

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高級中等學校組 工程學科(一)科

佳作

052317

渦流管的應用及研究

學校名稱：臺北市立木柵高級工業職業學校

作者：  職二 鄭廷威  職二 鄭楠清  職二 卓育賢	指導老師：  張褚峰  陳彥豪
---	-----------------------------

關鍵詞：渦流管

# 摘要

現今的加工產業逐漸朝向微小加工，在目前有屑加工過程中，會使用切削劑來冷卻及潤滑刀具及工件為其優點，然而切削劑在使用時，其切屑易黏致於加工表面及刀具上，再加工會造成刀具壽命降低和加工面表面粗糙度不佳以及環境的污染。

本實驗是利用渦流管的原理及其製冷的特性應用在 CNC 銑床加工，來取代加工時使用之切削劑。首先，本研究設計不同的材質、噴嘴、孔板及渦流管長度等參數，探討其製冷效果，研究發現材料以鋁材、噴嘴及孔板數為 5 個及渦流管長度 200mm 有最佳之製冷效果。

在現今綠能意識高漲及加工微小化的工業，渦流管將是未來工業科技中的一部分。

關鍵字: 渦流管、綠能、切削劑

## 壹、研究動機

### 一、研究動機

在機械加工過程中，刀具在切削時，工件會產生高溫，因此對刀具壽命有很大之影響及破壞，而未來精密加工勢必朝向微小型加工，而高溫是必須要解決之問題。為了使刀具壽命延長，工件和刀具兩者皆達到降溫作用，並使切屑有效排除，基於達成上述之目的，目前機械加工過程中加入切削劑達到降溫及潤滑之效果，但是切削劑本身的缺點很多，例如:在加工過程中，鐵屑和切削劑會結合並黏至於刀具或工件上，造成刀具壽命降低，並且使用完畢後，若無清理乾淨，將造成床台生鏽甚至發臭等結果。因此，為了克服上述之缺點，既能達到降溫效果，又能達到排屑作用。若能使其廣泛利用渦流管的效能及綠能利用，將對未來的機械加工有很大的影響。

## 二、渦流管的發現

渦流管(Vortex Tube)現象早在 1930 年就被法國冶金工程師蘭克(G.J.Ranque)所發現，當時在製作一種把瓦斯從礦物粉中分離出來的渦旋分離器時發現了一種難以置信的現象，從渦流分離器中分離出來的氣體，位於中心氣流的瓦斯溫度比入口瓦斯的溫度更低，而位於外層的瓦斯氣流的溫度則比入口瓦斯的溫度要高，此現象可描述成：當高速氣流沿切線方向進入圓管形成管內渦旋運動，接近管子中心區域沿軸向可導引出冷氣流，而外環區域可導引出熱氣流，此時高速氣流在管內進行渦旋運動時發生冷熱分離，而這就是渦旋冷熱分離效應。

1931 年 12 月蘭克獲得以渦流管命名具有冷熱分離效能的第一個專利，1933 年，蘭克在法國物理協會做了關於壓縮空氣在渦流管中分離成冷、熱兩股氣流的學術報告。由於蘭克對分離現象的解釋混淆了流體總溫(滯止溫度)與靜溫的概念，因而受到了質疑，會議上對渦流管製冷現象的普遍否定，使渦流管的研究被忽略了。

1945 年 7 月，第二次世界大戰將結束之際，一組美國科學家到德國 Eulangen 大學訪問並重新發現了渦流管。該大學的物理學家

R.Hilsch 對渦流管做了大量工作。直到 1946 年，德國物理學家赫爾婿(Hilsch)關於渦流管裝置的實驗論文中，運用了詳細的資料證實了渦旋溫度分離效應，並就渦流管的設計、應用、溫度效應的定義等問題提出了一系列研究成果與有價值的建議，渦流管裝置為人們所確認，此效應也稱為蘭克效應或赫爾婿效應，而渦流管則又稱為蘭克管(Ranque Tube)或蘭克－赫爾婿管(Ranque－Hilsch Tube)，而赫爾婿(Hilsch)也對渦流管進行了系統的研究，它研究了三種尺寸的渦流管，確定了渦流管各零件幾何尺寸的最佳比例關係。他發現最大溫降隨壓力的增加而增加，在壓力比一定的情況下，直徑大的管比直徑小的管結果更好。孔板應盡可能接近噴嘴且孔口直徑應等於  $0.45D \sim 0.60D$ ，以獲得最大的製冷效率。他提出一種螺旋形的渦流室改進了渦流管的性能，噴嘴入口直徑應等於  $0.25D$ ，管壁面應光滑且為圓柱形，調節閥和噴嘴的距離是  $50D$ 。他用這樣的渦流管進行試驗，結果優於 Ranque 的試驗。並指出渦流管的效率很低，它的應用將會受到限制。鑑於 Hilsch 在渦流管研究中所作的貢獻，又將渦流管稱 Ranque-Hilsch 管。

1946~1952 年期間，美國發表了大量有關渦流管的文章，其中一些文章致力於理論研究，但沒有一個比 Hilsch 更好的結果。

## 三、渦流管的文獻資料

最先將渦流管作有系統的分析與研究首推德國物理學家赫爾婿(Hilsch)，他於 1946 年作了有系統的研究並讓渦流管重現於世人眼前，讓人們能正確的認知到渦流管的奇特現象，和商

