

第四屆旺宏科學獎 研究成果報告書

參賽編號:SA4-171

作品名稱: 多功能虎鉗夾具

姓名:鍾國嵩

關鍵字:多功能、夾具

壹、研究題目：

當工件形狀複雜時，無法用一般虎鉗夾持，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；或購買可夾持形狀複雜之虎鉗或夾具（但無法夾持球體，且須配合平行塊）。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。

本設計之優點為不需更換虎鉗，將本設計直接放在虎鉗鉗口之兩邊即可夾持不規則的物體，夾持點可達到 3 點以上之接觸，輕易達到夾持時之穩定和足夠之夾持力，以便加工，加工複雜工件時可免除使用特殊夾具，增加加工時之方便性與便利性，以達迅速、不需更換虎鉗、不需再校正、可當平行塊之多功能夾具，使複雜形狀之工件加工簡單化、迅速化之設計,所以將本題目訂為「多功能虎鉗夾具」。

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……等等之複雜形狀工件。
- 二、設計一個可當平行塊使用的夾具。
- 三、可直接放在虎鉗上的夾具，不需購買太複雜之虎鉗而浪費金錢。
- 四、具有不需要浪費時間更換虎鉗，不需其他夾具，不需再校正之便利性。
- 五、構造簡單：價格便宜、重量輕巧的特性。

綜合上述主要目的，以期加工方便性、簡易化、不占空間，而且可利用原有的設備即可夾持加工複雜之工件。並充分運用發揮學校所學和學校所擁有的設備來達到學以致用和克服困難，解決問題之學問、技術和毅力。

參、研究動機：

- 一、每次在實習課時，常遇到夾持圓桿會產生晃動、夾持圓球無法夾持穩定，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」，但遇到球型之物體呢？我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。基於以上種種原因，我們心中一直想著如何研究一種夾具，可以輕易達到加工之便利性和簡單化之虎鉗。
- 二、當銑切工件時常因工件之厚薄而需要用平行塊，有時平行塊因上一組同學未歸位，或使用不同組的平行塊以致於不能平行，造成每次為了平行塊而大傷腦筋。所以我們常想著，如果能設計一個虎鉗不必使用平行塊就可以夾持工作物，那真的就太棒了。基於以上原因，我一直想要設計一個可以夾持複雜工件又可以當平行塊的虎鉗。
- 三、當每次加工時，都需要校正虎鉗，以達到加工之準確性。而每次校正要花好多時間，而且虎鉗又重，搬來搬去真的很累。而我身材又矮，常需要別人幫忙抬虎鉗，有時一校正又要花半小時，不校正銑出來的工件又差那麼多，於是我想把虎鉗設計的構想轉化成設計為一個較輕的夾具，以方便夾持物體，而且不需把虎鉗在拆來拆去，又笨重又費時。若設計虎鉗又須製作螺桿、螺帽和搖桿等，需要很多費用、時間和材料，才能完成此工件，但不具備方便性與實用性和便宜的條件。
- 四、上網去查專利發明時，發現，此夾持不規則工件的專利只有 1 件，但其為整體虎鉗，用多條平行移動，惟其價格偏高(市價 2 萬元)，又需校正虎鉗，又無平行功能且無法夾持圓球，構造複雜，加工繁瑣，所以更有信心設計此一多功能之虎鉗。

