

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

082915

扣住你的「C」～C型快扣之包覆力探討

學校名稱：國立嘉義大學附設實驗國民小學

作者：	指導老師：
小四 張耘誠	李靜嫻
小四 曾宥瑄	翁秀玉
小四 張韶恩	
小四 周寬宥	

關鍵詞：C型快扣、包覆力、CP值

摘要

本研究主要探討「影響 C 型快扣包覆力的因素」，希望能開發 CP 值佳及可應用於生活上的產品；我們花費二年在創造力課進行研究，第一年先開發 C 字扣的創意點並申請專利，第二年針對最佳條件進行研發。測量包覆力方法是「將容器放入 C 型快扣，陸續放置重物，測量 5 次可承受重物不滑動時的重量」；我們 3D 繪圖列印出各條件實品共 77 種，第一階段改變基本結構條件得知，影響包覆力效果為**減少內徑 > 增加厚度 > 增加高度 > 增加弧長 > 增加密度**。第二階段改變變化結構條件得知，影響包覆力及 CP 值效果為**加止滑墊 > 增加 3 支條 > 對照組 > 孔洞數 2 > 改為 ABS 材質**。

針對物品重量不同也開發不同掛置方式的 C 型快扣，有磁吸式、 \sqcap 型掛勾式及吸盤式可應用於生活中。

