

# 中華民國第 58 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

第一名

052310

智慧型平行墊塊

學校名稱：國立民雄高級農工職業學校

作者：  職二 唐頊辰  職二 林哲良  職一 周宥辰	指導老師：  蔡舜生  何啟堂
---	-----------------------------

關鍵詞：平行墊塊、虎鉗

## 得獎感言

### 第 58 屆全國科展工程學科(一)第一名得獎感言

“第一名國立民雄高級農工職業學校”，在司儀宣讀出來的剎那，我們雀躍的心情再也隱藏不住了！不禁回想起動不動就被留下來或禮拜六來學校的日子，感覺一切都值得了。想起了實驗時的種種失敗，成功時的喜悅，雖然一開始只是突發奇想的怪點子，卻在各種情況下成功將它實現，這讓我了解到了堅持下去一定會成功，在製作以及發想的過程中了解到了，知識可以排除萬難使我們繼續向前。

你也想要參加下次的科展嗎？那快點去找人組隊著手研究吧！想一開始我覺得時間有三個月，隨便混都做得完，但我錯了！如果那麼簡單其他人早就做出來了阿。哪輪得到我呢？在過程中發現各種錯誤、實作失敗、從頭到尾都是錯的或計算出錯，這些都是會發生的。還要撰寫報告、製作海報和練習講解。想要的完美？你必須抱持著犧牲自己的娛樂時間來做交換喔！

從一開始的發想到真正的實作不過幾天的時間，製作出的第一代成品，但不耐壓，無法達到預期效果。但是我們重新設計製作出了第二代，忽然有人提到舊有的東西不可以亂丟吧，因為這句話我們又多做了一代，但是經過實驗後還是不夠精準，怎麼辦呢繼續做啊怎麼辦，直接顯示出他的誤差。一開始想都不敢想的東西欸。結果在老師們的指導下我們做出了超乎自己想像的成品。

最後當然是要感謝老師以及夥伴們以及學校同學的支持才有今天的結果囉！



這是我們的團隊合照！我們非常感謝蔡舜生老師與何啟堂老師的指導



這次參賽的作品說明海報，裡頭濃縮了我們這一年來的心血。



這是我們的參賽成品，記錄著我們的研究歷程。

## 摘要

在銑床加工時，必須將工件敲打至與平行墊塊貼齊後才能接續加工，但目前只能靠手感去敲打，這是很空泛的。我們在專利局檢索平行墊塊，發現並無可以清楚顯示是否有貼齊平行墊塊之裝置；我們利用金屬導電之特性，設計製作出可清楚顯示哪邊不平整的智慧型平行墊塊，經測試與實做後，其夾持時間大幅減低三倍以上，且當指示燈全亮時，工件平面度皆能控制在0.015mm 內，是相當精密的夾持。

在使用智慧型平行墊塊時，可參照 LED 指示燈之狀態，哪個相對應邊沒亮燈就輕敲哪邊，待四個感應點之 LED 指示燈全亮時即可進行加工。智慧型平行墊塊將完整指示出翹起的地方，使初學者也能進行快速的夾平工件，輕鬆地達到師傅級的精密程度水準。

## 壹、研究動機

在銑床課時：

老師有交代工件夾到虎鉗上時，要用軟槌敲，必須將工件敲到與平行塊貼齊喔。

同學總是問說：我該如何知道工件是否有無貼齊平行墊塊，怎麼敲才會平整呢？

老師神秘地說：你就多練習幾次，經驗到了你就知道了！

這是每次做銑床加工時都一定會遇到的問題，工件翹起進而導致銑削後，兩平面會有不平行的現象，但這該如何避免呢？

1、更換非常精密的虎鉗：學校經費不足，無法全部更換。

2、改進技術：使用軟槌將工件敲至與工件平行。

那如何知道工件到底是哪邊翹起來呢？最簡單的方法：用手去拉動平行塊，但這個方法只能靠手感、靠技術來感覺是否有無夾緊。這樣雖然不需要花費大量額外的經費，但是哪邊翹起無從得知，都要憑靠經驗。所以同學們往往不知道要怎麼敲才是正確的方向，有時候會導致越敲誤差越敲越大，會花費相當多的時間。是否存在著更簡單的方法來指示我們哪邊高哪邊低，讓我們可以更快速的正確夾好工件？為了解決以上的問題，引起了我們的研究動機。

## 貳、研究目的

經過研究後希望達成的目的為：

- 一、改善現有平行墊塊使用上的不確定。
- 二、能明確指示出工件哪邊翹起。
- 三、設計出方便好用的平行墊塊。
- 四、發展出加入 Arduino 電子電路之智慧型平行墊塊

## 參、研究設備及器材

1、車床及其附件，如圖3-1

3、鑽床，如圖3-3

5、桌上型電腦，如圖3-5

7、烙鐵及其附件，如圖3-7

9、磨床，如圖3-9

11、三用電表，如圖3-11

2、銑床及其附件，如圖3-2

4、鉗工桌及附屬設備，如圖3-4

6、卡尺及量表，如圖3-6

8、電路零件，如圖3-8

10、Arduino 電子電路材料，如圖3-10



圖3-1 車床及其附件



圖3-2 銑床及其附件



圖3-3 鑽床



圖3-4 鉗工桌及附屬設備



圖3-5 桌上型電腦



圖3-6 卡尺及量表



圖3-7 烙鐵及其附件



圖3-8 電路零件



圖3-9 磨床

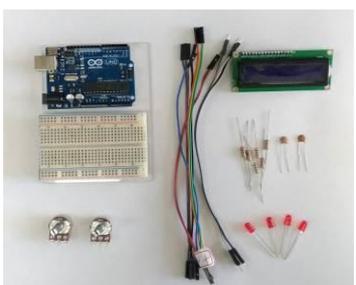


圖 3-10 Arduino 電路材料



圖 3-11 三用電錶

## 肆、研究過程或方法

本次研究之流程如圖4-1所示。

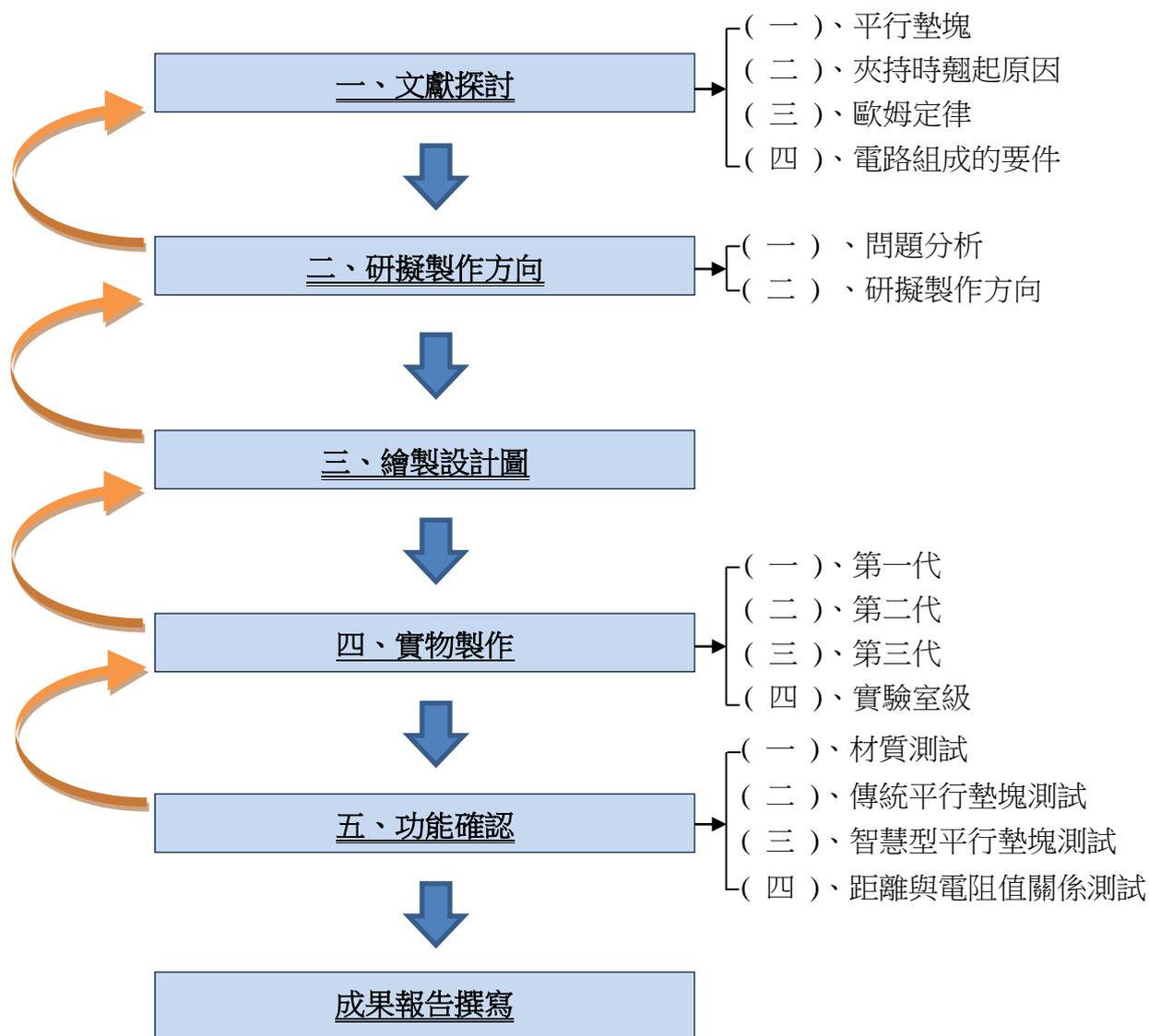


圖4-1 研究流程圖

## 一、文獻探討

### (一)、平行墊塊

當我們在做機械加工時，**工件必須夾持，以抵抗加工時的切削力**，然而工件有大有小，不是每個工件都可以直接讓它突出我們欲銑削的部位，這時就必須要以平行墊塊增高，以便銑削。因為**虎鉗結構的關係，虎鉗夾持時，工件或多或少會翹起**，平行墊塊和工件之間就會有間隙產生。

