中華民國第 57 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

第三名

052309

可調式虎鉗之研究

學校名稱：國立民雄高級農工職業學校

作者：	指導老師：
職三 張翔智	王瓊祥
職二 黃立杰	李毓軒
職二 歐陽大年	

關鍵詞：虎鉗、力的可傳性、力矩

摘要

使用虎鉗是機械加工最普遍的夾持方式，但其加工精度也會受到虎鉗本身精度的影響。

我們利用便宜的小虎鉗修改，改善現有虎鉗夾持翹起的缺失。首先研擬製作方向，透過力學上的分析，得到**當螺桿高度與固定鉗口受力中心成一直線時，活動鉗口就沒有旋轉力，夾持的精密度就會較好，進而設計出可調式虎鉗**。先利用電腦繪出設計圖，接著 3D 列印打樣，反覆修改。後經材料強度分析，試算確定可以承受鑽孔的切削力。再經車床、銑床、鉗工、銲接等製作組裝。

本產品在φ10mm 鑽孔測試中，是平順且無抖動。夾持實驗中，一般小虎鉗上層平均上翹 0.36mm，精密小虎鉗是 0.04mm，而本產品僅為 0.03mm，同時並進一步做夾持力實驗。對一般常使用的上層夾持者來說，本產品是便宜又兼具精度。

壹、研究動機

某日於實習工場，

老師：工件夾持於虎鉗，要稍微用鋁鎚把它敲到貼平墊塊。

同學問：為什麼要這樣敲？

老師說：因為虎鉗夾緊時會讓被夾的工件翹起來。

於鑽床上鑽孔，使用小虎鉗夾持時，工件很容易就翹起來，用太大的力有時反而上翹更加嚴重，而使得工件脫離虎鉗，不僅影響到加工的精密度與垂直度，嚴重者更會發生危險。工件為什麼會翹起來呢？是否有解決的方法呢？由於以上的疑問，引起了我們的研究動機。

貳、研究目的

我們希望研究後，能達到以下目的。

一、改善現有小虎鉗夾持翹起之缺失。

二、設計出螺桿可上下調整功能的小虎鉗

三、設計出成本低的一般小虎鉗，也可以達到精密小虎鉗的功效。

四、實驗虎鉗水平翹起的差異與夾持力的大小。

參、研究設備及器材

一、車床及其附件，如圖 3-1。

二、銑床及其附件，如圖 3-2。

三、鑽床，如圖 3-3。

四、鉗工桌及附屬設備，如圖 3-4。

五、筆記型電腦，如圖 3-5。

六、量具，如圖 3-6。

圖 3-1 車床及附件

圖 3-2 銑床及附件

圖 3-3 鑽床

圖 3-4 鉗工桌及附屬設備

圖 3-5 筆記型電腦

圖 3-6 量具

肆、研究過程或方法

研究架構

本次研究之流程如圖 4-1 所示：

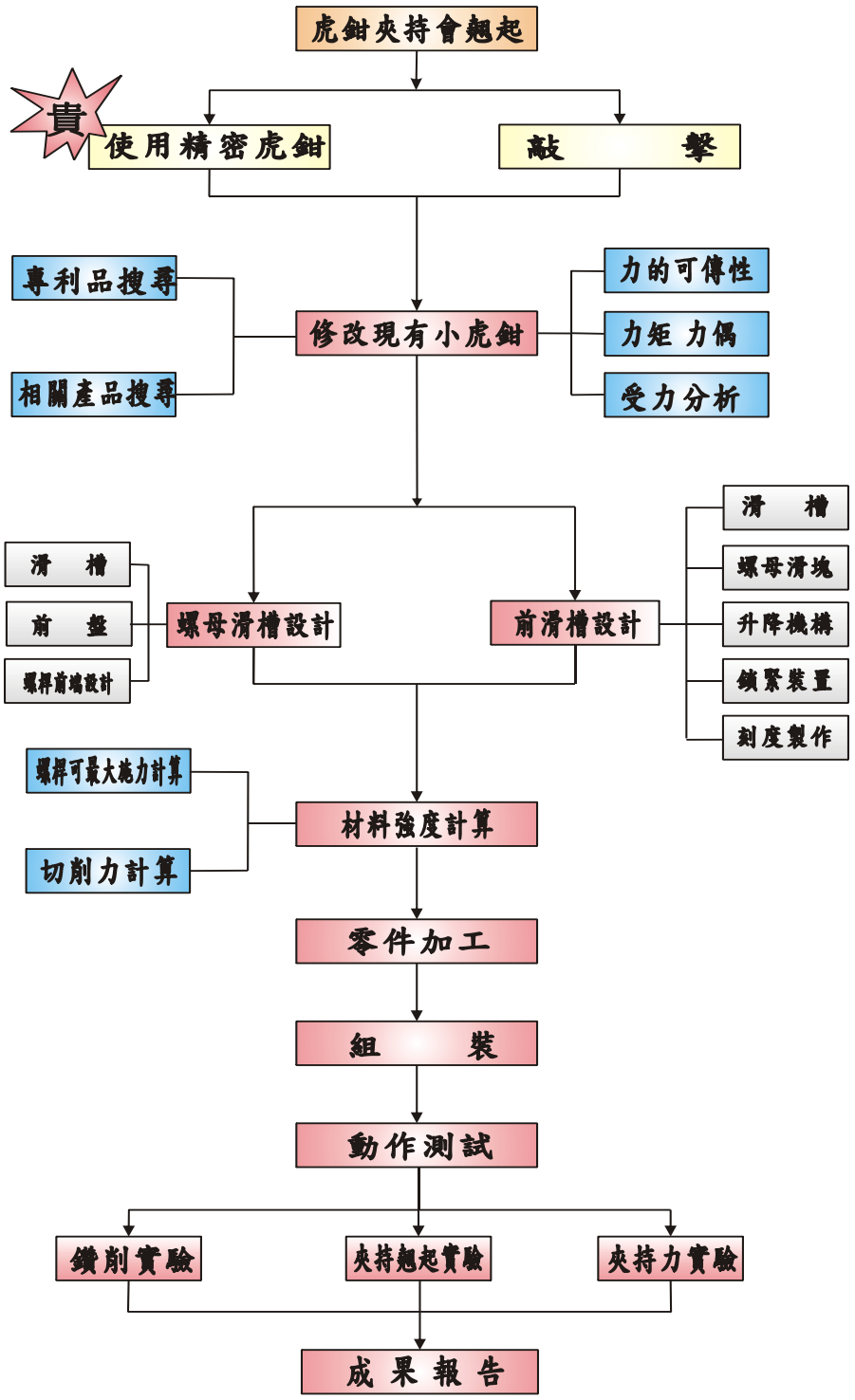


圖 4-1 研究流程圖

一、文獻探討

(一)、虎鉗

當我們要做機械加工處理時，工件必定需要夾持，以抵抗切削加工時的切削力，而最普遍的夾持方式，便是利用虎鉗來夾持固定。當然這時虎鉗的精密度必然就會影響到工件加工的精密度。因此虎鉗對機械加工而言自然是很重要的，而隨著加工型態的不同也有各式各樣的虎鉗，如我們使用鑽床時就用一般便宜的小虎鉗，當在精密模具加工時就需用精密虎鉗來夾持鑽削加工；當然也有因應不同加工條件的專利虎鉗。以是下一般小虎鉗的說明，以及我們從專利局的網站查詢幾種不同專利形式的虎鉗。

1.一般小虎鉗：如圖 4-2 所示，虎鉗是利用螺桿使兩個鉗口作相對移動來夾持工件使工件固定的工具，只是活動鉗口夾持工件時會因受力的關係，使得工件因施壓而翹起。但因為價格便宜，一般使用在較不精密的場合，如一般的鑽孔加工。

圖 4-2 一般小虎鉗

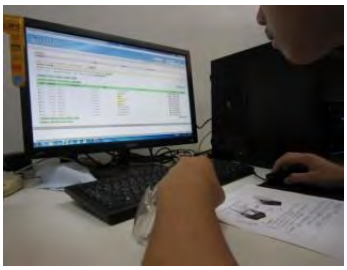


圖 4-3 資料查詢

2.專利虎鉗一 [1]：可精密調整角度虎鉗，尤指一種可配合加工物而調整角度之虎鉗。其主要包括：本體，上座，調整盤，調整座，與滑動座。再本體上有調度桿，設有刻度盤、調度槽、定位環及鑽設數鎖固孔；一把手與螺桿，為配合使用，其把手可操作螺桿與調度桿；可提供方便角度調整加工，而達到隨意調整加工角度之動作與夾持目的。如圖 4-4 所示。

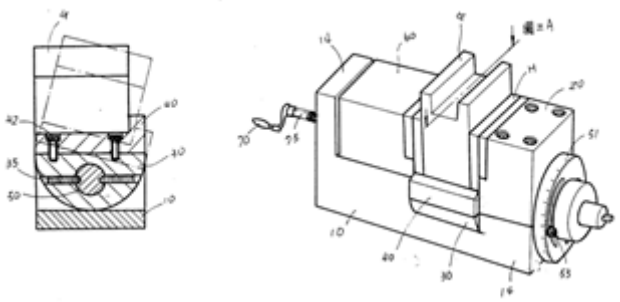
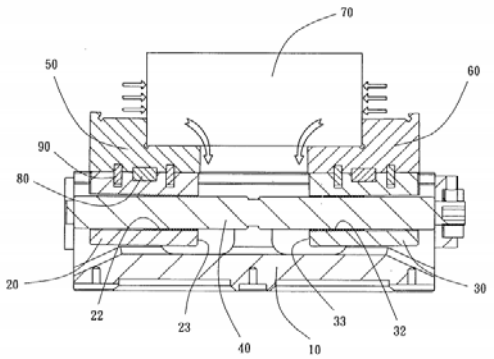


圖 4-4 專利虎鉗一

3.專利虎鉗二 [1]：一種中心虎鉗改良結構，一虎鉗本體設一導槽，該導槽供一第一、二驅動座組設滑移，第一、二驅動座分別設有一正旋螺孔及一逆旋螺孔，兩驅動座固定兩活動顎，藉此螺桿朝夾緊方向旋動，可驅動兩活動顎朝中央夾緊，可同時移動快速夾緊工件，並因扭矩使得兩活動顎產生夾緊同時下壓的施力，如此可確實夾緊及避免工件飛出者。如圖 4-5 所示。



如圖 4-5 專利虎鉗二

4.專利虎鉗三 [1]：一種角固式虎鉗結構，其有一滑座，該滑座之頂面具有一第一傾斜面，該第一傾斜面設定位置裝設一半圓球頭，而該滑座具有一與該導螺桿同軸之內螺孔，該內螺孔係供該導螺桿螺穿；一活動塊，該活動塊之一側固設一活動顎，且該活動塊之內部設有一與該第一傾斜面相同傾角之第二傾斜面，該第二傾斜面相對於該半圓球頭位置設有一半圓球槽，而該活動塊係裝設於該滑座之頂面位置，使該半圓球頭恰位於該半圓球槽內。角固鎖式精密虎鉗，夾持時會有下壓的力量，因此工件及活動鉗口上浮極小，又本體與固定顎為一體構造，因此可防止鉗口的傾倒。如圖 4-6 所示。

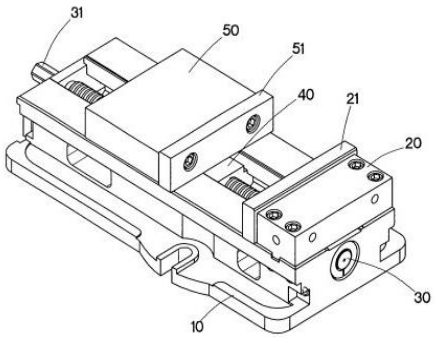


圖 4-6 專利虎鉗三

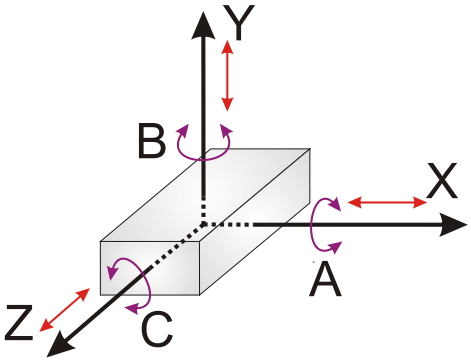


圖 4-7 空間中六個自由度

(二)、定位與夾緊原則

1.定位的原則 [2][3]：

一個工件在空間中有六個自由度，這六個自由度係由空間中三個線性(XYZ)與三個旋轉(ABC)的運動所組成，如圖 4-7 所示。夾治具為了要能重複的將工件定位，並夾緊於同一位置，其裝置必須要能完全限制工件的六個自由度。**而 3-2-1 定位原則是垂直方向有三個定位點，配合縱向的二個定位及橫向的一個定位點**就可以把工件的基準面加以定位，在加上夾緊動作便可以**完全限制工件在空間中的運動**。如圖 4-8 所示。

