

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

高職組 機械科

第一名

最佳創意獎

090901

改良型萬用虎鉗

學校名稱：國立新竹高級工業職業學校

作者：	指導老師：
職二 彭捷	廖倉祥
職二 范境祐	何永龍
職二 蔡維鴻	
職二 陳柏岐	

關鍵詞：夾具 氣液壓 不規則夾持

改良型萬用虎鉗夾具

摘要：

實習過程往往遇到形狀複雜工件，無法用一般虎鉗夾持進行加工，如：銑床的曲柄、虎鉗的搖桿、球體……等等。加工複雜工件時，需使用 V 形槽、壓枕……等等夾具加以輔助，但有些夾具根本無法夾持球體。使用特殊夾具需拆除原有之虎鉗，還必須校正，工作繁雜又浪費很多時間，加工效率大大降低而增加生產成本。

壹、研究動機：

每次實習過程中（高一和高二鉗工銑床實習），常遇到夾持圓桿會產生晃動、夾持圓球無法夾持，以致於無法鑽孔或銑切，不然就是夾傷工作物。當遇到這些問題時，常常問老師該如何加工、如何穩定的夾持才能達到鑽孔時不會偏離造成鑽頭之折斷，銑切時因夾持力之不足而銑成曲面或夾傷工作物！老師的回答是「用 V 型枕和 C 型夾等夾具來夾持」，但遇到球形之物體呢？我們一直在想有什麼方式不需要 V 型枕和 C 型夾等特殊夾具，就可以輕易克服以上種種問題。因為這些夾具不但占空間，且夾持不方便、浪費時間。而且加工時夾具極佔空間又限制加工空間，更無法穩固夾持加工球體和曲桿、曲柄等工作物。基於以上種種原因，我們心中一直想著如何研究一種夾具，讓虎鉗夾持工作物輕易達到加工之便利性和簡單化。

貳、研究目的：

想要設計一個夾具來滿足下列要求

- 一、可夾持不規則之工件：如曲柄、搖桿、球體……等，形狀不規則工件。
- 二、可當平行塊使用的夾具：可避免因厚度不同工作物而需更換平行塊之困擾。
- 三、可直接放在虎鉗上使用的夾具：不需因加工工作物形狀需更換不同虎鉗，既浪費時間且浪費金錢。
- 四、具有多種虎鉗夾具功能：使用時不需時間校正、不需更換虎鉗，不需其他夾具之便利性。
- 五、構造簡單：價格便宜、重量輕巧可隨身攜帶的特性。

參、研究設備及器材：

我們研究所使用的設備與器材係以學校現有設備為主。分述如下：

一、加工機器設備

以學校現有設備完成全部零組件之加工，如，車床、銑床、平面磨床、熱處理爐與外圓磨床……等。

二、使用工具及刀具

以學校技藝（能）競賽儲備選手工具車上現有之刀具與工具，完成全部零組件之加工，如車刀、銑刀……等。

三、檢驗儀器設備

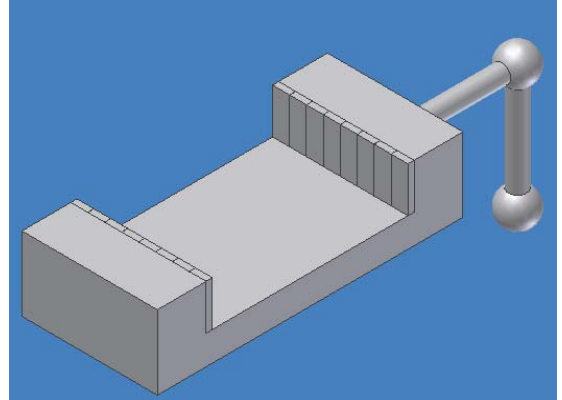
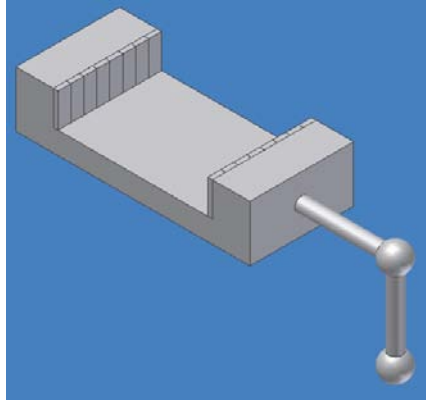
以學校量具室現有的設備完成檢測工作，如分厘卡、量錶、平板、塊規、高度規……等。（詳如下表所列）

四、使用材料

本創作設計之初即考慮到加工問題，故除 O 型環與標準零件(螺釘、彈簧)自外購得外，其他零件因注重於研究，亦不刻意採用正式之材料，以實習材料及材料室多餘之材料為主。

肆、研究過程或方法：

(一) 初次設計之虎鉗為鉗口往前平移，多塊移動之整體性移動。此種構造為每個長條型夾持塊可以平行個別往前移動夾持工件。



優點：可夾持不規則工件之物體

缺點：一、對圓球不易夾持，只有 2 點接觸。

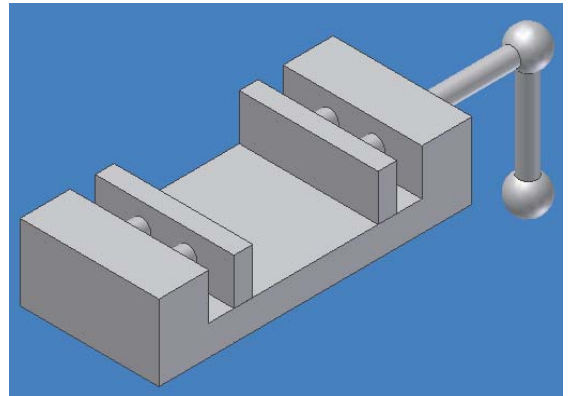
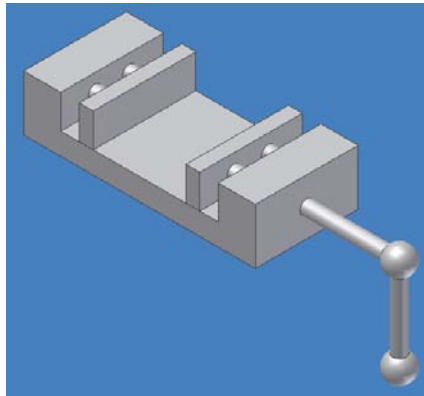
二、加工不規則工作物需更換一般虎鉗，耗時、增加加工成本。