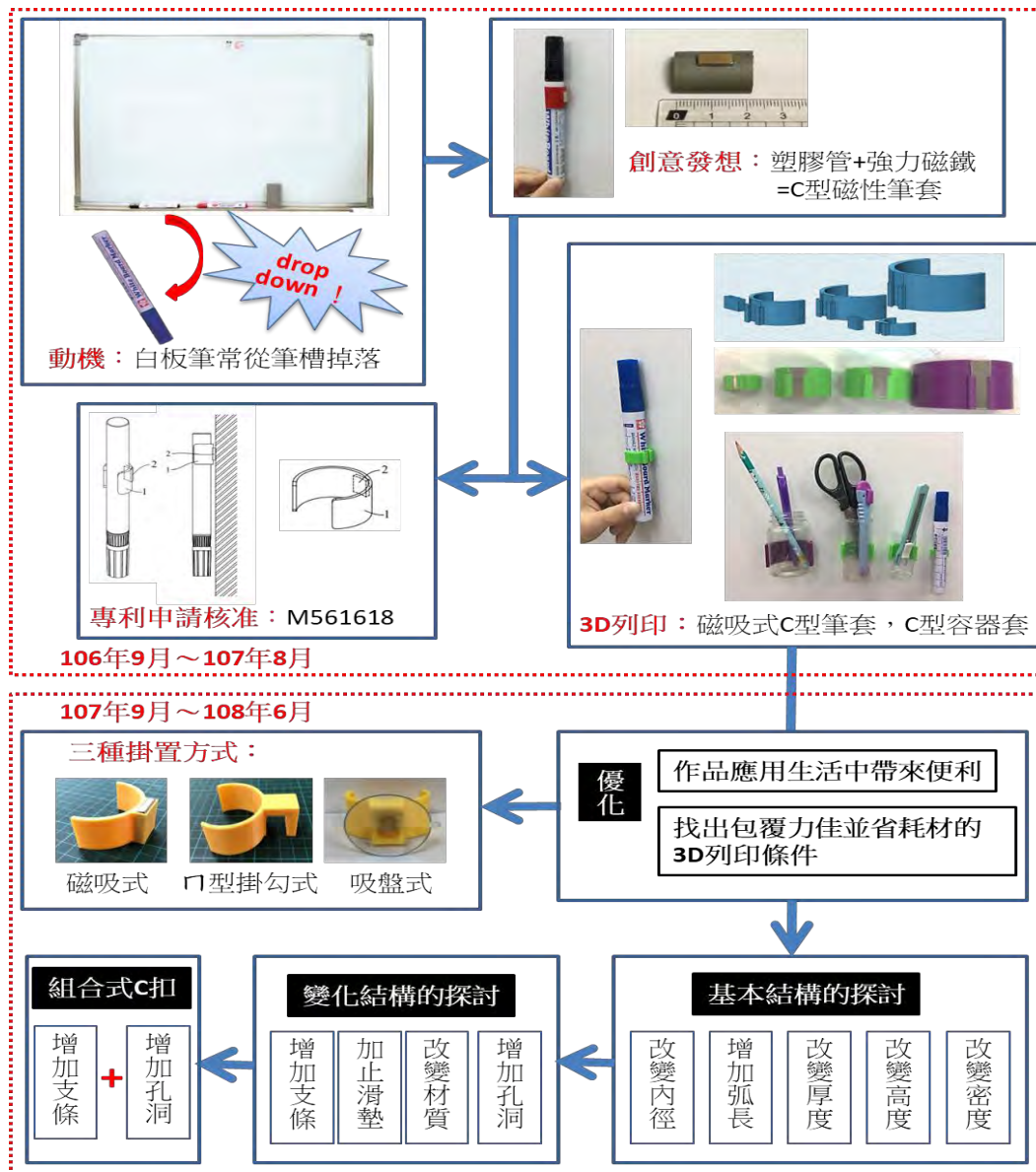


圖 1：C 型快扣作品發想歷程圖

壹、研究動機

在三年級資優班創造力課的時候，我們想要改善白板筆常從筆槽掉落的困擾，所以想到「C」字扣可以扣住白板筆，我們裁切塑膠管成C字，再黏上強力磁鐵，就變成C型磁性筆套，它可以輕易套入白板筆，讓白板筆磁吸在白板上，接著我們就以這個創意點申請專利，在107年6月11日新型專利第M561618號核准通過。

升上四年級，我們跳脫只用在白板筆的限制，開始擴展到「容器」，希望讓容器也能磁吸在白板或冰箱上，在自造中心的幫忙下，借了一台三D列印機，開始學習三D繪圖並列印，幸好造型不複雜，很容易繪圖，開始製作「磁吸式直筒容器」的C型快扣。

為了朝向「商品化」目標前進，我們開始思考如何做出最省材料又包覆力最佳的C型快扣，因此，本研究除了做出三種掛置方式，也針對基本結構、變化結構進行探討，最後再複合式的組合，目標就找出最佳條件(優化)，我們希望將C型快扣應用在生活中，為人們帶來更便利的生活。



圖 2：專利第 M561618 號

貳、研究目的

本研究研發三種掛置方式（磁吸、 \square 型掛勾及吸盤），期望找出最佳變項條件，發展出可以應用在生活中的C型快扣產品，各變項的研究子題如下。細節請參考圖3。

