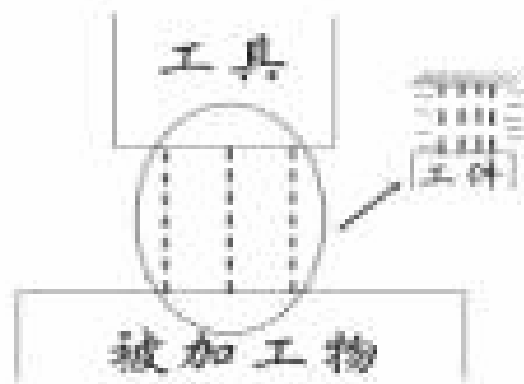


放電加工簡介

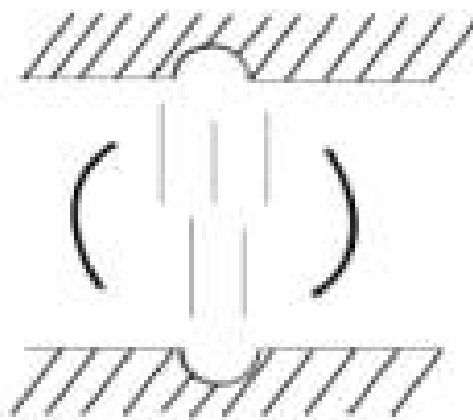
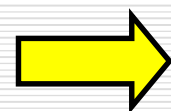
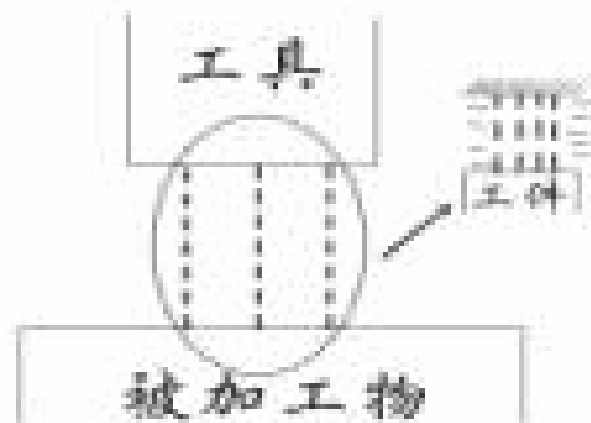
- 加工精密度高且對硬質材料的加工方面，諸如SKD，超硬合金、碳化鎢的加工，放電加工是一門不可缺少的加工方法
- 對模具加工是不可缺少的生產設備
- 精密微細放電為新主流