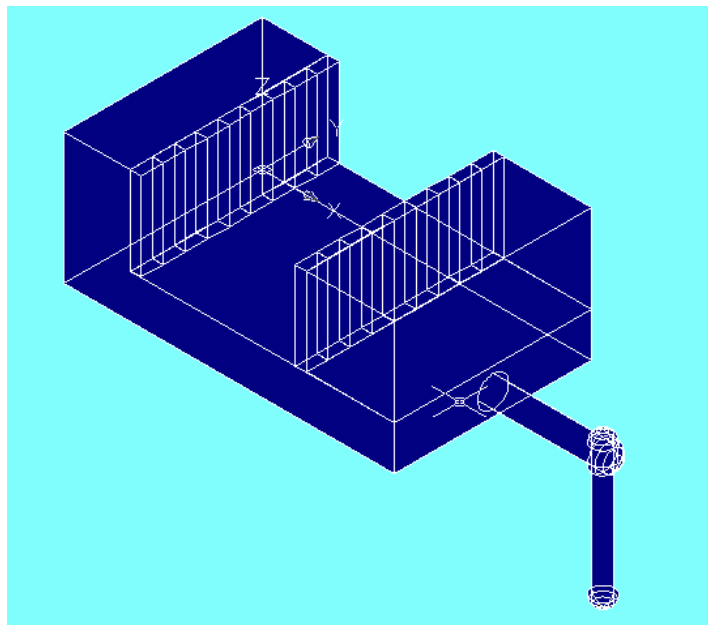
肆、研究過程：

本創作乃採用系統分析法，從一系列的流程中了解問題，並研究問題和解決問題，利用系統的流程增加其他構想和想法，使其達到合理化和效率化之原則。

一、研究過程：

構想→設計→討論→改良

- (一) 初次設計之虎鉗為鉗口平移，多塊移動之整體性移動（如下圖）。此種構造為每個長條型夾持塊可以平行個別移到夾持工件。



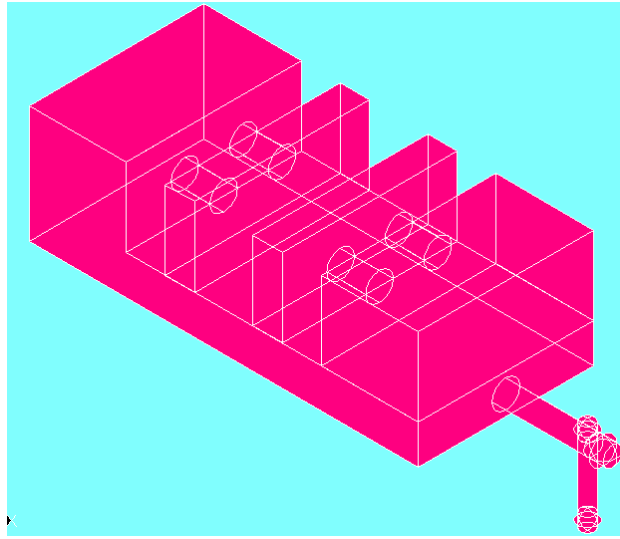
優點：可夾持不規則工件之物體

缺點：1. 對圓球不易夾持，只有 2 點接觸。

2. 要使用時，更換虎鉗不方便又需重新校正，浪費時間。

3. 價格太貴不易加工，因為為整體型，需加工物件太多徒增工作之難度與製造價格太高。

(二) 改良簡易型虎鉗（如下圖）：此種結構採用每邊為 2 軸式之液壓傳動裝置與萬向接頭連接。



優點：1. 缸數少，加工容易。

2. 結構簡便。

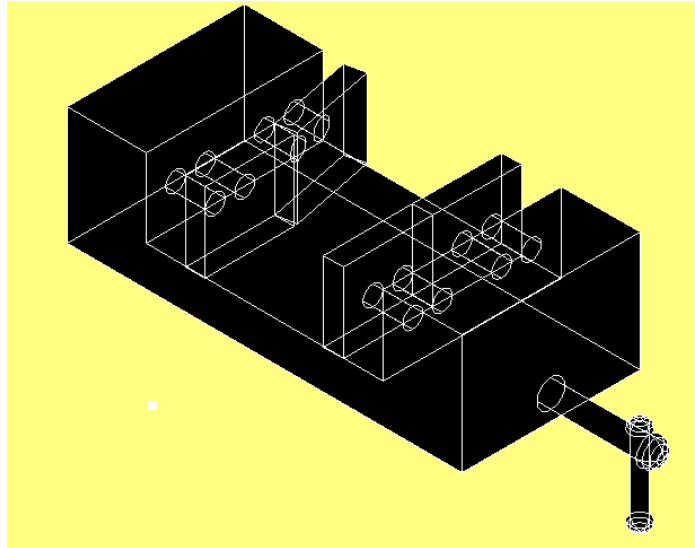
3. 可夾持斜面和有些不規則工件。

缺點：1. 整理式構件，構件較多、較重、成本較高。

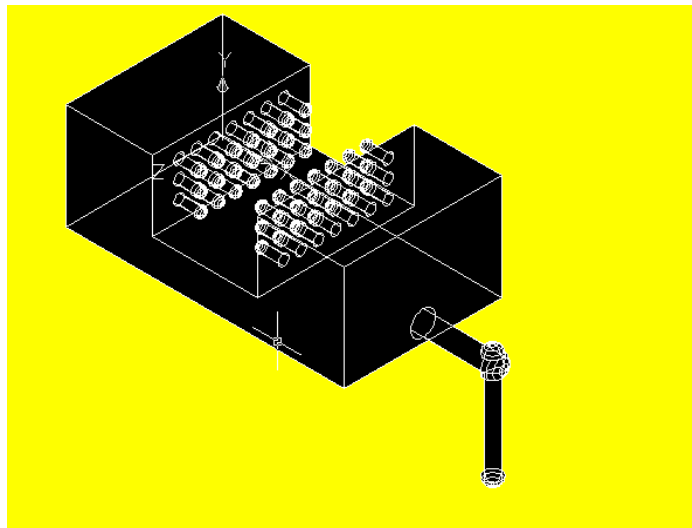
2. 需更換虎鉗，又要校正。

3. 無法夾持圓球。

本來要採用此設計，唯無法達到夾持圓球，為其設計上較大的困擾。本設計依序又推出四桿之夾持設計（如下圖），具多變性與簡單性，但為了更多之功能與構想，暫時把此案當為第一優先之設計。