業化的應用，Hilsch 研究發現溫降與壓力成正比、在壓比一定的情況下直徑大的管比直徑小的管結果更好，並建議了相關的尺寸關係。

從理論上分析渦流管性能者首推學者 Filton，他於 1947 年提出高壓氣流進入渦流管後的氣流形成擬自由渦在管內運動過程中，氣流在管內發生動能的徑向交換，結果在管內沿著徑向逐漸出現溫度梯度，根據這個假設，推導出冷端溫差和湍流 Prandtl 之間的關係如下所示。另外學者 Van Deemter 把廣義柏努力方程用於渦流管，但結果顯示渦流管內部的冷效應並不能由渦流管外緣的熱效應引起，而他的觀點是從中心到外緣有動能的流動交換，基於此觀點與 Fulton 是相同的。

$$\frac{\Delta T_{c, \max}}{\Delta T_{iso}} = 1 - \frac{1}{2P_r}$$

學者 Hartnett 和 Eckert 兩人認為，氣流離開渦流管噴嘴時形成自由渦，然而由於管內存在著摩擦，自由渦在徑向極短的距離內就轉變成強制渦，因此渦流管內橫截面上的流動其實是 Ranque 渦。因此渦流管內氣體的流動是呈現湍流(紊流)的狀態並非穩定流(層流)，另外在切向旋轉運動的同時氣體也存在延軸心方向的軸向流，外層流動的區域具有較大的速度梯度和溫度梯度，他們也發現沿著渦流管軸向的壓力和溫度變化也很大，因此提出渦流管的長度對能量的分離具有重大的影響，本文也在實驗中證實了分離室的長度確實影響到渦流管對能量分離的影響這項理論。

Dessler 和 Perlmutter 在他們研究的數學模型中將渦流管內的流動分成兩部分即中心區和環狀區，通過對三維能量方程與湍流擴散系數對二維軸對稱可壓縮流體進行分析，建立了對渦流管簡化的渦旋方程。

$$\rho u \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{\rho u v}{r} = \rho c \left( \frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v^2}{r} \right)$$

他們認為渦流管內產生能量分離的首要要求是流體必須是要可壓縮的，然而可壓縮流體的膨脹並不是產生氣體冷卻的主要原因，讓氣體產生冷卻有必要在流體膨脹時作功。並提出總溫的降低主要由動能和壓力能這兩項所引起的，他們還認為能量分離可能由湍流渦旋的膨脹和收縮所引起。

Parulekar 基於對實驗觀測結果提出下列假設，氣體切向進入渦流管形成自由渦，由於離

心作用，渦流沿著壁面進行，經由調節閥的阻礙在其附近氣體幾乎停止旋轉，閥附近的壓力大於另一端孔板外部的壓力，所以發生逆向的軸向流動。這種逆向流動與高速轉動的自由渦相接觸。由於外層自由渦以很高的速度旋轉，迫使內層的軸向氣流也旋轉，於是軸向氣流形成了強制渦。強制渦所需要的外部能量由自由渦來提供。因此，存在從外層到中心的能量流動。R.W.James 在文章中提到，由於離心力湍流存在和靜溫從中心向外層的升高，存在著能量從中心到外層的傳送。目前能量的吸附觀點為大多數學者所接受。

中國大陸學者唐玉立 (南京大學)等人，將渦流管的製冷分成兩階段來討論，一為渦流管製冷的噴嘴效應，一為渦流管製冷的渦流室製冷效應。關於噴嘴效應文中提及噴嘴效應是渦流管製冷的第一步，高壓氣體從噴嘴射出，速度相當高，氣體處於非平衡狀態，該過程可以視為絕熱過程，但是這是一個不可逆的節流過程，不是可逆的絕熱等熵過程，氣體在噴嘴前後的降溫過程，因為氣體噴出的速度非常快幾乎達到音速或超音速，且其過程進行的也較快，顯然不是熱力學意義上的準靜態過程，不是等熵過程，又因為過程非常快熱量來不及傳導出去故其過程可視為絕熱的，因為在噴嘴前後壓強各自不變，所以其過程是屬於節流過程，因噴嘴前後氣體流速大，所以該節流過程不能忽略氣體的速度效應，所以與傳統的節流過程有所區別，根據上述的理論導出噴嘴的動態節流過程的降溫方程。

#### 四、切削劑的文獻資料

切削劑主要功用：冷卻與潤滑，降低切削溫度以保持刀具之硬度，並防止工件過度熱膨脹而影響精度。可減少切屑、刀具與工件間之摩擦現象，並提高表面粗糙度。可沖除切屑；可延長切削刀具之使用壽命。

因此理想的冷卻劑應，不會對人體產生健康及安全之危害。具優良之熱傳導能力，亦即須有良好的冷卻力。具有良好的潤滑效果。不易發揮。不起泡沫，不會發臭。不損害加工機械〔尤其油漆部分〕、切削刀具及工作物。高溫時，不易燃燒著火。常溫時，儲存容易。