研究一：三種掛置方式的探討

研究二：包覆力與CP值之探討

基本結構

研究三：內徑影響包覆力之探討

研究四：厚度影響包覆力之探討

研究五：弧長影響包覆力之探討

研究六：高度影響包覆力之探討

研究七：密度影響包覆力之探討

研究八：基本結構綜合比較

變化結構

研究九：增加支條影響包覆力之探討

研究十：增加摩擦力影響包覆力之探討

研究十一：材質影響包覆力之探討

研究十二：增加孔洞影響包覆力之探討

研究十三：變化結構綜合比較

組合式結構

研究十四：增加支條與孔洞影響包覆力之探討

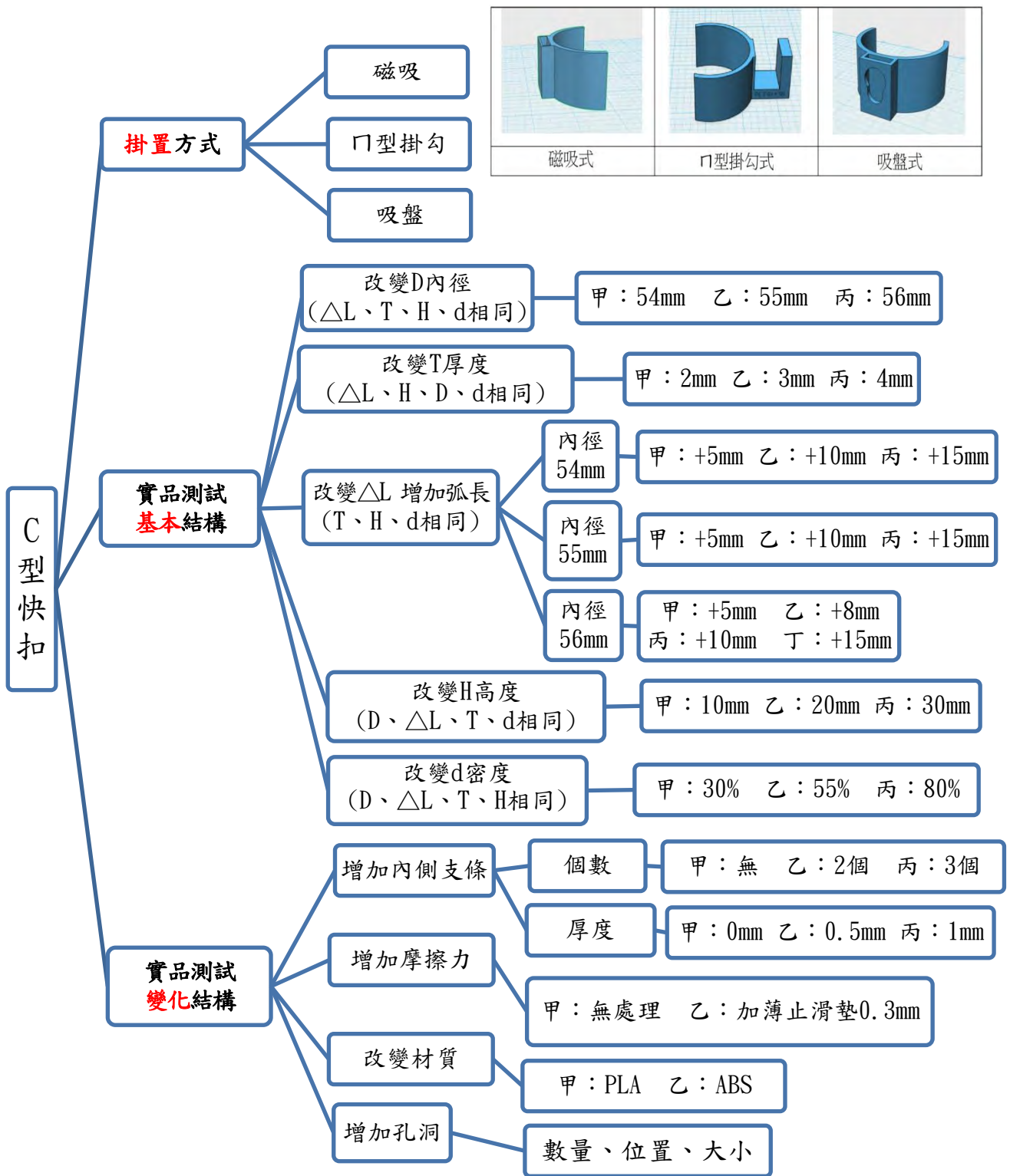


圖 3：影響 C 型快扣包覆力的變因圖

參、研究器材與設備

- 一、容器：壓克力材質圓柱形容器（直徑 56.2mm、高 102mm、厚 2mm、重 43g）
- 二、重物：砝碼價高，體積佔空間，我們使用多種錢幣當重物，以 10 元錢幣（7.5g）、5 元錢幣（4.34g）及 1 元錢幣（3.795g）等做為簡易砝碼。
- 三、重物：砝碼價高，體積佔空間，我們使用多種錢幣當重物，以 10 元錢幣（7.5g）、5 元錢幣

幣（4.34g）及 1 元錢幣（3.795g）等做為簡易砝碼。

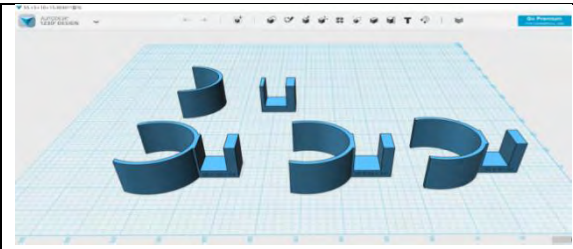
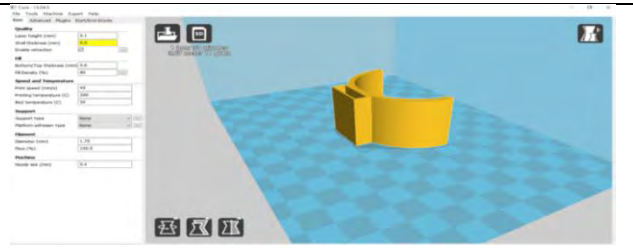
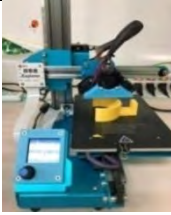