放電加工原理



放電加工原理

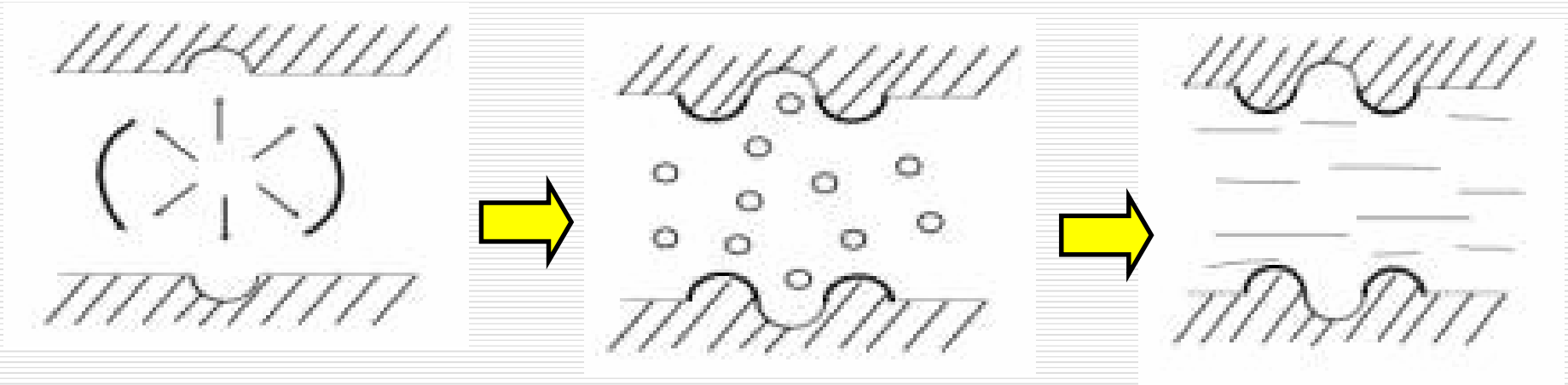


電極與工件之間距小到數微米 (μm) 的距離時，首先距離最短的地方，產生火花放電，此時電流密度極高的電子流，衝擊被加工物，由於電子流急速衝擊，被加工物急劇受到熱的作用到達熔點。同時陽離子流向陰極，電極（工具）也同時被加熱。

放電電壓及熱的作用，放電點周圍的加工液急速氣化



放電加工原理



加工液急速氣化膨脹因而對熔融的工件及電極產生壓力的作用。這種液體氣化的壓力是放電加工過程中不可缺少。若以巨觀來看放電壓是非常的小，若以單位面積來考慮的話，加工液的氣化膨脹壓力不可忽視。

熔融的金屬飛散於加工液中形成加工屑

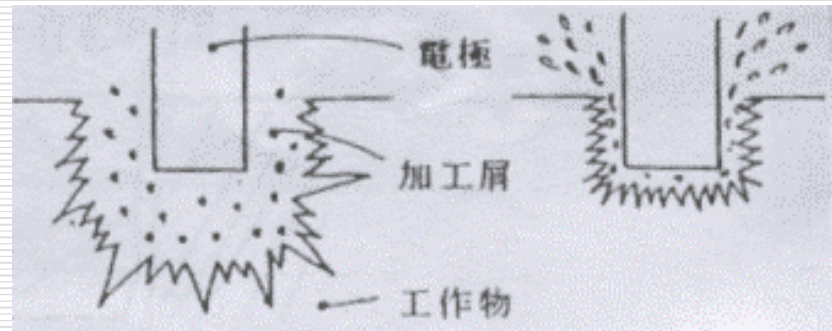
加工液中流入放電間隙中將殘餘的熱量帶走，並恢復絕緣狀態



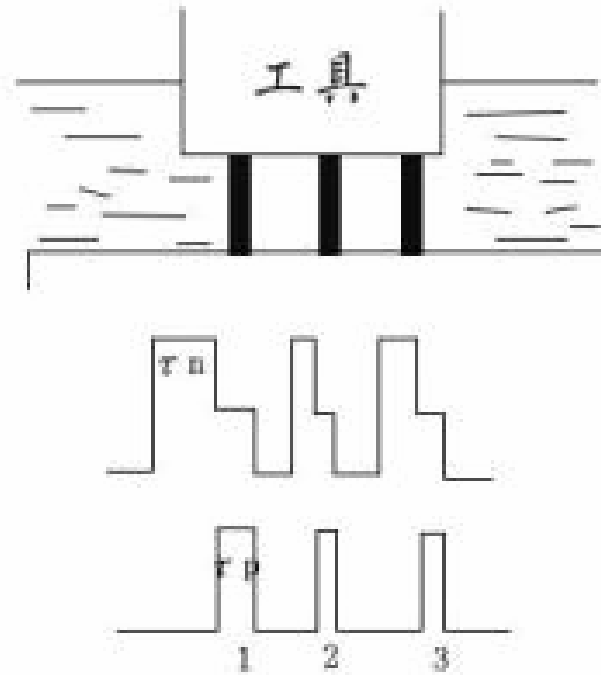
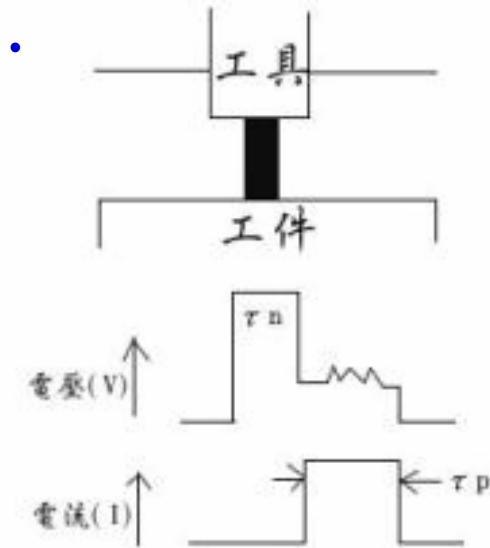
放電加工原理