#### 1、一般平行墊塊(傳統式)

如圖4-1所示，一般平行墊塊由兩塊等高之精密長方體所制，其**主要功能為平行墊高工件**。

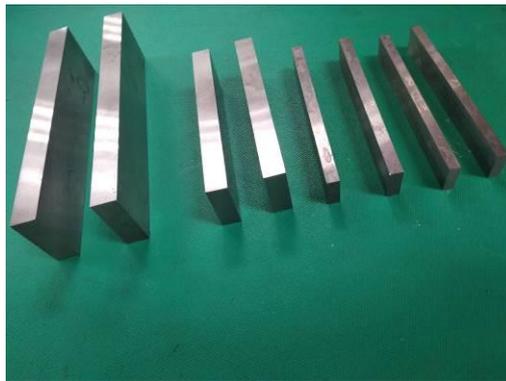


圖4-1 一般平行墊塊

#### 2、專利平行墊塊

##### (1)、調整式平行塊 (圖4-2專利編號：M499984)

本創作提供一種調整式平行塊，其主要包括基座，一斜楔，一螺桿及一限位件，主要是將該斜楔設於該凹設有斜槽的基座內，令該斜楔受該基座斜槽限制，並以該螺桿穿置該基座與該斜楔後，為該限位件限制於該基座，藉此，當驅動該螺桿旋轉時，該斜楔的斜底面即貼合於該斜槽的導斜面並沿該螺桿位移，以改變斜楔頂平面至該基座底面的高度。

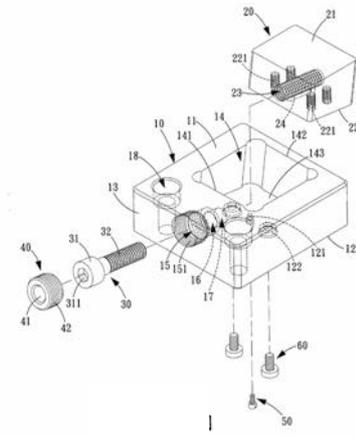


圖4-2 調整式平行塊 ( 專利編號 : M499984 )

上述這個設計的特色是可以利用螺桿調整平行墊塊的高度，在加工時可適度調整工件的高度以利加工。可是它跟普通的平行墊塊一樣只是墊高無法知道或指示出工件是否與平行墊塊完全貼合平行。

(2)、平行塊結構 (圖4-3 專利編號 : M316773)

一種平行塊結構，係包含有一本體塊及二輔助塊，本體塊與輔助塊間，乃藉由一連接件連接，本體塊的側邊可無階級或設有階級，而該階級可為單數階級或複數階級，而連接件可為彈性圈、彈簧、橡膠等彈性體或非彈性體，據此，藉由連接件使得輔助塊不會脫離本體塊，進而可調整輔助塊於本體塊側作各種態樣之變化堆疊，以變化出整體不同之高度者。

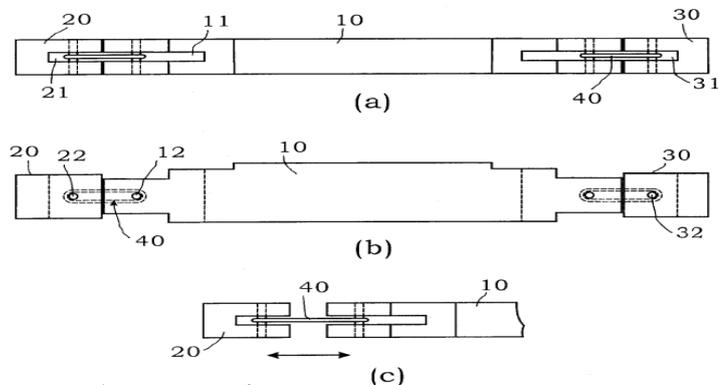


圖 4-3 平行塊結構

雖然這個專利可以方便我們進行堆疊，但還是無法顯示出工件到底有沒有夾平。

## (二)、銑床上的夾持：翹起原因

(參考來源:中華民國第57屆中小學科學展覽會:可調式虎鉗之研究)

銑床上的夾持大致利用虎鉗、磁鐵、花盤、壓板、梯型枕等夾持，目前市場上以虎鉗為大宗，加工機以銑床加工最為多樣性，而銑床上最常使用的夾具為虎鉗，現在來討論虎鉗受力翹起的原因，如圖4-4所示。

- 1、未受力時：工件放在平行墊塊以方便加工，剛放上時工件是呈現水準之狀態。
- 2、夾緊受力的情況：一般小虎鉗精密度較差，將螺桿旋緊後，**因受力與夾持位置的關係會產生旋轉力，使活動鉗口與工件一同翹起。因大部分工件講究垂直與平行，故須使用軟錘將其敲至平行，方可進行加工。**

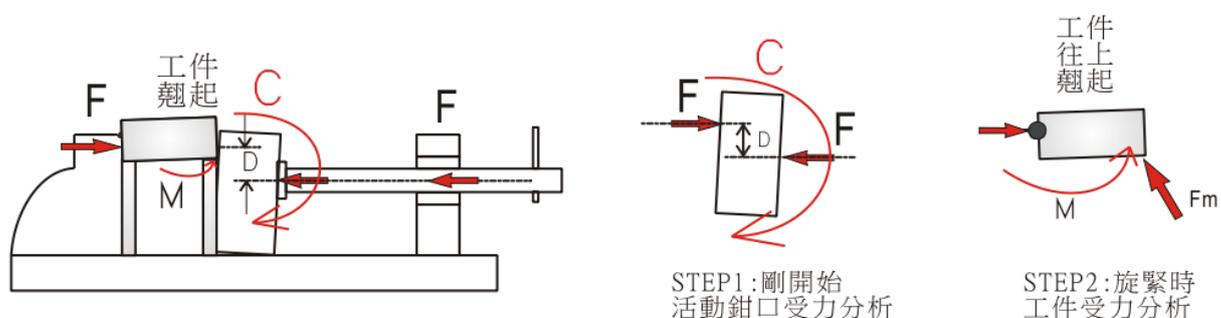


圖4-4 虎鉗受力分析

## (三)、歐姆定律 (參考自：維基百科)

在電路學裡，歐姆定律如圖4-5所示，**導體兩端的電壓與通過導體的電流成正比**，以方程式表示： $V=IR$  ( $V$  是電壓、 $I$  是電流、 $R$  是電阻。)雖然導體是由導電物質組成，導體也具有微小的電阻。

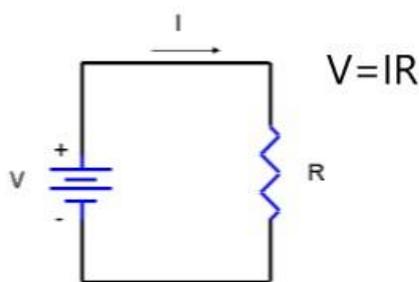


圖4-5 歐姆定律

(四)、電路組成的要件(參考自：汪永文電工大意)

基本電路的組成要件有三，如圖4-6所示，包括電源、導線、負載。電路的路徑，由電源的一端，經由導線、負載、折回導線，達電源的另一端，構成一通路。電路形成通路，即能將電源的能量經由導線送達負載。負載是一種裝置(如:LED燈、馬達等)，將此電能轉換成另一種能量(如馬達的機械能、電鍋的熱能、LED燈的光能等)，以便電路的作用。

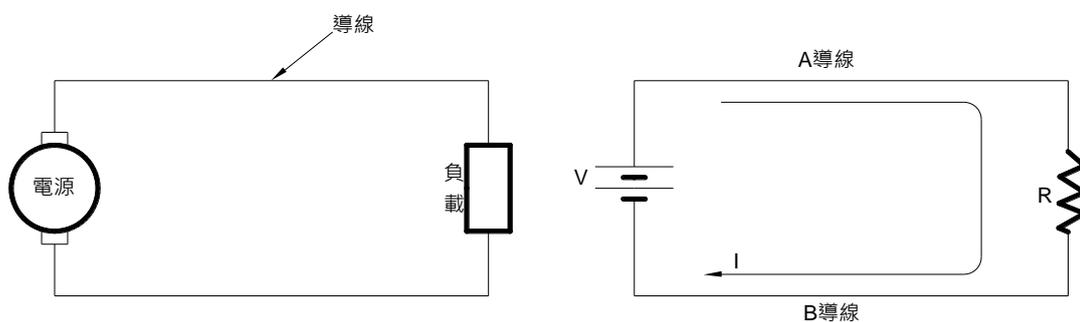


圖4-6 基本電路

## 二、研擬製作方向

### (一)、問題分析

- 1、市面上現有之平行墊塊僅能提供墊高的功能。
- 2、我們僅能靠感覺來決定要敲哪一邊，沒有實際的決定方向。

### (二)、研擬製作方向

- 1、可以利用電流導通的原理來感測工件與平行墊塊是否有接觸。
- 2、利用 LED 燈來提示要敲哪邊才是正確方向，達到快速夾平的效果。
- 3、操作簡單，使用方便。
- 4、結構簡單，成本低且耐用。