一般的虎鉗在夾持的時候，底面的底座或平行墊塊，可當成 3 點定位，固定鉗口整個面可當成縱向的 2 點定位夾持，如當大量生產時，側邊會裝虎鉗定位塊以利重複夾持定位，即為橫向 1 點定位。

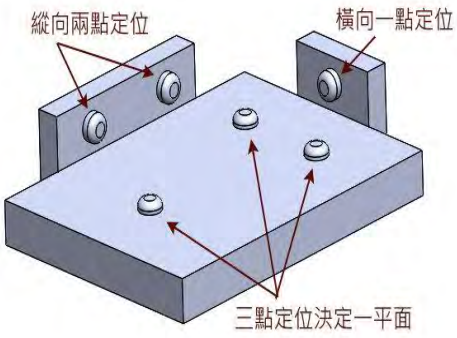


圖 4-8　3-2-1 定位原則

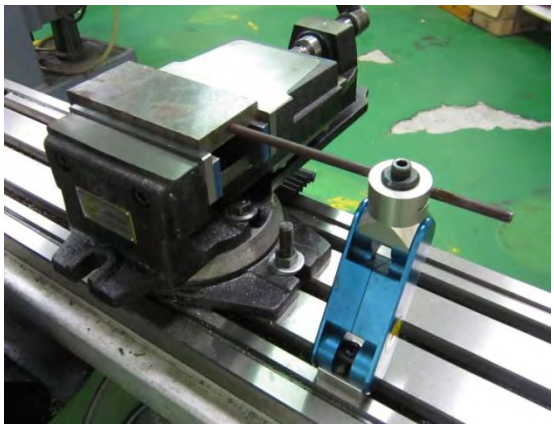


圖 4-9 虎鉗定位塊的使用

2.夾緊的原則 [2][3]：

工件除了被定位外，為了抵抗切削過程中的切削力，尚需被夾緊，夾緊時應注意的事項有：

(1)夾緊機構不可傷及工件，固夾緊力施加的部位，工件必須有足夠的強度，以避免變形或破裂。

(2)夾緊的動作必須迅速而確實，工件必須能在定位面上自由的放置與拿取。

(3)儘可能使操作的部位為於夾具前方，或在操作者的左右側上，以使夾緊的動作能迅速的進行。

(4)夾緊機構應具有自鎖作用，無需操作者在切削過程中隨時施加夾緊力量。

(5)夾緊機構的組成應盡量選用標準零件。等等幾項原則。

(三)、依據理論及原理

1.力的可傳性[4][5]

作用於物體上的力，其大小與方向不改變，則力可沿其作用線上任意移動，而不改變其外效應，稱之為力的可傳性。

一外力 F 作用於物體上之 A 點，若不改變其大小及方向，此力 F 可沿其作用線移至 B 點或 C 點，則力對物體所產生之外效應(往右移動)均相同。

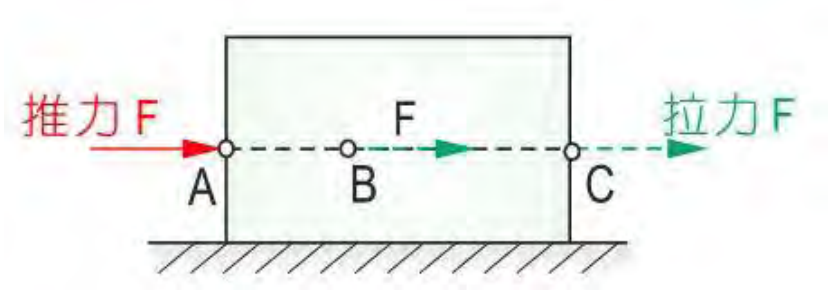


圖 4-10 力的可傳性

2.力矩[4][5]

在物理學裏，作用力促使物體繞著轉動軸或支點轉動的趨向，稱為力矩也就是扭轉的力。力矩能夠使物體改變其旋轉運動。即力矩等於作用力乘上力臂。公式 $M = F \times R$

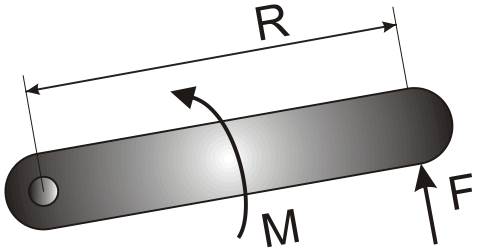


圖 4-11 力矩原理

3.力偶[4][5]

力偶是大小相等，方向相反，且作用線不在一直線上的二平行力，如圖 4-12 所示即稱為力偶(couple)，此二力的合力大小為零，但力矩不為零，故力偶只能使物體產生旋轉效應，卻不能使物體移動。力偶為自由向量，沒有固定之旋轉軸，是作用在一平面上，力偶可在其平面上可任意移動的，對物體之旋轉效應是不會改變的。日常生活上的應用如：水龍頭、駕駛盤、螺絲攻之力，如圖所示，則其力偶矩等於力偶中任一力 F 與二力間垂直距離 D 之乘積，常以字母「C」表示之。即是 C = F x D

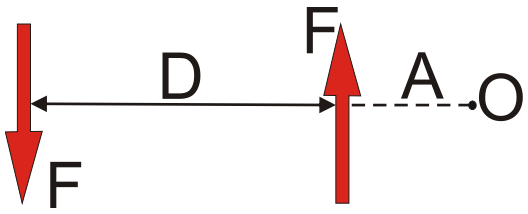


圖 4-12 力偶

二、研擬製作方向

(一)、問題分析

1.市面上現有的虎鉗產品，因其螺桿位置固定無法上下移動，因此無法因應不同工件、高度的夾持，使得工件容易翹起，影響精密度。

2.即使是精密虎鉗，只要可滑動必定有些微間隙，夾持時依其等級仍有其些誤差，且價格較為昂貴。

3.虎鉗受力翹起原因分析

(1)未受力時：工件放在平行墊塊上墊高以方便加工，剛放上去時工件是水平位置。

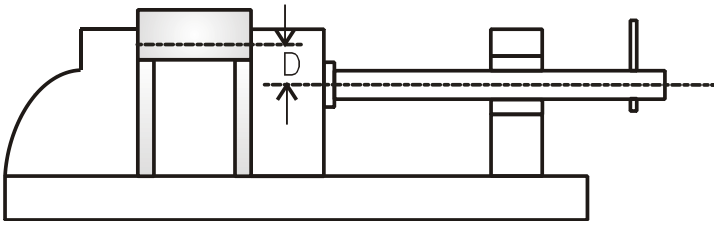


圖 4-13 未受力時情況

(2)夾緊受力時的情況：一般小虎鉗精密度比較差，將螺桿旋緊後，因受力與及夾持位置的關係會產生旋轉力 C 與 M，使得活動鉗口及工件一同翹起。

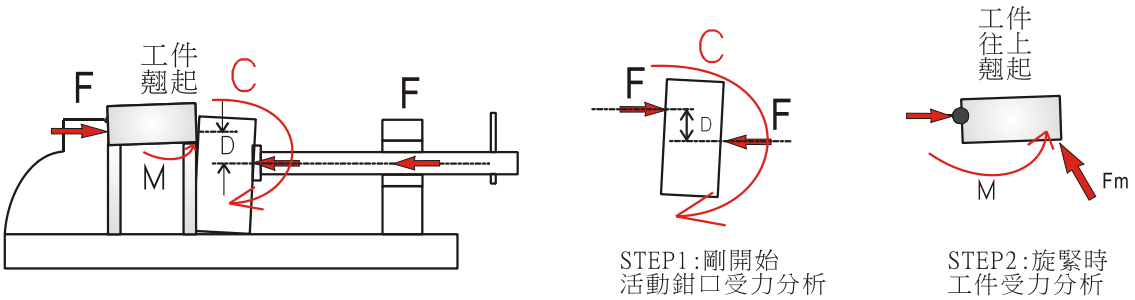


圖 4-14 受力時工件翹起分析

(3)螺桿提升狀況：如果將螺桿中心移到與固定鉗口夾持時受力面中心位置一致時，因為力的可傳性原理與兩個力的垂直距離為 0，沒有了力偶距，因此就沒有了旋轉力，所以工件與活動鉗口就沒有翹起的力量。工件就很容易可以夾平，可不用榔頭再敲擊了。

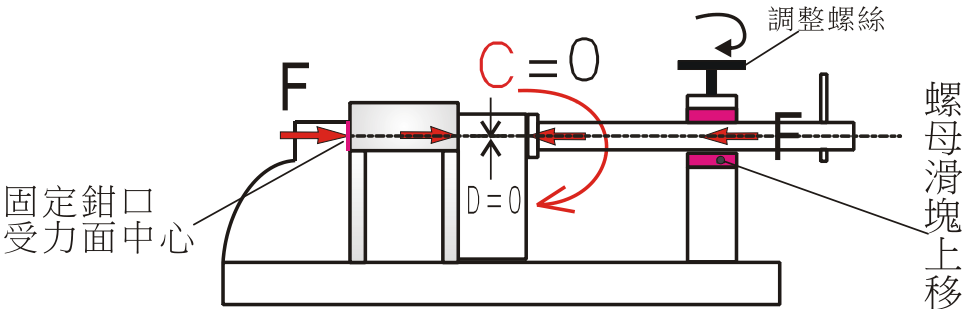


圖 4-15 螺桿上升到與固定鉗口受力中心一致時分析

(二)、設計方向

綜合文獻探討的結果，跟組員詳加討論，設計出可調整螺桿高度的虎鉗。

1.能有效改善一般小虎鉗夾緊時工件翹起問題，使工件夾持水平。

2.可調整螺桿高度位置。

3.操作簡單，使用方便。

4.結構簡單，成本低又耐用。

圖 4-16 問題討論

圖 4-17 問題分析

三、繪製設計圖

依據上述的問題分析與設計的方向，利用 Solidworks 繪製設計圖，並加以研究修改，繪製所需的工作圖，如下圖所示為設計之立體組合圖與工作圖。虎鉗後方之尾座與活動鉗口，改良為凹槽，所設計的**螺母滑塊與旋轉頭**可以在槽內移動，因此螺桿便可上升下降，移動到最適當的位置。

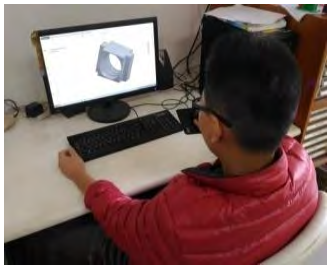


圖 4-18 繪製設計圖

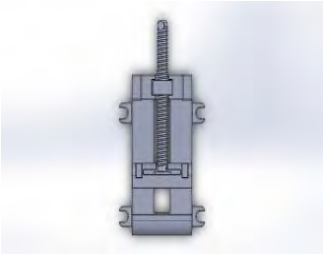


圖 4-19 繪製組合圖

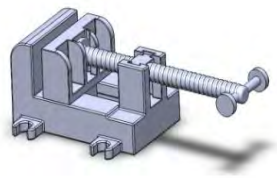


圖 4-20 立體組合圖

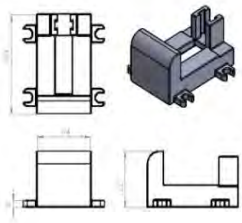


圖 4-21 底座

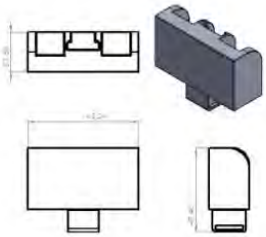


圖 4-22 活動鉗口

圖 4-23 螺桿與螺母滑塊

四、材料應力計算

在螺桿鎖緊過程中，整個活動鉗口的夾緊力，會經螺桿透過螺母滑槽座做支撐，我們擔心的是整個螺母座，經我們修改銑削銲接成滑槽作後，**我們的尺寸設計是否足以承受巨大螺旋擠壓力，而不被破壞**。因此我們就針對螺母滑槽座的部分加以做材料力學分析計算。