(三) 第一次改良型構想：為達到夾持圓球之多點式設計。(下圖)



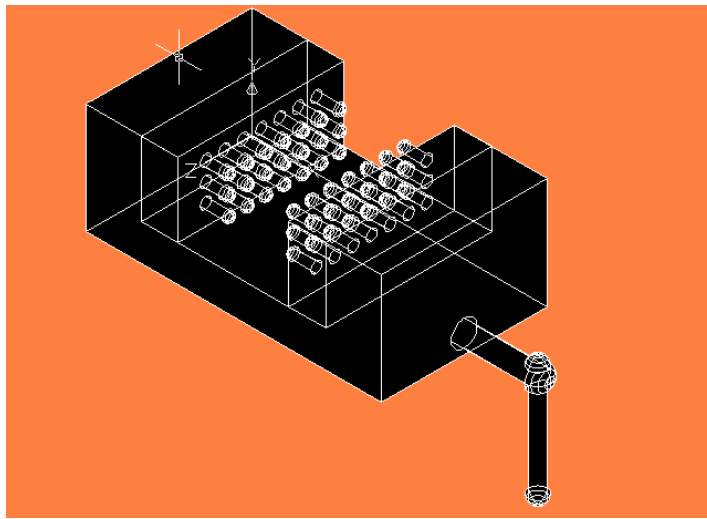
優點：1. 可夾持不規則之形狀和圓球，可達到3點以上之接觸，接觸面穩定。

2. 可當平行塊來夾持，支撐物體，增加設計之實用性。

缺點：1. 構造較複雜，需考慮各油壓缸之距離，避免邊緣破壞。

2. 使用時需換虎鉗，實在不方便，也需校正。

(四) 第二次構想夾具 (如下圖)



優點：1. 只要製造一個構件即可夾持工件也可使用兩個成一組使用，構造簡單，任何虎鉗都可使用。

2. 不用拆卸虎鉗即可使用。

3. 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。

4. 可當平行塊使用，不需使用平行塊。

5. 具有體積小、構造簡單、成本低廉、不須再製造虎鉗。

缺點：1. 缸數太多增加加工之難度與漏油問題之可能性。

2. 缸數太多影響到整體之強度。

3. 頂桿之伸出應增加剛性與強度。

經多次與老師討論決定採用此設計構想，並取名為「多功能虎鉗夾具」。並利用兩個相同之夾具當成一組工件或用單獨一具即可夾持，可達到設計單一、簡單之構想。

二、利用之原理和實務之基礎與方法：

「多功能虎鉗夾具」本來只是構想，利用物理的連通管原理和水壓機的帕斯卡原理 (Pascal's law)，有了初步的構想就是利用一帕斯卡原理。當一邊受到壓力，壓力會均勻的傳到每一點，而且壓力均相同，當高二時，經過學會了鉗工、銑床和車床，終於對製造和觀念上有了具體的把握，當學校教完氣油壓和機件原理，知道用「O型環」來阻止漏油，這些學

