

第十三屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA13-274

作品名稱：虎鉗附加角鐵裁切器

姓名：周書賢

關鍵字：角鋼、裁切、虎鉗

作品名稱：虎鉗附加角鐵裁切器

摘要

市面上角鐵裁切的機器很多種，常見有大型的沖床機構以及油壓式裁剪機台。大型機台需要固定位置使用，並且可以適用不同大小尺寸的角鋼裁剪。若需要可以便利攜帶的剪切裝置，可以使用簡易裁切機，可剪切較薄角鋼約 1.5mm 內。若要剪切較厚角鋼約 2.2mm 時，需要使用油壓機構，裝置較為複雜及重量重。本研究主要是設計製作一組可以裝置於虎鉗上的剪切裝置，利用虎鉗螺桿的增壓作用，加上應用肘節機構的設計，本裝置可以輕易剪切厚度 2mm 以上的角鋼，除了在比賽場合可以有效增加加工效率，也可以提供一般工廠簡易的裁切角鋼使用，由於機構簡單、體積小，所以具有成本低的特點。研究過程中我們也討論不同角度刀刃對切斷效果的影響，除了原本 90 度的衝頭外，另外製作 100 度及 80 度的衝頭，經過測試後發現 100 度衝頭可以減少施力。

壹、研究動機

學校有一台油壓的角鋼裁切機，可是最近壞了，因為我們有專題的題目要使用到角鋼，就只好使用手工鋸鋸切，鋸切一塊有一段時間，而且好辛苦，雖然可以鍛鍊體力，可是有沒有手工角鐵裁切機呢？到五金行問老闆，老闆說有一種手工角鐵裁剪機，如圖 1，只能切割較薄的角鋼如一般的萬能角鋼，如果厚角鋼是無法切割的。所以我們計畫設計一組手動裁剪機構，可以迅速容易地裁剪角鋼。



圖 1 手動角鋼裁剪器

貳、研究目的

由於角鋼在建築、機械等領域使用非常多，也有不同的形式設計，爲了設計完成角鋼裁切機構，我們需要完成如下工作：

- 一、研究角鋼的各種規格尺寸
- 二、了解角鋼的剪切力學
- 三、討論並設計一組增力剪切機構
- 四、完成整體機構製作及測試

參、研究設備及器材

- 一、虎鉗一組
- 二、雷射切割加工機
- 三、車床
- 四、銑床
- 五、鑽床
- 六、電腦
- 七、6mm 鋼板

肆、研究過程或方法

一、研究流程圖

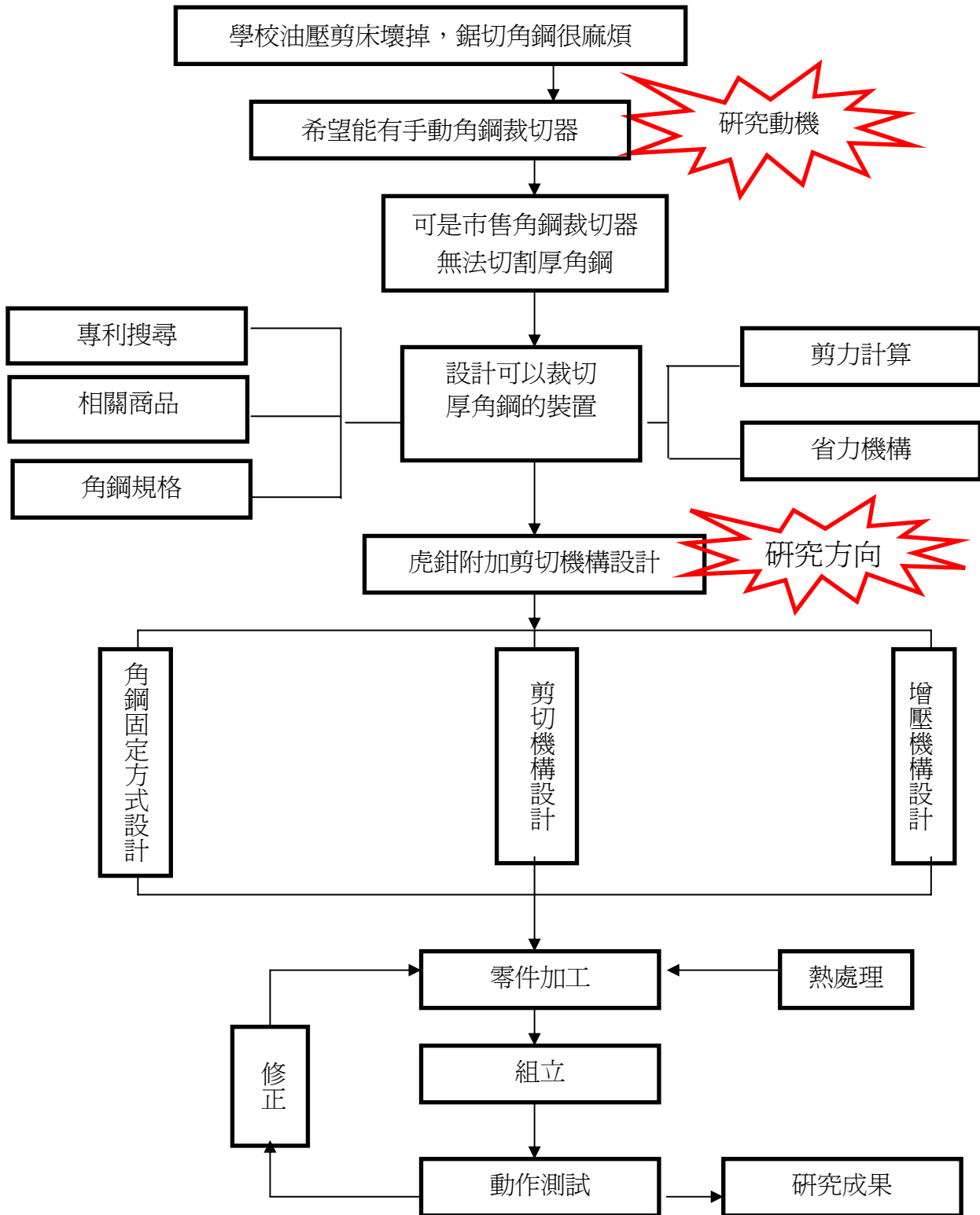


圖 2 研究流程圖

二、文獻探討

(一) 相關產品及專利的搜尋

關於角鐵裁切的機器很多，設計有油壓及沖床機溝，如圖 3 為角鐵裁切機，其角鐵為左右放置裁切。圖 4 的角鐵則為前後伸入裁切[1]。圖 5 為電動型角鐵裁切器，是屬於攜帶型的裁切工具[2]。圖 6 為油壓驅動的角鋼裁切機構，使用時需要另外一組手動油壓機，才能驅動剪切機構[3]。



圖 3 大型角鋼裁切機台

(取自 <http://junyih.com.tw/business.htm>)



圖 4 沖床型式角鐵裁切機



圖 5 電動型角鐵裁切機



圖 6 油壓型角鐵裁切機

取自 <http://www.tay-ing.com.tw/pro-1.htm>

<http://web66.com.tw/web/NMD?postId=302318#>

圖 7 為角鐵手動裁剪器，一樣是利用肘節機構動作，把手利用棘輪設計可以順轉及逆轉動作，帶動一螺桿，螺桿的兩端為左右螺紋，可以帶動刀刃產生切割作用[4]。圖 8 為油壓角鋼裁剪器專利圖(M447822)[5]。