三、整體型使用時需換虎鉗不方便又需重新校正，浪費時間。

四、虎鉗設計不易加工，因為設計為整體型，製作虎鉗成本增加。

五、部分利用正向力，但垂直受力仍利用摩擦力，所以需要很大之夾持力。

(二) 改良簡易型虎鉗：此種結構採用每邊為二軸式之液壓傳動裝置與萬向接頭連接。(利用機件原理之球面連桿概念設計而成)



優點：一、缸數少，加工容易。

二、結構簡便。

三、可夾持斜面和有些不規則工件。

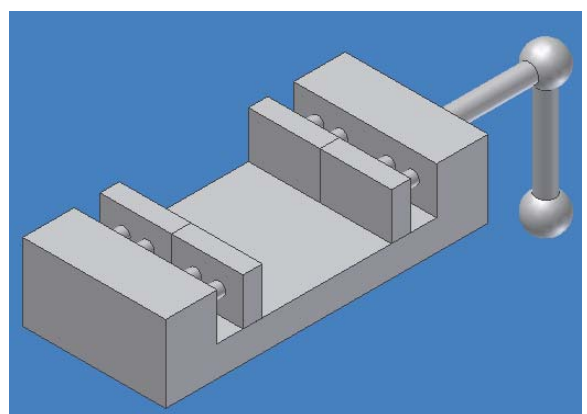
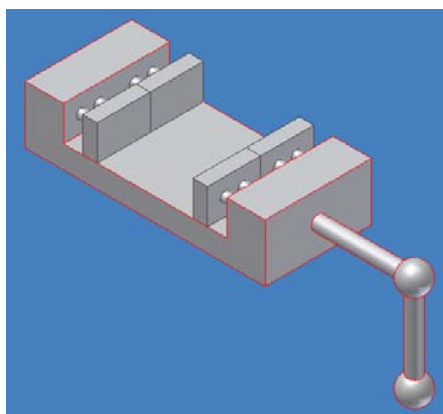
缺點：一、無法夾持圓球。

二、加工規則工作物需更換一般虎鉗，耗時、增加加工成本。

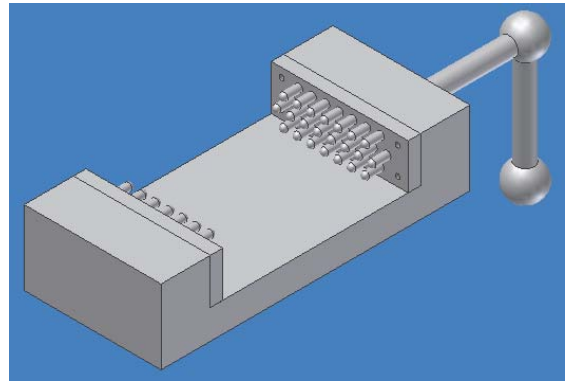
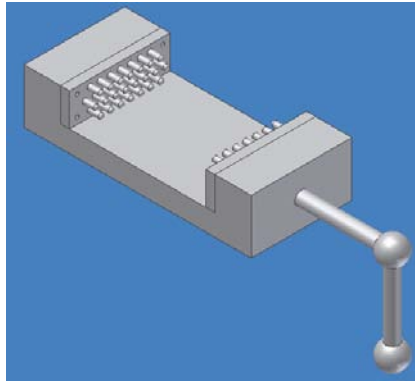
三、整體型使用時需換虎鉗不方便又需重新校正，浪費時間。

四、虎鉗設計不易加工，因為設計為整體型，製作虎鉗成本增加。

五、仍是利用摩擦力之夾持方式，需較大之夾持力。



(三) 第三次改良型構想：此設計利用多點頂桿頂出機構，為達到夾持圓球之多點式設計。



優點：一、可夾持不規則之形狀和圓球，可達到 3 點以上之接觸，接觸面穩定。

二、可當平行塊來夾持，支撐物體，增加設計之實用性。

三、利用正向力之夾持方式，所以夾持力不用太大。

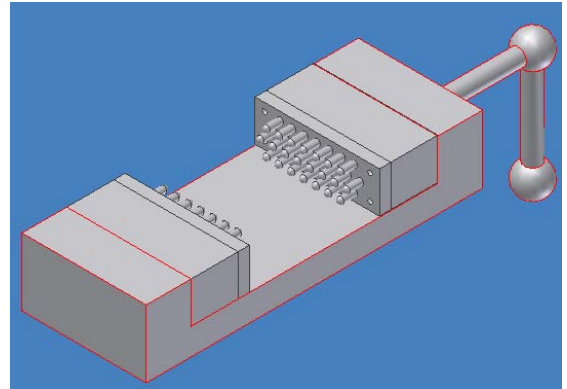
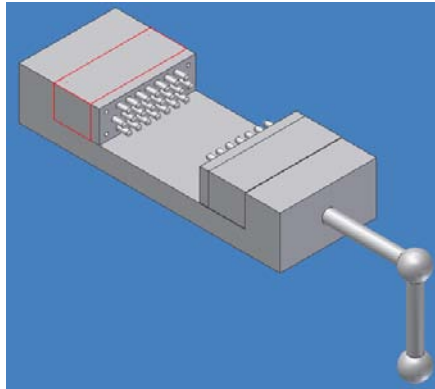
缺點：一、構造較複雜，需考慮各頂桿之距離。