- 加工液在放電加工中最主要扮演冷卻及迅速回復極間的絕緣狀態，氣化脹壓力的作用也是加工液很重要的角色之一。
- 步驟往覆式的每秒約數千次甚至數十萬次的
- 放電狀況發生，多數的放電痕逐漸累積而成的加工方式，就是放電加工去除的原理

大	單發放電能量	小
粗	表面粗糙度	細
寬大	放電間隙	狹小
快	加工速度	慢



放電加工參數



- Γ_N , Γ_P 是放電加工中極為重要的參數，控制 Γ_N , Γ_P 等不同的值將影響加工速度，加工面的粗糙度及電極的消耗程度
- 粉末矽(Si)粉添加液，使得放電均勻散佈，放電加工後，工件表面可達到鏡面的狀態



放電加工缺點

- 電極的消耗

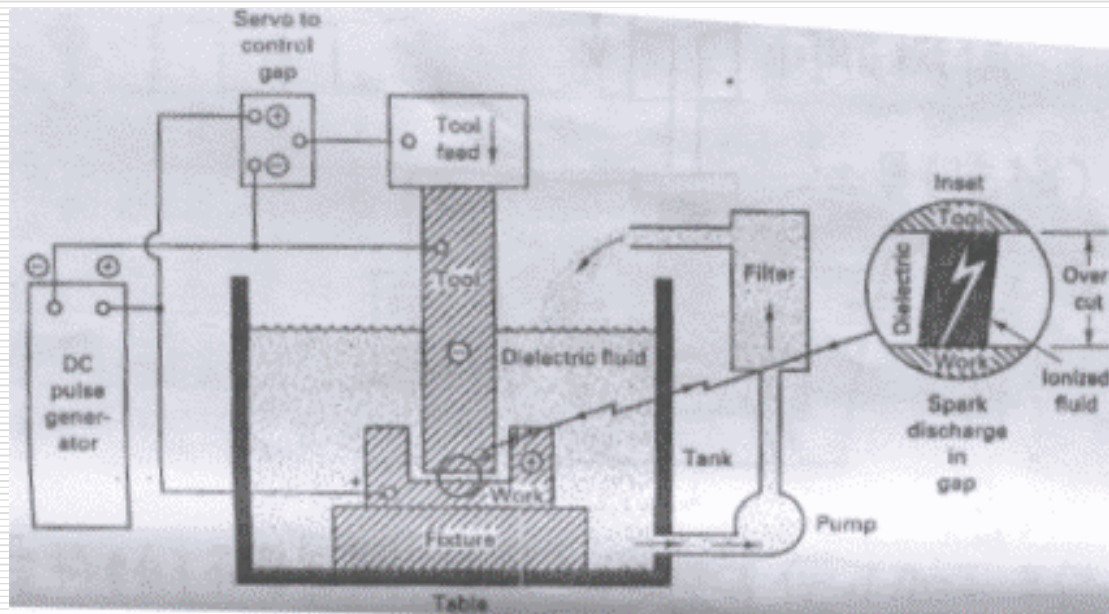