校所學的課程讓我可以充分利用在我的構想中。而機械製圖和電腦繪圖更使我的創意容易了解和設計容易更改，而在設計演化上也利用到萬向接頭的原理來評估設計的概念，並由材料力學的應力觀念來設計材料的尺寸。

(一) 問題了解→克服問題的技巧與方法：

1 如何克服頂桿不掉出來：

爲了克服伸縮缸不掉出來，把當初原構想之圓柱鋼改成爲二段式階級頂桿，利用本體外加一個擋板來克服頂桿的脫落掉出之問題。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。

(其實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)再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：

由本結構體底端和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。加工過程中因鑽頭長度不夠，解決方法只好採用兩邊均鑽孔的方式。

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。

(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：

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

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

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

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

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

若材料設定使用壓力為 400kg/cm^2 之夾持力：

$$1 \text{ 缸徑之夾持力由應力 } \sigma = \frac{\text{力量}P}{\text{面積}A}, \text{ 缸徑選用 } \phi 8\text{mm}$$

$$\therefore 400 = \frac{P}{\frac{\pi}{4} \times \langle 0.8 \rangle \times \langle 0.8 \rangle} \quad \therefore p = 200.1\text{kg} \text{ (每根缸可加壓夾持力量)}$$

$$\text{安全係數 } n = \frac{82 \times 100}{400} = 20.5 \text{ 倍 (參考資料四、} 82\text{kg/mm}^2 = 8200\text{kg/cm}^2)$$

(註、支持力因施力螺桿之力量大小而有變化)

2 擋板之受力與厚度之選擇

$$\sigma = \frac{\text{力量}P}{\text{面積}A}, \quad 400 = \frac{P}{\frac{\pi}{4}(\langle 0.8 \rangle \times \langle 0.8 \rangle - \langle 0.6 \rangle \times \langle 0.6 \rangle)}$$

$$P = 87.92 \text{ kg} \quad (\text{約 } 88 \text{ 公斤})$$

考慮剪應力（一般剛材 $G=2E$ ）

$$\tau = \frac{P}{\pi D t} \quad 4200 = \frac{88}{3.14 \times 0.8 h} \quad \therefore h = 0.0083 \text{ cm} = 0.083 \text{ mm}$$

\therefore 厚度使用 6 mm 以足夠

3 4 顆铆釘之受力：

共 22 個桿件、總受力 = $88 \times 22 = 1936 \text{ kg}$ （若每根桿件受力 88 kg ）

$$\therefore \text{每個铆釘受力} = \frac{1936}{4} = 484 \text{ kg}$$

(1) 考慮拉應力（使用 M5 \rightarrow 直徑約 4 mm ）

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{484}{\frac{\pi}{4} \times \langle 0.4 \rangle \times \langle 0.4 \rangle} = 3853 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$n = \frac{\sigma_{\text{破}}}{\sigma_{\text{容}}} = \frac{8200}{3853} = 2 \text{ 倍安全係數}$$

(2) 考慮剪應力（約攻 5 條螺紋）

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{484}{5 \left\langle \frac{4}{3} \right\rangle \times 1 \times \pi \times 0.4} = 308 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