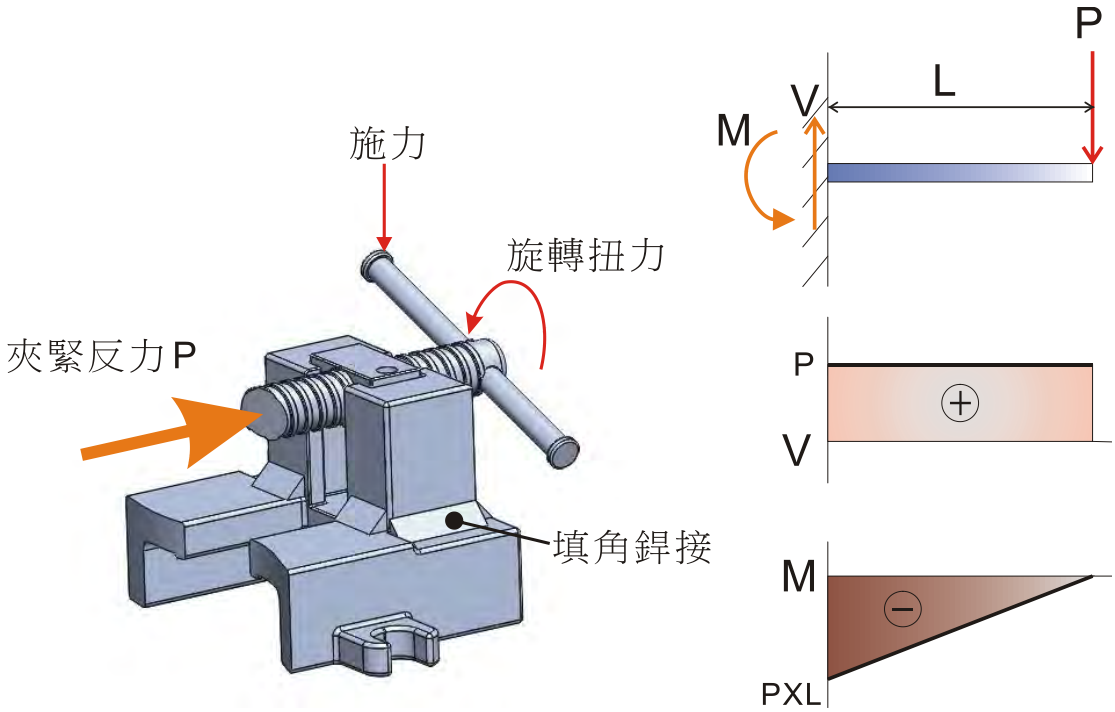


圖 4-24 螺母滑槽座受力分析

為了計算可容許的承受力與彎曲力矩，我們把螺母滑槽座翻轉成 90 度來看就好像是懸臂樑一般。由於**懸臂樑所受的彎曲力矩最大值也就是破壞處就在固定面，而在我們的螺母滑塊座的位置即是填角銲接處**。

經查機械設計便覽[6]，**鑄鐵的安全係數取 4.5～5** 所得的鑄鐵容許工作應力 σ_w=370～480 kg/cm^2 。容許剪應力 τ_w=300～350 kg/cm^2 。

而經銲接後原材料鑄鐵的強度會減弱，我們再乘以 0.8 倍做為設計的容許應力與剪應力[8] 。**所以我們取鑄鐵容許工作應力平均值乘以 0.8 倍**

σ_w= 425x0.8 = 340 kg/cm^2 = 3.4 kg/mm^2

鑄鐵容許剪應力平均值乘以 0.8 倍

τ_w= 325x0.8 = 260 kg/cm^2 = 2.6 kg/mm^2

做為設計的容許應力與剪應力，以便計算出可容許之承受夾緊力。而螺母滑槽座銲接位置的斷面圖為圖 4-25 所示，我們把它簡化成圖 4-26 以利分析。

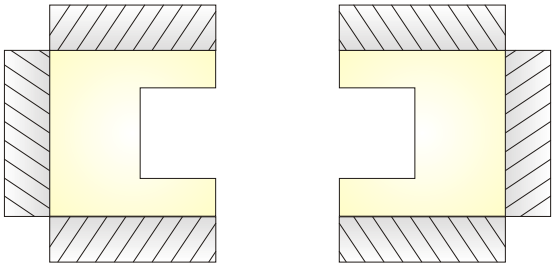


圖 4-25 滑槽座銲接斷面圖

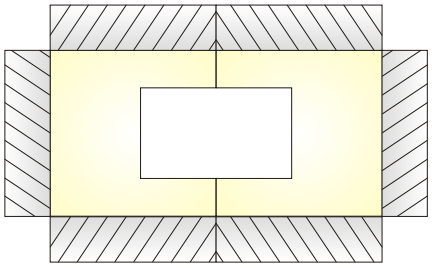


圖 4-26 滑槽座銲接斷面簡化圖

(一)、由容許的剪應力來計算可承受螺桿的最大推力為多少

由於我們要銲接上去的滑槽其材料是低碳鋼，強度比鑄鐵大很多，而且樑長度較短，因此我們不討論樑內之水平剪應力，僅探討**接合面等效力所產生之剪應力還有彎曲力矩所產生的應力大小**。

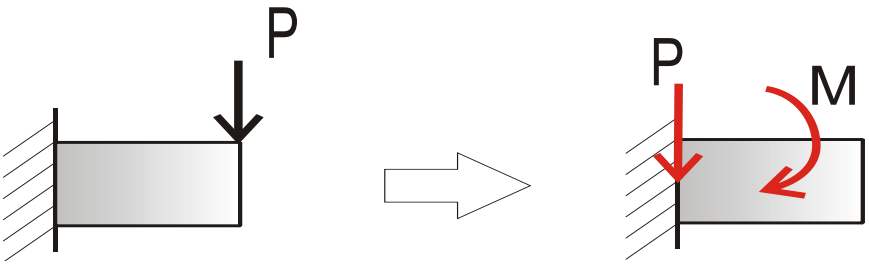


圖 4-27 滑槽座等效受力圖

剪應力公式 $\tau_w = \frac{P}{A_e}$

τ_w: 剪應力　　P: 剪力　　A_e: 等效面積

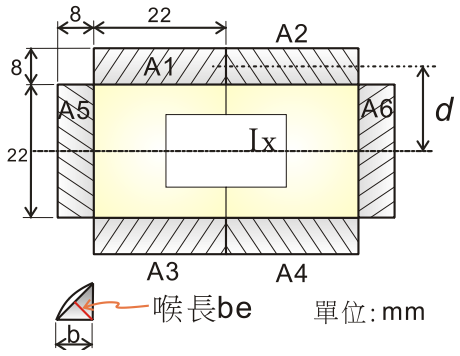


圖 4-25 銲接斷面尺寸圖

剖面線的區域為填角銲接處

其喉長 be=0.707b

面積 Ae=Ae1+Ae2+Ae3+Ae4+ Ae5+ Ae6

=(8x0.707x22)x4+(22x8x0.707)x2

=746.6 mm^2

剪力(夾緊反力)　$P = \tau_w x A_e = 2.6 \times 746.6 = 1941.2$　kg

由容許剪應力計算可得銲接出可承受螺桿最大的推力為 P = 1941.2　kg

(二)、由容許的工作應力來計算可承受螺桿的最大推力為多少

$$\sigma_w = \frac{My}{I_x}$$

$$P = \frac{M}{L}$$

σ_w :容許的工作應力

M : 彎曲力矩

y : 離中立軸最遠的距離

Ix : 慣性矩

P : 螺桿的推力

L : 螺桿與銲接處最大距離

$I_X = I_{A1X} + I_{A2X} + I_{A3X} + I_{A4X} + I_{A5X} + I_{A6X}$

$$I_{A1X} = \frac{22x(8x0.707)^3}{12} + (8x0.707x22)x15^2 = 24829.3\ mm^4$$

$$I_{A5X} = \frac{8x0.707x22^3}{12} = 5018.76\ mm^4$$

$\therefore$　$I_x = 24829.3 \times 4 + 5018.76 \times 2 = 109351\ mm^4$

由 $\sigma_w = \frac{M\,y}{I_x}$

$$M = \frac{\sigma_w x\ I_x}{y} = \frac{3.4x109351}{11+8x0.707} = 22322\ \text{kg-mm}$$

可得 $P = \frac{M}{L} = \frac{22322}{30} = 744$ kg

所以由容許的工作應力值，計算得可承受的最大的螺桿推力

P = 744 kg

由容許的剪應力與容許的工作應力分別計算出，所能夠承受的最大螺桿推力取兩者之最小值為 P = 744 kg

(三)、由鑽床的切削力來試算虎鉗的夾持力

我們找到刀具大廠**日本東芝株式會社**所採用的鑽頭切削力的經驗公式[9]，其公式如下所示 ：

鑽孔力量 $T = 570\ K\ D\ f^{0.85}$

鑽孔扭力 $M = K\ D^2\ (0.63+16.84f)$

K : S20C 工件材料常數 (查得 2.22)

D : 鑽頭直徑 mm　(ϕ 10)

f　:切削進給率 mm/rev (0.1)

T : 鑽孔力量 N

M : 鑽孔扭力 N-cm

將參數帶入公式後

鑽孔力量 $T = 570\ K\ D\ f^{0.85}$

$=570x2.22x10x\ 0.1^{0.85}$

$=1787\ N = 182.3\ kg$

鑽孔扭力 $M = K\ D^2\ (0.63+16.84f)$

$=2.22x100x(0.63+16.84x0.1)$

$=513.7\ N\text{-}cm = 524\ kg\text{-}mm$

在鑽孔的過程中，向下的鑽孔力量會直接由平行墊塊承受，直接由底座支撐，因此我們僅考慮切削時所產生的鑽孔扭力。來分析需要多大的夾持力才可以夾住。

今假設我們直接夾 ϕ 20 mm 的圓桿，**圓桿底下有平行墊塊支撐**，鑽削 ϕ 10 mm 的圓孔時，圓桿被夾持時所產生的摩擦力必須要能克服鑽孔扭力 M

摩擦力公式 $F = \mu N$

$M=2RF$

$F=\frac{M}{2R} = \mu N$

$\frac{524}{20} = 0.15xN$

$N = 175\ kg$

(查[7] 摩擦係數 μ=0.1 ～ 0.2 取 0.15)

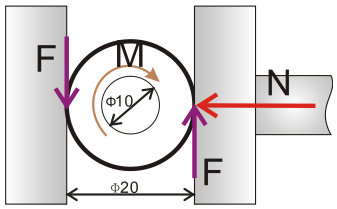


圖 4-29 鑽削時圓感受力圖

所以我們所需的正壓力，也就是螺桿所產生的施力大約需要 175 kg 的夾持力，如**一般採用方形工件或圓桿直徑大於 20 mm 所需的夾持力就更低**。由前面容許的應力去計算，我們的結構至少可以承受螺桿推力 P = 744 kg 也不會破壞，所以**如此的尺寸設計是足以克服鑽削扭力的**，設計上沒問題接下來我們就**可以放心去加工製作了**。

五、實物製作

將所設計的工作圖，分別以 3D 印表機列印，如圖 4-30 所示。先將大部份的構造列印打樣，檢討改進反覆修改，經材料力學驗證確定可行後，接著再利用車床、銑床、鑽床以及銲接加工等機械加工方法加工成形製造。車床車削螺桿，銑床銑削滑塊，凹槽。鉗工鋸切、鑽孔、攻螺孔、銼削。如圖 4-34 至圖 4-41 所示，為加工與組裝過程。

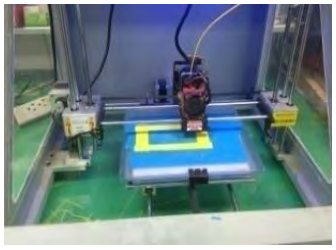


圖 4-30 3D 列印

圖 4-31 列印完成的零件

圖 4-32 模型組合

圖 4-33 模型與成品對照

圖 4-34 銑床銑削加工

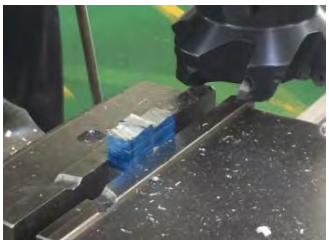


圖 4-35 螺母滑動銑削加工

圖 4-36 攻螺紋

圖 4-37 車床加工

圖 4-38 銲接

圖 4-39 零組件

圖 4-40 螺桿組裝

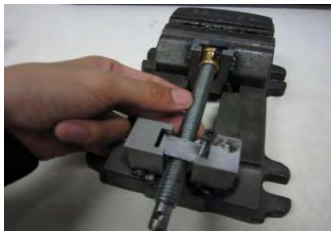


圖 4-41 組裝完成

六、功能測試

(一)作品操作方式與功能測試

我們的可調式虎鉗夾持工件時，是可以將螺桿上下移動以配合工件夾持位置。將螺桿中心對正固定鉗口受力面中心，夾持力將互相成一條直線。如此工件就不會翹起。首先將組裝好的產品試夾持看看，看看功能如何，其操作步驟如下：