從電極材料的研發，放電電路的改良，低消耗的放電加工母機，降低電極消耗

- 電極的製作

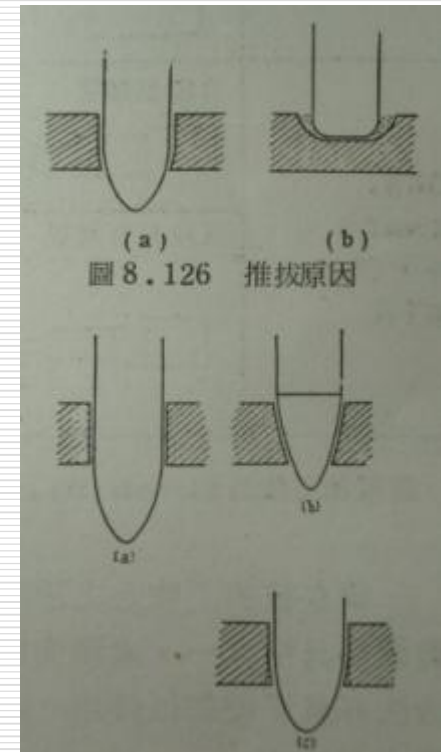
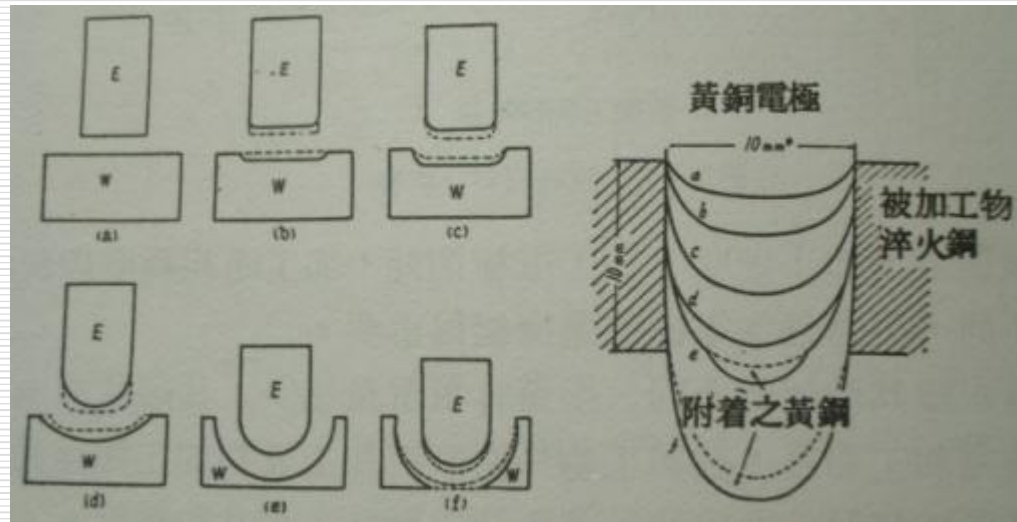
加工複雜的微小的模具形狀時，電極的製作上仍有其困難

- 加工精度

加工條件，加工參數及電極材料等都會影響加工的精度，藉各參數的調整，及加工液粉末的添加等，避免集中放電等



放電加工缺點



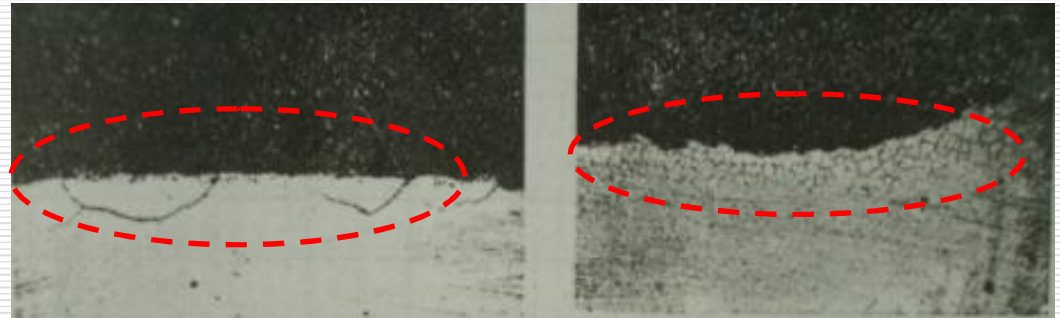
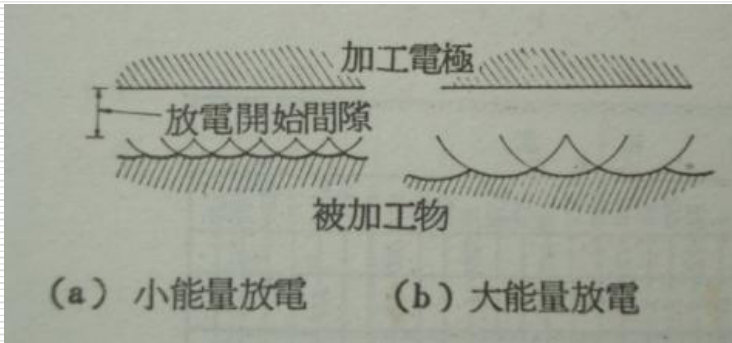
放電加工參數影響