圖 7 手動裁切器

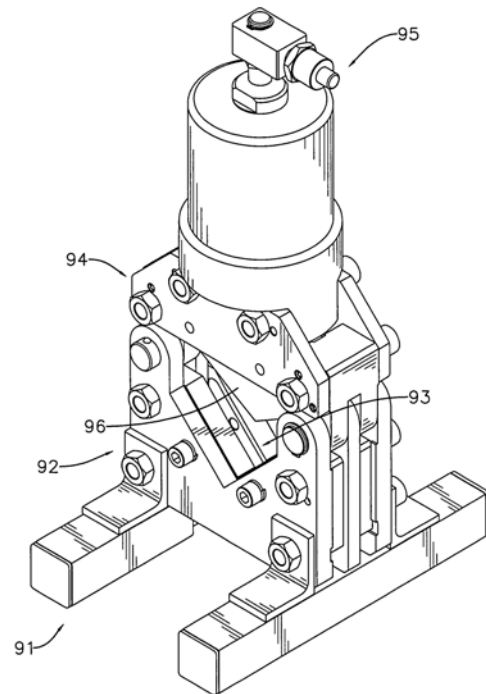


圖 8 油壓角鋼裁剪器專利圖示(M447822)

(二) 角鋼的規格

角鋼有各種形式，如圖 9 為一般的角鋼，經過滾軋成形。圖 10 為有洞角鋼，為我們專題製作的主要切割材料。圖 11 為生活上常見的萬用角鋼。



圖 9 角鋼 (取自 <http://blog.xuite.net/yayagoo/blog/15870567>)



圖 10 有洞角鋼



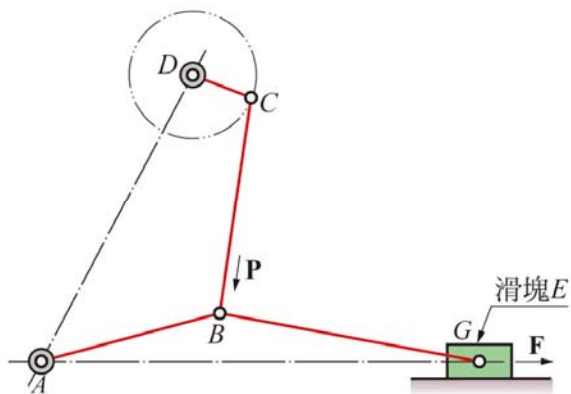
圖 11 萬能角鋼

表一 角鋼的尺寸規格

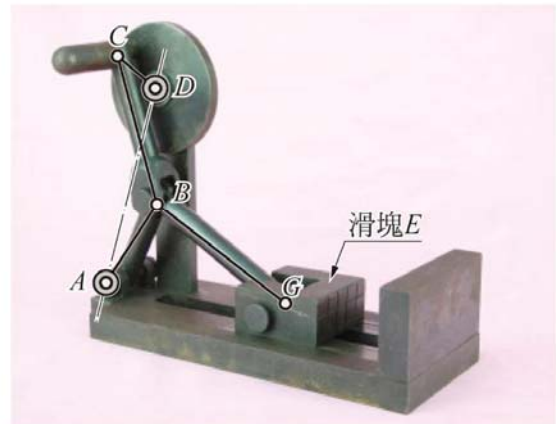
尺寸(mm) 符號—長邊×短邊×厚	橫斷面積 (cm ²)	重量(kg)	
		每公尺	每台尺
L—20×20×3	1.13	0.89	0.27
L—25×25×3	1.43	1.12	0.34
L—25×25×5	2.25	1.76	0.54
L—30×30×3	1.73	1.36	0.41
L—30×30×5	2.75	2.16	0.65
L—35×35×3	2.04	1.60	0.49
L—35×35×5	3.26	2.56	0.77
L—40×40×3	2.34	1.83	0.56
L—40×40×5	3.76	2.95	0.89
L—45×45×4	2.49	2.74	0.83
L—45×45×6	5.04	3.96	1.20
L—45×45×8	5.56	5.15	1.56
L—50×50×4	3.89	3.06	0.93
L—50×50×6	5.64	4.43	1.34
L—50×50×8	7.36	5.78	1.75
L—60×60×5	5.80	4.55	1.38
L—60×60×7	7.91	6.21	1.88

(三) 肘節機構的形式

如圖 12 為課本中的肘節機構說明圖[6][7]，當 DC 桿往下移動時會產生 P 力推動 B 點，使滑塊 E 往右側移動，當 AB 桿與 BG 桿接近水平時，會產生極大的 F 力，一般使用在需要產生大力量而移動小距離的機械使用。圖 13 為萬用鉗的構造，其原理也是利用肘節機構產生極大的夾緊力量。



(a) 示意圖



(b) 實體圖

圖 12 肘節機構 (取自台科大機械原理)



圖 13 萬用鉗

我們設計的機構如圖 14，其中連桿 4 及連桿 5 為等長，所以經過推導後得到如下公式：

$$F = \frac{P}{2 \times \tan \alpha}$$

P 力為施加於肘節機構的力量，也就是虎鉗的夾持力量。

F 力為輸出外力。

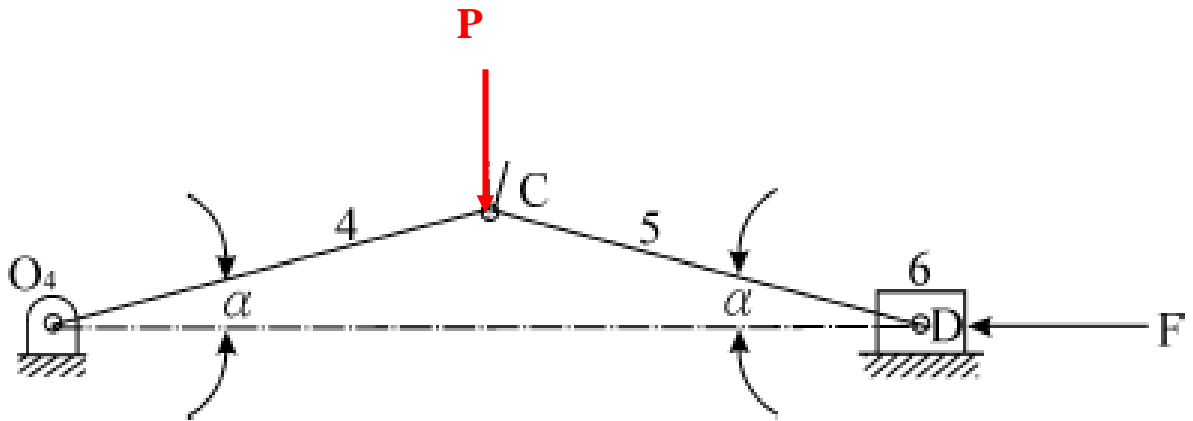


圖 14 本研究設計的肘節機構示意

(四) 角鋼剪切力學的计算

剪力為方向相同，但作用不在同一直線的力量，如圖 15 所示，P 力為剪力，圖 15-b 中 τ 為剪應力，公式如下：

$$\tau = \frac{V}{A_s}$$

式中 τ ：剪應力 (N/m², N/mm²)