## 三、繪製設計圖

### (一)、預計達成效果及製作方向:

為了達到最簡單及最方便使用的特性，我們利用簡單的回路，電的傳導來達成我們的目的。因為在機械加工中工件常為金屬材質，一般虎鉗也皆為金屬材質，所以我們可以利用他們來形成的迴路進而達到 LED 燈導通的效果，這樣就可以來顯示工件是否有跟平行墊塊接觸，如果有多個感應點的話，那這樣就可以知道工件是否貼合平行墊塊了，也就是有沒有夾平，如圖4-7所示。

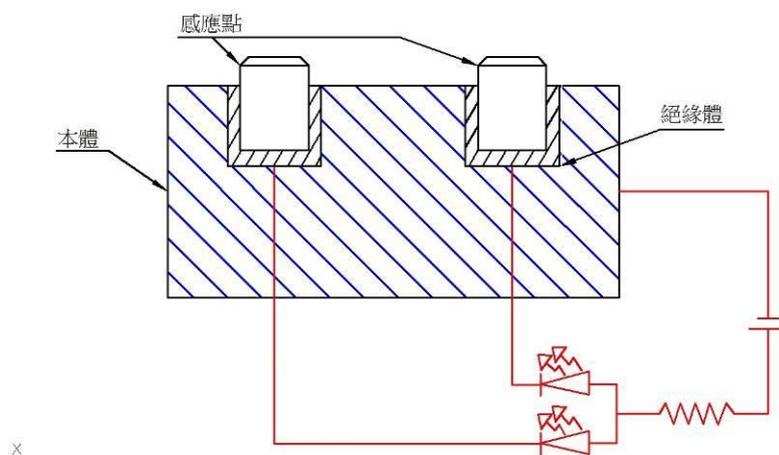


圖4-7 電路設計圖

在此裝置中我們設計兩塊本體，如圖4-8，各有兩個突出的點共計**四個金屬點**如圖4-9所示，來做為感應點。因為每個**LED 燈皆有連接一個突出金屬點**，故可以判別現在有幾個點有接觸到，以及有哪邊沒有接觸到需要敲擊，明確的指示出哪邊高哪邊低，故我們可以達到我們預想中：**快速夾平的效果**。

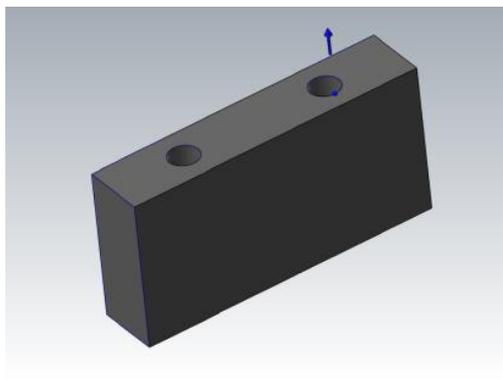


圖4-8 本體



圖4-9 感應點

## (二)、預期達到的狀況

在兩平行墊塊各貼平於兩鉗口時：

狀況一：只有一兩個燈亮時，代表只有少數的點有接觸到，面是傾斜的，加工後會變成斜面。

狀況二：當四個燈全亮時，代表四點全接觸基本上工件與平行塊之間會呈現近乎水準的狀態。

當我們使用時四個感應點的**LED 燈都要全亮**才是有夾平，**如果沒有全亮，就要看哪一邊沒有亮就輕敲哪一邊**。可以真的指示出翹起的地方，聰明的指引我們可以很快的夾平工件，即使是初學者也可以輕鬆又快速的夾平工件，達到師傅級的精密程度。

## 四、實物製作

### (一)、第一代智慧型平行墊塊的製作：

為了達到我們設計的導電回路，我們首先用壓克力材質下去製作，以便可以適度的引導電流流向所設計的迴路。

第一步驟：如圖4-10所示，銑削出一壓克力長方體，再如圖4-11所示，鑽出兩個電線的通道，隨後在銑削出放金屬凸點的凹槽。

第二步驟：如圖4-12所示，利用烙鐵、電路板、電線、LED 燈和焊錫，來完成此電路組。

第三步驟：如圖4-13所示，車削出兩金屬凸點，並接上線路，此凸點應為圓形，因有角度的形狀容易凹損產生毛邊。

第四步驟：負極接上一金屬片，與虎鉗產生一個迴路。

第五步驟：如圖4-14所示，將銑削出的長方體、金屬凸點、電路組和金屬片連接。

第六步驟：如圖4-15所示，完成後將此平行墊塊放置於磨床上進行磨削，已達成我們對於平行度的要求。



圖4-10 銑削六面體



圖4-11 鑽孔



圖4-12 焊接電路



圖4-13 車削感應點



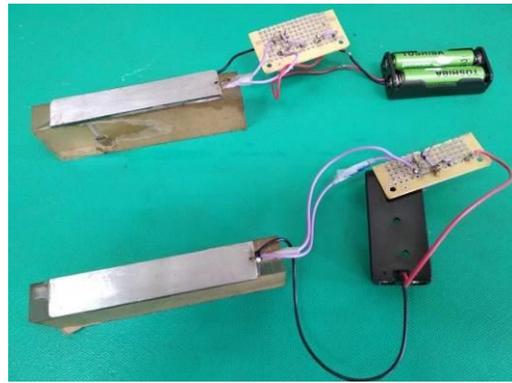
圖4-14 壓緊成品



圖4-15 磨削成品



(a)正面



(b)反面

圖4-16 第一代成品

第一代成品結果討論：

- 1、如圖4-16所示，因為需要絕緣物作為本體，故我們在第一代採用壓克力材質，但因為**壓克力材質不耐壓與衝擊，使用後容易產生變形**。
- 2、負極金屬片與壓克力必須使用接合劑才可黏合，會導致整個尺寸變高，還需加工研磨。
- 3、金屬點使用的材質為銅（因為銅的導電性高），也屬於易變形的材質。

經過試用後後我們發現，本體與感應點的**材質**沒能達成我們想要的條件，我們往回推想一般平行塊的材質是甚麼呢？是鋼材，那我們也用鋼材來製作吧，但是鋼材也是一個導體會通電，怎麼辦？於是我們就反過來，用絕緣保護套來隔絕感應點，利用電線將迴路引導出來，只要工件是金屬的，便可與感應點接觸，便可形成迴路，便可使 LED 燈點亮。以上三個問題都解決了，於是我們展開了第二代的成品製作。

## (二)、第二代智慧型平行墊塊的製作



(a)本體材料



(b)感應點材料



(c)絕緣片



(d)管型絕緣材料

圖4-17 第二代成品之製作材料

製作步驟：

步驟一：將本體工件，如圖4-17(a)，銑成互相垂直、平行的六面體。

步驟二：利用機械加工出埋線路的孔洞及放置感應點的凹槽。

步驟三：車削感應點工件。

步驟四：鋸開筆管並磨平，當作我們感應點的絕緣材料

步驟五：組裝本體。

步驟六：進行磨削，使兩凸點平行。

步驟七：如圖4-18、圖19所示，連接電路組完成第二代成品。

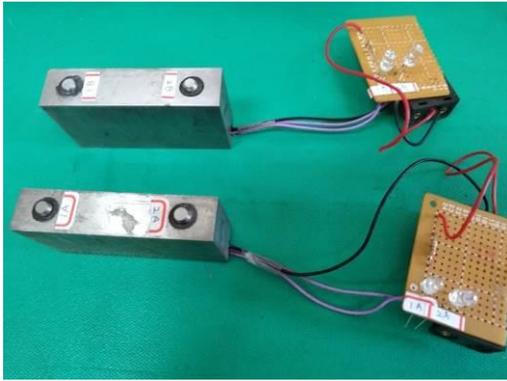


圖4-18 第二代成品圖

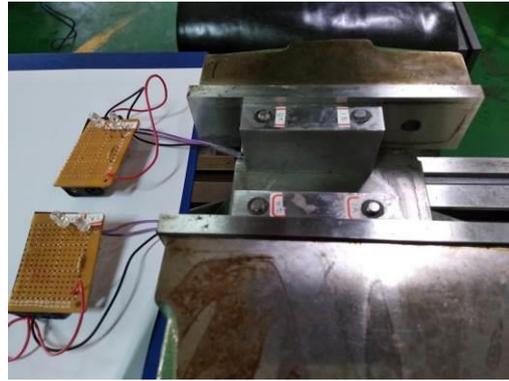


圖4-19 成品使用圖

第二代成品之結果討論：

- 1、因這次採用全金屬製作，可以耐得住緊壓與敲打的衝擊力，所以使變形機率大幅降低，耐用度也大大提升。
- 2、雖然鋼和銅的導電性有差異，但因為 LED 燈在接線時本身就必須要串接一個色碼電阻，以避免燒壞，且其阻抗歐姆值遠大於銅或鐵的電阻值，因此感應點由銅變成鐵製作並不會影響到 LED 燈的亮度。
- 3、因此試用過後我們覺得效果還不錯，便找了幾位同學來實驗看看，做一下功能測試。