RC 回路之電氣條件

加工區分	電源電壓 (A)	電容量 (μF)	給電阻 (Ω)	平均加工電流 (A)	加工速度 (g/min)	加工面粗糙度 (μrms)
粗	220	515	4.4	30	2.8 ~ 3.8	25 ~ 50
		270	6.0	32	1.1 ~ 2.9	
中	220	120	8.3	16	0.4 ~ 0.9	12.5 ~ 25
		90	11.	12	0.24 ~ 0.29	6.3 ~ 12.5
		30	83.	1.6	0.05 ~ 0.1	3.2 ~ 6.3
細	220	5	220	0.6	0.010 ~ 0.03	1.6 ~ 3.2

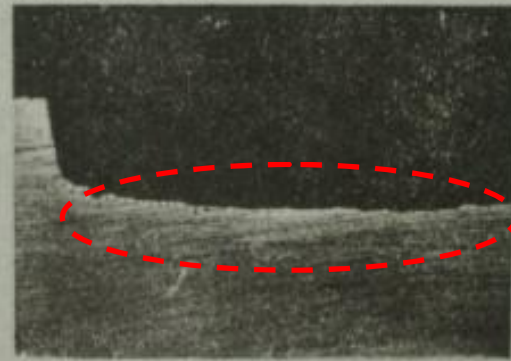
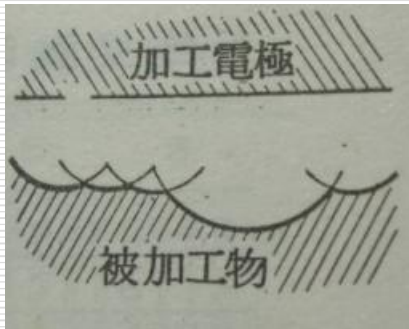


放電加工參數影響



(a) 大電力 (貝殼狀)

(b) 中電力 (網目狀)

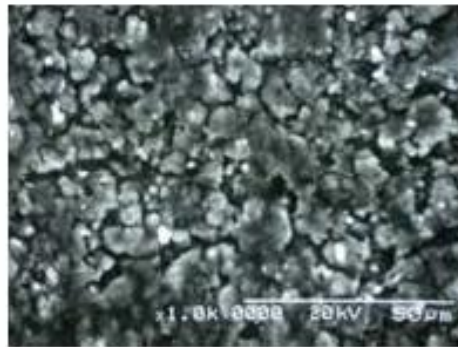
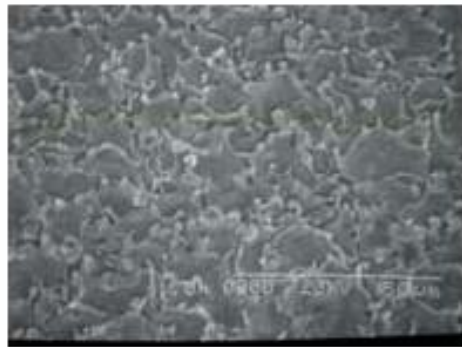


(c) 小電力 (梳狀)