1.將工件放置在虎鉗適當的位置，如圖 4-42 所示。

2.轉動螺母滑塊上的螺絲調整螺桿的高度，如圖 4-43 所示。

3.鎖緊螺母滑塊側邊的固定螺絲，如圖 4-44 所示。

4.螺桿調整到與夾持工件中心的相同高度即可鎖緊，達到水平夾持。如圖 4-45 所示。

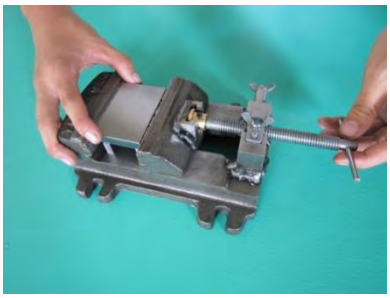


圖 4-42 將工件放置在虎鉗上

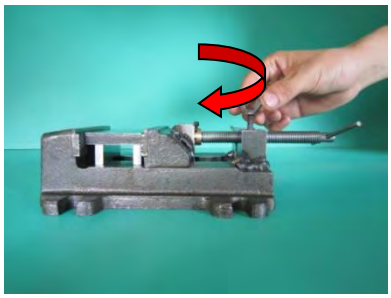


圖 4-43 調整螺桿的高度

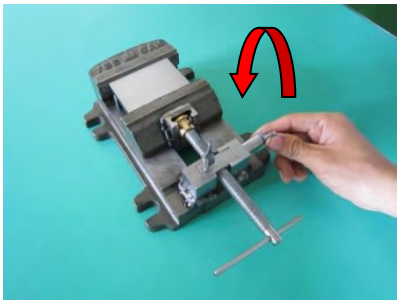


圖 4-44 緊螺母滑塊側邊的固定螺絲

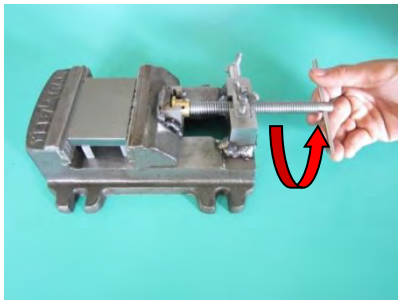


圖 4-45 夾持工件

為了增強結構，我們把上下調整機構的翼型螺栓 M6 加長，穿過底座，並且增加 **C 型扣環與螺母**，使得翼型螺栓除了調整**螺母滑塊**上下移動外，並讓**螺母滑塊**可以和底座連再一起，增加螺桿的穩定性。鎖緊**螺母滑塊**側邊的固定螺絲，就可以緊緊的把**螺母滑塊鎖再滑槽裡了。**

實驗 1：鑽削實驗

首先夾好工件作鑽削夾持試驗，測試我們製作的可調式虎鉗是否可以承受鑽床的切削加工。我們先用 ϕ3mm 作導鑽，再來鑽削 ϕ10mm，材料是 S25C 鑽頭材質是高速鋼。如圖 4-46 圖 4-47 所示，**發現在鑽削過程中很平順，工件並無抖動或搖晃現象，經實際操作測試我們製作的可調式小虎鉗是耐得住鑽孔的切削阻力。**

圖 4-46 ϕ3mm 鑽孔測試

圖 4-47 ϕ10mm 鑽孔實際測試

(二)夾持翹起實驗分析與比較

接著我們實驗虎鉗的夾持翹起實驗，我們找來未改良的一般小虎鉗與精密小虎鉗來作對照比較。

實驗 2.1：一般小虎鉗夾持翹起實驗

為了讓實驗更準確，首先我們拿了未修改的小虎鉗與精密小虎鉗，並且製作相對應的平行墊塊與試片。

實驗時將試片放在**上中下三種不同的位置**，為了使小虎鉗夾持時，**在中間的時候**，能依據前面第 9 頁中的 **3.虎鉗受力翹起原因分析**中的結論，工件與虎鉗固定鉗口受力面中心，可以通過螺桿中心。所以我們就透過測量及計算結果，可得：

當試片厚度 T=10 mm，螺桿直徑 D=16 mm，用高度規測得 A= 20mm

由 H = A-(D/2)-(T/2) = 20 - 8 - 5= 7 mm

所以我們必須製作 7mm 的平行墊塊二塊。

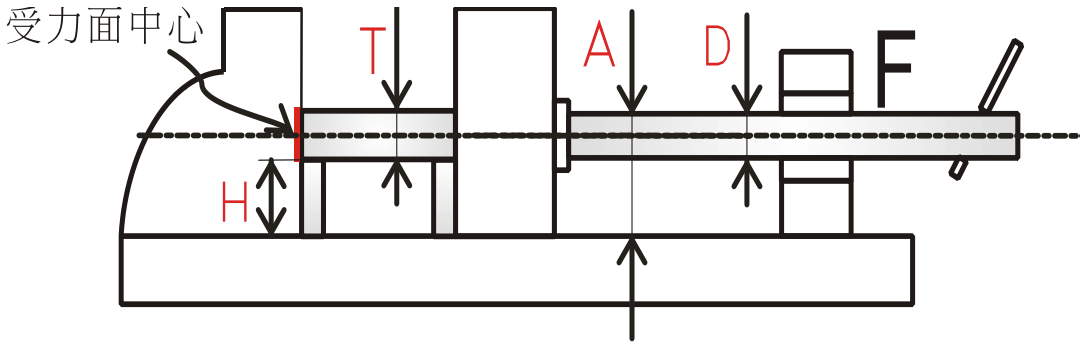


圖 4-48 平行墊塊高度位置關係圖

圖 4-49 小虎鉗

圖 4-50 平行墊塊銑削

圖 4-51 試片研磨

圖 4-52 平行墊塊研磨

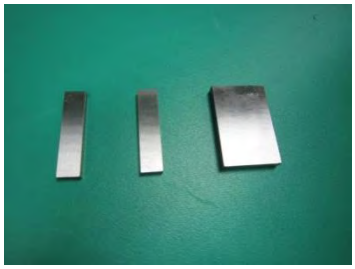


圖 4-53 平行墊塊與試片

圖 4-54 修改後的套筒

製作好了實驗的器具後我們利用學校新購的銑床來做實驗，將小虎鉗固定在銑床的床台上。把指示量表吸附固定在銑床床柱上，並調整指示量表測頭垂直於試片上，接著移動床台 X 軸，使量表測頭在測量線位置。為了讓夾持力可以一致，我們使用扭力板手，並將套筒加以切削改裝，以便可以套進螺桿旋轉。為了有客觀的比較值，我們模擬普通輕鎖虎鉗的力道， 設定好一致的扭力值 4Nm(牛頓米)，以利實驗比較分析。每一層做五次測試，再取平均值。

實驗的操作步驟如下

1.首先將小虎鉗螺桿輕輕轉動，使夾爪含住工件。

2.移動虎鉗床台 X 軸方向，使量表測頭距離固定鉗口邊 65 mm 畫線位置。

3.接著移動虎鉗床台，使量表測頭接觸工件後量表歸零。

4.將套筒套入螺桿。

5.旋轉扭力板手至「喀」響聲。

6.讀出並記錄量表顯示數據。

圖 4-55 螺桿輕轉夾持工件

圖 4-56 套上扭力板手

圖 4-57 旋轉至設定壓力

圖 4-58 中層試驗 1

圖 4-59 中層試驗 2

圖 4-60 下層試驗

表 **4-1** 一般小虎鉗夾持工件翹起情況 (單位 **0.01mm**)

位置	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值
上層	35.0	40.0	36.0	34.0	35.0	36.0
中層	3.0	4.0	2.0	3.0	2.0	2.8
下層	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0	2.6

結果：

1.在上層時試片翹起比較嚴重達 0.36 mm。

2.在中層翹起平均值 0.028 mm 下層翹起 0.026 mm 就比較不明顯了。雖然我們**機械加工時考慮到切削情形，一般均夾於上層**。但如果可以的話，使用小虎鉗時，建議還是儘可能夾持在虎鉗鉗口的下半部，夾持精密度會比較好。

3.一般的小虎鉗活動鉗口的間隙要調整好，否則也會影響夾持的精密度。

實驗 2.2：精密小虎鉗夾持翹起實驗

精密小虎鉗因為尺寸跟一般的小虎鉗不太一樣 ，因此中層平行墊塊的高度也是不一樣的我們量測及計算後得知 ：

當試片厚度 T=10 mm，螺桿直徑 D= 18 mm，用高度規測得 A= 31 mm

由 H = A-(D/2)-(T/2) = 31 - 9 – 5 = 17mm

所以我們也必須製作 17mm 高度的平行墊塊。

實驗的準備與步驟同**實驗 2.1**，下圖為實驗情況，所得數據如表 4-2 所示

圖 4-61 精密小虎鉗

圖 4-62 17 mm 平行墊塊

圖 4-63 量表歸零

圖 4-64 上層試驗

圖 4-65 中層試驗

圖 4-66 下層試驗

表 4-2 精密小虎鉗夾持工件翹起情況 (單位 0.01mm)

位置	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值
上層	4.0	4.5	3.5	4.0	4.0	4.0
中層	2.0	2.0	1.5	2.0	2.0	1.9
下層	0.5	0.5	0	1.0	0.5	0.5

結果：

1.即使是精密小虎鉗，在上層夾持時能平均會有 0.04 mm 翹起。

2.在中層平均有 0.019 mm 的翹起情況發生，在下層表現就很好平均僅會移動

0.005 mm。

3.精密虎鉗活動鉗口長度較長，結構不一樣，又比較精密，測量起來於中下層，工件確實上浮較少，唯單價比較高。

實驗 2.3：可調式虎鉗翹起實驗

我們自行設計的可調式虎鉗與其他小虎鉗不太一樣，**螺桿是可以上下移動調整的**，並不必如前面兩種虎鉗需要計算平行墊塊的高度。不過為了有上下層不同位置的數據，因此我們就利用前面的平行墊塊以便區分中下層。

實驗的準備與步驟同**實驗 2.1**，下圖為實驗情況，所得數據如表 4-3 所示，我們並將三個虎鉗所實驗的數據加以統整後繪出長條圖以利分析比較。

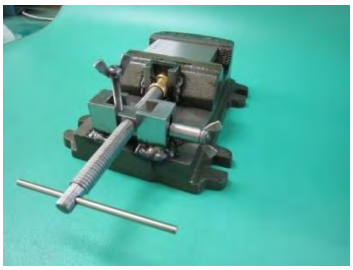


圖 4-67 可調式虎鉗

圖 4-68 可調式虎鉗與套筒

圖 4-69 上層試驗 1

圖 4-70 上層試驗 2

圖 4-71 中層試驗

圖 4-72 下層試驗

表 4-3 可調式虎鉗夾持工件翹起情況（單位 0.01mm）

位置	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值
上層	2.5	4.0	3.0	2.0	3.5	3.0
中層	4.0	2.0	2.5	3.5	2.0	2.8
下層	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0	2.8

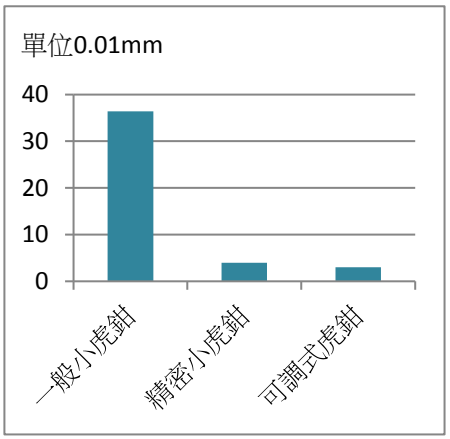


圖 4-73 上層夾持分析圖

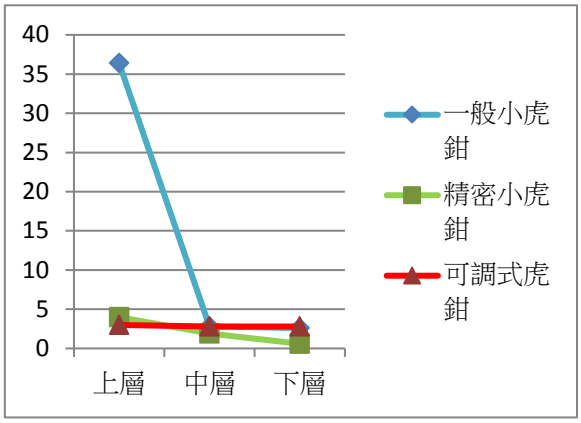


圖 4-74 虎鉗夾持分析圖(單位 0.01mm)

結果：

1.實驗得知：由圖 4-73 顯示可調式虎鉗在上層夾持時，平均上浮為 0.03mm 比一般小虎鉗的 0.36mm 精密很多，且比精密小虎鉗上層所測的精密度 0.04mm 好，**對我們常常必須使用上層夾持加工的精度已大幅提升。**