### (三)、第三代智慧型平行墊塊的製作

在第二代的實驗時，老師曾經說：你們只做一個而已？平行墊塊不都該整套的嗎？因平行墊塊屬於精密儀器，所以在製作上十分困難。以我們的條件不太可能做出一整套。我們想要有一勞永逸的方法，可以不用捨棄舊有平行墊塊，也可以達到「智慧型」的效果呢？於是我們想到，只要將第二代成品的底部銑出一個能放磁鐵的槽，即可以和傳統的平行墊塊做組合運用，如圖4-20、圖4-21所示。

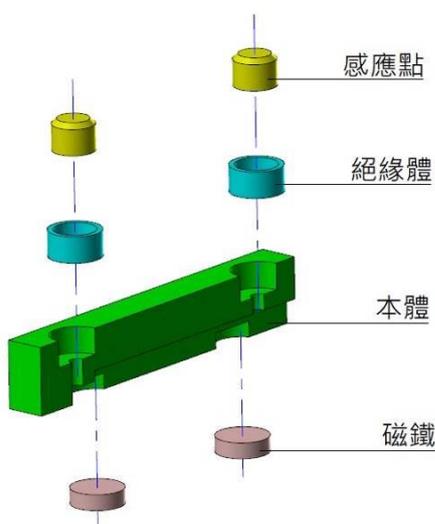


圖4-20 第三代成品設計圖



圖4-21 第三代成品圖

第三代成品的製作過程與前兩代差不多，但在這一代中我們將電路縮小化，並放進一個小盒子之中，以達到防水的功效。

第三代成品結果討論：

- 1、加入了強力磁鐵的第三代智慧型平行墊塊，可以與舊有的普通平行墊塊進行接合，以便我們改變墊塊高度，更活化了加工上的使用。
- 2、我們使用3D 列印的技術為第三代的智慧型平行墊塊製作了一個外殼，其目的是為了將電路、電源、指示燈進行包覆，以防切削液的噴濺，進而增加使用的壽命。
- 3、由於電源的供應來自鈕扣電池，因此無法對其進行充電，造成了使用時間的限制，且已包覆在內，並不利於更換。

#### (四)、實驗級智慧型平行墊塊的製作

製作步驟：

步驟一：將本體工件銑成互相垂直、平行的六面體。

步驟二：利用機械加工出埋線路的孔洞及放置感應點的凹槽。

步驟三：加入絕緣感應點。

步驟四：將已編輯與燒錄完成的 Arduino 檢測電路加入智慧型平行墊塊的四個感應點。

實驗級智慧型平行墊塊之結果討論：

- 1、加入 Arduino 電子電路的平行墊塊，透過偵測四個接觸點電阻值的變化，再經計算演算，進而推算出其接觸點與平行墊塊之間的距離，並且顯示在 LCD 螢幕上，增加了我們工作的效率與精確度。
- 2、雖然使用了精準的電子電路輔助我們的測量，但其檢測的電路體積過大，且造價比較高，且運作的場合較怕水氣，並不適用於一般機械加工廠的使用，較適合在實驗室裡或環境控制的場合。

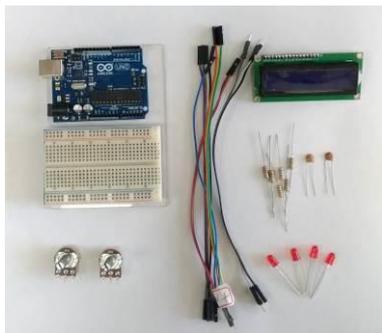


圖4-22 Arduino 電子電路材料

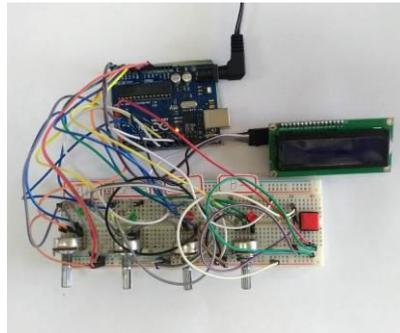


圖4-23 電阻與 LED 燈明亮度之關係

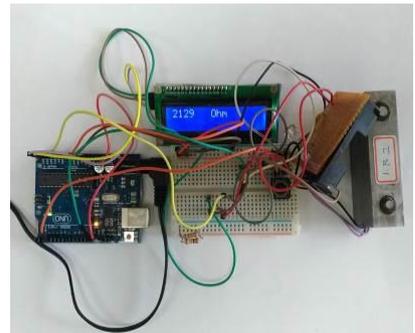


圖4-24 量測型平行墊塊

## 五、功能測試

### (一)、作品功能與操作方式

我們**智慧型平行墊塊**的功能，基本上和一般平行墊塊的操作一樣，目的在於墊高工件使得加工面可以方便切削加工，除了基本功能外，它最**主要的功能是利用電路的迴路，輕易檢測出工件翹起的地方**，進而加以修正夾持，可以快速夾緊夾平，**達到精密機械加工的目的**。

### (二)、使用方式：

- 1、如圖5-1所示，放置工件，再確認四個**LED**指示燈是否皆有亮起。
- 2、如圖5-2所示，稍將虎鉗鎖緊，工件會因虎鉗的狀況而產生不同程度的翹起。
- 3、如圖5-3所示，當有**工件翹起時LED燈會熄滅**，輕輕敲擊該部位使**LED燈亮**，並慢慢鎖緊。
- 4、查看**哪一個LED燈沒有亮**，並重複上述步驟3，直到虎鉗鎖緊。

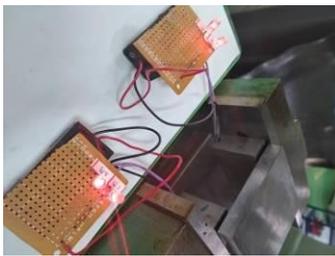


圖5-1 確認燈是否會亮



圖5-2 敲擊並鎖緊使燈亮平行



圖5-3 將虎鉗鎖緊

### (三)、實驗分析及比較

我們請來4位同學分別敲擊一般平行墊塊與**智慧型平行墊塊**，以比較其夾緊時所花的時間，與平面的高低差。為了實驗的準確性，我們利用學校的立式銑床當作實驗平臺，**首先須調整校正虎鉗的底部的平面度至0.005mm內**，如圖5-4所示。

接著銑削一試片，因此一試片必須非常準確，所以我們**利用精密平面磨床來研磨**，以確保試片的**精密度**，製作完後用量表作檢驗是否合格，如圖5-5所示。最後將此試片利用游標高度規及平板，將**工件的四個邊角點做上標記A1、A2、B1、B2**，如圖5-6所示，以利實驗之進行。



圖5-4 調整虎鉗

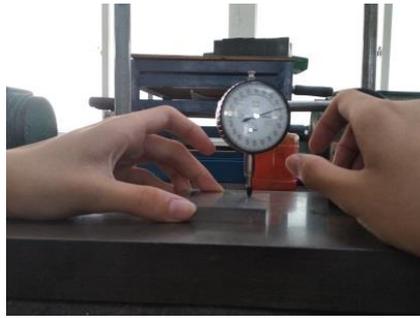


圖5-5 量測試片



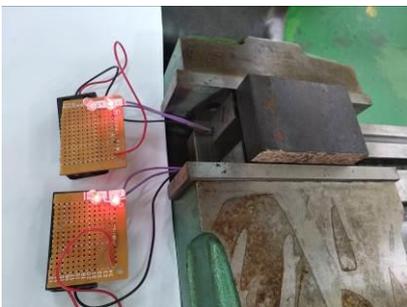
圖5-6 劃出定位線

### **實驗1**：不同材質的工件測試

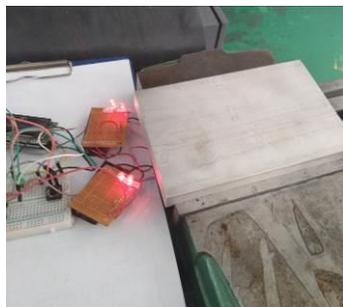
**實驗目的**：為了我們的好奇心，想要了解我們常用的加工材料鐵、鋁、黃銅是否適合使用我們設計的智慧型平行墊塊？

**實驗步驟**：

- 1、首先將智慧型平行墊塊放在鉗口的兩側。
- 2、放上各個材質的工件。
- 3、使鉗口碰觸到工件。
- 4、**觀察 LED 燈是否有發亮**，如圖5-10所示。



(a)鐵材測試(鑄鐵面)



(b)鋁塊測試



(c)黃銅測試

圖5-10 各種材質之測試

**實驗1之結論**：

- 1、由此實驗可以得知，**只要是會導電的材質，都可以使用智慧型平行墊塊**。
- 2、**操作過程簡單**、方便，指示效果正確沒有失誤。

## 實驗2：一般平行墊塊(傳統式)

實驗目的：測量使用一般平行墊塊夾緊的時間與工件平面的高低差。

實驗步驟：

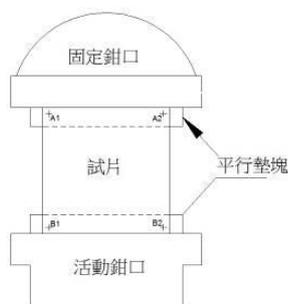
- 1、首先將平行墊塊放在鉗口的兩側。
- 2、放上試片。
- 3、開始慢慢鎖緊並開始計時。
- 4、如圖5-11(a)、圖5-11(b)所示，敲擊工件並去感受兩平行墊塊受的阻力是否一樣。
- 5、當感覺鎖緊並感到摩擦力平均時按下暫停，並記錄時間。
- 6、將試片上升到與量錶接觸，將量表置於 A2 點上並歸零。
- 7、如圖5-11(c)所示，利用銑床上的 x、y 軸，照著試片上 A2、A1、B1、B2 點的線走一圈，並讀出測量值如圖5-11(d)。
- 8、紀錄量表上顯示的資料，結果如表5-1所示。
- 9、四位同學使用傳統平行墊塊的平均值，結果如表5-2所示。