放電後之超硬合金龜裂現象



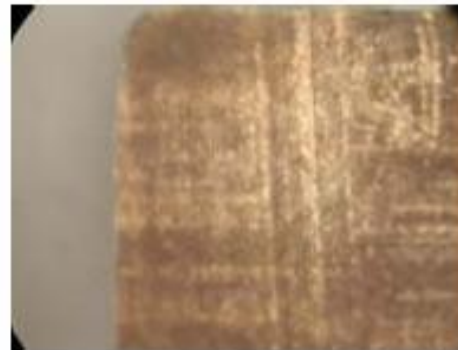
放電加工液影響



$(T_{on}=2\mu s; T_{off}=5\mu s)$

(a) 油加工液

(b) 水加工液



(a) 油加工液

(b) 水加工液

不同加工液之加工表面



線切割放電加工原理

- 斷線問題

加工液的流動不良或是線材的過度振動，都會造成線材斷裂的現象

- 切割直角時產生圓弧的問題

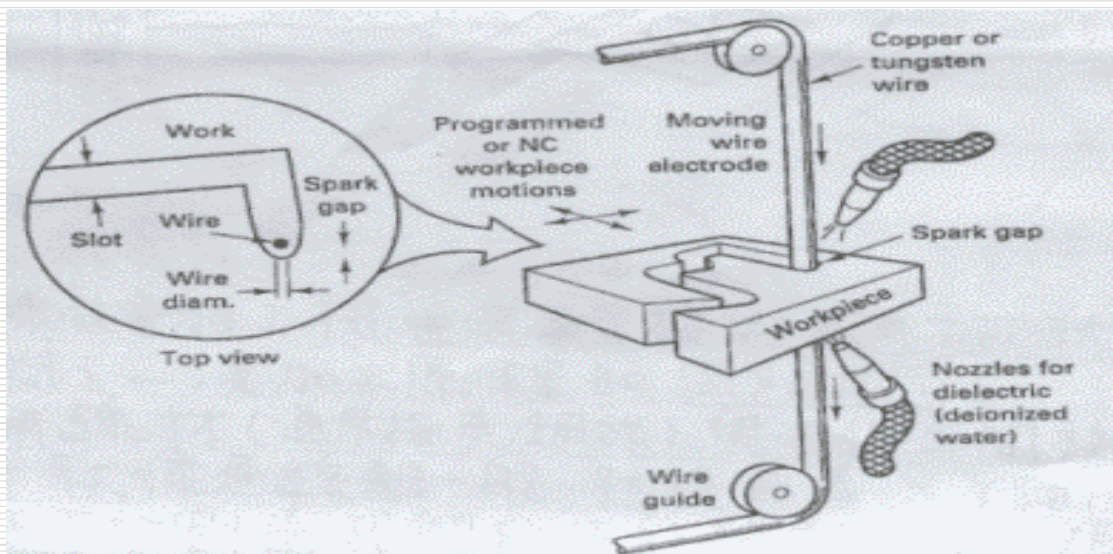
在切割直角時 90° 的轉角，轉角處通常都會產生圓弧的現象。

- 超微細線切割加工

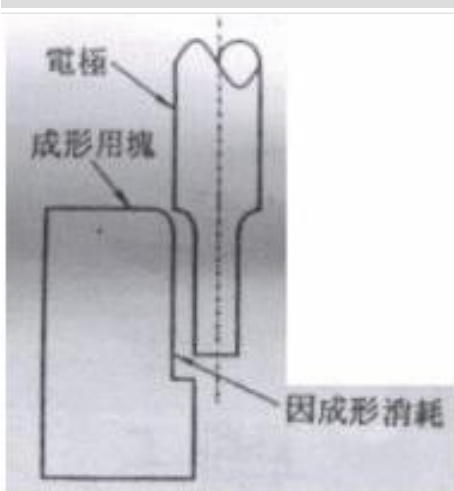
細銅線的線徑愈細，斷線的機率就愈大

- 高厚度的線切割加工