二、加工規則工作物需更換一般虎鉗，耗時、增加加工成本。

三、整體型使用時需換虎鉗不方便又需重新校正，浪費時間。

四、虎鉗設計不易加工，因為設計為整體型，製作虎鉗成本增加。

(四) 第四次構想夾具：本設計為改良前一設計之缺點，將鉗口整體型設計改為活動型設計，避免使用時須更換虎鉗之缺點。



優點：一、只要製造一個構件即可夾持工件也可兩個成一組使用，構造簡單，任何虎鉗都可使用。

二、本機構為活動型設計，使用時不用拆卸虎鉗。

三、可夾持圓球和達到不規則物體的 3 點以上之接觸，增加穩定性。

四、可當平行塊使用，不需使用平行塊。

五、具有體積小、構造簡單、成本低廉、配合一般虎鉗即可使用。

六、利用正向力之夾持方式，夾持力大。

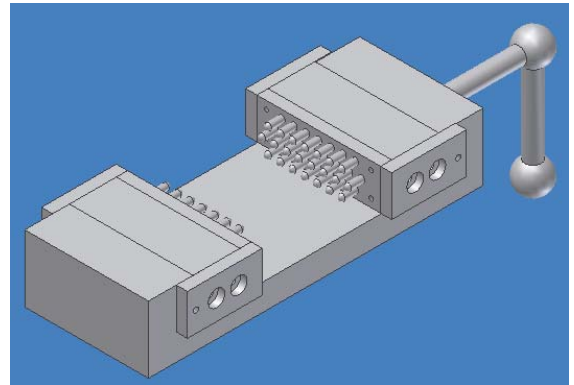
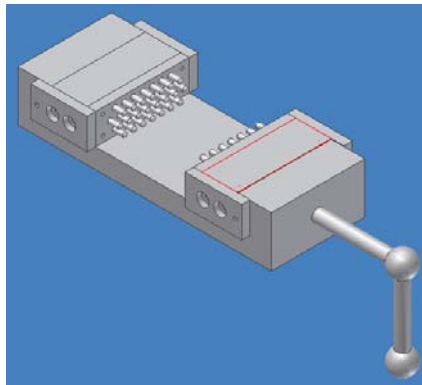
缺點：一、缸數太多增加加工之難度與漏油問題之可能性。

二、缸數太多影響到整體之強度。

三、頂桿之伸出應增加剛性與強度。

四、鉗口為活動型設計，夾持力不足時有左右移動之情形。

(五) 第四次構想夾具(改良進化型)：本設計為改良前一設計之缺點，避免使用時因夾持力不足有左右平移之顧慮。



優點：一、可單一或二個一套使用，只用一個可節省空間，以利加工較大之工件。

二、本機構為活動型設計，使用時不用拆卸虎鉗。

三、可夾持圓球和達到不規則物體的三點以上之接觸，增加穩定性。

四、可當平行塊使用，加工時不需使用平行塊。

五、具有體積小、構造簡單、成本低廉、配合一般虎鉗即可使用。

六、左右兩側各設計一個附件，以避免因工件加工時產生左右移動而造成加工不精準情形。

七、利用正向力之夾持方式，夾持力大。

缺點：一、缸數太多增加加工之難度與漏油問題之可能性。(增加油封防止漏油)

二、缸數太多影響到整體之強度。(盡量減少缸數)

三、頂桿之伸出應增加剛性與強度。(加大頂桿直徑克服)

五、利用之原理和實務之基礎：

「改良型萬用虎鉗夾具」係利用物理的連通管原理和水壓機的帕斯卡原理（Pascal's law）和化學的波以耳定理之空氣壓縮體積變小的觀念。

（一）問題了解→克服問題的技巧與方法：

1、如何克服頂桿掉出來：

爲了克服伸縮缸不掉出來，把當初原構想之圓柱改成為二段式階級頂桿，利用本體外加一個擋板來克服頂桿的脫落掉出問題。即伸縮缸採用階級式並用擋板來克服問題。

2、伸縮缸採用階級式之尺寸直徑變小的強度問題：

因爲採用階級使得前端尺寸變小、強度變弱，爲了使強度增加，乃採用機械材料的熱處理，利用中碳鋼的材料加熱到 A1 變態點上方 30 度到 50 度持續 1 小時，在放入水中急冷，可得到麻田散鐵組織來增加強度，克服剛性、變形的問題。

3、克服漏油的問題：

利用機件原理所學的標準零件，並加上機械便覽上查出之 O 型環來克服漏油問題。乃在頂桿上車一小凹槽，再把 O 型環置入，以達到防止漏油的目的。

4、伸縮缸的回位問題：

（1）本構想乃在各油壓缸內放置彈簧，使其頂桿可以自動回位。

（頂桿不回位並不影響任何功能）

（2）利用空氣、油體混合式，利用化學所得的波以耳定律的氣體可壓縮性，當外力增加時，氣缸可以因爲氣體受壓縮而體積變小而達到各缸受到壓力相同，當外力除去時因壓力變小，氣體體積變大，而達到自動回位的功能。

（3）增加一個類似氣油壓元件的蓄壓器（accumulator）或油壓槽，利用空氣可壓縮原理來儲存壓力使之歸位。

5、各缸的連通問題：

由本結構體底端兩邊鑽孔來使各缸之間流通，再利用攻牙方式將孔封住。使液壓油一邊受力時可傳到其他壓缸，而且壓力大小均

不變的連通管和帕斯卡原理的混合使用。

6、取代平行塊功能：

把油壓缸體設計成多排，並利用錯開方式來達到夾持不規則物體，亦可當平行塊之多功能設計，並且因各缸徑的距離因採用交錯排列方式，也因各缸間距離變長，又可以增加本體之結構強度。