根據上述文獻可得的結論是，切削劑能有良好的潤滑效果，但液體本身性質就具有依附性，所以，當它與切屑結合時，回憶起黏著在刀子及切削表面，造成排屑困難及摩擦增加，摩擦增加後，因切削劑本身傳導效果良好，因此不但沒有降溫，反而升溫。而且切削劑噴在虎鉗上會使虎鉗生鏽。綜合上述結論，切削劑的缺點最終還是大於優點。

## 五、鋁的文獻資料

鋁是一種化學元素，屬於硼族元素，其化學符號是 Al，原子序數是 13。相對密度是 2.70。鋁是一種較軟的易延展的銀白色金屬。鋁是地殼中第三大豐度的元素（僅次於氧和矽），也是豐度最大的金屬，在地球的固體表面中占約 8% 的質量。鋁金屬在化學上很活躍，因此除非在極其特殊的氧化還原環境下，一般很難找到游離態的金屬鋁。被發現的含鋁的礦物超過 270 種。最主要的含鋁礦石是鋁土礦。

鋁因其低密度以及耐腐蝕（由於鈍化現象）而受到重視。利用鋁及其合金製造的結構件不僅在航空航太工業中非常關鍵，在交通和結構材料領域也非常重要。最有用的鋁化合物是它的氧化物和硫酸鹽。

鋁有特殊化學、物理特性，是當今工業常用金屬之一，不僅重量輕，質地堅，而且具有良好延展性、導電性、導熱性、耐熱性和耐核輻射性，是國家經濟發展的重要基礎原材料。鋁在空氣中會迅速形成一層緻密的氧化鋁薄膜，阻止腐蝕的繼續進行。

## 六、不鏽鋼的文獻資料

不鏽鋼，在冶金學中，是通常含有 10%—30% 鉻的一類合金鋼的總稱。以重量計算，鉻含量超過 10.5% 的「鐵合金」。這個名稱源於這種鋼不像普通鋼那樣容易腐蝕生鏽。鉻與低碳含量相配合，可顯示出明顯的耐腐蝕性和耐熱性，還可以加入鎳、鉬、鈦、鋁、銅、氮、硫、磷和硒，使其表面會產生防鏽的氧化膜，以提高對特殊環境的耐腐蝕性和抗氧化性，並賦予特殊性能，從而保護鋼材本身受到外界環境中的空氣（尤指氧氣）、水、某些酸、鹼的氧化腐蝕。大多數不鏽鋼先在電爐或氧氣頂吹轉爐（轉爐）中熔化，然後在另一煉鋼爐中精煉，主要為了降低碳含量。在氫-氧脫碳法中，將氧和氫的氣體混合物噴入鋼水中。

## 貳、研究目的

本研究探討渦流管是否能取代切削劑，以有效達到冷卻工件，延長刀具壽命，和排屑...等效果，在達成上述效果前，需先製造出渦流管，因此對製作渦流管的製造重點如下：

- 一、利用不同材料來改造渦流產生器的制冷效能
- 二、改變不同噴嘴數量來達到降低溫度的效果.
- 三、改變不同鋁管長度探討是否能達到降溫效果
- 四、將渦流管結合在 CNC 銑床上，來探討是否能改善排屑效果