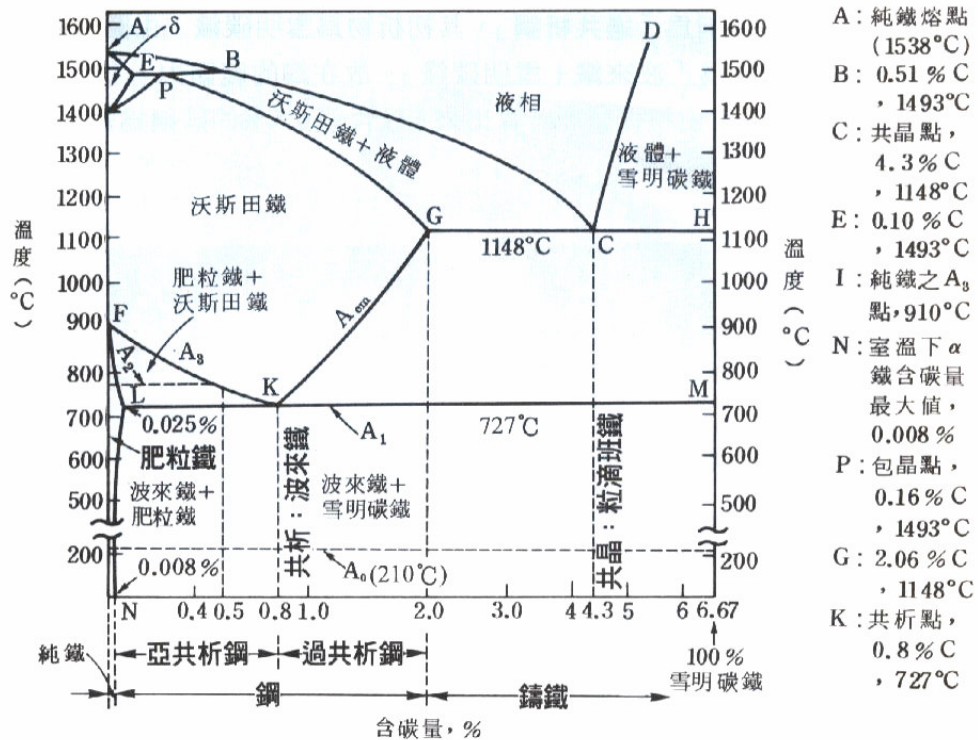
$$n = \frac{\sigma_{\text{破}}}{\sigma_{\text{容}}} = \frac{4200}{308} = 13.6 \text{ 倍安全係數}$$

依上述計算結果，螺釘接合處強度較弱，其餘強度都在安全設計範圍內。

4 熱處理溫度：

由鐵碳平衡圖，本材料使用 $0.45\% \text{ C}$ 之中碳鋼，依下表所示熱處理溫度劃線約得到 780 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 820 度加熱到此溫度，丟入水中急冷，而得到麻田散鐵（martensite）之硬化組織