V：剪力 (N)

A_s：受剪力作用之面積 (m², mm²)

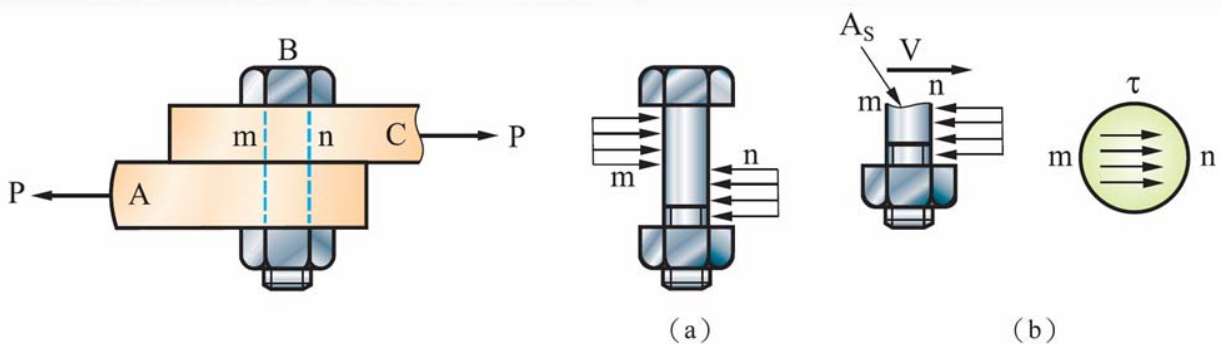


圖 15 剪應力

圖 16 為鉚釘單剪應力的示意圖，當鉚釘承受 P 大小的剪力時，鉚釘的剪應力計算如下：

$$\tau = \frac{V}{A_s} = \frac{P}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4P}{\pi D^2}$$

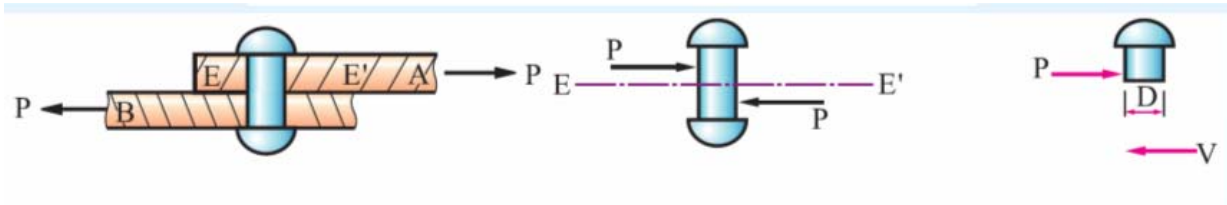


圖 16 鉚釘單剪剪應力示意圖

圖 17 為雙剪應力示意圖，其剪應力計算公式如下：

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{P}{2 \times \frac{\pi}{4} d^2}$$

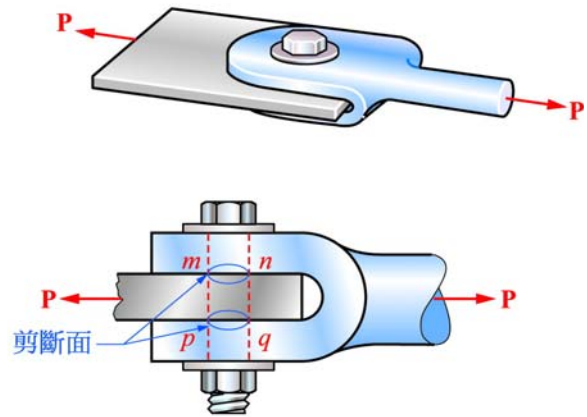


圖 17 雙剪應力

(五) 熱處理

由於剪切鋼材，因此剪切零件需要經過熱處理[8]，我們選用 SKD11 的鋼材，經過加工後確認可以組立後，就送去熱處理，熱處理淬火的硬度需要多少，經過詢問熱處理廠，對於要裁切較厚鋼材時，模具熱處理到 HRC58 度即可，避免模具破裂。

三、剪切機構設計

(一) 固定角鐵及尺寸定位設計

由於我們設計的附件是安裝在虎鉗上，因此剪切時會有一定的高度，當一個人操作剪切工作時，若沒有固定角鐵的設計，斷掉後的角鐵會掉落地面，造成危險，因此我們設計以偏

心輪作為固定的機構，偏心輪的設計如圖 18~19。

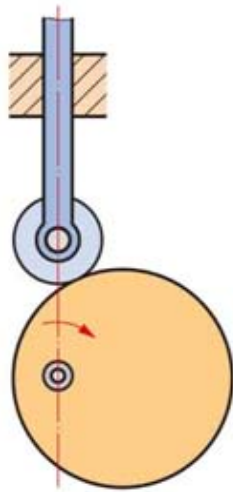


圖 18 偏心輪



圖 19 偏心輪實用例 (台科大)

我們完成設計如圖 20，當偏心輪的心軸轉動時，使偏心外輪徑壓住角鐵，限制於上模塊下方。圖 21 為偏心輪位置圖，偏心輪外側會增加一支把手作為施力用。為了觀察切割位置及切割位置記號，我們設計如圖 22 的檢視孔，可以從孔中觀察切割位置是否正確。