## 參、研究設備及器材

### 一、使用機具設備：

渦流管主體：渦流室、噴嘴、調整閥

基本 配件：工作服、護目鏡、毛刷、銼刀、布

鉗 工：固定式虎鉗、鋸條、鋸架、墊片

傳統 車床：傳統車床、護目鏡、捨棄式車刀刀柄、捨棄式三角車刀、

內徑車刀、切斷刀、頂心、量錶、畫線檯、麻花鑽頭、鑽夾

、鉸刀 、六角板手、T 型板手、切削劑

CNC 銑床：CNC 銑床、三刃鋁刀、氣槍、香檳槌

量 具：游標卡尺、熱電偶式溫度計

文書 處理：桌上型電腦、影印機

清掃 工具：掃把、掃帚、機油

### 二、使用 材料：銅條、鋁條、鋁管、PE 條、鋁棒



(圖一)傳統車床

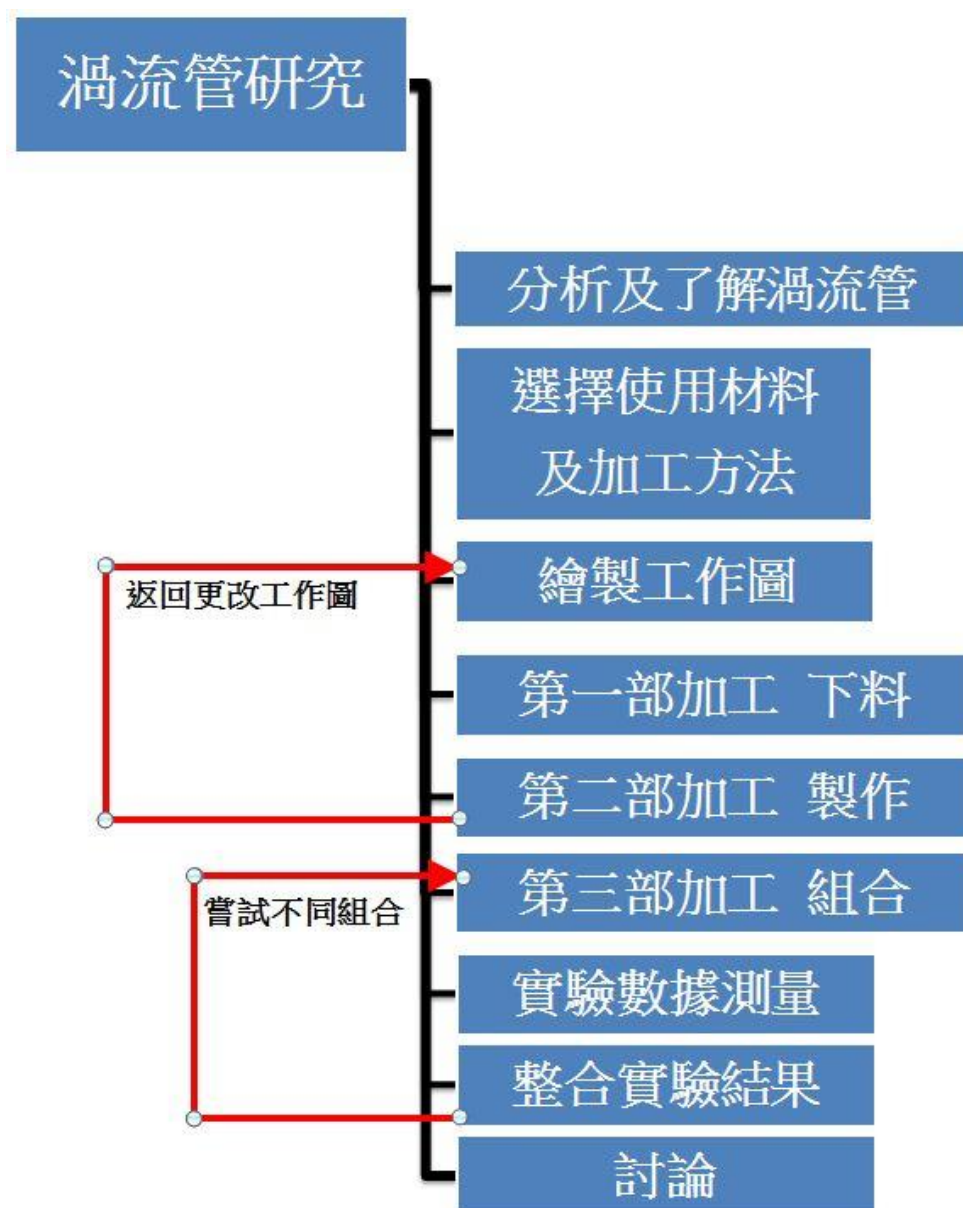


(圖二)車床基本工具

## 肆、研究過程或方法

因渦流管在我國尚屬少數產品，為建立渦流管之主要關鍵技術，因此先搜集相關資料文獻與專利，再依其建議之尺寸與外形，進行渦流管原型的設計與加工，待完成加工經過測試後，再以此原型渦流管為其基準修改其相關尺寸，進行加工製造後再進行溫度測試，完成後選定其製冷效率為最佳之渦流管。