7、移動工件之和夾持力問題：

利用圓頭設計，直接產生正向力來夾持工件，而不是利用摩擦力來夾持，因為工件表面光滑，當加工力量過大時就會移動，為了避免工件移動而要增加夾持力，但若摩擦係數太小，仍會產生移動，所以本設計係利用正向力圓頭設計來直接夾持工件。

8、夾持移動之問題：

為了克服本設計虎鉗夾具因加工受力而朝受力方向產生虎鉗移動，我們在本設計左右外加一個檔片，檔片利用固定螺絲鎖緊於虎鉗上，則夾具就不會因加工時所造成之左右移動。

（二）設計的尺寸決定：

由材料力學的第九章應力公式、氣油壓和物理公式探討：

$$\text{應力 } \sigma = \frac{\text{力量 } P}{\text{面積 } A}$$

$$\text{剪應力 } \tau = \frac{\text{剪力 } P}{\text{面積 } A}$$

$$\text{安全係數 } n = \frac{\sigma_{\text{破壞}} \langle \text{破壞應力} \rangle}{\sigma_{\text{容許}} \langle \text{容許應力} \rangle}$$

$$\text{流量 } Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \text{ (續流原理)} \quad \therefore Q = AV = \pi d^2/4 \times V \quad \therefore d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

$$\text{帕斯卡原理 } \frac{f}{a} = \frac{F}{A} = \text{壓力相同}$$

$$\text{功率} = FV = \sigma \times A \times \left\langle \frac{Q}{A} \right\rangle = \sigma \times Q \quad (\sigma = \text{壓力}, Q = \text{流量})$$

$$\text{波以耳定理 } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

■強度計算

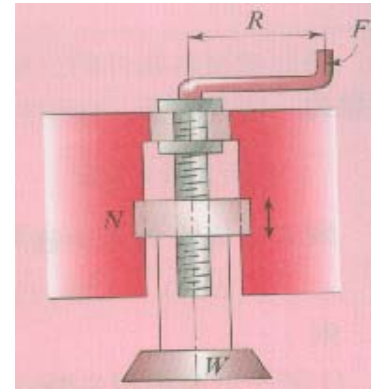
W = 夾持力（或舉起之重量）

F = 施力

R = 搖桿半徑（手柄長）

L = 螺桿之導程

由 $F \cdot 2\pi R = WL$, 若一人出力為 F, 本虎鉗規格手柄長 R=8cm 導程 L=6mm



機件原理螺旋起重機之觀念：由本具虎鉗規格（夾持力 2800kg），所以 $F \times 2\pi \times 80 = 2800 \times 6$ 則施力 $F = 33.4\text{kg}$ 又 $2800\text{kg} = 2800 \times 9.8 \text{ 牛頓} = 27440 \text{ 牛頓}$

■若只有三根夾持：考慮桿子的強度

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{27440}{3 \left(\frac{\pi}{4} \times 6^2 \right)} = 323.7\text{MPa}$$

則應力

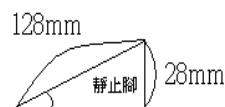
1. 由查表 S45C 水淬火, 其抗拉強度 = 803.2MPa

$$n = \frac{803.6}{323.7} \cong 2.48$$

每根桿子的安全係數

一般虎鉗之夾持力為利用摩擦力, 需要很大之夾持力, 而本虎鉗乃是利用正壓力, 所以本夾具夾持不需要太大的夾持力

2. 由摩擦係數試驗用本材料做成之斜面和另一研磨過之材料, 放在斜面上, 慢慢抬高到下滑時之角度, 由實驗知剛好下滑, 所以



$$\sin \theta = \frac{28}{128}$$

$$\text{靜止角 } \theta = 12.6 \text{ 度} \quad \therefore \mu = \tan \theta = 0.223$$

所以本油壓虎鉗夾持時最大摩擦阻力 $f = \mu$

$$N = 0.233 \times 2800 = 652.4 \text{ Kg}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{652.4 \times 9.8}{3 \left(\frac{\pi}{4} \times 6^2 \right)} = 75.4 \text{MPa}$$

若以此力為作用力則

$$\text{此安全係數 } n = \frac{803.6}{75.4} = 10.65 \text{ 倍}$$

當然棒子強度要高可採用鎳鉻合金鋼如 S40NiCr

抗拉強度為 1323MPa,其強度為本材料的 1.65 倍 若以此為桿子

$$\text{以一人最大施力狀況安全係數 } n = \frac{1323}{323.7} = 4.08 \text{ 倍}$$

■考慮油壓

若三根桿子夾持

$$\text{由 } \sigma = \frac{P}{A} = \frac{27440}{3 \left(\frac{\pi}{4} \times 8^2 \right)} = 182 \text{MPa}$$

因為內壓力 182MPa 和抗拉強度 803.1MPa 差距很大,不致本體因內壓力而破裂

考慮桿子的剪應力

$$\text{由夾持力} = 2800 \text{kg}, \text{所以每根受力} = \frac{2800 \times 9.8}{3} = 9146 \text{N}$$

$$\text{剪應力 } \tau = \frac{P}{\pi dt} = \frac{9146}{\pi \times 6 \times 10} = 48.5 \text{MPa}$$

一般材料抗剪強度約為抗拉強度之一半,依此材料抗拉強度為 803.6MPa

抗剪強度約 400MPa,抗剪應力 48.5MPa 比起來,不致於剪力破壞。

■壓力造成螺釘剪應力

因為螺紋鎖入之長度為 12mm 以上

$$\therefore \tau = \frac{P}{A} = \frac{9146}{\pi \times 6 \times 12} = 40.4 \text{MPa}$$