(a)敲擊試片



(b)移動平行墊塊感受阻力是否一樣



(c)試片方點陣圖



(d)量測

圖5-11 實驗過程

表5-1 四位同學使用傳統平行墊塊的各個資料

甲同學	A1	A2	B1	B2	平面 高低差 (0.01mm)	時間 (秒)
第1次	2	0	0.6	0.5	2	27.85
第2次	2	0	-0.5	0	2.5	28.84
第3次	0	0	0.2	1	1	38.08
第4次	2	0	1	0.5	2	24.60
第5次	1.5	0	1.5	0	1.5	30.31

乙同學	A1	A2	B1	B2	平面 高低差 (0.01mm)	時間 (秒)
第1次	1.2	0	1.1	1	1.2	26.58
第2次	1.2	0	0.5	0.5	1.2	35.87
第3次	1.7	0	0	-0.5	2.2	37.37
第4次	1	0	1.2	1.1	1.2	29.01
第5次	0.2	0	-1.1	-1.2	1.4	32.84

丙同學	A1	A2	B1	B2	平面 高低差 (0.01mm)	時間 (秒)
第1次	1.2	0	5	5	5	40.60
第2次	0.8	0	1.5	-0.1	0.9	32.55
第3次	1	0	4	3	4	27.25
第4次	0.5	0	1.8	1.5	1.8	38.52
第5次	1	0	1.2	0.2	1.2	55.71

丁同學	A1	A2	B1	B2	平面 高低差 (0.01mm)	時間 (秒)
第1次	1.1	0	1.5	1.5	1.5	28.31
第2次	1.2	0	1.3	1.3	1.3	34.33
第3次	1	0	1	1.2	1.2	47.20
第4次	-0.3	0	0.9	0.9	1.2	36.45
第5次	1	0	1.5	1.5	1.5	39.54

表5-2 四位同學使用傳統平行墊塊的平均值

	甲同學	乙同學	丙同學	丁同學	平均
平面高低差平均值 (0.01mm)	1.8	1.44	2.58	1.34	1.79
時間平均值(秒)	29.94	32.33	38.93	37.17	34.59

### 實驗3：智慧型平行墊塊

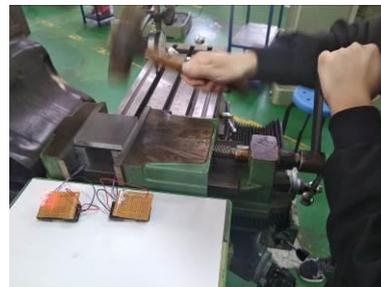
實驗目的：測量使用智慧型平行墊塊夾緊的時間與工件平面的高低差。

實驗步驟：

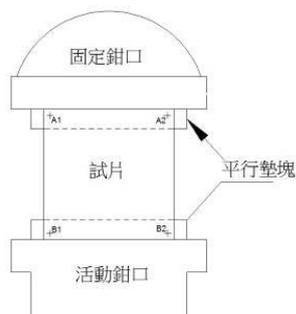
- 1、首先將智慧型平行墊塊放在鉗口的兩側。
- 2、放上試片。
- 3、如圖5-12(a)所示，開始慢慢鎖緊並開始計時。
- 4、如圖5-12(b)所示，敲擊至四個燈全亮並按下暫停。
- 5、紀錄時間。
- 6、放上量表並將試片上升到與量表碰觸，將量表置於 A2 點上並歸零。
- 7、如圖5-12(c)所示，利用銑床上的 x、y 軸，照著試片上 A2、A1、B1、B2 點的線走一圈，讀出測量值如圖5-12(d)。
- 8、紀錄量表上顯示的資料，如表5-3所示。
- 9、四位同學使用智慧型平行墊塊的平均數據，如表5-4所示。



(a)鎖緊工件



(b)敲擊至四個燈全亮



(c)試片方點陣圖



(d)量測

圖5-12 實驗過程

表5-3 四位同學使用智慧型平行墊塊個別的資料

甲同學	A1	A2	B1	B2	平面 高低差 (0.01mm)	時間 (秒)
1	0.3	0	0.6	-0.2	0.80	9.35
2	0.0	0	0.7	-0.4	1.10	8.65
3	-1.4	0	-0.2	-0.5	1.40	8.34
4	-0.2	0	0.4	-0.3	0.70	10.30
5	-0.1	0	1.0	0.7	1.10	11.69

乙同學	A1	A2	B1	B2	平面 高低差 (0.01mm)	時間 (秒)
1	-0.6	0	0.0	-0.4	0.60	5.66
2	1.0	0	2.7	2.2	2.70	4.62
3	-0.7	0	0.2	-0.5	0.90	5.17
4	-0.2	0	1.6	1.7	1.90	5.81
5	0.0	0	1.2	1.2	1.20	4.82

丙同學	A1	A2	B1	B2	平面 高低差 (0.01mm)	時間 (秒)
1	-0.8	0	-0.1	-0.7	0.80	7.23
2	0.0	0	0.4	-0.2	0.60	8.18
3	0.3	0	0.7	-0.1	0.80	7.23
4	0.0	0	0.8	0.3	0.80	8.11
5	0.2	0	0.8	0.8	0.80	8.32

丁同學	A1	A2	B1	B2	平面 高低差 (0.01mm)	時間 (秒)
1	0.7	0	1.6	-0.2	1.80	5.63
2	6.0	0	1.0	-0.4	1.40	11.78
3	0.0	0	0.4	-0.5	0.90	11.20
4	0.8	0	2.2	-0.3	2.50	9.63
5	1.0	0	1.5	0.7	1.50	9.03

表 5-4 四位同學使用智慧型平行墊塊的平均數據

	甲同學	乙同學	丙同學	丁同學	平均
平面高低差平均值 (0.01mm)	1.02	1.46	0.76	1.62	1.36
時間平均值(秒)	9.67	5.22	7.81	9.45	8.04

## 實驗2、實驗3之結論：

我們將上述兩個實驗做總整理後，其比較的結果於表5-5中呈現，我們可以明顯的看出，使用我們製作的智慧型平行墊塊，其精度比一般的平行墊塊來得高，且所耗時間亦減少甚多。另在圖5-13與圖5-14中，更可以顯示出我們製作出來的**智慧型平行墊塊是可以讓大家輕鬆使用的**，而不像一般的平行墊塊，每個人敲出的結果差異都很大，還必須依靠手感才能敲平，而使用智慧型平行墊塊，**因為智慧型平行墊塊有 LED 指示燈的輔助，讓我們可以快速又準確的敲擊翹起之位置，達到初學者也可以很快速地進行校平，而一般的平行墊塊在做基本上都是靠感覺與經驗的，導致出來的工件精度較差，速度也較慢。**

表5-5 傳統與智慧型比較表

	平面高低差( 0.01mm )		夾緊時間( sec. )	
	傳統	智慧型	傳統	智慧型
總平均				
甲	1.8	1.02	29.94	9.67
乙	2.58	1.46	32.33	5.22
丙	1.34	0.76	38.93	9.45
丁	1.44	1.62	37.17	7.81
平均值	1.79	1.36	34.59	8.04