一、工作流程：



(圖三)工作流程圖

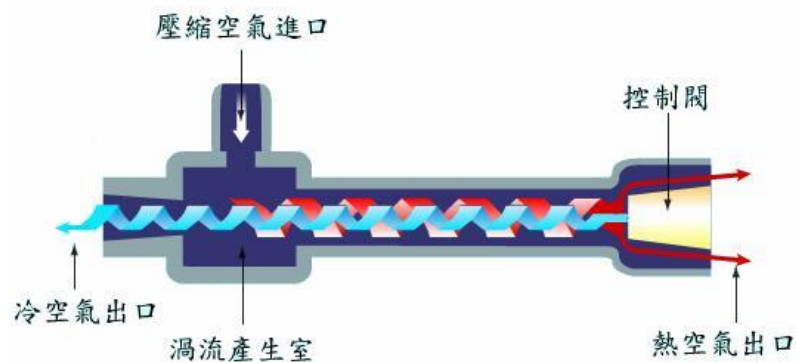


## 二、分析資料：

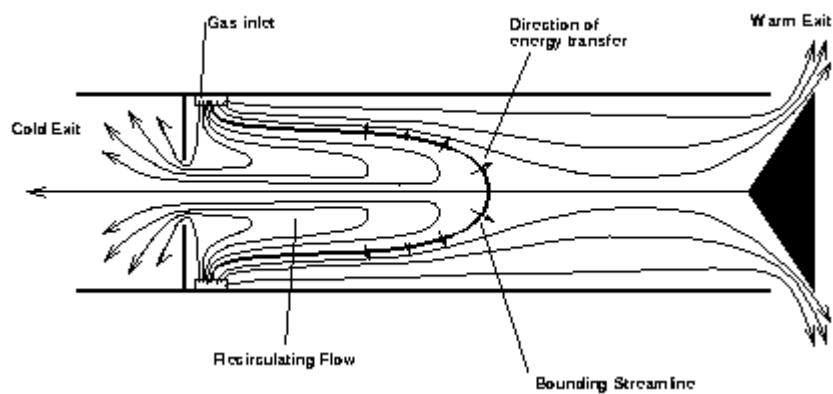
將老師的講解及蒐集的資料作更進一部的篩檢及分類。

## 三、討論暨搜集資料：

懇請老師細說渦流管的由來及發明，利用時間加以在網路上搜尋相關文件及發明資料，並加以討論及研究了解。



(圖四)渦流管概念圖



(圖五)渦流管內部流場

#### 四、實驗方法：

本實驗在相同的壓力下進行，選定了 6bar，分成五組，每組分成三種材料，分別是：鋁料、銅料、PE，而改變的項目為：噴嘴個數及孔板數，之後選定最佳數據之實驗結果，來改變鋁管長度。實驗介質為空氣。由於實驗裝置是直接由壓縮機排氣，當排氣壓一定，所以改變膨脹比來改變渦流管進氣壓力。實驗時，等待進口壓力穩定後進行渦流管流率特性的測量，當通過熱氣調節閥改變熱氣排氣量，當實驗狀況穩定後測量取得測點的參數。流量、壓力直接通過測量儀器取得。溫度會根據不同的壓力、分離室長度及渦流產生器進行採集的工作。

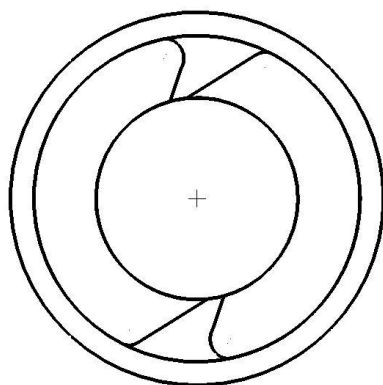
#### 五、實驗裝置：

小型渦流管性能實驗的實驗裝置流程。裝置主要包括空氣壓縮機、流量計、壓力表、汽水分離器、渦流管、控制閥等。

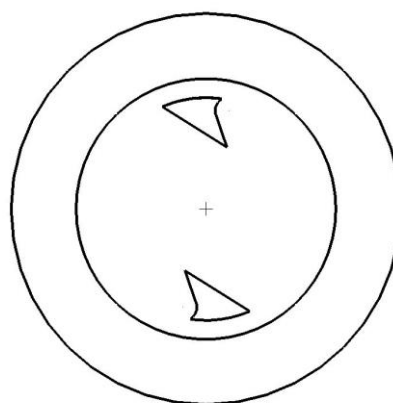
從空氣壓縮機出來的氣體經過氣水分離器除掉一部分水分，然後經過調節進口的流量和壓力。空氣進入渦流管後分成冷、熱兩股氣流，分別從冷、熱端排出。此外，在冷端出口備有溫度計，接著可控制熱端的流量控制閥，便可測量不同的流量之溫度。