2.可調式虎鉗中層平均上浮為 0.029mm 和下層平均上浮為 0.028mm 均和上層差不多。可能是可調式虎鉗，活動件較多，有比較多的間隙誤差，如果可加強活動鉗口的長度與活動部位的精密度，工件翹起的情況應該會更加優良。

3.由圖 4-74 可知，使用固定螺桿高度的虎鉗，上層的夾持，因旋轉力外翻的因素，精度通常會較差，愈往下層夾持精度愈好。

4.**測試結果發現當螺桿高度調整到與固定鉗口受力中心成一直線時，即可達到相當精密的程度，與力學上的分析一致，經實驗結果證明我們的問題分析與產品確實是可行的。**

(三)夾持力實驗分析與比較

虎鉗夾持和螺紋千斤頂類似，均透過斜面的機械利益效果來，以小的施力便可舉起重物或夾持工件[12]。

其公式為

$$\eta = \frac{\mathrm{WxL}}{2\pi\mathrm{RxF}}$$

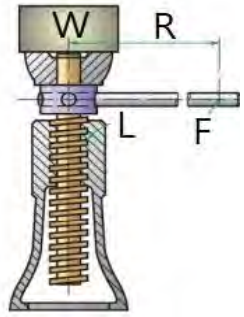


圖 4-75 螺紋千斤頂

η : 機械效率
W : 千斤舉起的重物
L : 螺紋的導程
F : 施力
R: 施力臂
M: 扭力
小虎鉗螺桿的導程 4.233 mm
精密小虎鉗的導程 4.233 mm
可調式虎鉗的導程 2.117 mm

當沒有摩擦力時，機械效率 η =1 。可是實際上是不可能的。**我們想進一步了解我們對螺桿施加了扭力，實際上最後對工件的夾持力到底是多少**。由前面的公式移項後 $W=\eta\frac{2\pi RF}{L}=\eta\frac{2\pi M}{L}$

可知千斤頂舉起的重物與施加的扭力與系統的機械效率成正比，與螺桿的導程成反比。

同時我們知道**彈簧具有高度的彈性位能，當受到負荷時，會產生變形**，這個變形量 δ 可以由游標卡尺測量出來。接著利用廠商所測量給我們的彈簧常數值 K=19.32 kg/mm，進而由**虎克定律 $F=K\delta$** ，就可以**換算出夾持力的大小**。

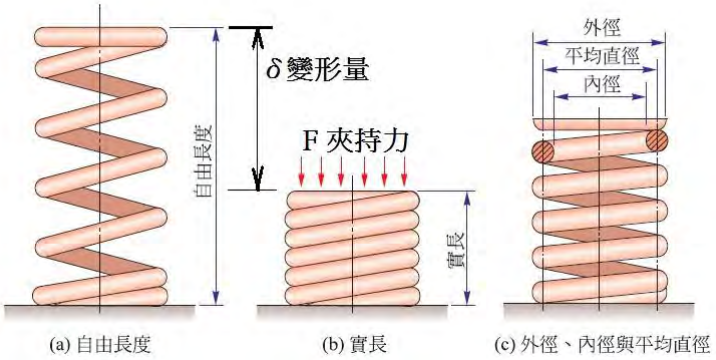


圖 4-76 螺旋壓縮彈簧受力變形圖

實驗 3 : 虎鉗夾持力實驗

我們首先量測小虎鉗的夾持力，扭力板手從 2Nm 扭力開始設定，量測五次，接著依序設定 3Nm 4Nm 5Nm 6Nm 扭力大小來量測彈簧的變形量，並換算出夾持力，實驗步驟如下:

1. 將壓縮彈簧放在虎鉗夾持位置上。
2. 旋轉虎鉗螺桿，讓活動鉗口輕夾住彈簧。
3. 用數位式游標卡尺量測歸零。
4. 將套筒套入螺桿。
5. 旋轉扭力板手至「喀」響聲。
6. 讀出並記錄游標卡尺量得的數據。

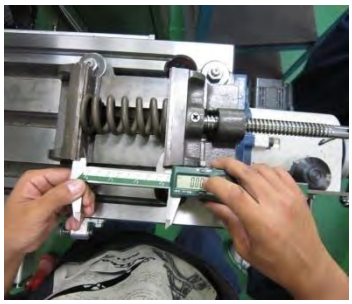


圖 4-77 游標卡尺歸零

圖 4-78 旋轉扭力板手

圖 4-79 量測彈簧變形量

圖 4-80 精密小虎鉗量測

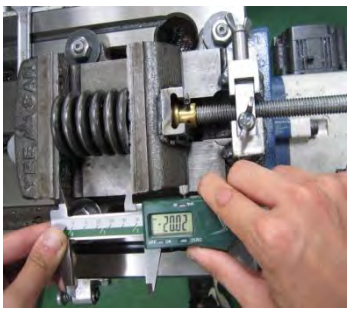


圖 4-81 可調式虎鉗量測(一)

圖4-82 可調式虎鉗量測(二)

實驗數據如下:

表 4-4 小虎鉗螺桿扭力與夾持力關係

扭力值 Nm	2Nm	3Nm	4Nm	5Nm	6Nm
第一次 mm	3.82	5.39	7.45	9.48	11.55
第二次 mm	3.99	5.53	7.24	9.56	11.58
第三次 mm	3.88	5.34	7.32	9.32	11.21
第四次 mm	4.06	5.33	7.24	9.61	11.27
第五次 mm	3.86	5.69	7.12	9.37	11.2
壓縮長度 mm(平均值)	3.92	5.46	7.27	9.47	11.36
夾持力 kg(平均值)	75.77	105.41	140.53	182.92	219.51

表 4-5 精密虎鉗螺桿扭力與夾持力關係

扭力值 Nm	2Nm	3Nm	4Nm	5Nm	6Nm
第一次	3.92	6.18	7.07	9.08	10.72
第二次	4.03	6.21	7.28	9.36	11.06
第三次	3.86	5.99	7.32	8.98	11.02
第四次	4.01	6.1	7.52	8.96	11.12
第五次	4.02	6.16	7.35	9.06	10.76
壓縮長度 mm(平均值）	3.97	6.13	7.31	9.09	10.94
夾持力 kg(平均值)	76.66	118.39	141.19	175.58	211.28

表 4-6 可調式虎鉗螺桿扭力與夾持力關係

扭力值 Nm	2Nm	3Nm	4Nm	5Nm	6Nm
第一次	8.50	12.01	16.50	20.03	23.30
第二次	8.62	11.92	16.39	19.70	23.26
第三次	8.68	12.18	16.60	20.14	23.03
第四次	8.54	12.24	16.48	20.15	23.25
第五次	8.63	12.29	16.41	20.03	23.01
壓縮長度 mm(平均值）	8.59	12.13	16.48	20.01	23.17
夾持力 kg(平均值)	166.04	234.31	318.32	386.59	447.64

接著我們把三個虎鉗的平均夾持力整合列表出來，並畫出折線圖，就很清楚可以看出**螺桿扭力與夾持力關係**。

表 4-7 虎鉗螺桿扭力與夾持力關係

扭力 Nm	2Nm	3Nm	4Nm	5Nm	6Nm
小虎鉗夾持力 kg	75.77	112.06	140.53	182.92	219.51
精密虎鉗夾持力 kg	76.66	118.39	141.19	175.58	211.28
可調式夾持力 kg	166.04	234.31	318.32	386.59	447.64

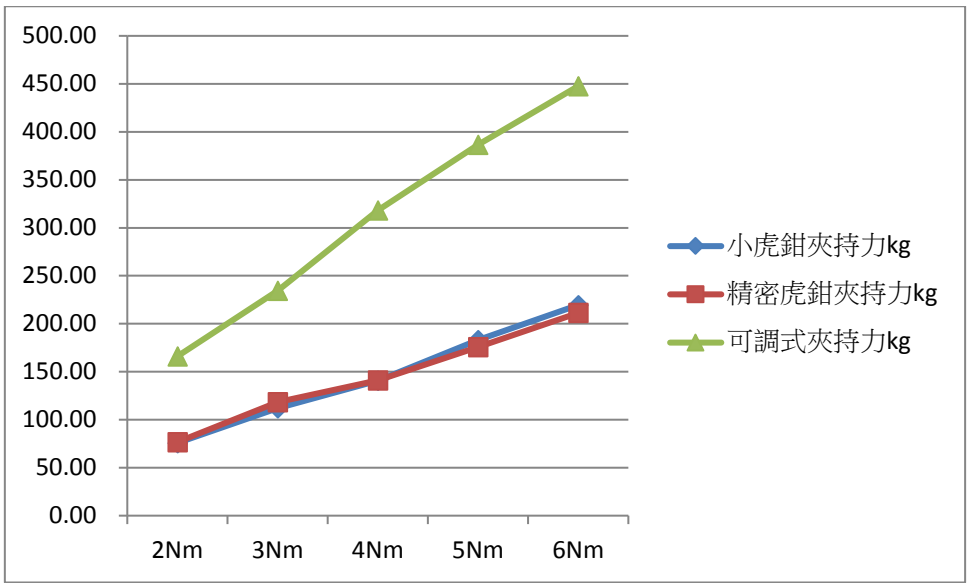


圖 4-83 螺桿扭力與夾持力關係圖

因為已經測量出螺桿扭力與夾持力的大小，所以我們直接帶入公式

$\eta = \frac{WxL}{2\pi RxF} = \frac{WxL}{2\pi M}$來計算三個虎鉗的機械效率，如表 4-8 所示。

表 4-8 虎鉗的機械效率

扭力 Nm	2Nm	3Nm	4Nm	5Nm	6Nm	平均機械效率
小虎鉗	0.25	0.25	0.23	0.24	0.24	0.24
精密虎鉗	0.25	0.26	0.23	0.23	0.23	0.24
可調式虎鉗	0.27	0.26	0.26	0.26	0.25	0.26

實驗結果:

1.由實驗可得知，彈簧的伸長量和扭力大小成正比的，彈簧的性能是有遵循虎克定律的。

2.可調式虎鉗螺桿為每吋 12 牙(L= 2.117mm)，精密小虎鉗是使用每吋 6 牙(L=4.233)，**雖然是使用同樣的扭力值實驗，可是可調式虎鉗的夾持力反而更大**

3.由表 4-8 ，可知**三者的機械效率均不大，大約在 0.24 ～ 0.26 之間**。

伍、研究結果

一、**由實驗 1 鑽削實驗中得知，我們的可調式虎鉗式可承受鑽孔的切削阻力。**

二、由實驗 2.1 得知：一般小虎鉗在上層翹起比較嚴重，平均有 0.36 mm，而中層有 0.028mm 與下層 0.026mm 情況就改善很多。

三、由實驗 2.2 得知：即使是精密小虎鉗，在上層夾持時還是會上浮，平均會有 0.04 mm 的翹起，而中層有 0.019mm 與下層 0.005mm 就比較精密。

四、**由實驗 2.3 得知：可調式虎鉗在上層時工件平均翹起為 0.03mm 比一般小虎鉗的 0.36mm 好很多，也比精密小虎鉗的 0.04 mm 佳。而中下層均為 0.028mm。對我們常常必須使用上層夾持加工的情況，精密度已大幅提升。**

五、可調式虎鉗上層、中層、下層上翹情況均差不多，符合前面問題分析的推論。

六、由圖 4-74 可知，使用固定螺桿高度的虎鉗，上層的夾持，因旋轉力外翻的因素，精度通常會較差，愈往下層夾持精度愈好。

七、**測試結果發現當螺桿高度調整到與固定鉗口受力中心成一直線時，即可達到相當精密的程度**，經實驗後我們的產品確實可行。

八、由實驗 3 可得知，彈簧的伸長量和扭力大小成正比的，彈簧的性能是有遵循虎克定律的。

九、由實驗 3 可得知，雖然是使用同樣的扭力值，可是因為不同的螺桿導程，**可調式虎鉗的夾持力反而更大**。同時可知三者的機械效率均不大，大約在 0.24 ～ 0.26 之間。

十、學校的銑床雖然是一個加工工作母機，但同時也是一個實驗的好平台。

陸、討論

一、**剛開始做實驗時標準沒有統一，造成數據混亂，後來重新律訂參數，把標準統一，數據才比較穩定。**

二、平行墊塊跟試片，未來有機會應加以熱處理，較不會不小心碰撞就受傷凸起。

三、一般精密虎鉗均採用角固鎖式，活動鉗口有向下壓的分力，以及把活動鉗口的長度增大，增加鉗制效果，但還是要尺寸與配合需精密，因此價格較貴。

四、因改裝的滑槽是採用碳鋼，而原本採用的小虎鉗是鑄鐵材質，銲接時接合不良，常常要重來，清除銲道再重新焊接，浪費很多時間。

五、**目前僅改裝受力情況較小的鑽床小虎鉗，以後如有機會可改裝較重切削的銑床虎鉗。**

六、試片翹起的情況除了受力，加工的品質與組裝的精密度也有關係。

七、**可調式虎鉗，因為要夾持上層工件，因此整個結構會往上提升，在操作時更要注意，以免造成加工時的干涉。**

八、因為我們是使用鑄件的小虎鉗去改良，外型較不規則。因此在機械加工時，常常會在工件的夾持與尺寸的定位上，花上不少時間對準。

九、可調式虎鉗的中層、下層上翹情況和上層差不多，符合前面問題分析的推論。但可能是系統上的間隙誤差，夾持時還是有些微的上浮，如果可加強活動鉗口的長度與活動部位的精密度，相信夾持效果會更好，更不容易上浮。