四、電子天平：測量重物重量。

五、電子游標尺：精準測量容器等物品的尺寸。

六、三 D 繪圖軟體：123D design，繪製作品的三 D 圖。

七、切層軟體：Cura-15.04.5，當列印材質為 PLA，噴嘴設定 200°C、熱床平台設定 50°C；當列印材質為 ABS，噴嘴設定 230°C、熱床平台設定 90°C。

八、3D 列印機：Explorer，列印作品。

			
3D 繪圖軟體:123D design		切層軟體:cura-15.045	
			
3D 列印機:Explorer	電子天平	容器及錢幣(重物)	電子游標尺
圖 4：研究器材與設備 實品或軟體			

肆、實驗前置作業

一、名詞解釋

在實驗中測量**包覆力**與**耗材量**，計算出 **CP 值**，可以幫助我們得到經濟實惠的變項條件。而**同組比較值**，可以幫助我們分析各變項規律的的變化下，包覆力的倍率變化與耗材量的倍率變化之間的關係。計算方式如下：

- **包覆力** = C 型快扣可承受重物不滑動時的重量
- **耗材量** = cura 切層軟體計算列印時所需使用材料的長度
- **CP 值** = 包覆力除以耗材量（CP 值越高代表耗材越少、承受重量越大）
- **包覆力倍率** = 同一組實驗以包覆力最小者為 1 所得的倍率數值。
- **耗材量倍率** = 同一組實驗以包覆力最小者的耗材量為 1 所得的倍率數值。
- **同組比較值** = 包覆力倍率除以耗材量倍率

➤ 基本結構代號

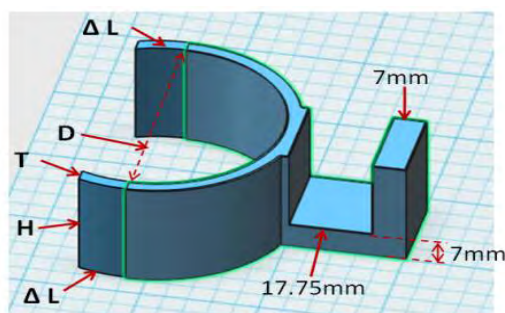


圖 5：基本結構代號圖 D：內徑 ΔL：增加弧長 T：厚度 H：高度 d：密度

二、挑選容器

(一)材質：容器材質硬度要夠，要避免 C 行快扣扣上會變形、大小適中、重量不能太重(強力磁鐵可承載重量內)，我們選擇壓克力圓柱體。

(二)口徑：一開始配合小容器尺寸設計 C 扣，但是三 D 列印實品與設計圖有縮小 0.25mm 的微小誤差 (在後面的誤差測試實驗會說明)，所以，當物件太小，這個誤差會嚴重影響我們的測量結果。

改良方法：決定選擇口徑稍大一點的容器，減少因列印誤差造成對包覆力數據的影響。

我們挑選的容器尺寸為：直徑 56.2mm 高度 102mm，重量 43g。

三、三 D 列印實品與繪圖尺寸的誤差值測試

我們以「磁鐵實品」與「三 D 列印的磁鐵框」二者做比較，測試磁鐵實品能否放入磁鐵框內，找出實品與三 D 繪圖數值之誤差值，結果如下表：(單位 mm)

表 1：三 D 列印機誤差值的測試歷程

編號	三 D 繪圖軟體設計的磁鐵框尺寸 (長 x 寬 x 高)	磁鐵放置框內的結果 (磁鐵實品為 10 x 5 x 20)
1	10 x 5 x 20	放不進去
2	10.2 x 5.2 x 20	緊
3	10.25 x 5.25 x 20	剛剛好
4	10.3 x 5.3 x 20	鬆
結論	當三 D 繪圖軟體設計的尺寸為 10.25x5.25x20 時，剛好可放入磁鐵且鬆緊適度，故三 D 列印實品與繪圖數值誤差值約為 0.25mm。	