#### 六、繪製設計圖：

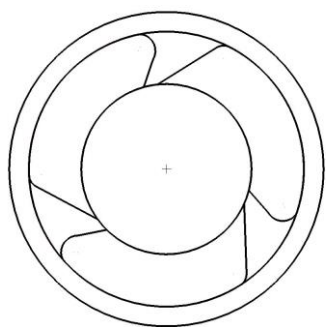
設計不同種類的噴嘴工作圖。



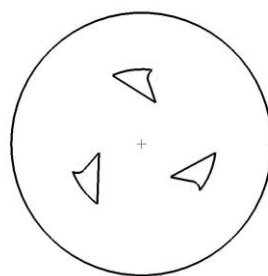
(圖六) 2 個孔板



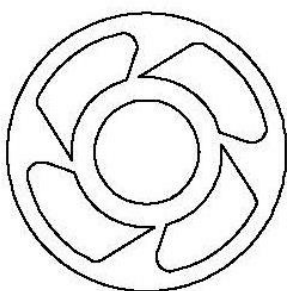
(圖七) 2 個噴嘴



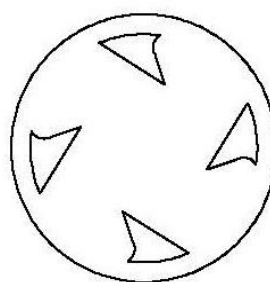
(圖八) 3 個孔板



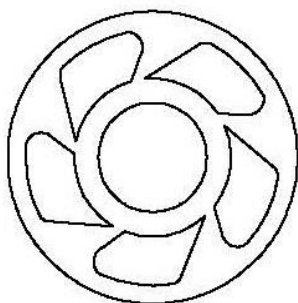
(圖九) 3 個噴嘴



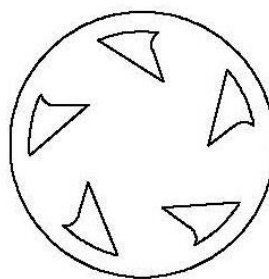
(圖十) 4 個孔板



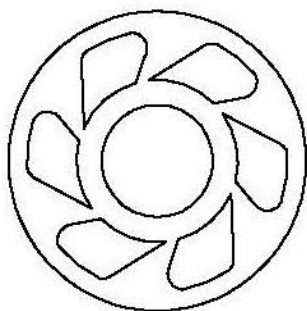
(圖十一) 4 個噴嘴



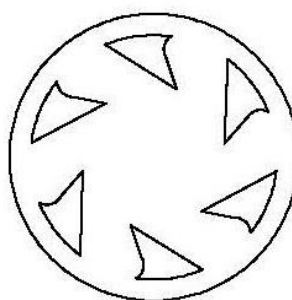
(圖十二) 5 個孔板



(圖十三) 5 個噴嘴

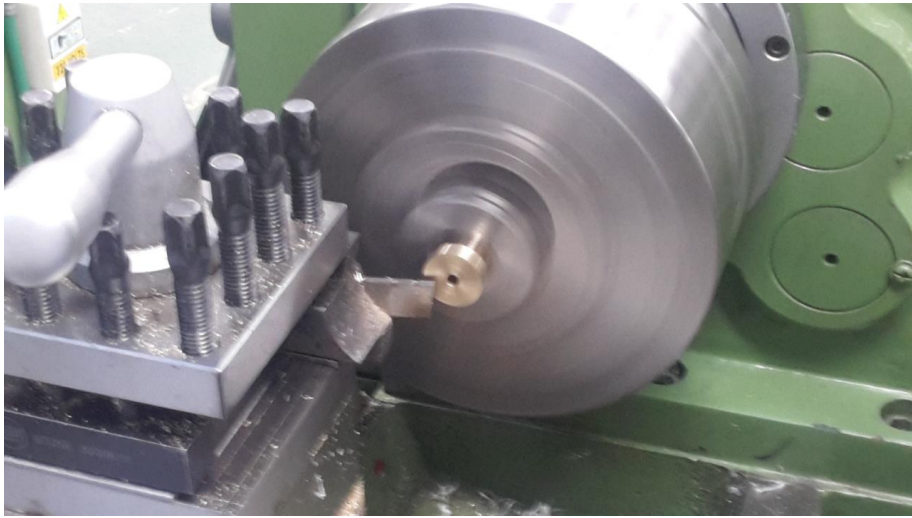


(圖十四) 6 個孔板



(圖十五) 5 個噴嘴

七、下料：



(圖十六) 車削銅、鋁條



(圖十七) 鑽孔



(圖十八)



(圖十九) 噴嘴銅料



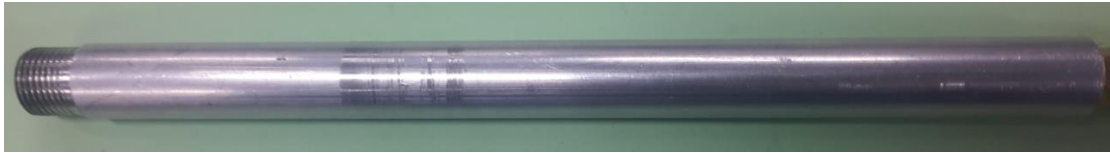
(圖二十) 孔板銅料



(圖二十一) 噴嘴鋁料



(圖二十二) 孔板鋁料



(圖二十三) 200mm 鋁管



(圖二十四)轉接頭



(圖二十五) 渦流室



(圖二十六) 氣壓控制閥

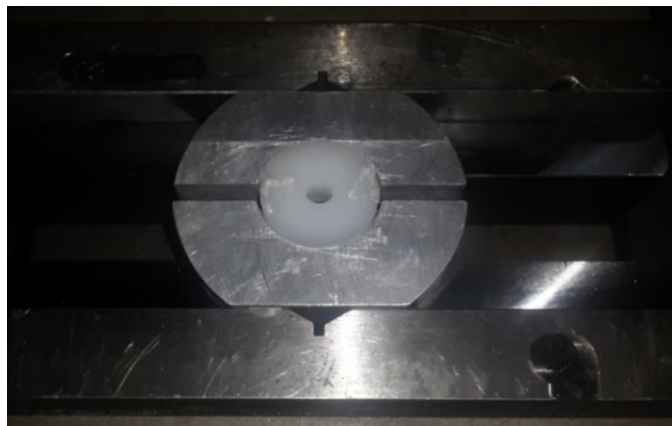




(圖二十七) 夾置具



(圖二十八) CNC 銑床



(圖二十九) 夾置畫面



(圖三十) 噴嘴側視圖



(圖三十一) 噴嘴俯視圖



(圖三十二) 孔板側視圖



(圖三十三) 孔板俯視圖



(圖三十四) 渦流管



(圖三十五) 溫度計

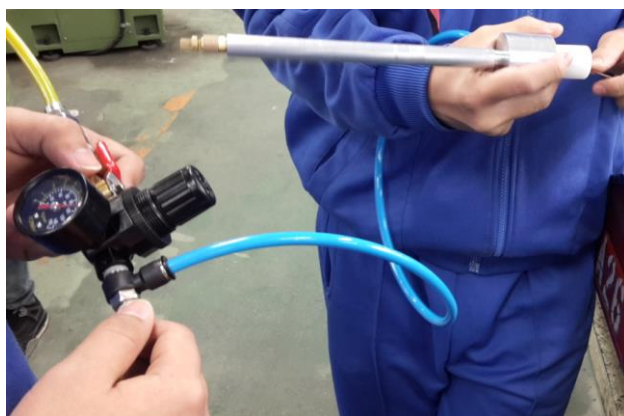


## 伍、研究結果

本實驗為了得到更優化的製冷效果以利切削能降低溫度，進行以下參數測試，設定條件:

壓縮空氣設定為定值 6 bar，渦流管分別以下列參數為測試項目：

- 一、 噴嘴、孔板材料測試：每組由鋁料、銅料、PE 三種材料。
- 二、 噴嘴個數及孔數測試：每組由 2、3、4、5、6 個。
- 三、 鋁管管長度測試:每組由 80mm、100mm、150mm、及 200mm。



(圖三十六) 測試示意圖

分別測試實驗結果如下:

本實驗利用空壓機為來源，改變參數(材料、噴嘴、孔板、鋁管長度)，進而探討制冷溫度效果，溫度記錄下，來將數據做統計做比較。

(表一)

2 個噴嘴、孔板在不同材料的溫度測量表

名稱 編號	材料	噴嘴	孔板	全關溫度	全開溫度
1	鋁料	2 個	2 個	-1.9℃	4.6℃
2	銅料	2 個	2 個	-4.1℃	12.4℃
3	PE	2 個	2 個	-1.2℃	18.8℃
壓力: 6 bar 室溫:23.2℃					

(表二)

3 個噴嘴、孔板在不同材料的溫度測量表

名稱 編號	材料	噴嘴	孔板	全關溫度	全開溫度
1	鋁料	3 個	3 個	5°C	2.9°C
2	銅料	3 個	3 個	-0.4°C	9.7°C
3	PE	3 個	3 個	15.3°C	17°C
壓力: 6 bar 室溫:23.2°C					

(表三)

4 個噴嘴、孔板在不同材料的溫度測量表

名稱 編號	材料	噴嘴	孔板	全關溫度	全開溫度
1	鋁料	4 個	4 個	3.7°C	-0.3°C
2	銅料	4 個	4 個	9.8°C	8.9°C
3	PE	4 個	4 個	11.7°C	15°C
壓力: 6 bar 室溫:23.2°C					

(表四)

5 個噴嘴、孔板在不同材料的溫度測量表

名稱 編號	材料	噴嘴	孔板	全關溫度	全開溫度
1	鋁料	5 個	5 個	-2.4℃	2.9℃
2	銅料	5 個	5 個	11.4℃	13.2℃
3	PE	5 個	5 個	15.1℃	17℃
壓力: 6bar 室溫:23.2℃					

(表五)

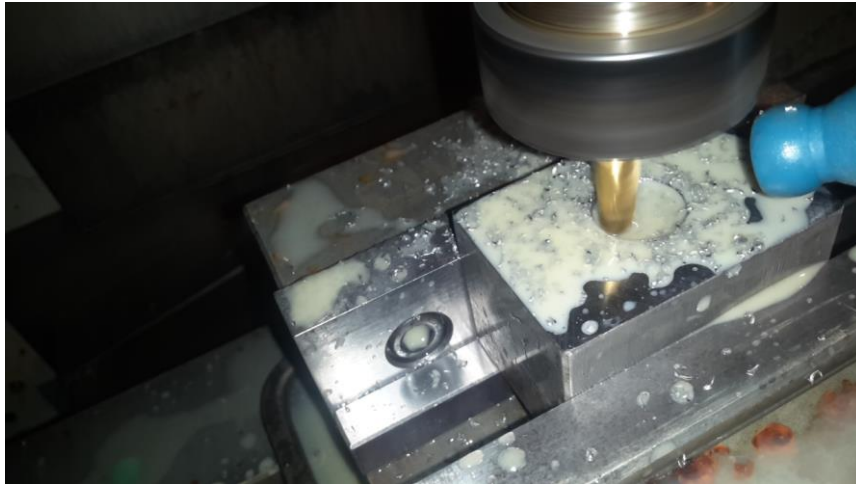
6 個噴嘴、孔板在不同材料的溫度測量表

名稱 編號	材料	噴嘴	孔板	全關溫度	全開溫度
1	鋁料	6 個	6 個	4.5℃	3.4℃
2	銅料	6 個	6 個	7.5℃	9.5℃
3	PE	6 個	6 個	10.2℃	12.9℃
壓力: 6 bar 室溫:23.2℃					

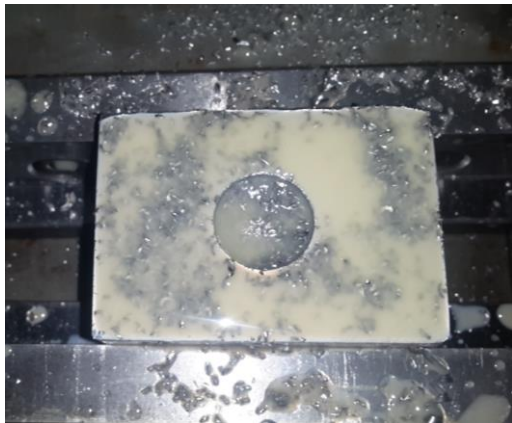
(表六)

鋁料 5 個噴嘴、孔板在不同鋁管長度的溫度測量表

名稱 編號	鋁管長度	噴嘴	孔板	全關溫度	全開溫度
1	200mm	5 個	5 個	2.9℃	-2.4℃
2	150mm	5 個	5 個	-0.6℃	2.4℃
3	100mm	5 個	5 個	0℃	3.5℃
4	80mm	5 個	5 個	-2.2℃	-0.9℃
壓力: 6 bar 室溫:23.2℃					