十、夾持力實驗時，因為使用彈簧量測，當扭力愈大時，作功距離就愈長，實驗用的虎鉗磨損就越大，如果可以還是要選用彈簧常數較大者為宜。

十一、**虎鉗的機械效率均不高**，其影響的變數也很多，以後如有機會，希望可以更進一步的研究。

十二、**如果可調式虎鉗利用翻模鑄造**，再加以切槽加工，便可大量生產便宜又好用的虎鉗。

柒、結論

當我們要做機械加工處理時，工件必定需要夾持，以抵抗加工時的切削阻力，而最普遍的夾持方式，便是利用虎鉗來夾持固定。而這時**虎鉗的精密度必然就會影響到加工的精密度**。因此虎鉗對我們機械加工而言是很重要的

目前市售的一般小虎鉗，本身因價格便宜，夾持時的精密度較差。我們為了改進這缺點，自行設計了**可調式虎鉗**，透過力學上的可傳性原理、力矩與力偶原理，並經材料強度分析，確定我們所設計的尺寸是足以克服鑽削時所產生的切削力。之後利用便宜的小虎鉗予以修改，並將所有加工好的零件加以組裝，再作功能測試。我們在鑽床上使用 ϕ10mm 高速鋼鑽頭，鑽削 S25C，**經實際鑽削測試可調式小虎鉗是耐得住鑽孔的切削阻力。**

一般切削加工，工件固定大部分均夾持於虎鉗的上層。經我們實驗夾持水平翹起測試：一般小虎鉗在上層固定工件時，以 4 Nm 的扭力來夾持 10mm 的試片，在距離固定鉗口 65 mm 的位置，上翹有 0.36 mm。精密小虎鉗翹起有 0.04 mm，**而我們自行設計改良的可調式虎鉗平均僅翹起 0.03 mm，精度更好，而且價錢便宜。在夾持力實驗中，發現可調式虎鉗因為螺桿導程較小反而可以增大虎鉗的夾持力，**同時虎鉗的機械效率平均都不高約在 0.24~ 0.26 左右。

在整個測試結果發現，當螺桿高度調整到與固定鉗口受力中心成一直線時，虎鉗鉗口就不會外翻，夾持精度就容易控制，我們製作的產品確實可行。

在此研究中，我們學到了**做中學**的道理與技術的活用，力學不僅僅是課堂中的事，更可以活生生的在實習工場中學習到。讓我們更瞭解到理論跟實務是可以互相搭配而且相輔相成的。

捌、參考資料及其他

1. 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
蔡貴香	2013/07/01	M456256	中心虎鉗改良結構
楊啓明、鄭金村	1993/09/21	213617	精密調整角度虎鉗
林溪水	2014/07/01	M481097	角固式虎鉗結構

2. 黃榮文編著(民 76 年 9 月)。**工具設計**。台北市：全華圖書股份有限公司。
3. 張天津譯(民 73 年 8 月)。**工具設計**。P203-274。台北市：大中國圖書公司。
4. 陳海清編著(2011 年 4 月)。**機械力學Ⅰ Ⅱ**。新北市：全華圖書股份有限公司。
5. 張國彬編著(2014 年 4 月)。**機械力學Ⅰ Ⅱ**。新北市：全華圖書股份有限公司。
6. 小栗富士雄 小栗達男 著(民 81 年 2 月)。**機械設計便覽**。台北市：臺隆書店。
7. 黃仁明編譯(民 74 年 2 月)。**機械設計**。台北市：全華圖書股份有限公司。
8. https://laws.mol.gov.tw/FLAW/FLAWDAT0201.aspx?lsid=FL038447 勞動部勞動法令查詢系統。升降機安全檢查構造標準(民國 103 年 06 月 27 日修正)。
9. https://wenku.baidu.com/view/5ee513cc0508763231121251.html?from=search: 加工計算 1。鑽孔計算 3-2-2。百度文庫。
10. 施忠良 張漢佑 編著(2009)。**機械基礎實習**。台北縣：新文京出版社。
11. 力雅科技 編著(2004 年 4 月)。SolidWorks 2004 實戰演練。台北市：知城數位科技股份有限公司。
12. 葉倫祝編著(2015 年 2 月)。**機件原理Ⅰ**。新北市：全華圖書股份有限公司。

【評語】052309

本作品研究可調式虎鉗、將螺桿高度與固定鉗口受力中心調成一直線時，可以減少旋轉力以提升精密。機構設計有學理依據且具有獨特性。另外，整體實驗結果完整，相關文件也相當完備。本作品特點為:

1. 改善現有小虎鉗夾持翹起的缺失，增加夾持強度進而提升加工精確度。
2. 結構簡單，成本低，機械加工效果顯著。
3. 內容具備力學分析、設計、實作、實驗與數據分析，主題屬於較專業的發想，具有一定產業上的實用價值，是一份很好的科展成果。

作品海報

摘　要

首先研擬製作方向，透過力學上的分析，得到當螺桿高度與固定鉗口受力中心成一直線時，活動鉗口就沒有旋轉力，夾持的精密度就會較好，進而設計出可調式虎鉗。先利用電腦繪出設計圖，接著3D列印打樣，反覆修改。後經材料強度分析，試算確定可以承受鑽孔的切削力。再經車床、銑床、鉗工、銲接等製作組裝。後經鑽孔測試中，是平順且無抖動。夾持實驗中，一般小虎鉗上層平均上翹0.36mm，精密小虎鉗是0.04mm，而本產品僅為0.03mm，接著做夾持力實驗測試夾持力的大小。對一般使用上層夾持者來說，本產品是便宜又兼具精度。

壹、研究動機

於鑽床上鑽孔，使用小虎鉗夾持時，工件很容易就翹起來，用太大的力有時反而上翹更加嚴重，不僅影響到加工的精密度與垂直度，有時反而使得工件脫離虎鉗而發生危險。

貳、研究目的

一、改善現有小虎鉗夾持翹起之缺失。
二、設計出螺桿可上下調整功能的小虎鉗。
三、設計出成本低精度好的一般小虎鉗。
四、實驗虎鉗水平翹起的差異與夾持力的大小。

參、研究設備及器材

車床、銑床、鑽床、鉗工桌等及其附屬設備。還有筆記型電腦、量表、游標卡尺、扭力板手等量具。

車床及附件

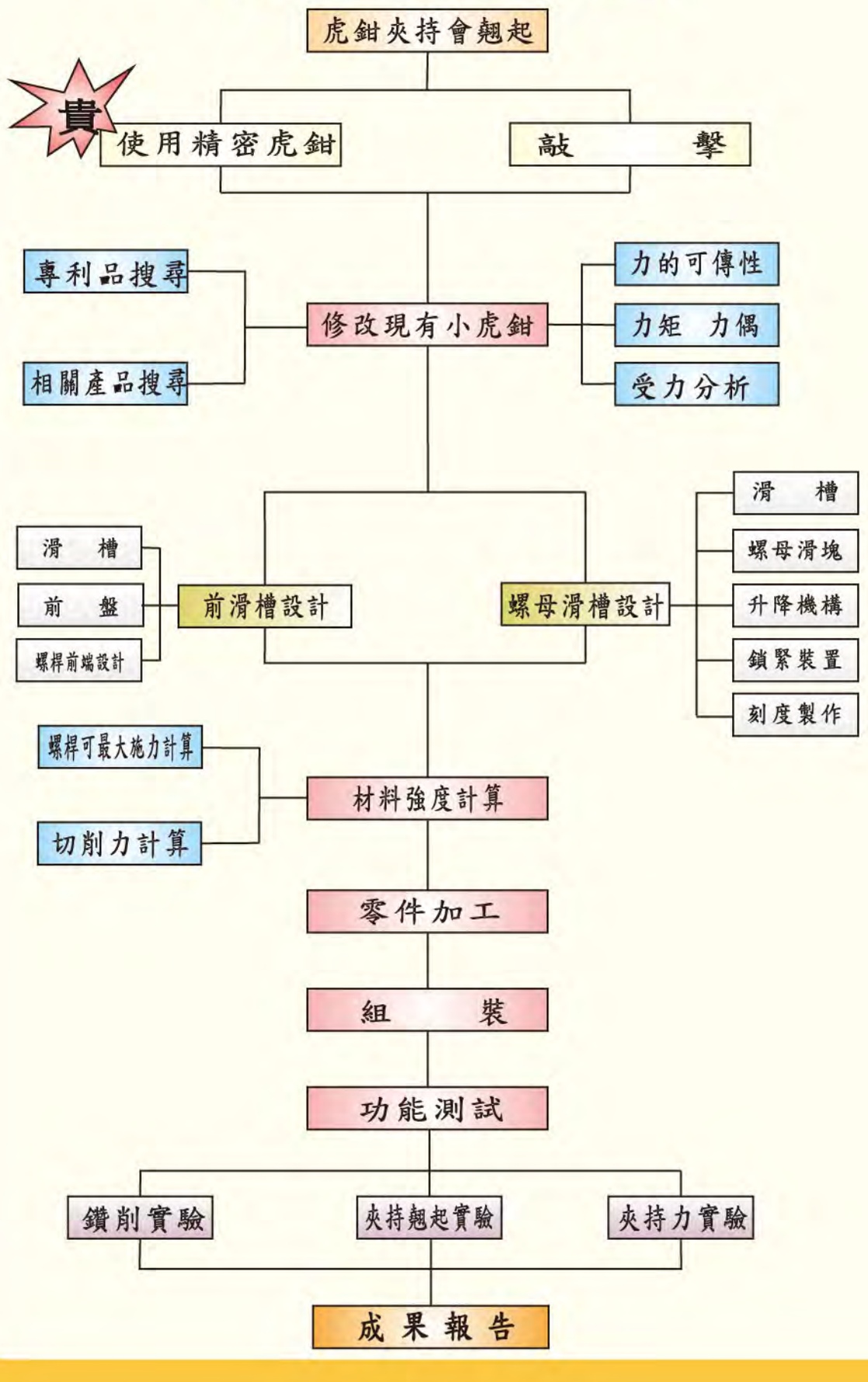
銑床及附件

鑽床

鉗工設備

量具

肆、研究過程或方法

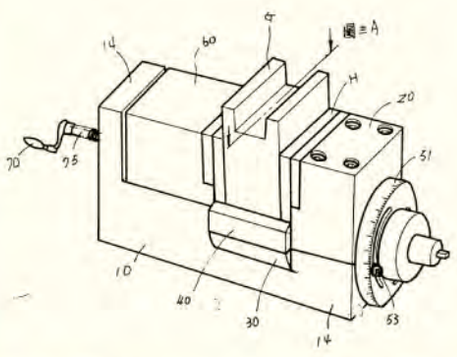


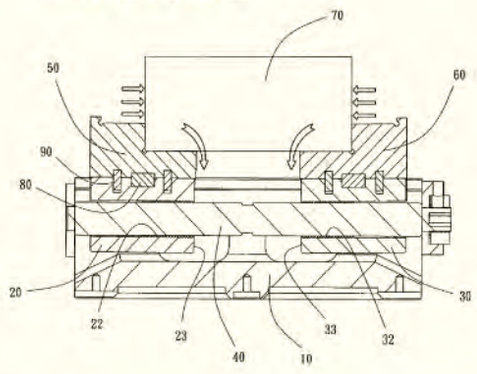
一、文獻探討

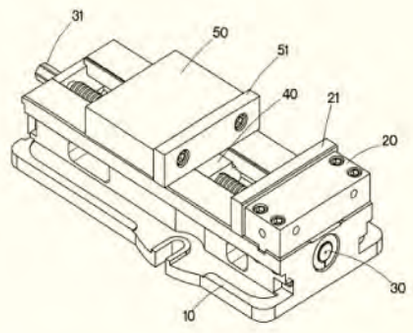
(一)、虎鉗

要做機械加工處理時，一般工件需要夾持，以抵抗加工時的切削力，而最普遍的夾持方式，便是利用虎鉗來夾持固定。虎鉗夾持的精密度必然會影響到加工的品質。

1. 一般小虎鉗：一般使用在較不精密的場合

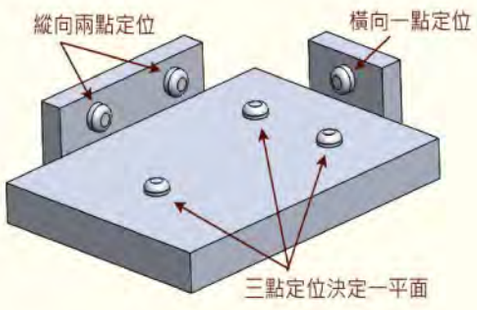

2. 專利虎鉗一：可精密調整角度虎鉗。


3. 專利虎鉗二：兩鉗口可同時移動快速夾緊工件。

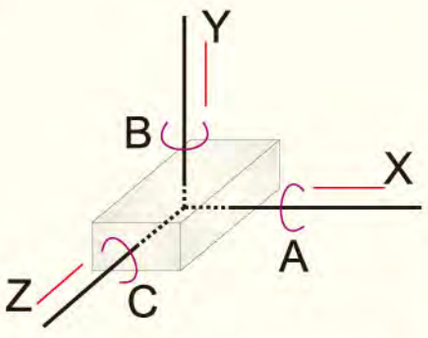

4. 專利虎鉗三：角固式虎鉗夾持時會有下壓的力量，構造較複雜。

(二)、定位與夾緊原則

1. 定位的原則：
3-2-1定位原則是垂直方向有三個定位點，配合縱向的二個定位及橫向的一個定位點就可以把工件的基準面加以定位，加上夾緊動作便可以完全限制工件六個自由度運動。