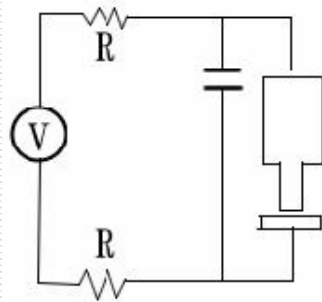
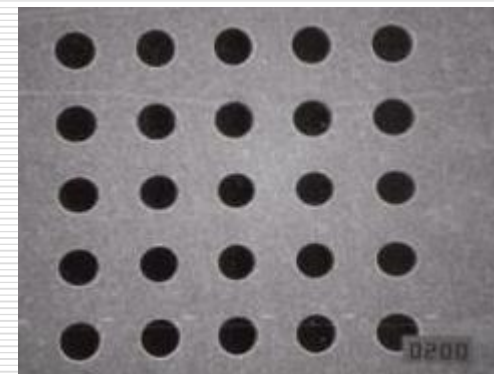
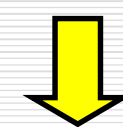
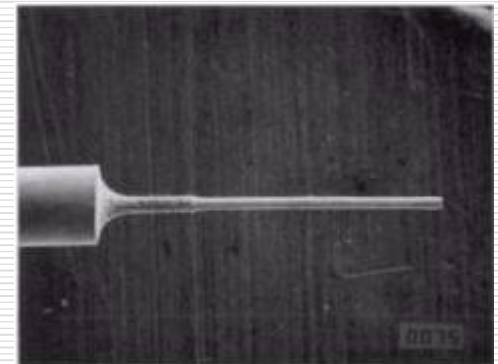
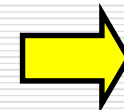
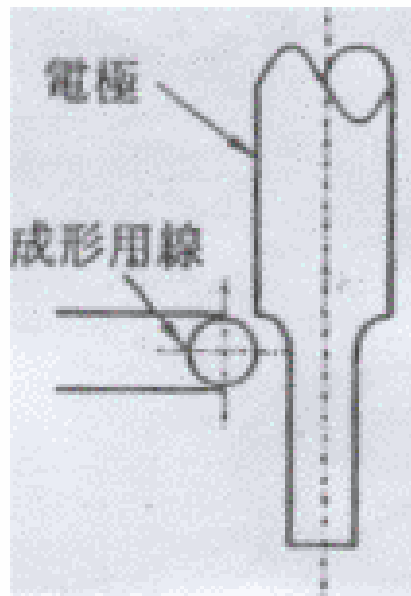
工件的厚度愈厚，線的振動程度愈大，就愈容易斷線。



微細電極製作



傳統微細電極加工法

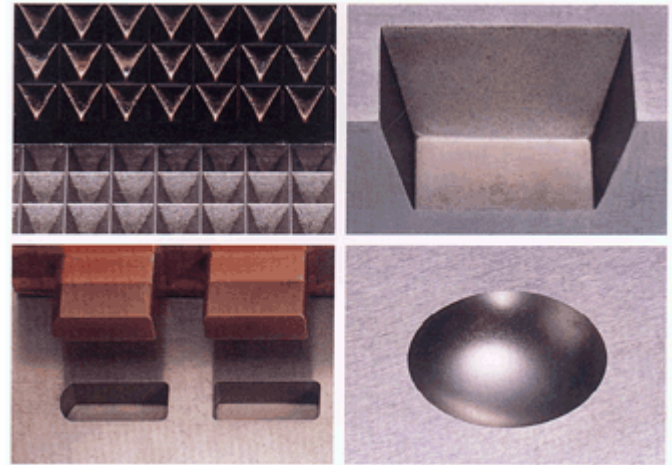
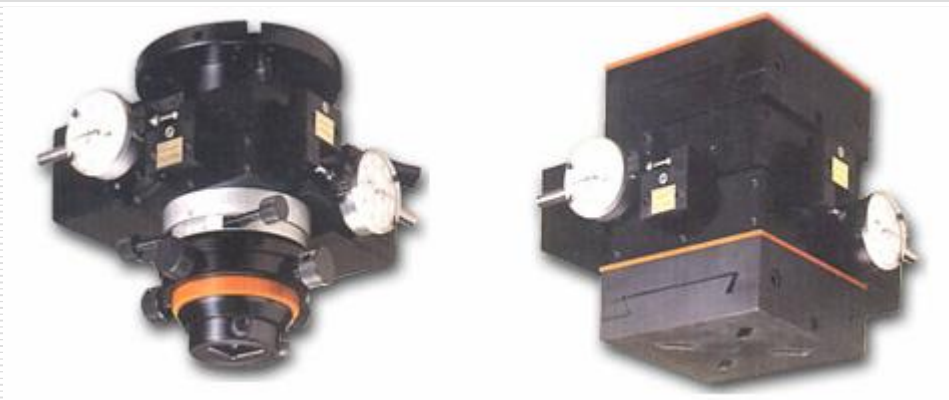