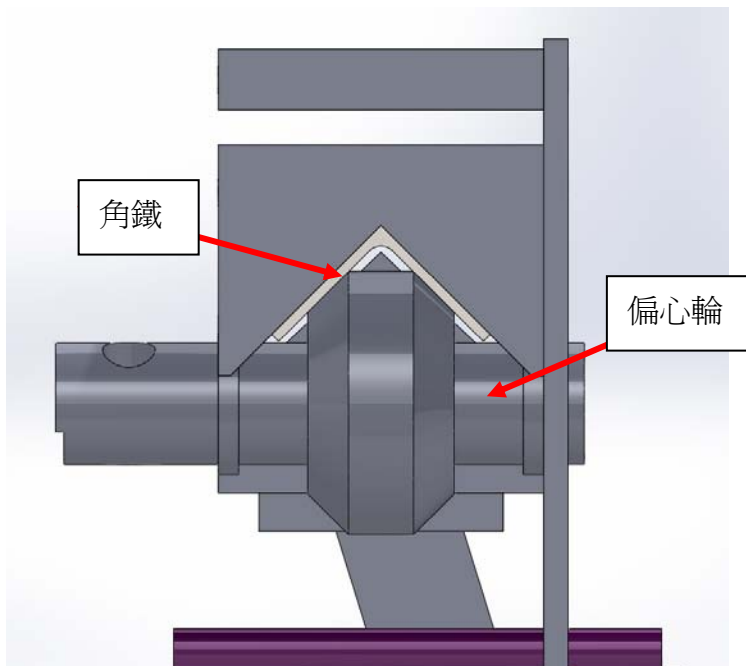


圖 20 角鐵固定偏心輪位置

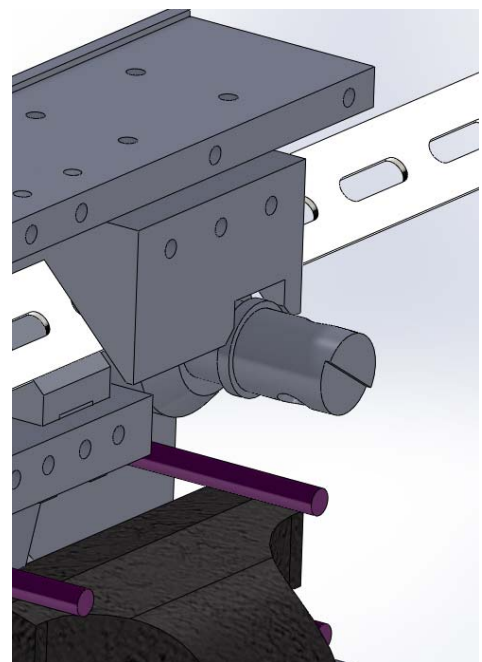


圖 21 偏心輪機構

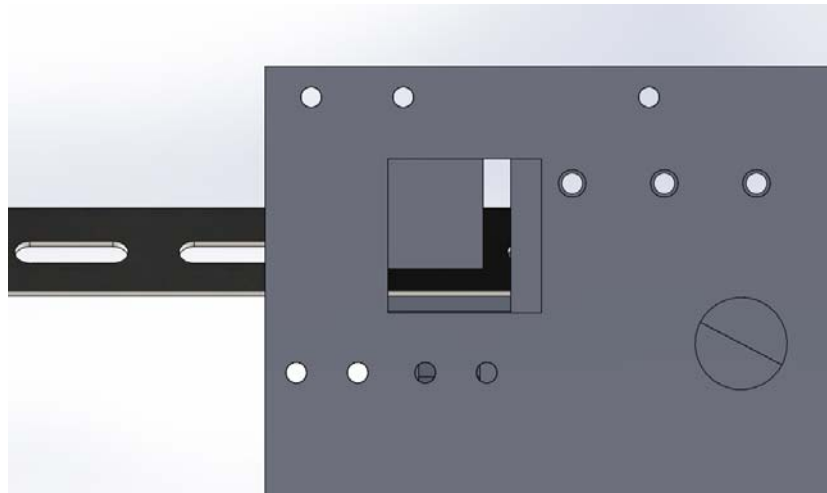


圖 22 觀察尺寸刻劃的位置

(二) 剪切機構設計

角鋼裁切位置如圖 22 所示，上模塊為固定在本體上，刀刃透過虎鉗施力及肘節機構增壓讓角鋼被切斷，圖 23 為角鋼穿過剪切部示意圖。

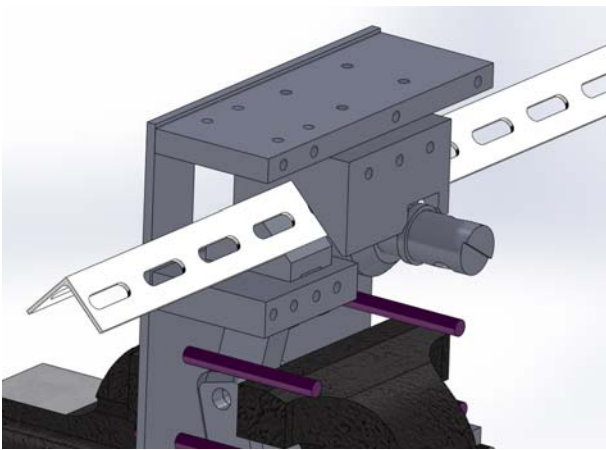


圖 23 角鋼裁切位置

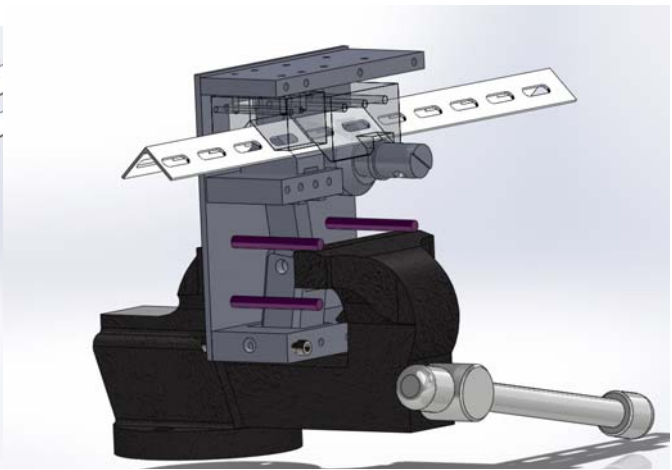


圖 24 角鋼裁切位置透視圖

(三) 固定於虎鉗的設計方式

整組裝置放置於虎鉗上的方式如圖 25 所示，利用四根圓棒支撐於虎鉗的固定及活動鉗口上，固定鉗口壓住本體一側的鐵板，活動鉗口壓住肘節機構，活動鉗口可以在圓棒下滑動，如圖 26 所示。