(圖三十七) 切削劑排屑狀況示意圖



(圖三十八) 鐵屑附著圖



(圖三十九) 刀痕圖



(圖四十) 渦流管排屑狀況示意圖



(圖四十一) 鐵屑完整排除



(圖四十二) 刀痕圖

## 陸、討論

在本實驗經過上述之設計與實驗已有結果，對於本研究提出下列探討：

### 一、不同材料的溫度測試

本實驗的空壓機為氣流的來源，其設定為 6bar，其改變的參數為不同的材料，分別為：鋁料、銅料、PE。測得的溫度數據如表一、表二、表三、表四、表五。

根據實驗研究顯示，材質為鋁料的情況下，可測得溫度最低，製冷效果最佳，因為鋁有較佳的硬度及導熱冷度優的特性下，在加工過程中，鋁料不易起毛邊，因此鋁質的孔板及噴嘴結合度非常密，可造成氣流的渦漩不會有擾動的現象，並且傳達冷的溫度效果好，因上述之原因，所以可獲得最佳製冷效果。

### 二、不同噴嘴及孔板數量的溫度測試

本實驗的空壓機為氣流的來源，其設定為 6bar，其改變的參數為不同的噴嘴及孔板數量，分別為：2、3、4、5、6 個。測得的溫度數據如表一、表二、表三、表四、表五。

根據實驗研究顯示，當噴嘴及孔板數量為 5 個，可測得溫度最低，製冷效果最佳。本研究探討，當空壓機的氣流吹入渦流室，氣流從噴嘴跟孔板結合所形成的隙縫中吹入，5 個孔讓氣流均勻分布於管中，所形成氣流的角速度最快，並且傳達冷的溫度效果好，因上述之原因，所以可獲得最佳製冷效果。

### 三、不同長度鋁管的溫度測試

本實驗的空壓機為氣流的來源，其設定為 6bar，孔板及噴嘴數量為 5 個，選定的材料為鋁料，改變的參數為不同鋁管的長度，分別為：80mm、100mm、150mm、及 200mm。測得的溫度數據如表六。

根據實驗研究顯示，當噴嘴及孔板數量為 5 個，配合鋁管長度為 200mm，可測得溫度最低，製冷效果最佳。本研究探討，當空壓機的氣流吹入渦流室，氣流從噴嘴跟孔板結合所形成的隙縫中吹入，經過渦流室摩擦反應，因反應時間較長，可得較冷溫度，因上述之原因，所以可獲得最佳製冷效果。

#### 四、切削劑與渦流管的排屑測試

本實驗的空壓機為氣流的來源，選定的渦流管為之最佳渦流管，如表六，其設定為 6bar，孔板及噴嘴數量為 5 個，選定的材料為鋁料，鋁管長度為 200mm。所使用的切削刀具為 2 刃鍍鈦鋼刀，切削材料為 50mmX50mmX100mm 的鐵塊。

根據實驗研究顯示，如圖三十八，在切削過程中，因切削劑有附著性導致鐵屑無法順利排除，在鐵屑與刀具和工件間的摩擦，溫度上升，因上述之原因，使刀具壽命減短。

根據實驗研究顯示，如圖四十一，在切削過程中，使用渦流管吹出之氣體可順利排除鐵屑，因鐵屑排除，使刀具和工件間的摩擦減少，溫度下降，因上述之原因，使刀具壽命增加。

## 柒、結論

渦流管具有不使用冷媒當作製冷源，沒有污染的問題，並且其結構簡單價格便宜，容易維修，體積小不佔空間等優點，在現今愈來愈重視綠能的社會下，渦流管有其一定之發展空間。

#### 一、不同材料的溫度測試

由前述可知，鋁料、銅料、PE 三種材料中，鋁料為製作渦流產生器的最佳材料。

#### 二、不同噴嘴及孔板數量的溫度測試

由前述可知，以 5 個噴嘴及孔板數量為製作渦流產生器的最佳數目。

#### 三、不同長度鋁管的溫度測試

由結論一、二可知，以鋁料製作的 5 個噴嘴及孔板數量的渦流產生器為最佳，經由前述可知 200mm 的鋁管長度為最佳之長度。

#### 四、切削劑與渦流管的排屑測試

由上述可知，渦流管有較佳的排屑及降溫效果。

## 捌、參考資料及其他

台灣杉毅事業有限公司 <http://www.tsaneast.com.tw/vortex-tubes-stainless-steel.htm>

胡洪濤, “微型渦流管性能研究”, 大連理工大學碩士學位論文, 2002。

基耐科技有限公司 <http://g9ltd.com/>

黃仰之, “渦流管製冷裝置”, 專利, CN 2179958Y。

維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%8D%E9%8F%BD%E9%8B%BC>

維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%88%87%E5%89%8A%E6%B6%B2>

維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%93%9D>

總潤企業 <http://www.ffs.url.tw/Q&A.htm#>



## 【評語】 052317

本作品利用渦流管裝置的原理，產生低溫氣體用來冷卻工具機  
刀具及去除黏於工具及加工件表面上的微小切削材料。

比照現行使用冷卻液方法，本方法可以除去切削微削材料。

本作品精細探討材料、噴孔數、流管長度等的製冷功效，總結  
出較佳的結構設計，均以實驗測試進行量測研究。

1. 能將既有之理論技術加以應用。
2. 須加強部分功能驗證。