由於剪應力小,不致於螺釘被剪斷。

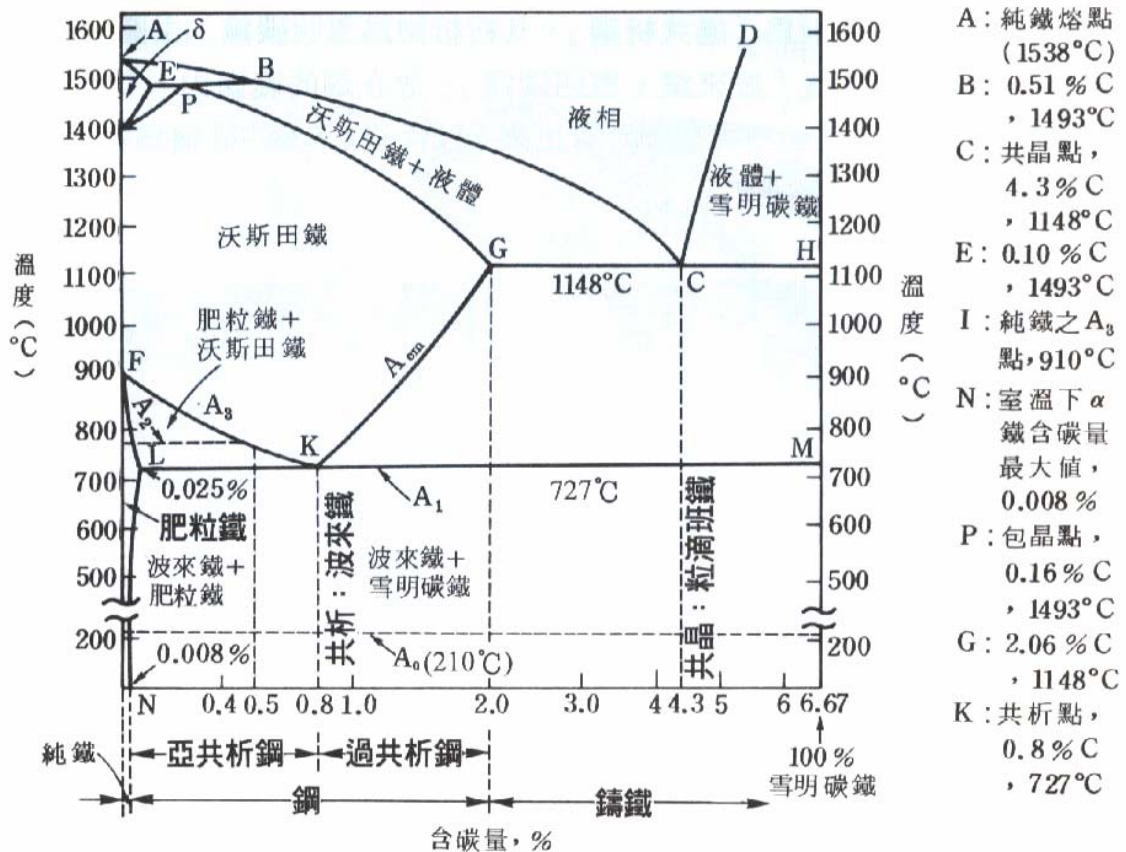
■蓋板之厚度

$$\text{由 } \tau = \frac{P}{A} = \frac{9146}{\pi \times 6 \times 10} = 48.5 \text{MPa}$$

厚度 10mm 之蓋板考慮剪應力時不致被剪斷。

(三) 熱處理溫度：

由鐵碳平衡圖，本材料使用 0.45% C 之中碳鋼，依下表所示熱處理溫度劃線約得到 800 度，但為求變態完全，所以依熱處理定義應在此上方 30 度到 50 度來熱處理，所以我們先選用 840 度加熱到此溫度，丟入水中急冷，來得到麻田散鐵（martensite）之硬化組織。（若溫度太低材料未全部變成沃斯田鐵而無法淬火硬化，溫度太高則桿子變形太大）