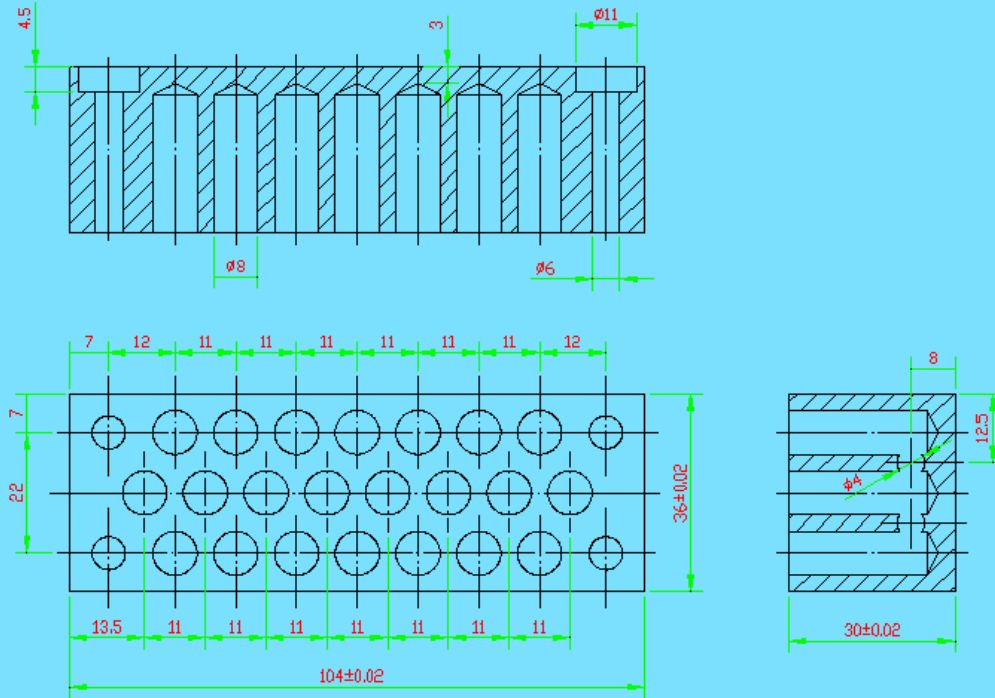
伍、討論與應用：

一、作品說明：

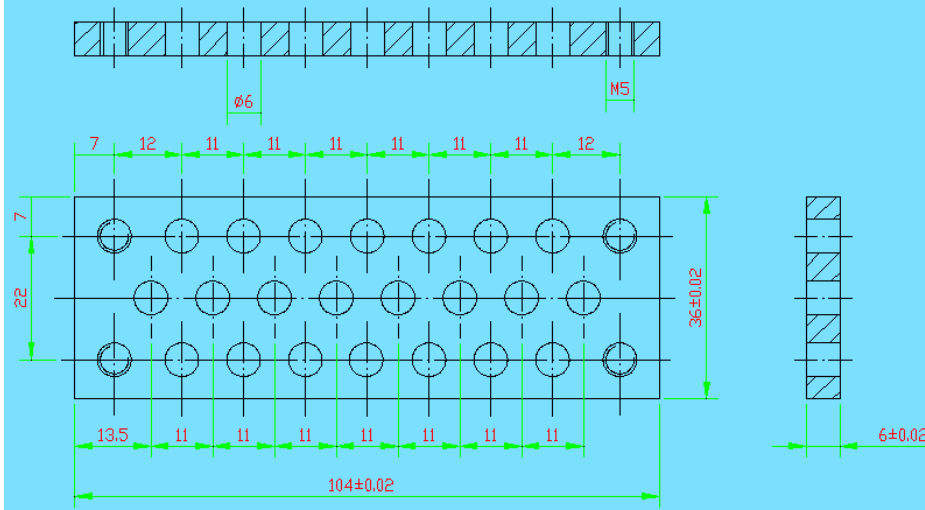
- (一) 本設計可單獨與成雙使用來夾持工作物。
- (二) 頂桿設計三層，每層可單獨或合併來夾持工件。
- (三) 未夾持工作物之頂桿可以當平行塊之平行機構使用。
- (四) 單邊由 22 根夾持頂桿組成，可依工件的大小由一根或多根夾持來完成夾持工作。
- (五) 可以直接置於虎鉗上，不需再拆卸虎鉗，也不需要再校正。
- (六) 工作物若為圓球，也可以用多點式的接觸方式來夾持工件。
- (七) 構造與操作簡單、重量輕、便於攜帶。

二、作品零件表與零件圖：

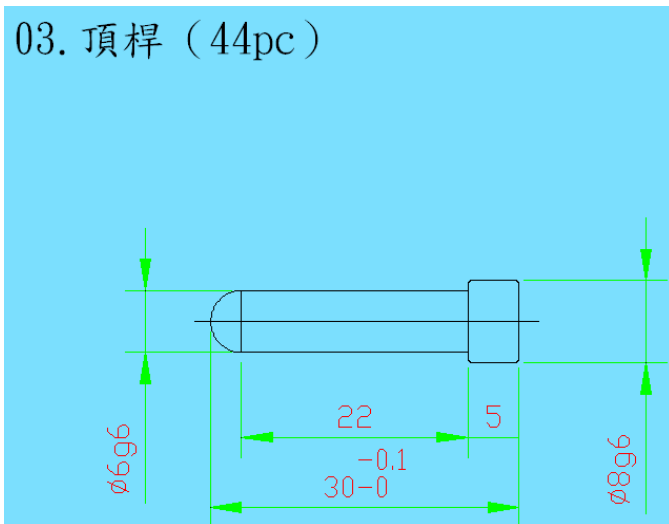
01. 本體 (2pc)