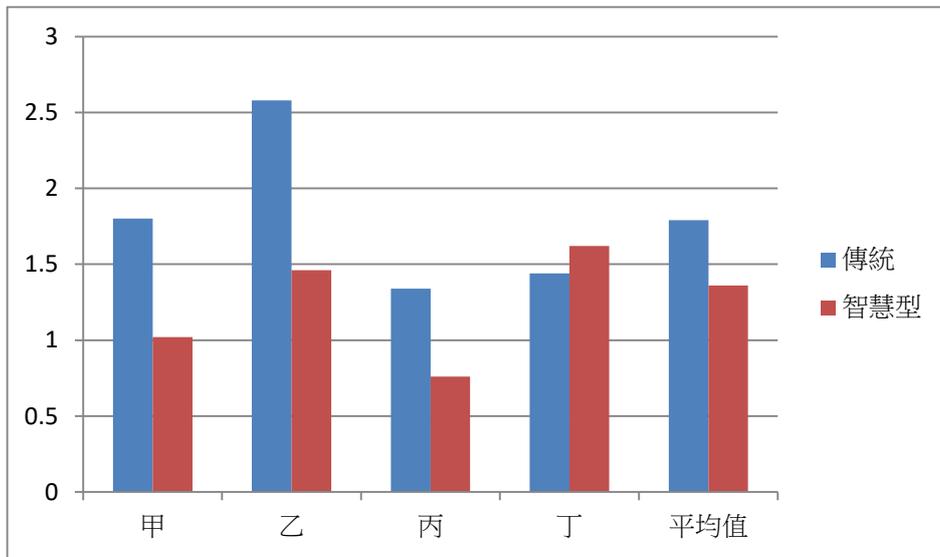


圖5-13 不同人使用時，平面高低差比較圖。

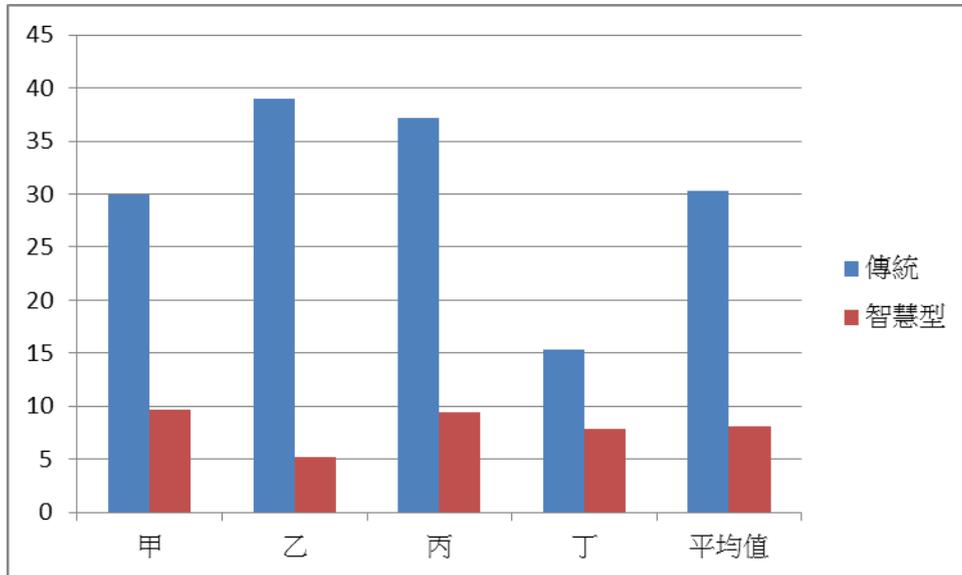


圖5-14 不同人使用時，夾緊時間比較圖。

#### 實驗4：距離與電阻值之關係測試

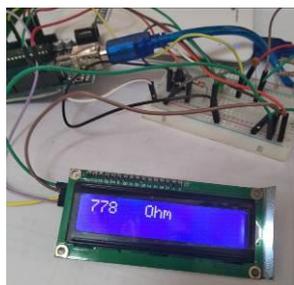
在實驗過程中，我們發現 LED 燈有時很亮，有時在工件些微翹起時，過程中會慢慢變暗，最後變成不亮，而這個明暗的變化與接觸的距離有絕對的關係，因此我們再接續設計 Arduino 電路，如圖4-23所示，其利用可變電阻來代替工件的四個角落(A1、A2、B1、B2)之接觸點，以模擬在同樣電源情況下，不同電阻值之變化情形。

我們發現電阻的大小，確實影響了 LED 燈之明暗程度，因此我們就延伸發想，工件與接觸點之間的距離，是否也會影響 LED 燈迴路上的電阻值，進而影響到 LED 燈的明暗，因此我們接續設計另一個 Arduino 電路，如圖4-24與圖5-13(b)所示，Arduino 電路可以較精準的量測出迴路上的電阻值。我們再利用上升調整機構配上千分錶與 Arduino 自製之電阻量測裝置，進行了距離與電阻值關係的量測實驗。

**實驗目的：**我們想知道工件每移動 $1\mu\text{m}$  距離對電阻值的影響是多少？

**實驗步驟：**

- 1、如圖5-13(a)所示，將工件放上虎鉗，量錶於測量點歸零。
- 2、如圖5-13(b)所示，利用 Arduino 量測電阻值。
- 3、如圖5-13(c)所示，將工件推升 $0.001\text{mm}$ 。
- 4、如圖5-13(d)所示，量測各點(A1、A2、B1、B2)之電阻值。
- 5、重複第3、4步驟，直到電阻值為無限大即停止。
- 6、每點測量五次，並將結果記錄於表5-6～表5-9中。



上升調整機構



(a)量錶於測量點歸零

(b)LCD 顯示出電阻值

(c)工件上升機構

(d)量測個點電阻值

圖5-13 實驗過程

表5-6 「A1點」距離與電阻值關係表

次數	距離(mm)				
	0	0.001	0.002	0.003	0.004
第一次	830	973	1528	1711	E
第二次	832	1110	1437	1742	E
第三次	831	906	1537	1874	E
第四次	839	1063	1670	1836	E
第五次	836	1037	1591	1847	E
平均值	833.6	1018	1553	1802	E
標準差	3.8	79.7	85.8	71.1	E

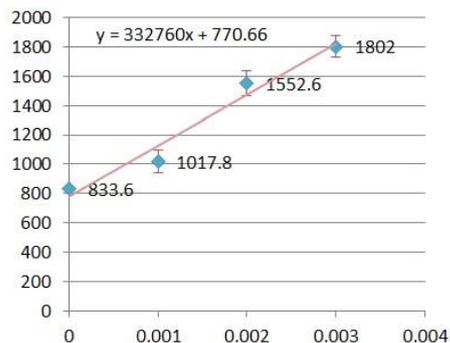


表5-7 「A2點」距離與電阻值關係表

次數	距離(mm)				
	0	0.001	0.002	0.003	0.004
第一次	857	1157	1544	1887	E
第二次	860	1057	1380	1937	E
第三次	803	1024	1577	1844	E
第四次	867	1144	1613	1874	E
第五次	792	1004	1483	1927	E
平均值	835.8	1077	1519	1894	E
標準差	35.4	69.7	91.4	38.4	E

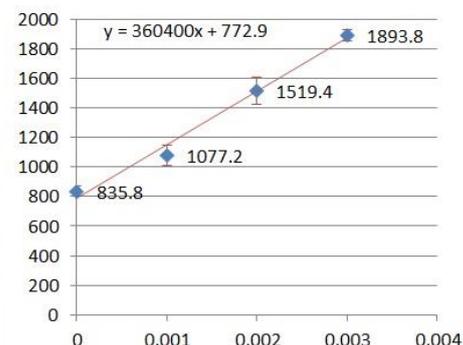


表5-8 「B1點」距離與電阻值關係表

次數	距離(mm)				
	0	0.001	0.002	0.003	0.004
第一次	864	1187	1408	1871	E
第二次	860	1032	1515	2104	E
第三次	821	1069	1352	2099	E
第四次	795	1087	1453	2087	E
第五次	797	1114	1277	2075	E
平均值	827.4	1098	1401	2047	E
標準差	33.2	58.1	91.6	99.1	E

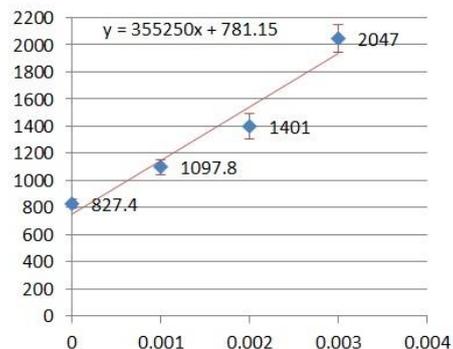
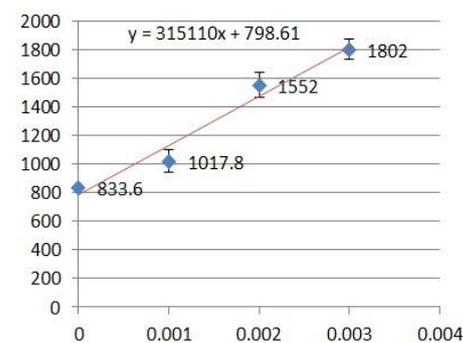


表5-9 「B2點」距離與電阻值關係表

次數	距離(mm)				
	0	0.001	0.002	0.003	0.004
第一次	830	973	1528	1711	E
第二次	832	1110	1437	1742	E
第三次	831	906	1537	1874	E
第四次	839	1063	1670	1836	E
第五次	836	1037	1591	1847	E
平均值	833.6	1018	1553	1802	E
標準差	3.8	79.7	85.8	71.1	E



#### 實驗4之結論：

經我們的實驗後得知，在使用 **Arduino** 量測之電阻值若大於 **2129**歐姆時，其工件與平行墊塊之間的差距已達到**4 $\mu$ m**，此時勢必將點重新敲擊至水平；因此我們明確得知此量測器具之精密度在 **4 $\mu$ m** 以下時，依然能有精準的測量，甚為符合我們在**精密機械加工**的需求。

- 1、測量時，隨著距離的上升，電阻值就愈大。
- 2、每次在距離**3 $\mu$ m** 時均可以量得電阻值，但在**4 $\mu$ m**(含)以上時就量不到電阻值了。
- 3、隨著距離的上升，**LED** 燈的亮度就下降。
- 4、如果可以把所得的線性方程式將電阻值轉換成距離值，將可以直接精密的顯示工件與平行墊塊的差距值。
- 5、因為**電氣結構與量測距離僅0.003mm** 的關係，似乎較適合用於**精密實驗室**。