伍、研究結果：

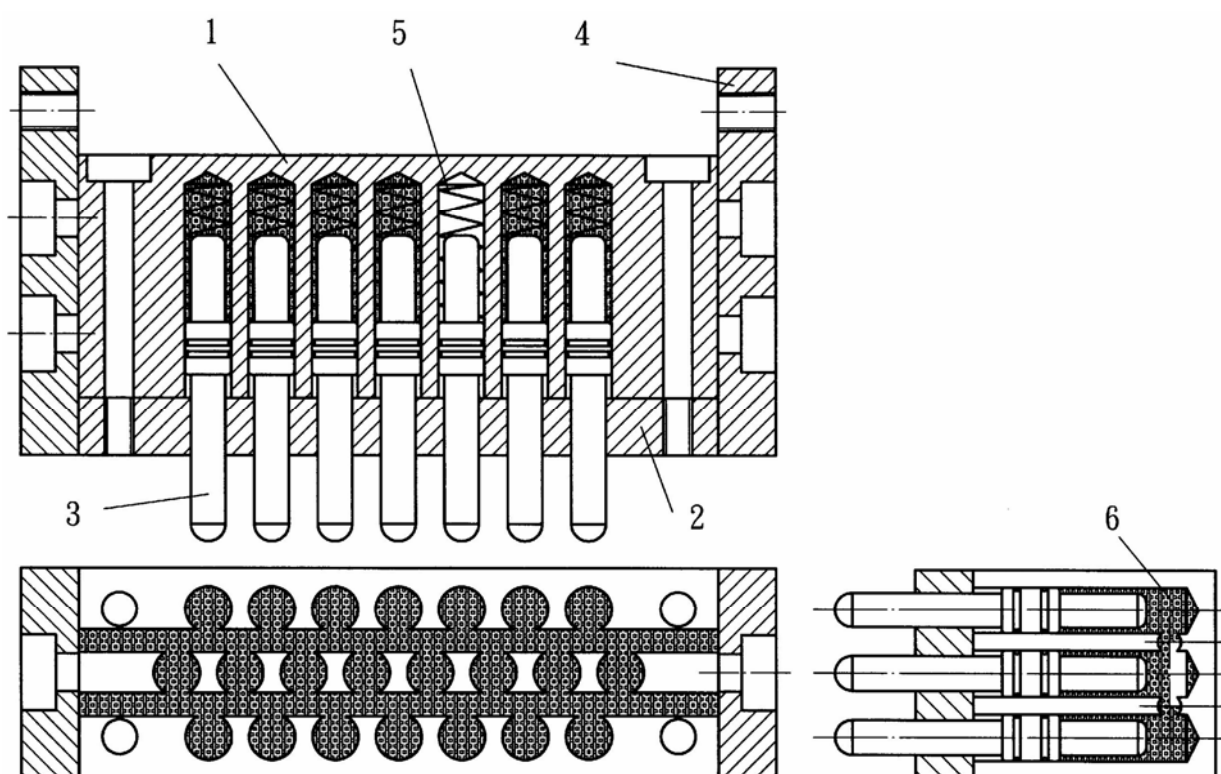
一、作品說明：

- (一) 本設計可單獨與成雙使用來夾持工作物。
- (二) 頂桿設計三層，每層可單獨或合併來夾持工件。
- (三) 未夾持工作物之頂桿可以當平行塊之平行機構使用。
- (四) 單邊由 22 根夾持頂桿組成，可依工件的大小由一根或多根夾持來完成夾持工作。
- (五) 可以直接置於虎鉗上，使用時不需拆卸虎鉗，也不需再校正。
- (六) 可夾持圓球等不規則形狀工作物，多點式接觸夾持穩固。
- (七) 構造與操作簡單、重量輕、便於攜帶。
- (八) 利用正向力之夾持方式，而不是摩擦力夾持方式，不會產生切削時之移動。
- (九) 利用檔板避免夾具受切線方向切削力而移動。