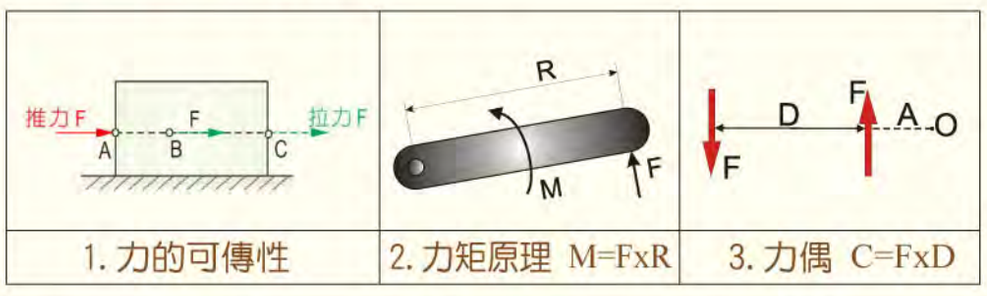
定位原則



空間中六個自由度

2. 夾緊的原則：
夾緊機構不可傷及工件，儘可能使操作的部位為於夾具前方，夾緊機構應具有自鎖作用，應盡量選用標準零件，等等幾項原則。

(三)、依據理論及原理

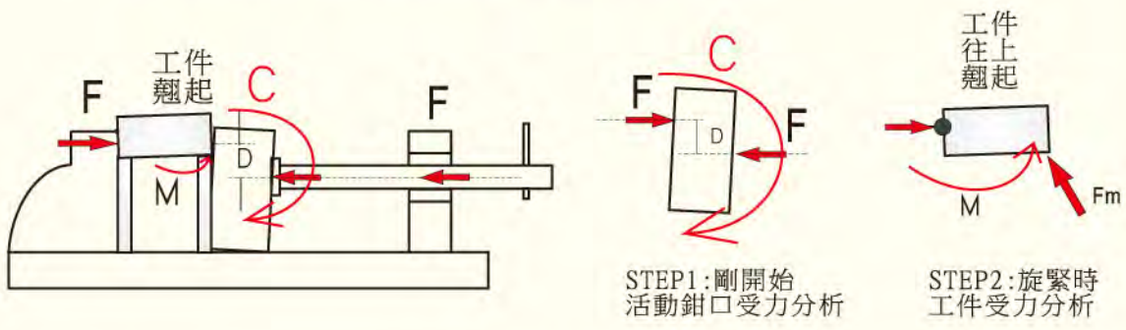


1. 力的可傳性　2. 力矩原理 M=FxR　3. 力偶 C=FxD

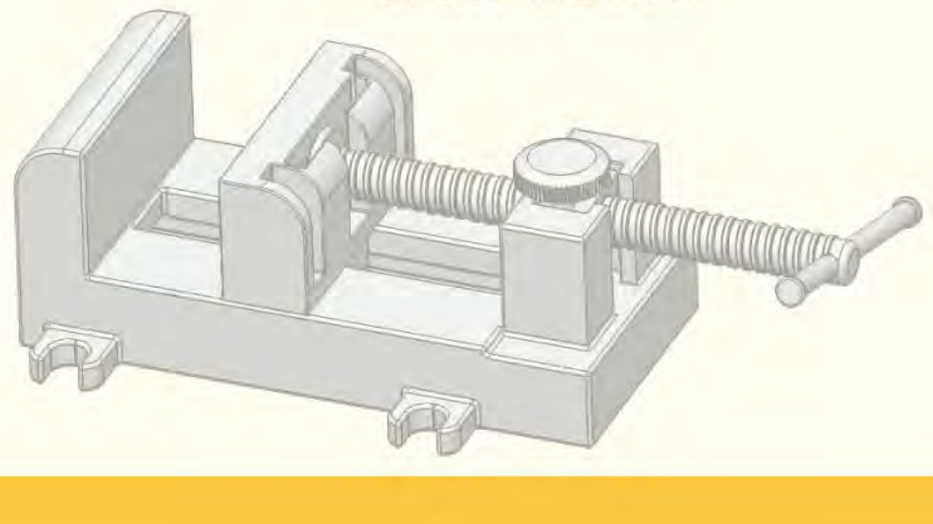
二、研擬製作方向

虎鉗受力翹起原因分析：

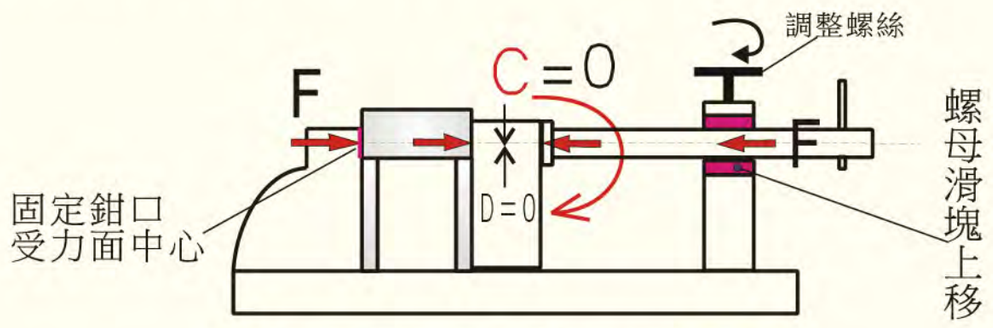
一般小虎鉗精密度比較差，將螺桿旋緊後，因受力與及夾持位置的關係會產生旋轉力C與M，使得活動鉗口及工件一同翹起。



受力時工件翹起分析

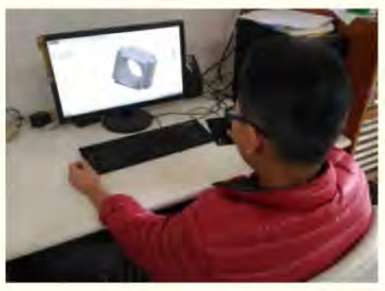


如果將螺桿中心移到與固定鉗口夾持時受力面中心位置一致時，因為力的可傳性原理與兩個力的垂直距離為0，沒有了力臂，因此就沒有了旋轉力，所以工件與活動鉗口就沒有翹起的力量。工件就很容易就可以夾平了。

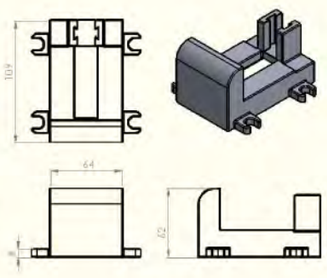


螺桿上升到與固定鉗口受力中心一致時分析

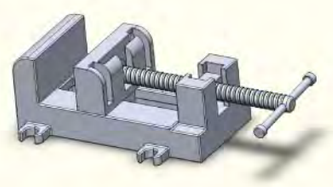
三、繪製設計圖



繪製設計圖



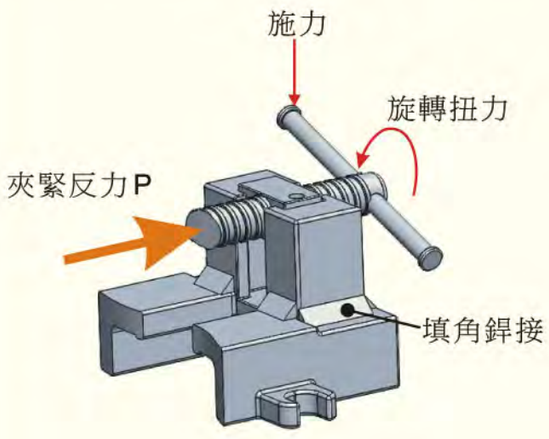
底座

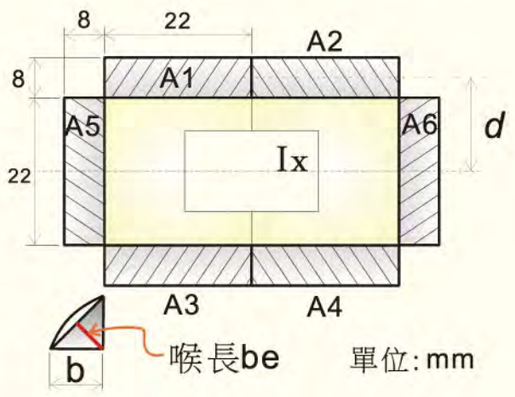


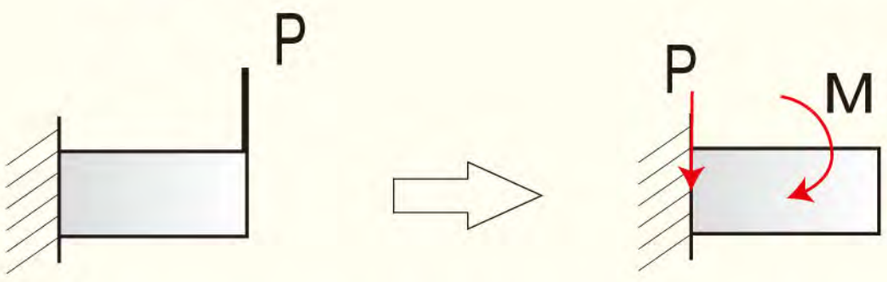
繪製組合圖

四、材料強度計算

在螺桿鎖緊過程中，整個活動鉗口的夾緊力，會經螺桿透過螺母滑槽座做支撐，破壞處就在固定面即是填角銲接處。







(一)、由容許的剪應力來計算可承受螺桿的最大推力為多少

剪應力公式$\tau_w = \dfrac{P}{A_e}$ (經查機械設計便覽容許工作應力)

剪力(夾緊反力) $\mathbf{P} = \tau_w \times A_e = 2.6 \times 746.6 = 1941.2$ kg

(二)、由容許的工作應力來計算可承受螺桿的最大推力為多少

由 $\sigma_w = \dfrac{M\,y}{I_x}$ $\quad M = \dfrac{\sigma_w \times I_x}{y} = 22322$ kg-mm

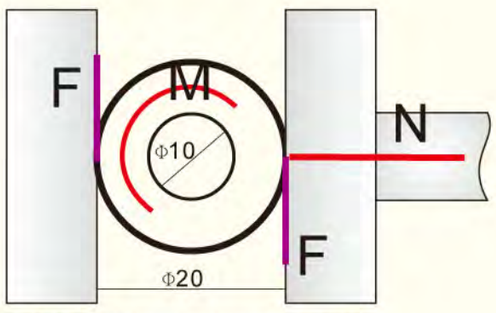
可得 $P = \dfrac{M}{L} = \dfrac{22322}{30} = 744$ kg

由容許的剪應力與容許的工作應力分別計算出，所能夠承受的最大螺桿推力取兩者之最小值為 P = 744 kg

(三)、由鑽床的切削力來試算虎鉗的夾持力

鑽 ϕ 10mm的圓孔時，鑽孔扭力經經驗公式計算得 M=524 kg-mm

如我們有工件 ϕ 20mm的圓桿，要鑽削 ϕ 10mm的圓孔時，圓桿被夾持時所產生的摩擦力必須要能克服鑽孔扭力M 由摩擦力公式F=μN



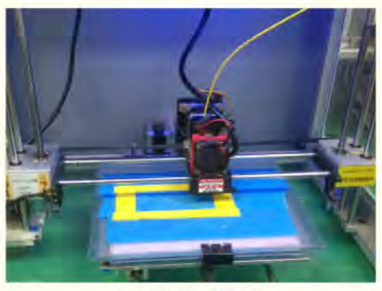
查摩擦係數 μ=0.1 ～ 0.2 取0.15

M=2RF　N=M/(2μR)