## 伍、研究結果

- 一、經由實驗1可知，只要是**金屬可以導電**，就可以使用**智慧型平行墊塊**進行工件夾持。
- 二、經過實驗2可知一般人在進行夾持時，往往都是**憑感覺而導致工件會翹起無法夾平**。
- 三、由實驗2、3的資料，我們發現一般工件在夾持時一定會有翹起的現象，而翹起的歪面，並不是一個簡單的斜面而已。工件的厚度要夠，否則夾緊時會有扭曲的現象。
- 四、由實驗中的圖表可以發現，丁同學在使用**智慧型平行墊塊**時的平面高低差比傳統方式的大，而我們發現他在敲擊時很用力，一般是使用軟錘。但因為是軟錘，所以很多人敲平時都是拼命地敲，但是當施的力越大時產生的反作用力會越大，會使得工件產生震動，反而夾不好。
- 五、由實驗2可知使用**傳統平行墊塊**平均需花**34.59秒**夾緊工件，所得到的平面高低差為**0.0179mm**。
- 六、由實驗3可知使用**智慧型平行墊塊**平均僅花**8.04秒**的時間夾緊工件，而工件的平面高低差又僅為**0.0136mm**。
- 七、經由實驗4發現，工件與平行墊塊微小距離變化，可以使**LED**燈產生明暗變化，而其原因乃是電路電阻值產生了變化。
- 八、**我們所設計的裝置中，哪一邊沒有亮就輕敲那一邊。確實可以指示出翹起的地方，聰明的指引我們可以很快的夾平工件，即使是初學者也可以快速又精密的夾平工件，達到師傅級的技術水準。**

## 陸、討論

- 一、在第一代成品我們以壓克力與銅做為材料，但其並不耐壓。無法達到我們一開始所預期的耐用效果，在多次使用後，感應點就必須要重新研磨校正，經我們改良後的第二代成品後，把材料換成鋼材，就解決這個問題了。
- 二、雖然我們現在已將材質轉變為鋼材，如果要更增加耐久度及穩定性，必須使用工具鋼，並加以熱處理。
- 三、雖然我們使用第二代的平行墊塊時，已經大幅改善精度的問題，但仍存在一些許誤差值。
- 四、在焊接線路的過程中，我們發現焊錫在鐵金屬表面的地方不易黏著，但我們可以利用鑽床將其表面鑽一個孔，使得焊接更好操作與牢固。
- 五、第三代智慧型平行墊塊，因電路包覆起來體積較小，可防止切削液噴濺，並可配合一般平行墊塊使用較具實用價值。
- 六、理論上，智慧型平行墊塊的 LED 指示燈要全亮，但我們在實驗的過程中發現，有時 LED 燈的明亮度會不一，我們在想若有個裝置可以明確顯示出工件與平行墊塊的差距，如此將可以更清楚的表示出來，則夾持精密度應該可以大大的提升。
- 七、Arduino 的平行墊塊較適用在實驗室內使用，因為極易受水氣的影響，而且量測距離較短。

## 柒、結論

當我們做銑床加工處理時，為適應不同的高度的工件，必加以使用平行墊塊加以墊高。然而傳統上我們只能利用軟槌及熟練的技術來夾持，**夾持時有時就像瞎子摸象**通常不知道是哪邊翹起就隨意一直敲。因此我們設計出利用 LED 燈來指引我們要敲擊哪裡才是真的翹起的地方，**聰明地指示我們**，可以在夾持時快速又精密。

經過實驗發現，在鎖緊虎鉗時真的發現活動鉗口邊總是會翹起，翹起時我們使用軟槌敲擊，每個人工件翹起的程度和敲擊的時間不盡相同，於是我們請來4位同學來協助實驗，結果發現在一般傳統的平行墊塊的資料中，其平面高低差的平均值為**0.0179mm**，夾緊時間平均要花**34.59秒**，在時間上非常的慢，而且平常在銑床實習時，就這樣在做實習了，算是非常熟練了，可是我們的智慧型平行墊塊，具有 LED 燈的指示後，便可以讓我們知道翹起的位置，**敲擊到正確的打點**，即使同學都沒用過，如初學者般，但實驗後，發現其夾緊時間平均僅為**8.04秒**，平面高低差又為**0.0136mm**，比傳統式的平行墊塊精密又快上許多。

在整個測試結果發現，只要是在**四個 LED 燈皆全亮時**，其誤差值平均值都非常的小，所以其精度及時間都比傳統的方式更加精準快速。我們希望所設計的裝置，可以提升加工時的精密與速度，為精密機械加工做一番貢獻。

## 捌、參考文獻

一、<http://twpat.tipo.gov.tw/> 經濟部智慧財產局中華民國專利資訊檢索系統

發明人	公告日期	公告號碼	專利名稱
郭政樂	2012/03/21	M425023	調整式平行塊
楊仁勝、王金柱	2007/08/11	M316773	平行塊結構

二、張翔智、黃立傑、歐陽大年（2017年）中華民國第57屆中小學科學展覽會:可調式虎鉗之研究。

三、汪永文 編著（1988年7月）。**電工大意**。臺北市：全華科技圖書股份有限公司。

四、葉佩珊 編著（2014年4月）。**機械電學實習**。新北市：台科大科技圖書股份有限公司

五、王金柱 編著（2010年9月）。**機械基礎實習**。台中市：文野出版社。

## 【評語】 052310

1. 研究主題由實際場域問題出發，定位清楚，內容切題聚焦，發展技術有實用性和重要性。
2. 方法適切、理論與分析邏輯清晰。
3. 設計考量屬周全，因果探究及論述合理。
4. 結果驗證部分屬客觀，且驗證結果具一致性。
5. 墊塊在工件固定時承載敲擊力道，在工件加工時或也須承載切削力道，因此目前材料的密封絕緣部分較脆弱或易變形，宜進一步改良設計，以確認墊塊之耐用性。
6. 可進一步朝體積縮小和商品化密封之方向進行後續研發。

## 摘要

在銑床加工時，必須將工件敲打至與平行墊塊貼齊後才能接續加工，但目前只能靠手感去敲打，這是很空泛的。我們利用金屬導電之特性，設計製作出可清楚顯示哪邊不平的智慧型平行墊塊，經測試與實做後，其夾持時間大幅減低三倍以上，且當指示燈全亮時，工件平面度皆能控制在0.015mm內，是相當精密的夾持。

在使用智慧型平行墊塊時，可參照LED指示燈之狀態，哪個相對應邊沒亮燈就輕敲哪邊，待四個感應點之LED指示燈全亮時即可進行加工。智慧型平行墊塊將完整指示出翹起的地方，使初學者也能進行快速的夾平工件，輕鬆地達到師傅級的精密程度水準。

## 壹、研究動機

銑床課時，老師交代工件夾到虎鉗上時，要用軟槌敲，必須將工件敲到與平行塊貼齊。同學總是問說：「我要怎麼知道工件到底有沒有貼齊平行墊塊，怎麼敲才會平整呢？」老師神秘地說：「多做幾次，經驗到了你就會知道。」

同學們往往不知道要怎麼敲才是正確的方向，有時候會導致越敲誤差越大，反而會花費不少時間。為了解決以上的問題，引起了我們的研究動機。

## 貳、研究目的

- 一、改善現有平行墊塊使用上的不確定。
- 二、能指示工件哪邊翹起。
- 三、設計出方便好用的平行墊塊。
- 四、製造出可提供更精準的平行墊塊。

## 參、研究設備及器材

- |            |                 |
|------------|-----------------|
| 1、車床及其附件   | 2、銑床及其附件        |
| 3、鑽床       | 4、磨床            |
| 5、桌上型電腦    | 6、卡尺及量表         |
| 7、烙鐵及其附件   | 8、電路零件          |
| 9、鉗工桌及附屬設備 | 10、Arduino Uno板 |
| 11、3D列印機   | 12、三用電錶         |

## 肆、研究過程

### 一、文獻探討

#### (一)、市面上現有的平行墊塊

##### 1、平行墊塊

一般平行墊塊(傳統式)

兩金屬長方體將工件平行墊高。

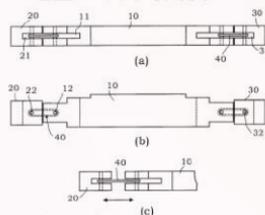


##### 2、調整式平行塊(專利編號:M499984)

這個設計的特色是可以利用螺桿調整平行墊塊的高度，在加工時可適度調整工件的高度以利加工。可是它跟普通的平行墊塊一樣只是墊高無法知道工件是否與平行墊塊貼合平行。

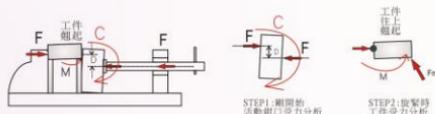
##### 3、平行塊結構(專利編號:M316773)

一本體塊及二輔助塊，採彈性圈、彈簧、橡膠等彈性體或非彈性體，作為與輔助塊的連結點，進而方平組裝，並且堆疊出不同的高度。



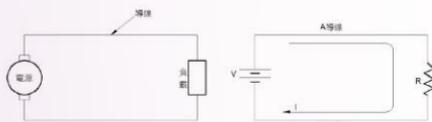
#### (二)、虎鉗夾持時工作受力狀況

- 1、未受力時：工件放在平行墊塊以方便加工，剛放上去時工件是呈現水平的狀態。
- 2、夾緊受力的情況：將螺桿旋緊後，因受力與夾持位置的關係會產生旋轉力，使活動鉗口與工件一同翹起。因大部分工件講究垂直與平行，故須使用軟錘將其敲至平行，方可進行加工。