RC回路

大型的放電回路使用電晶體回路，而微細放電加工則使用RC回路



CNC多方向放電加工



		
<p>45°角加工，始壁角更加銳利。</p>	<p>內溝槽加工，可粗細加工，底面與側面同樣精細。</p>	<p>擴孔加工，適合深孔及大面積加工，可使表面細度更細，側面及底面同樣的細度。促進排渣提高效率。</p>
		
<p>六角形側面加工</p>	<p>螺絲孔加工，合模100%。</p>	<p>同一電極可做不同尺寸加工</p>



放電加工機



TYPE OF GENERATOR	3PM	6PM	9PM	18PM	243PM
Max. working current 最大工作電流	30 A	60 A	90 A	180 A	240 A
Power consumption 最大電力消耗	2 KVA	4 KVA	6 KVA	12 KVA	15KVA
Max. metal removal rate 最大加工速度	200mm ³ /minute	400mm ³ /minute	600mm ³ /minute	1200mm ³ /minute	2400mm ³ /minute
Min. electrode wear 最小電極消耗比	0.3%	0.3%	0.3%	0.5%	0.5%
Best roughness finish 最佳表面精度	0.3µM Ra	0.3µM Ra	0.3µM Ra	0.5µM Ra	0.5µM Ra
Unit dimension 尺寸	600×710×1910 mm			600×1050×2000mm	
Unit weight 重量	190kg	210 kg	230 kg	400 kg	450 kg

Work table size (mm) 工作台 (長×寬)	600×300	650×400	800×500	1000×600	
Work tank size (mm) 工作台 (長×寬)	820×500×300	820×500×300	1250×700×500	1500×800×500	
X-axis travel (mm) X 軸行程	300mm	300mm	500mm	600mm	
Y-axis travel (mm) Y 軸行程	200mm	200mm	400mm	500mm	
Z-axis travel (mm) Z 軸行程	200mm	200mm	250mm	300mm	
Work head travel 機頭行程	200mm(motor)	200mm(motor)	300mm(motor)	300mm(motor)	
Max. electrode weight 最大電極吊重	60kg	70kg	250kg	275kg	
Max. workpiece weight 最大工件重	500kg	750kg	1500kg	2250kg	
Dielectric tank 過濾箱	Built-in 內藏式	Built-in 內藏式	Stand alone 獨立	Stand alone 獨立	Stand alone 獨立
Fluid capacity 加工液容量	280L	300L		470L	940L
Machine size 機械尺寸	1430×1550×2300	1600×1250×2400	1400×1200×2400	1600×1600×2640	1860×1700×2810
Machine weight 機械重量	1200kg	1000kg	1300kg	2350kg	3500kg
Platen distance 電極板到工作台距離	150-550mm	200-600mm		160-710mm	260-710mm



線切割放電加工機



Machine Body

Machine specification	CW640S (Submerged type)
Machine dimensions	1800x1930x2280 mm
Max. workpiece size	840x1180x320 mm
Max. workpiece weight	1200 kg
XY-axis trip	600x400 mm
UV-axis trip	±50 x ±50 mm
Z-axis trip	300 mm
Wire diameter used	Ø 0.10~0.30mm
Wire tension	2~25 N
Max. workpiece height	250 mm
No. of axes for simultaneous control	XYUV – 4 axis
Transmission system	5 axis, AC servo
Max. cut taper	±22.5°(Thickness100 mm)
Space occupied	3000x2000x2300 mm
Total weight	4950 kg



細孔放電加工機



<http://www.tpic.com.tw/cMenuTop3.htm>

放電加工機純水處理機



<http://www.tpic.com.tw/cMenuTop3.htm>