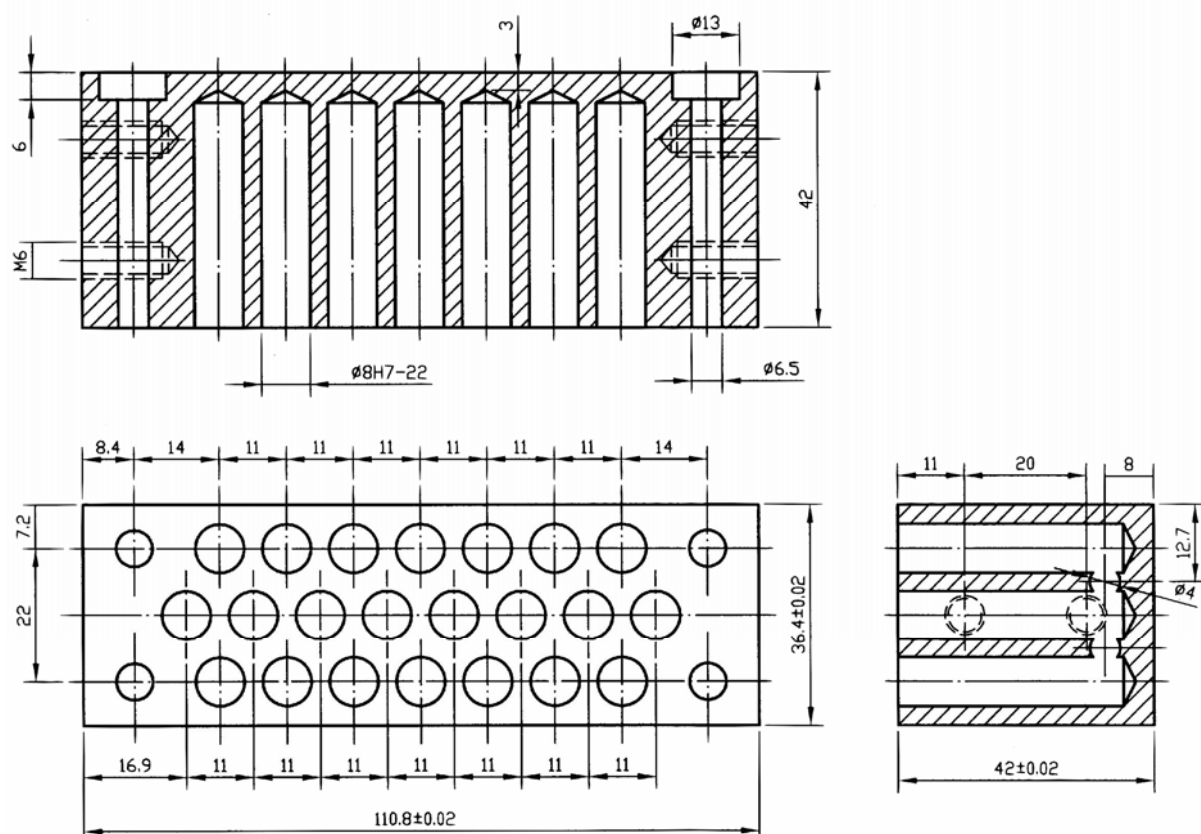
二、作品零件表：

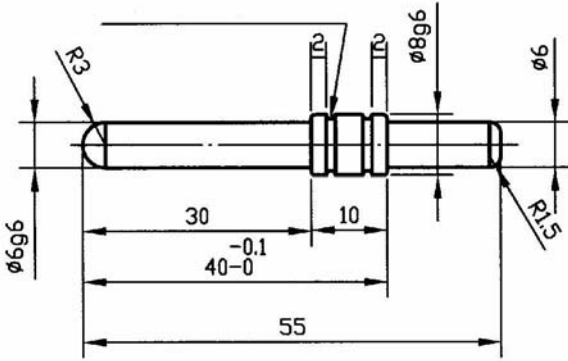
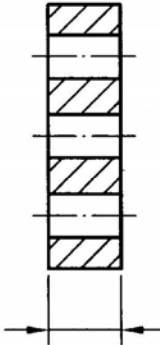
編號	名稱	單位	數量	規格	備註
01	本體	個	02	SAE1045 40x45x115	
02	蓋板	個	02	SAE1045 40x10x115	
03	頂桿	支	44	$\phi 8$ g6x55	
04	側板	個	02	SAE1045 40x70x67	
05	壓縮彈簧	條	44	$\phi 8$ x40L	
06	液壓油與空氣	CC	50	R30	
07	內六角螺絲	支	8	M6x50L	
08	內六角螺絲	支	8	M6x20L	
09	沉頭螺絲	支	8	M6x10L	
10	沉頭螺絲	支	8	M6x20L	
11	沉頭螺絲	支	8	M4x1L	

三、作品組合圖

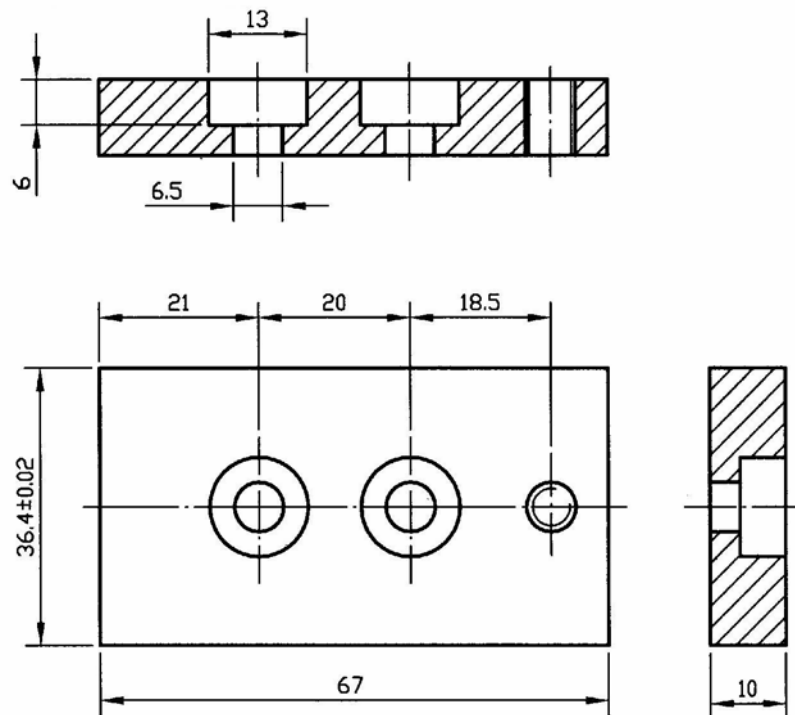


■ 零件一：本體 2 個





■零件四：蓋板 4 個



五、條件說明：

- (一) 因為每個虎鉗的規格不同，本設計以學校現有虎鉗的最大可夾持量來決定本創作之尺寸。選用學校現有鉗口寬 108.8mm，長度可三段調整之油壓虎鉗，其最大可夾持長度為 200mm。因本創作本體加上頂桿長度共 72mm，若只用一組來夾持工作物，鉗口長至少要 72mm 以上。
- (二) 使用本設計前，虎鉗鉗口必須沒有鐵屑而且已校正好。

六、使用說明：

- (一) 液壓油之選擇：

液壓油之黏度低，較容易造成漏油情形；若選用號數較高黏度較大之液壓油則可避免因缸體油封漏油情形，但是因黏滯力大各缸間運動反應較不靈活。

- (二) 氣壓之選擇：

氣壓之優點是具有可壓縮性，由波以耳定律知道「 $PV=\text{常數}$ ，壓力和體積成反比」，所以當內裝氣體時，可以吸收缸體之頂桿退縮時之空間體積，因體積變小而增加壓力達到夾持之目的。

（三）液壓油和氣壓的混合：

液壓和氣壓之混合使用，可使夾具本體具有自動回縮之退回空間與兼具潤滑防鏽之功用。當工件夾持時，因壓力的增加使得氣體體積縮小可達到增加壓力與夾持力之效果，當工件放鬆時，因壓力減少，使得氣體體積變大，形成恢復力，自動讓缸徑頂桿退回。

（四）蓄壓器之選用：

本缸體旁邊有螺絲孔、預留孔可再接一蓄壓器管，達到退縮頂桿之作用，以達到設計有問題時的控制改良之工作。

（五）增加夾持力方法：

缸體中之孔洞可放入一壓縮彈簧，其作用略可增加夾持力（由虎克定律 $F=KX$ 之彈簧常數 K 和壓縮量 X 決定），亦可產生作用力，使缸體可因彈簧產生回復力，使頂桿伸長，使工件較平整、好看。所以使用彈簧具有雙重作用：

七、測試說明：

（一）頂桿部分：

頂桿之前端採圓形設計，工作物表面油污與鐵屑不影響加工精度為本設計附加優點。缸體孔徑與頂桿直徑需特別注意設計為滑動配合，如軸徑太小或孔徑過大會有漏油與當平行塊使用影響平行精度之困擾。

（二）夾持試驗：

在夾持不規則物體，其夾持力因虎鉗之施力逐漸增加而達到本設計夾持不規則工作物之特性。本設計可使用一個或二個成一組使用，兩種方式均可達到夾持不規則工作物之效果（一個即可夾持不規則工件），但當夾持 10mm 以下的球體時，因頂桿和頂桿間距離大於 10mm 而無法達到夾持之效果，這是設計時所遇到的困難和需