計算得虎鉗的夾持力(正壓力)只要 N=175 kg 就可以夾住圓桿了，如果是長方形工件，應可更低，所以我們的尺寸與結構是足以克服鑽削時的扭力。

五、實物製作

將所設計的工作圖，分別以3D印表機列印。先將大部份的構造列印打樣，檢討改進反覆修改，經材料力學驗證確定可行後，接著再利用車床、銑床、鑽床以及銲接等加工成形，最後加以組裝。



3D列印打樣

列印完成的零件

螺母滑塊銑削加工

銑床銑削加工

鉗工攻螺紋

車床加工

銲接

零組件

組裝完成

六、功能測試

實驗1：鑽削實驗

先用 ϕ 3mm作導鑽，再來鑽削 ϕ 10mm，材料是S25C鑽頭材質是高速鋼。發現在鑽削過程中很平順，工件並無抖動或搖晃現象，經實際操作測試我們製作的可調式小虎鉗是耐得住鑽孔的切削阻力。

調整螺桿的高度

鎖緊側邊的螺絲

ϕ 10mm鑽孔實際測試

實驗2：虎鉗夾持翹起實驗

我們找來未改良的一般小虎鉗與精密小虎鉗來和可調式虎鉗做比較，看看是否夾持水平有改善。

平行墊塊銑削

試片研磨

平行墊塊與試片

修改後的套筒

表1. 一般小虎鉗夾持工件翹起情況（單位0.01mm）

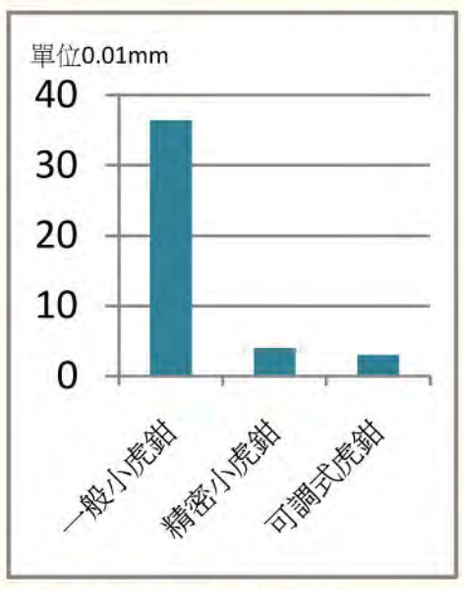
位置	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值
上層	35.0	40.0	36.0	34.0	35.0	36.0
中層	3.0	4.0	2.0	3.0	2.0	2.8
下層	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0	2.6

表2. 精密小虎鉗夾持工件翹起情況（單位0.01mm）

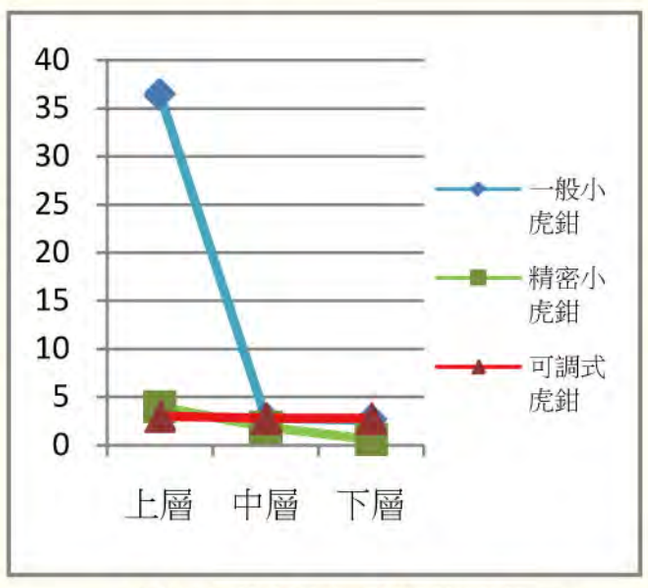
位置	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值
上層	4.0	4.5	3.5	4.0	4.0	4.0
中層	2.0	2.0	1.5	2.0	2.0	1.9
下層	0.5	0.5	0.0	1.0	0.5	0.5

表3. 可調式虎鉗夾持工件翹起情況（單位0.01mm）

位置	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值
上層	2.5	4.0	3.0	2.0	3.5	3.0
中層	4.0	2.0	2.5	3.5	2.0	2.8
下層	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0	2.8



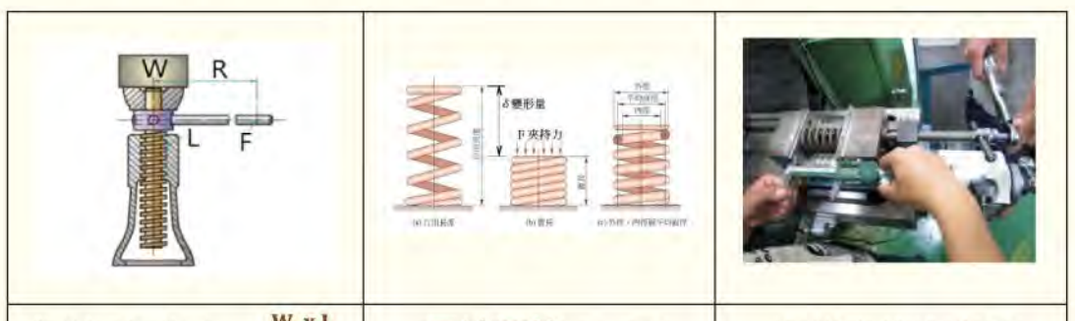
上層夾持分析圖(單位0.01mm)



虎鉗夾持分析圖(單位0.01mm)

實驗3 ： 虎鉗夾持力實驗

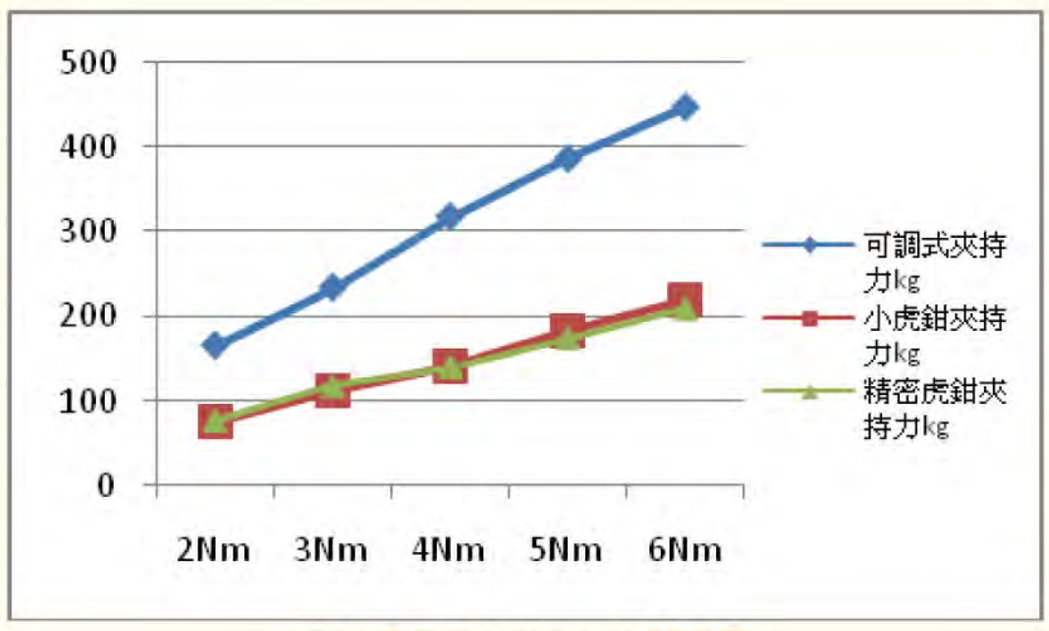
我們想進一步了解對螺桿施加了扭力，實際上最後對工件的夾持力到底是多少。
(使用的壓縮彈簧K=19.32Kg/mm)



螺紋千斤頂 $\eta = \frac{W \times L}{2\pi R \times F}$	壓縮彈簧 F=Kδ	虎鉗夾持力實驗

表4. 虎鉗螺桿扭力與夾持力關係

扭力 Nm	2Nm	3Nm	4Nm	5Nm	6Nm
小虎鉗夾持力 kg	75.77	112.06	140.53	182.92	219.51
精密虎鉗夾持力 kg	76.66	118.39	141.19	175.58	211.28
可調式夾持力 kg	166.04	234.31	318.32	386.59	447.64



虎鉗螺桿扭力與夾持力關係圖

因為已經測量出螺桿扭力與夾持力的大小，所以我們直接帶入公式 $\eta = \frac{WxL}{2\pi RxF} = \frac{WxL}{2\pi M}$ 來計算三個虎鉗的機械效率，三者的機械效率均不大，大約在0.24～0.26之間。

伍、研究結果

一、實驗1實際鑽削得知，我們的可調式虎鉗式承受了鑽孔的切削阻力。

二、由實驗2得知：可調式虎鉗在上層時工件平均翹起為0.03mm 比一般小虎鉗的0.36mm好很多，也比精密小虎鉗的0.04mm佳。而中下層均為0.028mm。對我們常常必須使用上層夾持加工的情況，精密度已大幅提升。

三、一般小虎鉗，上層的夾持，因旋轉力外翻的因素，精度通常會較差，愈往下層夾持精度愈好。而可調式虎鉗上層、中層、下層上翹情況均差不多，符合前面問題分析的推論。

四、測試結果發現當螺桿高度調整到與固定鉗口受力中心成一直線時，即可達到相當精密的程度，經實驗後我們的產品確實可行。

五、由實驗3可得知，彈簧的伸長量和扭力大小成正比的，彈簧的性能是有遵循虎克定律的。

六、由實驗3可得知，雖然是使用同樣的扭力值，可是因為不同的螺桿導程，可調式虎鉗的夾持力反而更大。同時可知三者的機械效率均不大，大約在0.24 ～ 0.26之間。

陸、討論

一、剛開始做實驗時標準沒有統一，造成數據混亂，後來重新律訂參數，把標準統一，數據才比較穩定。

二、因改裝的滑槽是採用碳鋼，而原本採用的小虎鉗是鑄鐵材質，銲接時接合不良，常常要重來，清除銲道再重新焊接，浪費很多時間。

三、目前僅改裝受力情況較小的鑽床小虎鉗，以後如有機會可改裝較重切削的銑床虎鉗。

四、試片翹起的情況除了受力位置，加工品質與組裝的精密度也有關係。

五、可調式虎鉗，因為要夾持上層工件，因此整個結構會往上提升，在操作時更要注意，以免造成加工時的干涉。

六、因為我們是使用鑄件的小虎鉗去改良，外型較不規則。因此在機械加工時，常常會在工件的夾持與尺寸的定位上，花上不少時間對準。

七、夾持力實驗時，因為使用彈簧量測，當扭力愈大時，作功距離就愈長，實驗用的虎鉗磨損就越大。

八、虎鉗的機械效率均不高，其影響的變數也很多，以後如有機會，希望可以更進一步的研究。

柒、結論

目前市售的一般小虎鉗，本身因價格便宜，夾持時的精密度較差。我們為了改進這缺點，自行設計了可調式虎鉗，透過力學上的可傳性、力矩與力偶原理，並經材料強度分析。接著之後利用便宜的小虎鉗予以修改，並將所有加工好的零件加以組裝，再做功能測試。

我們在鑽床上使用 ϕ 10mm高速鋼鑽頭，鑽削S25C，經實際鑽削測試可調式小虎鉗是耐得住鑽孔的切削阻力。

一般切削加工，工件固定大部分均夾持於虎鉗的上層。經我們實驗夾持水平翹起測試：一般小虎鉗在上層固定工件時，以4 Nm的扭力來夾持10mm的試片，在距離固定鉗口65mm的位置，上翹有0.36mm。精密小虎鉗翹起有0.04mm，而我們自行設計改良的可調式虎鉗平均僅翹起0.03mm，精度更好，而且價錢便宜。在夾持力實驗中，發現可調式虎鉗因為螺桿導程較小反而可以增大虎鉗的夾持力，同時虎鉗的機械效率平均都不高約在0.24~0.26左右。

在整個測試結果發現，當螺桿高度調整到與固定鉗口受力中心成一直線時，虎鉗鉗口就不會外翻，夾持精度就較好。在此研究中，我們瞭解到理論跟實務是可以互相搭配而且相輔相成的。