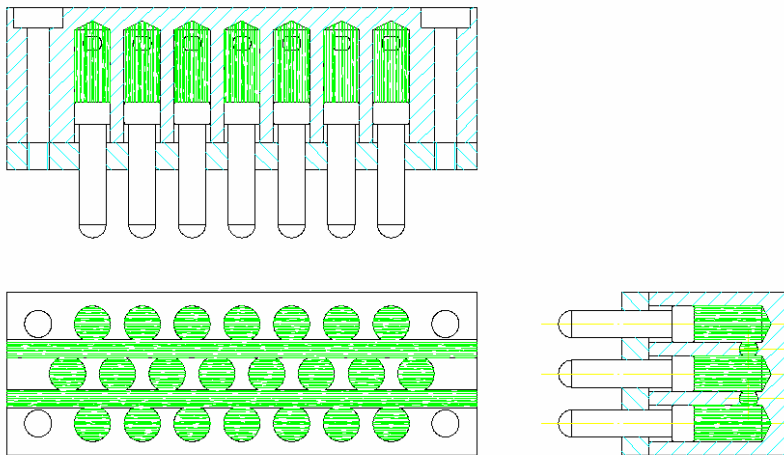
02. 蓋板 (2pc)



03. 頂桿 (44pc)



組合圖



三、條件說明：

- (一) 因為每個虎鉗的規格不同，設計以使用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 104mm，長度可調整之三段虎鉗，其最大可夾持長度為 160mm。因本創作本體加上頂桿長度共 55mm，若只用一組來夾持工作物，鉗口長至少要 60mm 以上，若用 2 組則至少要 120mm 以上。本創作選用之虎鉗長 160mm，可夾之工件最大允許寬度為 50mm（可選用規格較大之虎鉗，即可增加可夾持範圍）。
- (二) 若要當平行塊之合併使用時，虎鉗上必須沒有鐵屑而且已校正好，虎鉗鉗口固定端和活動邊需垂直和無突出之毛邊，且水平面需平直

，則可輕易達到平行之目的。

四、使用說明：

（一）液壓油之選擇：

液壓油之黏度會影響到漏油之嚴重性大小，若選用號數低黏度小的液壓油，則各缸運動反應較快速，但是因黏滯力低，較容易造成漏油；若選用號數較高黏度較大之液壓油則較不會漏油，但是因黏滯力大各缸間運動反應較不靈活。

虎鉗夾持時不需要快速移動，所以選擇黏度較大之液壓油較佳，而且因使用液壓油不會有生鏽之情形，並可潤滑各缸體。但各缸若只加入液壓油卻無法使各缸頂桿後退，無法夾持工件。

（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 $PV=常數$ ，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。當虎鉗後退時，因夾持壓力變小，可使各缸內之氣體體積變大，形成恢復力，使缸徑自動伸出回位。氣體體積雖然有壓縮性，但因 O 型環之緊迫張力，頂桿退回時需要較大之力量，若頂桿無法退回時，只會影響外觀並不影響其夾持力。但若全部選用氣體當填充物，則因氣體體積壓縮量有限影響到夾持力之大小。若全部為氣體則此夾具較易生鏽，易造成漏氣導致損害。

（三）液壓油和氣壓的混合：

選用液壓和氣壓之混合使用可使得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增加夾持力之效果，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。

氣體和油的體積比例影響到夾持力和夾持回縮量，當氣體含量太多時，氣體壓縮到最大量時其體積變化量與壓力之變化量成反比，若氣體體積最大只能收縮 3 倍，夾持壓力只能增加 3 倍，所以氣體太多影響到夾持力。當液壓油太多時，氣體所占空間之多寡，影

響到頂桿退回之體積，而影響到可夾持工件的可夾持量，所以我們選用液壓油和氣體之混合當填充物，但須考慮液壓油在油氣之混合中較易變質，所以經長期使用後需考慮液壓油之更換。

(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：

1 增加夾持力

2 因使用氣體當填充物，回覆力不夠可增加桿件之整齊與美觀

五、測試說明：

(一) 頂桿部分：(參照附錄 23)