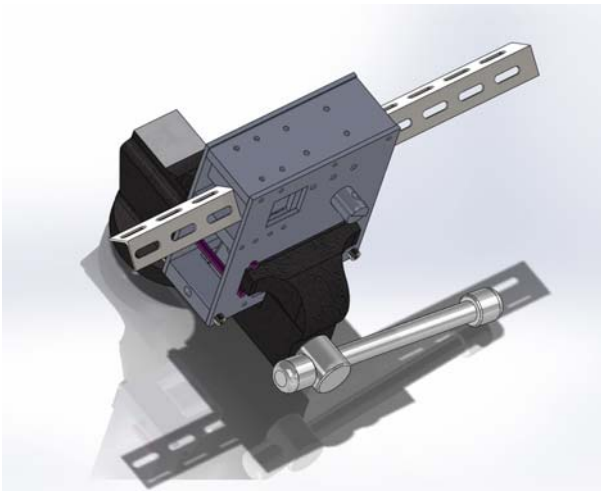


圖 25 機構放置於虎鉗示意圖

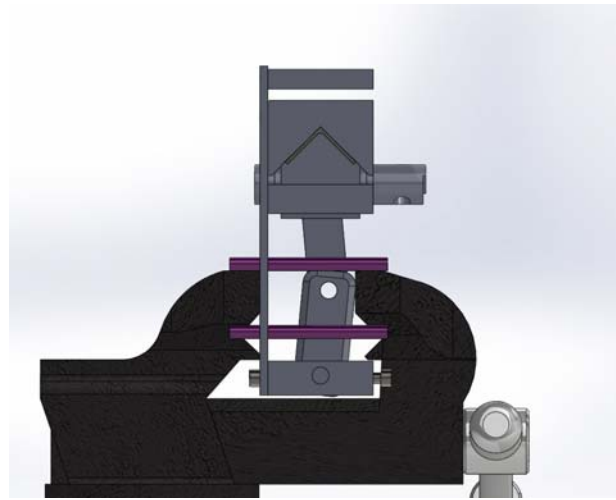


圖 26 利用圓棒放置於虎鉗上

四、整體作用力學分析

(一)角鋼剪切力量計算

當剪切刀刃角度為 90 度時，剪切力計算如下：

中碳鋼的剪應力 τ 約為 16kg/mm^2

$$\tau = \frac{P}{A}$$

如圖 29 的角鋼尺寸，計算如下

$$16 = \frac{P}{(38 + 35.8) * 2.2}$$

得 P 為 2597kg

表示剪切 2.2mm 角鋼需要 2.6 噸的壓力。

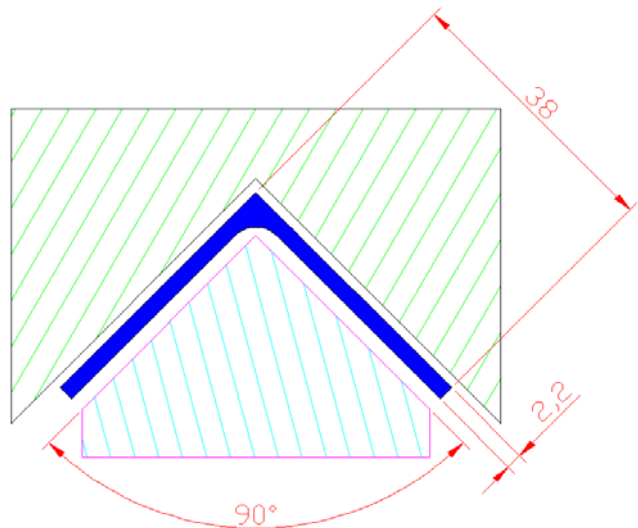


圖 29 刀刃 90 度時剪切力量

(二)肘節機構力學實際計算

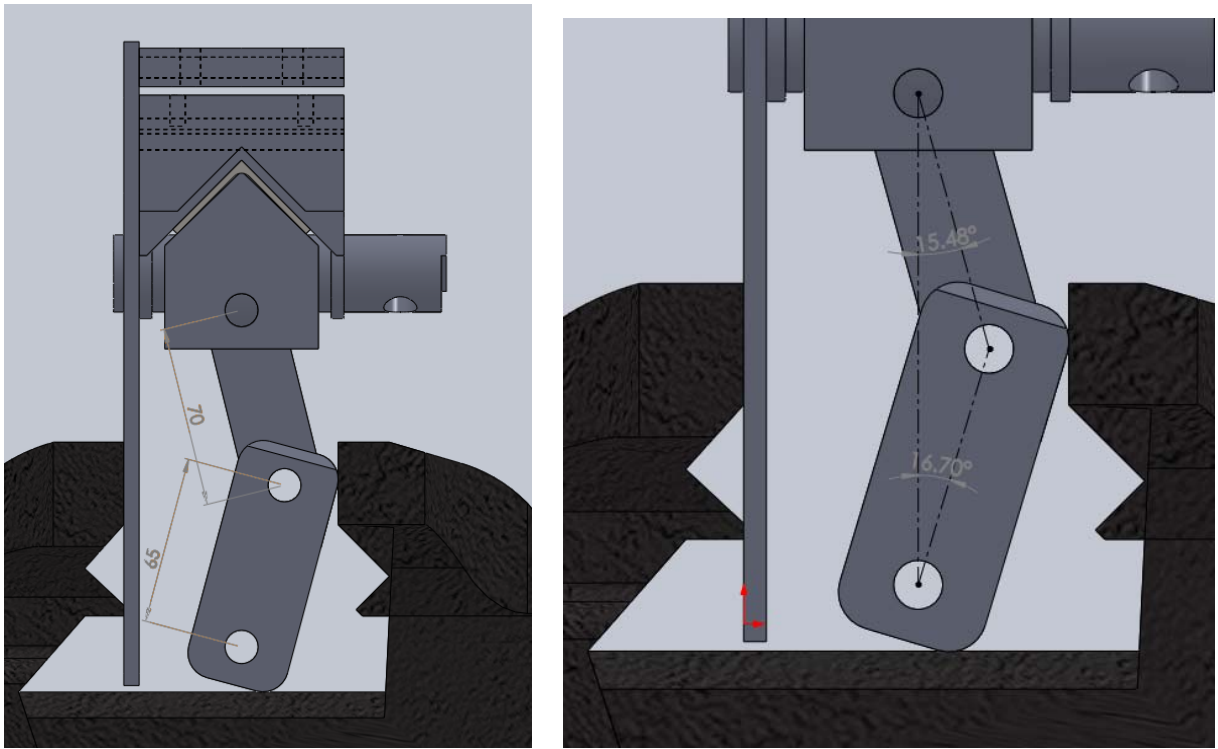


圖 28 肘節機構的尺寸圖

經過計算後角鋼需要剪切力量約為 2600Kg 能切斷，我們取安全係數為 2，則需要出力為 5200kg，經肘節機構反推需要施力如圖 29 所示，計算如下：

$$W \times a = P \times b$$

$$W = \frac{P \times b}{a}$$

$$W = \frac{P \times b}{a} = \frac{5200 \times 2 \times 70(1 - \cos 16^\circ)}{70 \times \sin 16^\circ}$$

$$W = 1461kg$$

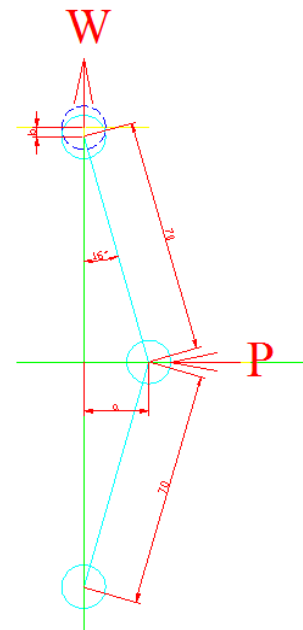


圖 29 肘節出力示意圖

(三)虎鉗螺桿力學計算

虎鉗的夾持原理主要是藉著螺旋（斜面）的作用，一般是使用動力用螺紋如方形螺紋或梯形螺紋，再利用手柄的力矩驅使螺桿前進上緊如圖 26。傳統制式的銑床虎鉗，其移動活動鉗口是藉著手柄轉動，而帶動螺桿驅使活動鉗口移動。依據 $M_a = W/F = V_F/V_W = 2\pi R/L$ （式中 M_a 為機械利益， V_F 為主動件線速度， V_W 為從動件線速度， R 為手柄半徑， L 為螺桿導程），機械利益愈大則省力費時，而機械利益愈小則費力省時。因此，欲使螺桿快速移動，應減少手柄半徑或增大螺桿導程。

其機械利益計算如下：

$$\frac{W}{F} = \frac{2\pi R}{L}$$

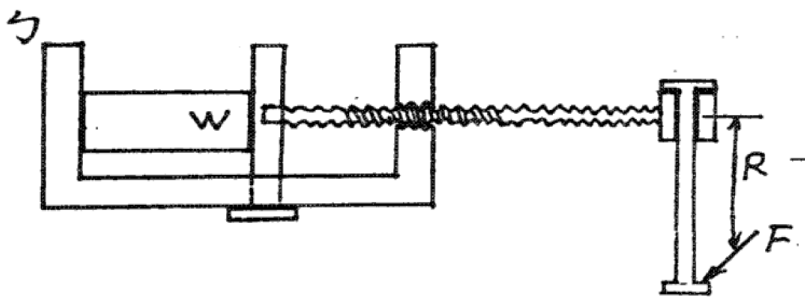


圖 30 虎鉗動作示意圖

我們學校的虎鉗使用節距 10mm 的螺桿，手柄長度為 250mm，經計算如下：

$$W_{in} = W_{out}$$

$$F \times 2\pi R = W \times L$$

$$F \times 2\pi \times 250 = 1461 \times 10$$

$$F = 9.31kg$$

經過計算後，我們使用虎鉗增力只要出力大於 10kg 就能截斷角鋼。

(四)各銷承受應力計算

我們在初步的機構設計時，肘節機構的轉動銷大小設計為直徑 13mm 的高速鋼，共計有 3 處位置如圖。高速鋼的剪應力為 56kg/mm^2 ，經過計算得：

$$\tau = \frac{P}{A}$$

$$P = \tau \times A = 2\tau \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$p = 56 \times \frac{\pi \times 13^2}{2} = 14833.0164\text{kg}$$