克服的地方。（要改進之方法為桿徑變大，減少間距）

（三）平行度測試：

雖然在設計時均以 1 條（0.01mm）當設計製造所用的公差，但因 $S = r \times \theta$ 和製造上的誤差，平行度是我們所考慮的重點，當工件夾持時利用平行桿和量表來測量，每 100mm 之平行度高低誤差為 0.01mm 算是可以接受的數字，但仍有可以改善的空間，因為鑽孔時孔位和頂桿之變形誤差應盡量減至最小。本體平行度之測試此工件左右、前後平行度測量結果在長 110mm 中平行度高低差在 0.01mm 以內，寬度 42mm 中平行度高低差亦在 0.01mm 以內，表示製造上非常精確，公差符合要求。

（四）垂直度測試：

本夾具因與虎鉗固定邊相接觸，所以要做垂直度測量，經量測結果在高度 36mm 中其垂直度公差在 0.005mm 以內，顯示其製造上符合製造上的公差。

陸、討論

一、本作品之優點：

- (一) 可單獨一具即可夾持不規則之物體亦可兩具同時使用，具有方便性與簡便性。
- (二) 使用時不需更換虎鉗也不需要再校正，既省時又省力。
- (三) 頂桿利用三層之設計可以當平行塊使用，具有附加價值。
- (四) 構造簡單、重量輕、成本低、可隨意攜帶。
- (五) 可以使用在所有虎鉗之夾具。
- (六) 本夾具作品旁有預留孔可以更換機油亦可以做任何比例之油、氣混合比例之調整。
- (七) 若要增加夾持力時，可以在孔洞中加入彈簧來增加夾持力。
- (八) 本夾具一件即可達到夾持複雜形狀之功能。

二、本作品之缺點：

- (一) 太小的鋼珠（10mm 以下）無法夾持，因為頂桿與頂桿之間距離為 10mm 所以直徑太小的鋼珠無法夾持。可使用間距較小之缸體設計即可夾持小鋼珠或把小鋼珠用銅片或鉛來包住在加工即可。
- (二) 配合虎鉗若精度不佳，直接影響組合夾具之加工精密度，若需要精密加工時，需要有一具精密度較高的虎鉗。

三、本作品之進化論與遇到問題之克服：

- (一) 精密度不佳之問題：找兩位技藝競賽選手來協助製造，並討論改良，我們發現他們要做到一條（0.01mm）內竟然輕易達到，而且一直提供我改良之方法，讓我深刻體會他們不只有技術高超、智慧也非常聰明使我們的作品非常精密優良。
- (二) 漏油問題：一、設計成兩組 O 型環來克服缸體漏油回顧。

二、本體增加 6 個螺絲來固定，使蓋板不會因為出力太

大而只有四邊之螺絲支撐，造成蓋板彎曲變形增加，漏油之問題。

三、蓋板厚度增加：蓋板厚度增加承受彎曲變形之力量增加。

四、用牛油加熱到入孔內，當液壓油

（三）加工移動問題：設計擋版來避免因加工受力而產生夾具移動，並可利用螺絲固定在虎鉗上。

（四）適應性問題：因擋版尺寸固定，爲了適應其他虎鉗寬度不同之問題，我們設計了 2 個附件，可依不同規格之虎鉗均可使用。

（五）夾持力不足和變形量太小時之無法夾持之問題：利用彈簧加入來使頂桿回位增加夾持力，一舉兩得。

四、試驗：

本作品經過多加工不規則工件之試驗，其夾持力大，不偏轉，達到當處各項設計目的，而且經過上列在 6 次之進化，其適應性大大提升到我們所需要之設計，並可再進化增加其實用性。

柒、結論：

我們採用分工合作方式加工完成此專題，機構與繪製設計圖部分由二位同學負責，加工部分由技術優良的選手二位同學負責，最後一起完成組裝、測試。

在經過不斷的檢討和改良、設計才有此作品展出，符合我們當初所要求的：

- 一、可夾不規則工件
- 二、成本低
- 三、多功能（可當平行塊）
- 四、操作方便、重量輕，易攜帶
- 五、省時，不需再校正而浪費時間
- 六、所有虎鉗均可使用

捌、參考資料：

- 一、(1)金重勳(2)高工熱處理(3)初版(4)台南市(5)復文書局
(6)P.17-21(7)2001 年
- 二、(1)小栗富士雄(2)標準機械設計圖表(3)四版(4)日本(5)臺隆書局
(6)13-17~13-28(7)民國 64 年
- 三、(1)李國安,汪秋文(2)氣油壓概論(3)二版(4)台北市
(5)全華科技圖書股份有限公司(6)P180(7)民國 91 年
- 四、(1)吳思達(2)機械設計大意(3)再版(4)台北市
(5)全華科技圖書股份有限公(6)P27~P29(7)民國 81 年
- 五、(1)張志榮,劉瑞興(2)精密量測(3)二版(4)台北縣
(5)龍騰文化事業股份有限公司(6)P81~P85(7)民國 91 年
- 六、(1)黃達明,何孟軒(2)機械力學(3)初版(4)台北縣
(5)台科大圖書股份有限公司(6)P3~P7(7)2002 年



【評 語】

090901 改良型萬用虎鉗

1. 應用連通管原理及液氣體混合之可壓縮性，並結合精密加工及組裝，解決漏油問題。充分應用學理基礎，解決工程實務問題。
2. 在機械加工中，確實可夾持不規則及各種厚度之工件。
3. 可搭配傳統虎鉗夾持工件，操作方便。
4. 主題確實可解決現場加工問題，具有工業實用價值。