#### (三)、電路組成的要件

基本電路的組成要件有電源、導線和負載(我們就利用工件與虎鉗導電的特性來當作導線)。並且利用歐姆定律( $V=IR$ )使導體兩端的電壓與通過導體的電流成正比。



## 二、研擬製作方向

### (一)、問題分析:

- 1、市面上現有平行墊塊僅能提供墊高的功能。
- 2、我們僅能靠感覺來決定要敲擊哪一邊，沒有實際明確的方向。

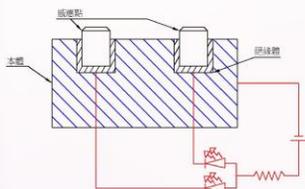
### (二)、研擬設計方向

- 1、可以利用電流通過的原則來感測工件與平行墊塊是否有接觸。
- 2、利用LED燈來提示要敲哪邊才是正確方向，達到快速夾平的效果。
- 3、操作與結構簡單，成本低且耐用，使用也方便。

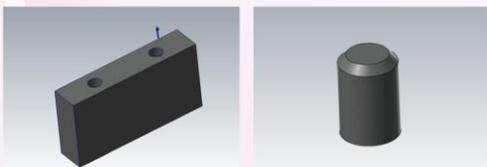
### 三、繪製設計圖

#### (一)、預計達成效果及製作方向：

為了達到最簡單及最方便使用的特性，我們利用簡單的迴路，電的傳導來達成我們的目的。因為在機械加工中工件與虎鉗常為金屬材質，所以我們利用它們來形成自然的迴路，進而達到LED燈導通的效果，這樣就可以來顯示工件是否有跟平行墊塊接觸。



在此裝置中我們設計兩塊本體，各有兩個突出的點共計四個金屬點，來做為感應點。因為每個LED燈皆有連接一個突出金屬點，故可以判別現在有幾個點有接觸到，以及有哪邊沒有接觸到需要敲擊，明確的指示出哪邊高哪邊低，不會有瞎子摸象盲目的情況出現，使我們可以達到預想中快速夾平的效果。



▲本體

▲感應點

#### (二)、預期達到的狀況

**燈亮的情況分別為：**當一兩個燈亮，代表只有少數的點有接觸到，此時**面是傾斜的**，加工後會變成斜面。當四個燈全亮，代表四點全接觸基本上工件與平行塊之間會呈現**水平**的狀態。

### 四、實物製作

#### (一)、第一代智慧型平行墊塊的製作：

為了達到我們設計的導電迴路，我們首先用壓克力材質下去製作，以便可以適度的引導電流流向所設計的迴路。

首先銑削出一壓克力長方體，並鑽出兩個電線的通道，隨後在銑削出放金屬凸點的凹槽，車削出兩金屬凸點，接著焊接完成電路，並接上線路，接上一金屬片，與虎鉗產生一個迴路。

將製作出的東西與金屬片連接。完成後將此平行墊塊進行磨削。



▲銑削六面體

▲鑽孔

▲車削感應點

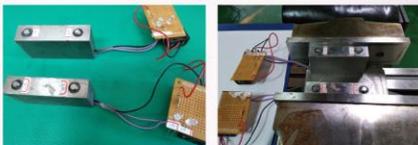
▲銲接電路

▲組合成品

▲磨削

#### (二)、第二代智慧型平行墊塊的製作

因為第一代不耐敲擊，我們改用鋼材製作，在感應點處多加了絕緣材料，線路重新設計，加工情況和第一代差不多。



▲第二代成品圖

▲成品使用圖

#### (三)、第三代智慧型平行墊塊的製作

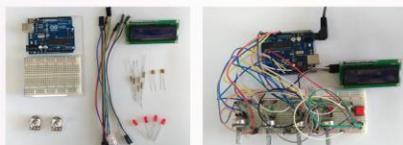
第三代的智慧型平行墊塊的電路以3D列印印出的塑膠盒將電路進行包覆，以防切劑液的噴濺造成電路損壞。且降低高度，可與舊有平行墊塊組合使用。



▲第三代成品圖

#### (四)、實驗級Arduino智慧型平行墊塊的製作

我們將第二代的智慧型平行墊塊的本體進行改良，並且加入Arduino的感測電路，經由工件與感應點產生的電阻值，進而推算出工件與墊塊之間的距離，並且顯示在LCD螢幕上。



▲Arduino零組件

▲Arduino電路

### 五、功能測試

以立式銑床當作實驗平台，首先須調整校正虎鉗的底部的平面度至0.005mm內。

製作試片用量錶作檢驗，最後將四個點做上標記A1、A2、B1、B2。以利實驗進行。

#### 實驗1：材質的測試

以鐵、鋁、黃銅不同材質測試智慧型平行墊塊



▲測試(鑄鐵面)

▲鋁塊測試

▲黃銅測試

各材質使用智慧型平行墊塊皆顯示功能正常。

#### 實驗2：一般平行墊塊(傳統式)

測量使用一般平行墊塊夾緊的時間與工件平面的高低差。



▲試片方點陣圖



▲敲擊試片

▲移動平行墊塊感受阻力是否一樣

▲量測

### 實驗3：智慧型平行墊塊

用智慧型平行墊塊夾緊的時間與工件平面的高低差。



▲鎖緊工件

▲敲擊至四燈全亮

▲量測

### 測試結果

甲同學傳統量測統計表

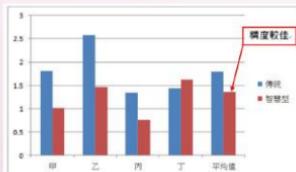
甲同學	A1	A2	B1	B2	平面高低差 (0.01mm)	時間 (秒)
第1次	2	0	0.6	0.5	2	27.85
第2次	2	0	-0.5	0	2.5	28.84
第3次	0	0	0.2	1	1	38.08
第4次	2	0	1	0.5	2	24.60
第5次	1.5	0	1.5	0	1.5	30.31

甲同學智慧型量測統計表

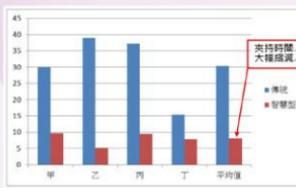
甲同學	A1	A2	B1	B2	平面高低差 (0.01mm)	時間 (秒)
第1次	0.3	0	0.6	-0.2	0.80	9.35
第2次	0.0	0	0.7	-0.4	1.10	8.65
第3次	-1.4	0	-0.2	-0.5	1.40	8.34
第4次	-0.2	0	0.4	-0.3	0.70	10.30
第5次	-0.1	0	1.0	0.7	1.10	11.69

傳統與智慧型比較表

	平面高低差(0.01mm)		夾緊時間(s)	
	傳統	智慧型	傳統	智慧型
總平均	1.8	1.02	29.94	9.67
甲	1.44	1.46	32.33	5.22
乙	2.58	0.76	38.93	7.81
丙	1.34	1.62	37.17	9.45
平均值	1.79	1.36	34.59	8.04



▲不同使用者之平面高低差比較圖



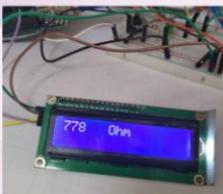
▲不同使用者之夾持時間比較圖

### 實驗4：距離與電阻值之關係

測試接觸點產生的電阻值與距離之間的關係。



▲量錶於測量點歸零



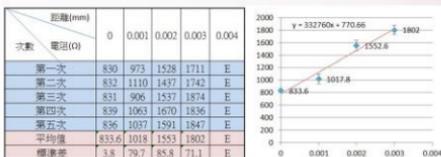
▲LCD顯示出電阻值



▲工件上升機構



▲量測個點電阻值



▲使用Arduino測量接觸點與距離的數據圖

### 伍、研究結果

- 一、各種金屬材質，均可使用。
- 二、經實驗2得知一般人使用傳統型平行墊塊在進行夾持時，往往都是憑感覺而導致工件會翹起無法夾平。
- 三、測量後得知智慧型平行墊塊比普通平行墊塊夾持的平面高低差更小，更精密。而夾持至水平所花時間也減少很多。
- 四、經由接觸點電阻值的測量後，我們得知電阻變化與平面高低差之關係，並且歸納出線性函數。
- 五、我們所設計的墊塊是藉由接觸點的接觸來觸發LED燈之明亮，用以指示是否接觸，更方便讓我們得知，只需敲擊未亮的點便可以達成水平夾持的工作。

### 陸、討論

- 一、起初我們使用壓克力製作，後來雖然使用之材質轉變為鋼材，但若想要增加耐久度及穩定性的話，必須使用工具鋼，並加以熱處理。
- 二、於第一、二代的原型裝置，無法抵擋切削液的噴濺，所以我們將第三代的智慧型平行墊塊的電路進行包覆，以抵擋切削液的噴濺，缺點是電池也包覆在內，在更換方面不是很便利。
- 三、正常情況，LED燈必須完全發亮，但是我們在實驗的過程中，發現有些LED燈會有閃爍現象，要亮不亮的，因此我們發展出以Arduino電子電路搭配LCD螢幕顯示四個點接觸的距離，更方便的掌握四個點的接觸狀況。

### 柒、結論

經過實驗發現，在鎖緊虎鉗時真的發現活動鉗口邊總是會翹起，經校平實驗，結果在一般傳統的平行墊塊的數據中，其平面高低差的平均值為0.0179mm，夾緊時間平均要花34.59秒。而智慧型平行墊塊，經由LED燈的指示後，便可以讓我們知道翹起的位置，敲擊到正確的打點，即使同學都沒用過，如初學者般，但實驗後，發現其平面高低差為0.0136mm，夾緊時間平均僅為8.04秒，比傳統式的平行墊塊精密又快上許多。

我們希望所設計的裝置，可以提升加工的精密度與速度，為精密機械加工做一番貢獻。