經過計算後，機構中三處的銷孔使用直徑 13 的高速鋼圓棒，可以承受接近 15 噸的剪切力量，足夠承受角鋼的裁切力量。

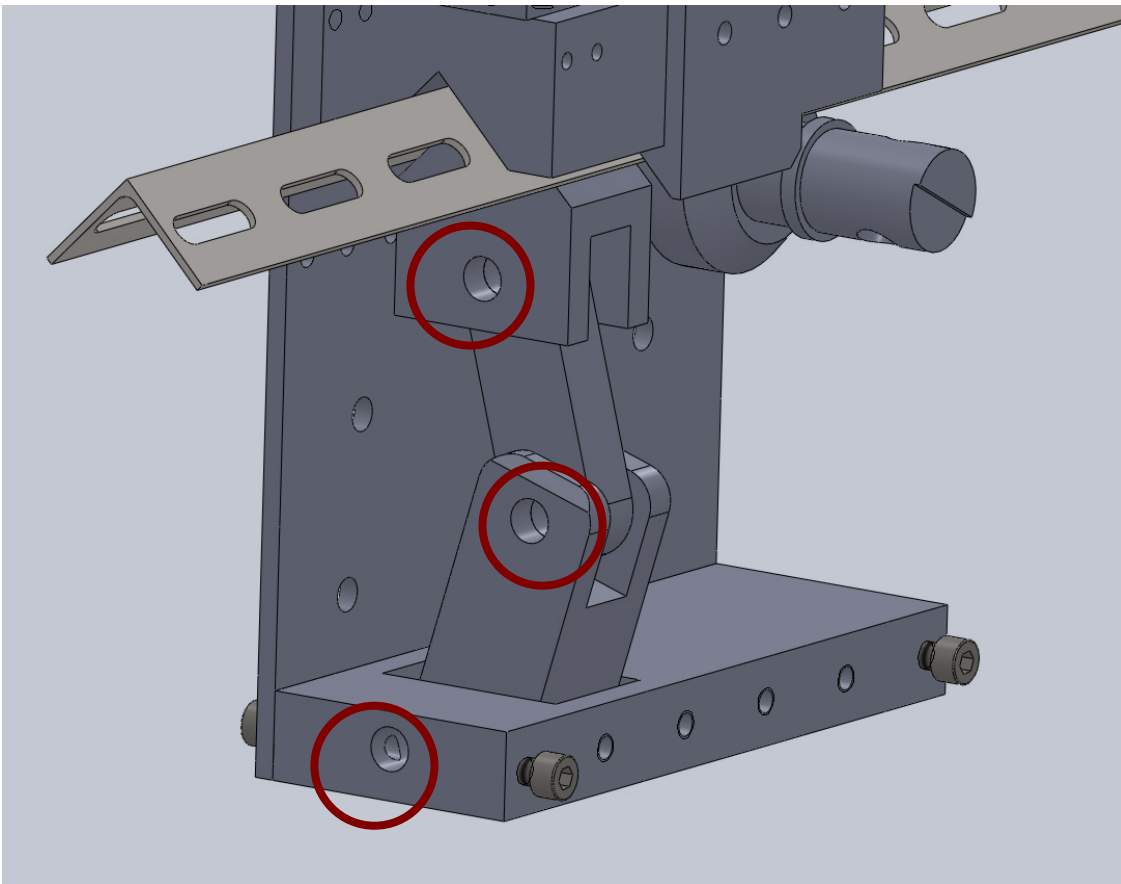


圖 31 轉動銷的位置

五、零件加工

由於學校購置有金屬雷射切割機，因此本體的厚板金部分就使用雷射切割如圖 32 所示。其他零件只使用車床及銑床加工完成[9]，圖 33 為銑床加工過程，經過加工後我們完成如圖 34~37 的零件。

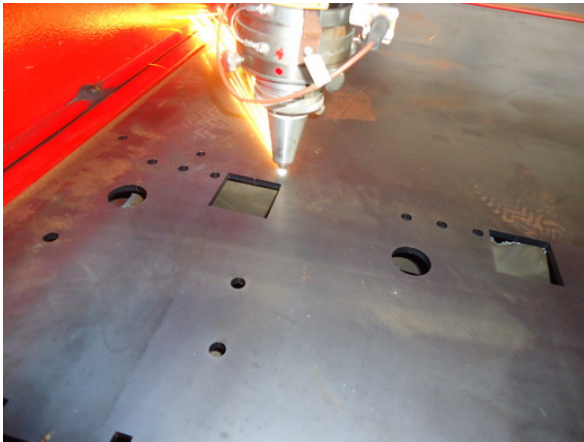


圖 32 雷射切割



圖 33 零件加工



圖 34 母模(SKD 材料)



圖 35 公模(SKD11 材料)