因頂桿之設計採用圓形接頭，爲了使用時夾持之受力可以垂直接觸面之受力並可承受所有不規則工作物之夾持工作設計上把頂桿設計成圓頭端，使工作物可以適當得到夾持支撐。但是當工作物長度短、體積小時，頂桿與頂桿會產生碰撞，若頂桿端面爲平面，則不會有因夾持力增加而產生偏移之情形，但本設計採用圓頭設計，當頂桿與頂桿接觸時，因受力變大而有稍微偏移的情形，這當初設計時所忽略到的部分，若能改變頂桿端面爲平面時就不會有偏移的情形發生，但是若只使用一個來夾持工件就不會有此問題。

(二) 夾持試驗：(參照附錄 23)

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可夾持之力夾持工件。利用單邊的夾具和兩個成一組之夾具均可達到夾持之效果（單邊即可夾持不規則工件夾持球才用雙邊），但當夾持 10mm 以下的球時，卻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。

（三）平行度測試：(參照附錄 23)

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，當工件夾持時利用平行桿和量表來測量，每 100mm 之平行度誤差為 2 條（0.02mm）算是可以接受的數字，但仍有可以改善的空間，因為鑽孔時鑽孔準確度和頂桿之變形度而有誤差。本體平行度之測試此工件左右、前後平行度測量結果在長 104mm 中平行度公差只有 0.3 條（0.003mm），寬度 30mm 中平行度公差亦在 0.3 條（0.003mm）表示製造上非常精確，公差符合要求。

（四）垂直度測試：(參照附錄 23)

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 0.5(0.005mm)條，顯示其製造上符合製造上的公差。

陸、結論：

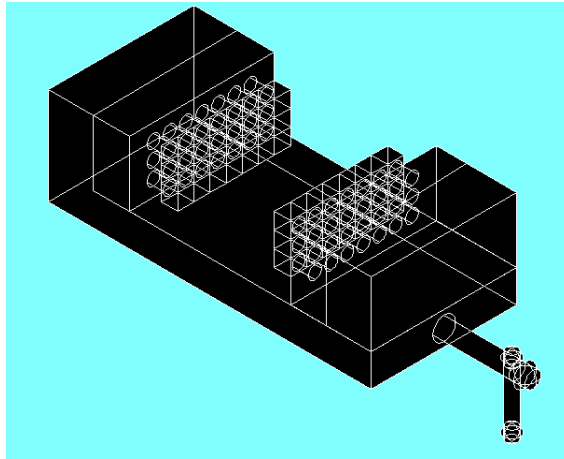
一、本作品之優點：

- （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。隨時要加工複雜工作物，只要拿出來夾具一個或兩個即可達到夾持複雜面加工之目的。
- （二）不需要更換虎鉗也不需要再校正省去校正之時間，達到省時省力之功效。
- （三）頂桿利用三層之設計可以當平行塊不需再用多餘夾具，可以節省空間之利用，亦可以當平行塊使用之功效，可以說具有一機多用之功能。

- (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) 經過實際操作本夾具一件即可達到夾持複雜形狀之功能，除非是圓球需使用兩具成一組使用才有較大之夾持力與支撐力否則用一個即可達到目的。

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。為了改良此缺點可以把頂桿頭改成平面方塊的方式，即可夾持任何小鋼珠，可改善此設計上之缺點。(如下圖所示)



- (二) 平行塊平行度差 0.02mm（103mm 長），平行塊之平行度差因牽涉到鑽孔之準確度所以較無法從缸徑本體改善。其改良方法可以把工件組合完後用磨床研磨，達到 103mm 長只有 1 條內（0.01mm）之公差，達到精密加工之功能。
- (三) 配合虎鉗若精度不佳，直接影響組合夾具之精密度，若需要精密加工時，需要有一具精密度較高的虎鉗。
- (四) 頂桿端為半圓球，若本夾具兩個成對一起使用時會因頂桿直接頭對頭頂到，而造成頂桿稍微偏移，改良方法可以把半圓球頂端改為平面。但只使用一個當夾具時，不會有此問題，除非是夾球需兩個夾具外，其他不會有此問題。
- (五) 虎鉗鉗口可夾工件長度太短，小於 60mm 則無法使用，因為本結構就占了 55mm 所以若以一個夾具使用時至少要 60mm，若要用一組夾具使用時則至少要 120mm 以上的可夾工件長度的虎鉗。
- (六) 須用壓板配和螺絲固定,避免夾具移動發生危險。