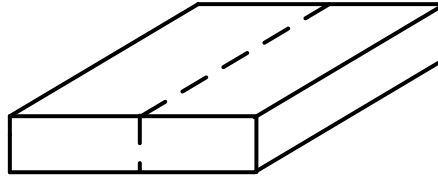


為台灣加油打氣專欄(309)線切割機的控制器

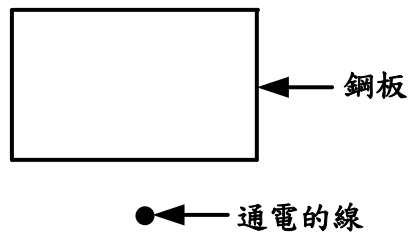
李家同

線切割機是工具機的一種，一般工具機會使用一個刀具來切割，而線切割機是用一根通電的線來切割，請看圖一。



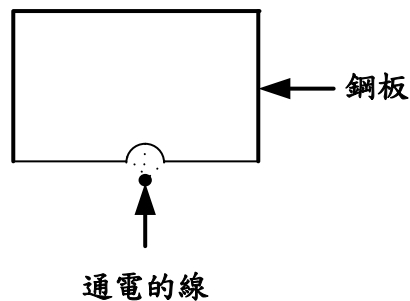
圖一

圖一是一塊鋼板，假如這個鋼板很硬且厚，這時用線切割機來切割是很好的選項。請看圖二。



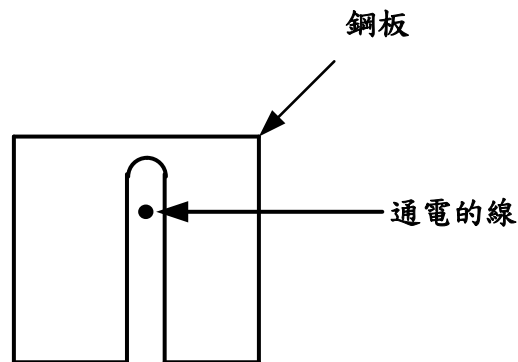
圖二

圖二是顯示鋼板旁邊有一根通電的線，垂直於鋼板所造成的平面。假設這根通電的線距離鋼板很遠，大家就相安無事。可是如果通電的線靠近了鋼板，線和鋼板之間就會有一個電壓而會產生火花放電。這個火花放電會使得鋼板被損壞而產生一個小洞，如圖三所示。



圖三

一旦有了這個小洞，通電的線就可以長驅直入，如圖四所示。



圖四

大家可以看出，通電的線造成一個溝，線的寬度是 0.25mm(1mm 等於 0.001 公尺)，線和溝中間有一個間隙，這個間隙的距離是 0.04mm，所以這根通電的線所造成的溝寬度是 0.33mm。

線切割機的控制器必須要保證線在溝的中間，至於如何做到這一點，我們必須了解線切割機的放電程序。線上並不是一直處於通電狀態的，單次放電的時間是 50ns(1ns 等於 10 億分之 1 秒)到 1.2us(1us 等於 1 百萬分之 1 秒)。每次放電結束以後，就要休息 6~12us。在這段時間內，線切割機透過加工液噴流，將放電所產生的碎屑排除掉。

線移動的速度和放電的頻率有關，如果線走得太快，頻率會太高。線走得太快以後，會造成兩個問題：

- (1)線可能碰到溝壁而生短路
- (2)線走得快，表示放電休息的時間短，碎屑可能來不及排除而造成阻塞或短路。

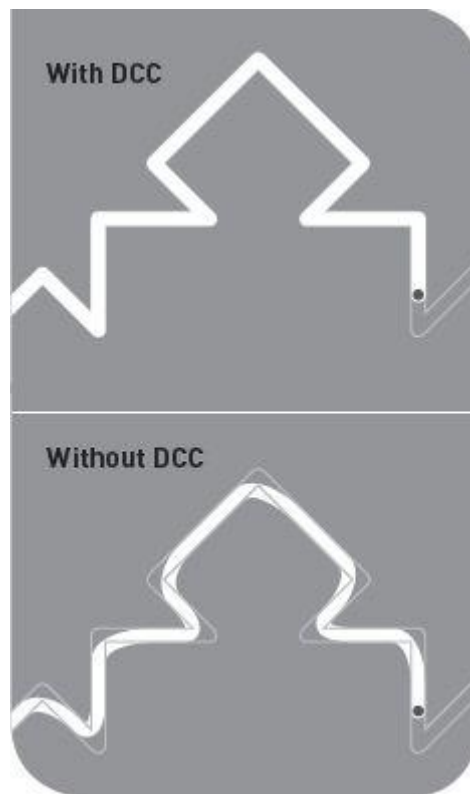
如何能夠知道線的位置是在溝中央？線切割機會一直在檢查線與溝壁的電壓，如果線太靠近某一個溝壁，電壓就會低。如果電壓太低，是相當危險的事，所以線切割機的控制器一旦偵測到有這種間歇電壓過低的情形，就會放慢線移動的速度。也就是降低放電的頻率。

線切割機還需要處理很多特殊的情況，在加工過程中，線會因為放電爆炸力而有撓曲現象，請看圖五。



圖五

線的撓曲現象，在轉角處會造成切割不理想，如圖六所示。



圖六

此時，線切割機的控制器就要採取一些補償機制。補償可以從以下三種方法得到：

- (1) 改變放電的能量和頻率
- (2) 改變線的張力
- (3) 改變線的路徑

線切割機可以製作形狀複雜的零組件，如圖七所示。線切割機的路徑就要事先很仔細的準備，這種路徑的決定牽涉到很多數學。



圖七

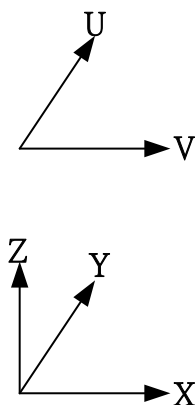
有的時候，線切割機的線並不是垂直於某一個平面的，而是和這個平面有一個斜角。因此，線的上端所走的路徑和下端所走的路徑是不一樣的，如圖八所示。我們可以想見，這又牽涉到數學問題，因為線的下端速度和上端速度是不一樣的。



圖八

以上的例子使我們知道線切割機是五軸的，也就是說，線切割機考慮到

兩個平面，如圖九所示。



圖九

大家一定要知道，線切割機當然有電腦和其他零組件，可是最重要的乃是電腦裡的一個由工程師所寫的程式。每次線切割機要製作某一個零組件時，就必須要有一個完美的控制器來驅動馬達。大家應該也會發現這個控制器軟體是不容易寫的，並不是任何一位精通寫程式的軟體工程師就可以寫這種程式，因為要寫這種程式，必須有相當好的數學素養。

我國的線切割機工業已經有相當好的水準，台灣已有線切割機的精密度在 2.5um 左右，也就是說，最大的誤差不會超過 2.5um。要知道，1um 等於 1 百萬分之 1 公尺。但是瑞士線切割機的最大誤差是 1um。雖然 2.5um 已經靠近 1um，但是要達到 1um 的精密度，是相當不容易的。我們的工程師一直在努力，希望可以和世界頂級的線切割機相比。

也希望大家了解，工具機對我們的工業是相當重要的，我們要有精密的設備，一定要有精密的零組件。我們應該感謝國家的線切割機公司，他們有很多行事低調但非常認真的工程師，這些工程師不僅對機械和電機相當了解，也都有很好的數學修養。如果數學不好，即便我們有最好的馬達，也切割不出非常精密的零組件。