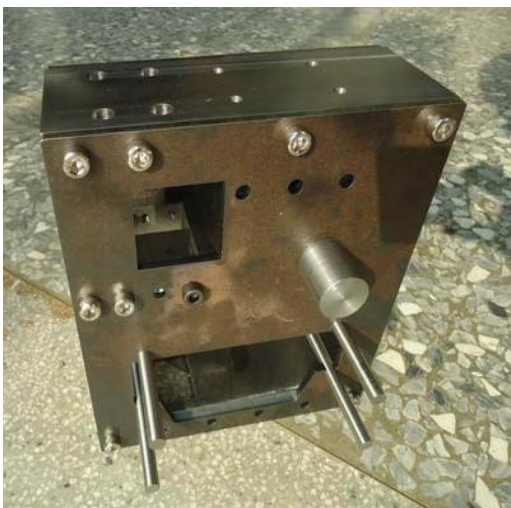


圖 36 前後板及圓棒



圖 37 偏心輪

六、組立與機構測試

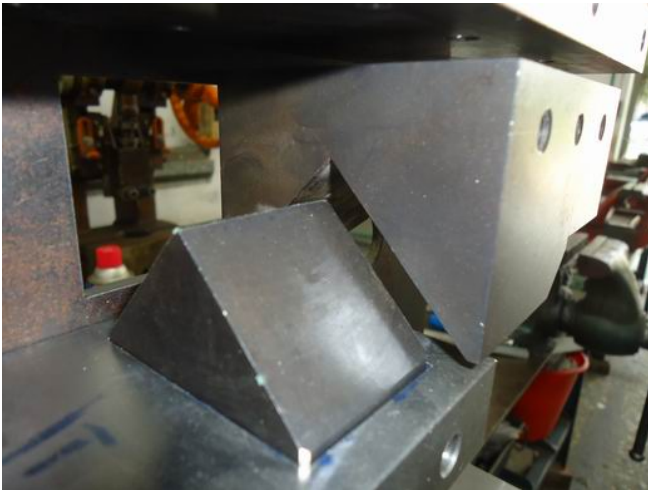


圖 38 切刃位於下方處

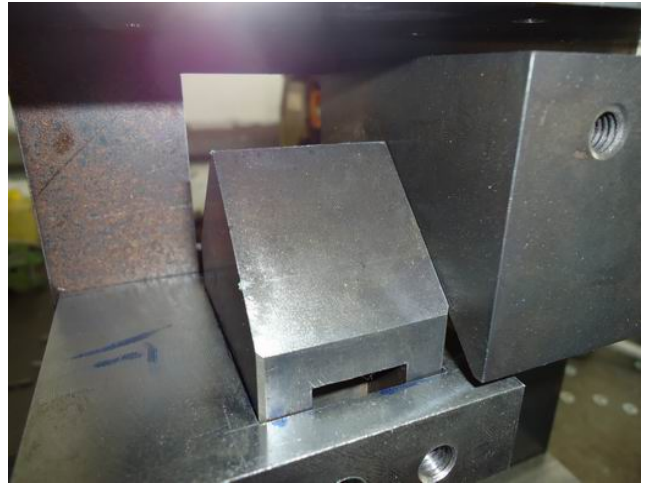


圖 39 刀刃切割完成位置



圖 40 角鋼裁切裝置組裝完成圖



圖 41 偏心輪壓緊角鋼圖



圖 42 活動鉗口頂壓肘節連桿

伍、研究結果

一、不同厚度的角鋼裁切結果

機構組裝完成，我們進行試切割，如圖 43 為 1.5mm 角鋼的裁切動作，可以順利切斷角鋼。
圖 44 為 2.2mm 厚角鋼裁切過程，需要較大的外力，也可以順利裁切厚角鋼。

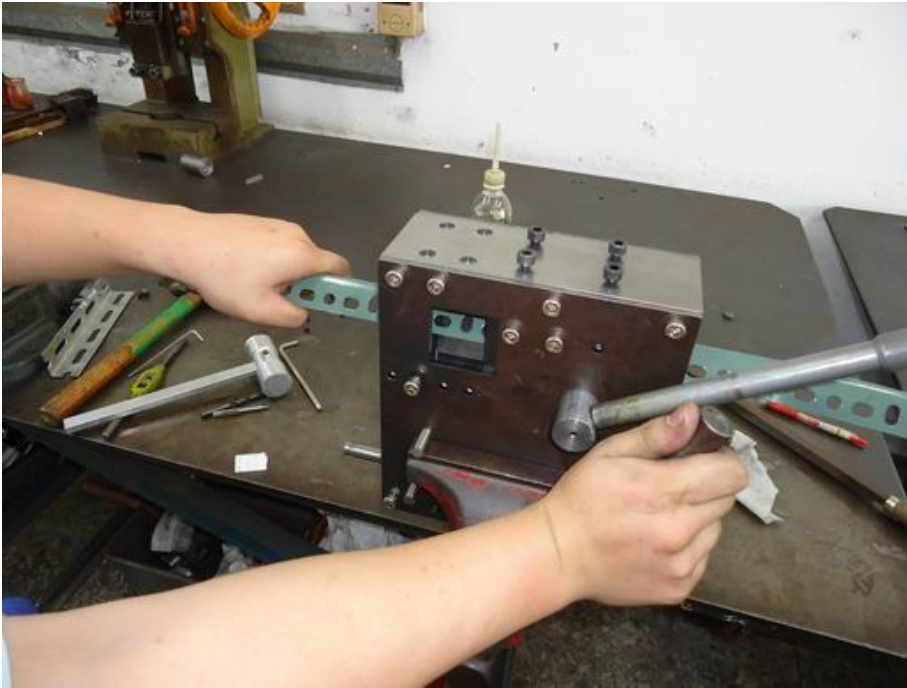


圖 43 裁切角鋼動作圖

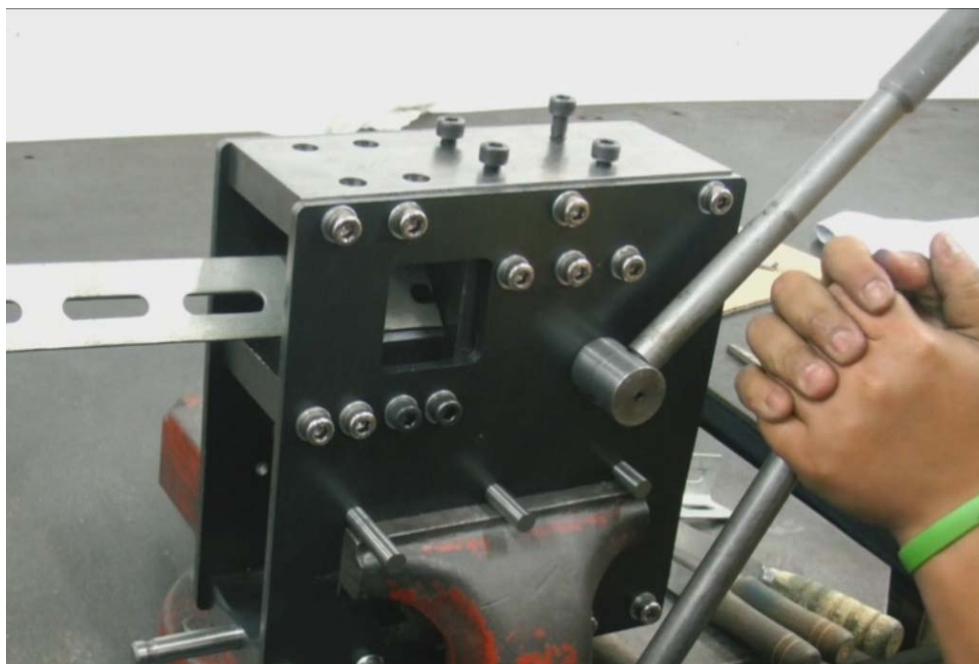


圖 44 厚角鋼裁切過程

二、相關問題處理

(一)、本體會隨著活動鉗口往外移動

裁切過程中，我們發現整組裝置會隨活動鉗口往外移動，因此我們會增加兩支螺絲，來限制裁切裝置於固定鉗口上。

(二)、肘節機構的強度不夠，連桿表面會受損

如圖 45 所示，由於剪切力量很大，會造成連桿損傷，所以我們以熱處理鋼來重新製作連桿，完成更換後使用如圖 46 所示。



圖 45 肘節機構連桿受損



圖 46 經過熱處理後及使用後的痕跡

陸、討論

角鋼的角度為 90 度，切割刀刃角度設計若為 90 度，則剪切力量會相當大，當角度大於或小於 90 度時，應該會有不同的結果，我們針對這部份討論如下：

一、刀刃角度大於 90 度，裁切力量計算：

剪切刀刃大於 90 度時，剪切如圖 47 所示，剪切開始時，由兩側刀刃先接觸到角鋼，剪切線會由短變長，最長單邊約為 29mm 長。

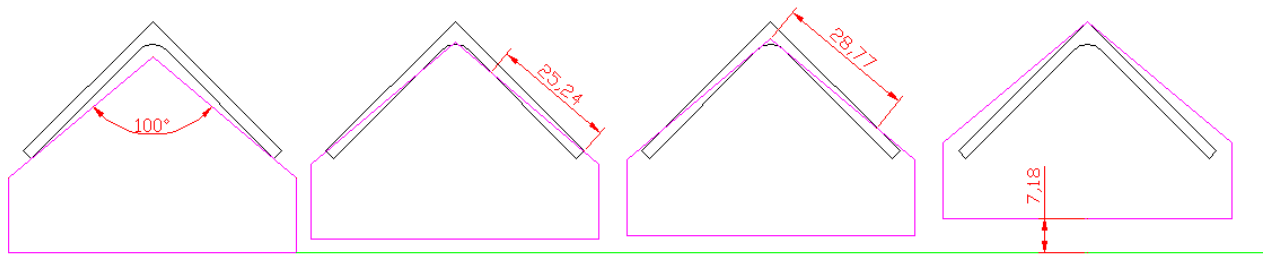


圖 47 剪切刀刃角度大於 90 度剪切圖

二、刀刃角度小於 90 度，裁切力量計算：

沖頭角度小於 90 度如圖 48 所示，剪切長度單邊最長約為 26mm，但是剪切行程較長，這也是我們需要考慮的地方。

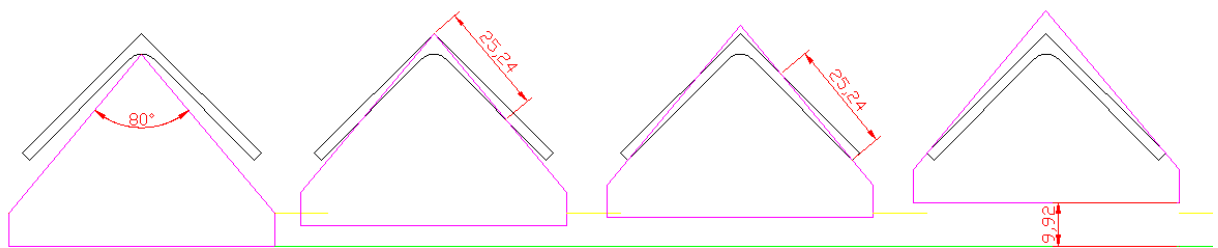


圖 48 剪切刀刃小於 90 度剪切圖

我們另外製作不同角度的沖頭如圖 49 所示，經過熱處理後可以裝置於原本的機架上，用來比較不同沖頭角度時，所需要的施力差異。經過測試後發現角度 100 度或是 80 度的沖頭，施力都比 90 度沖頭小，但是 100 度沖頭的切斷行程較短，因此我們最後以 100 度的沖頭作為最終設計。



圖 49 不同角度的衝頭加工零件

在相關的文獻搜尋中，我們發現剪切機構的刀刃除了平行外，也有設計成斜刀片的剪切機，如圖 50 所示，其傾斜角一般為 1.5 度~6 度，對於較厚鋼板則是約為 8 度~12 度。使用傾斜角度刀片時，具有接觸面積小、剪切力小的特點，在大型的鋼板切割時會使用如圖 51 的機構，切割時可以分段完成切割動作。

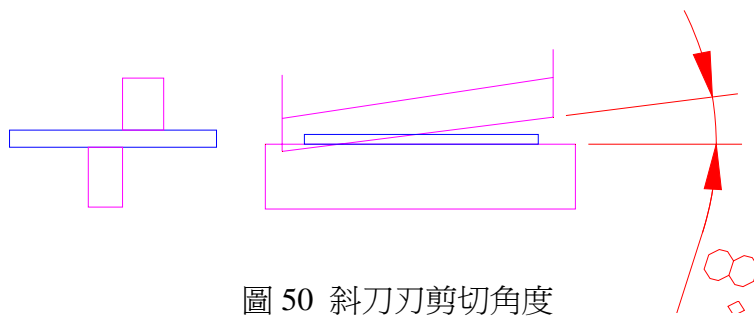


圖 50 斜刀刃剪切角度

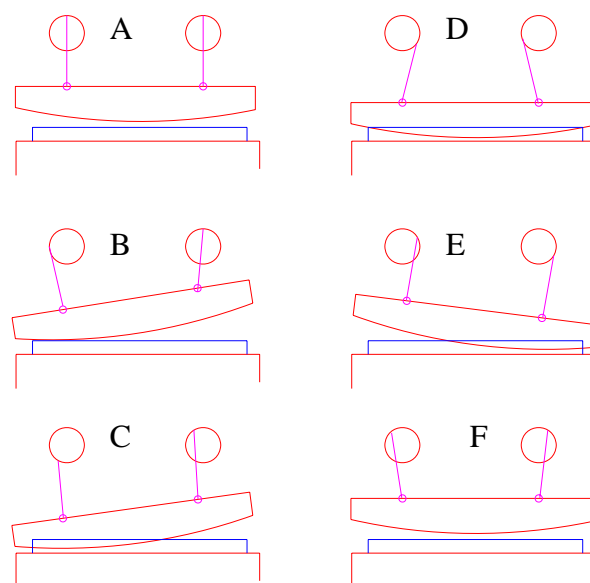


圖 51 大型鋼板斜刀刃裁切過程

柒、結論

角鋼裁切的裝置很多，我們主要的想法是利用虎鉗的壓力，加上肘節機構的增壓作用，達到切斷效果，2.2mm 角鋼裁切時若為全面性切斷，需要約為兩噸的力量，我們設計的機構可以超過這個力量。整體裝置可以掛載在虎鉗上，讓我們在專題製作的工作可以更順利。在製作的過程中我們面臨許多問題，逐一處理問題，也達到我們設計的目標，未來我們實際測試比較不同角度沖頭，測量剪切角鋼需要的剪切實際力量，希望能設計更方便及省力的手動角鋼剪切裝置。

捌、參考資料及其他

1. 潤億機械有限公司，103 年 1 月，取自 <http://junyih.com.tw/business.htm>。
2. 太英油壓，103 年 2 月，取自 <http://www.tay-ing.com.tw/pro-1.htm>。
3. 中鐵興業，新北市，103 年 1 月，取自 <http://web66.com.tw/web/NMD?postId=302318#>。
4. 自由貿易 DIY，103 年 1 月取自 <http://tc.diytrade.com/china/pd/7439826/%E8%A7%92%E9%8B%BC%E5%88%87%E6%96%B7%E6%A9%9F.html>。
5. 中華民國專利檢索系統，103 年 2 月，取自 <http://twpat.tipo.gov.tw/#>。
6. 邱瑞敏(2008)。機件原理。新北市：台科大圖書股份有限公司。
7. 柯雲龍、潘建安（2008）。機件原理 I。新北市：台科大圖書股份有限公司。
8. 吳良全、謝旻淵(2011)。機械材料。新北市，新文京開發出版有限公司。
9. 陳勤仁、施忠良（2008）。銑床實習 I。新北市：台科大圖書股份有限公司。
10. 吳明杰(2004)。鉗工實習 I、II。新北市：龍騰文化事業股份有限公司。