四、123D design 繪圖步驟

(一)製圖一：C 型主體

1.繪圖口徑要略小：以電子游標尺精準測量容器外徑，以此數據為 C 型快扣內徑的參考值，要特別留意，C 型快扣內徑要故意設計小一點的數據才能扣住容器。

2.繪出圓柱環體再切割出 C 字，製作方法如下：

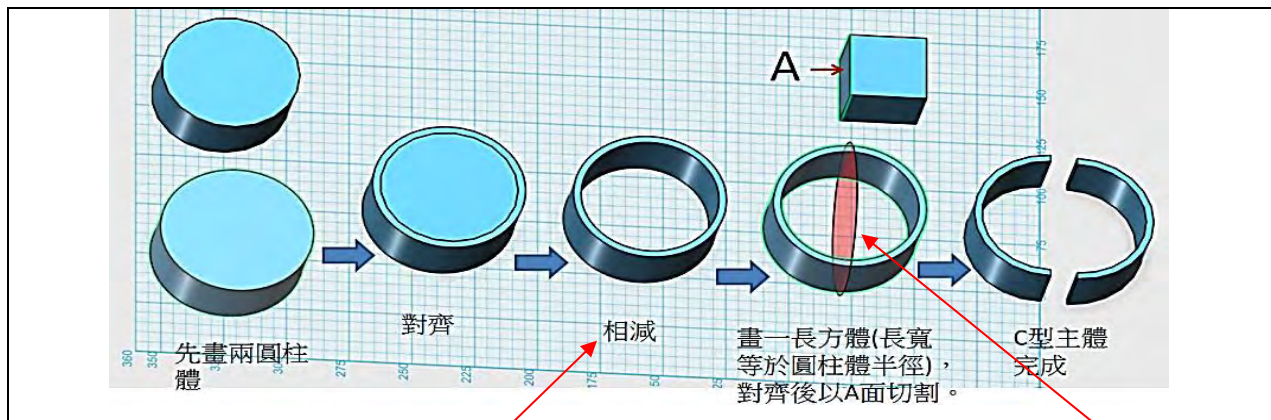


圖 6：C 型主體繪製(1)兩個大小圓柱體中心對齊相減，刪去小圓柱體後，得到圓柱環。
 (2)以圓柱環的直徑長度繪一個正方體，兩者靠邊對齊後，以正方體的 A 面延伸，切割圓柱環，就能得到半圓 C 型環，即為 C 型主體。

(二)製圖二：增加弧長

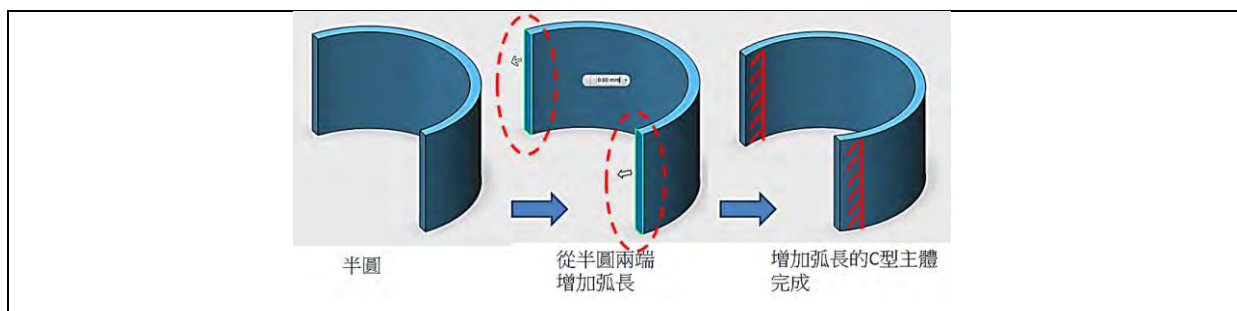


圖 7：增加弧長從半圓 C 型環兩端分別拉長弧長，「增加弧長」的 C 型主體就完成了。

(三)製圖三：∩形掛勾式 C 型快扣

先測量木板厚度為 17.5mm，考慮要加上 0.25mm 的實品列印誤差，所以由繪圖軟體設計的∩型掛勾凹槽寬度為 17.75mm。

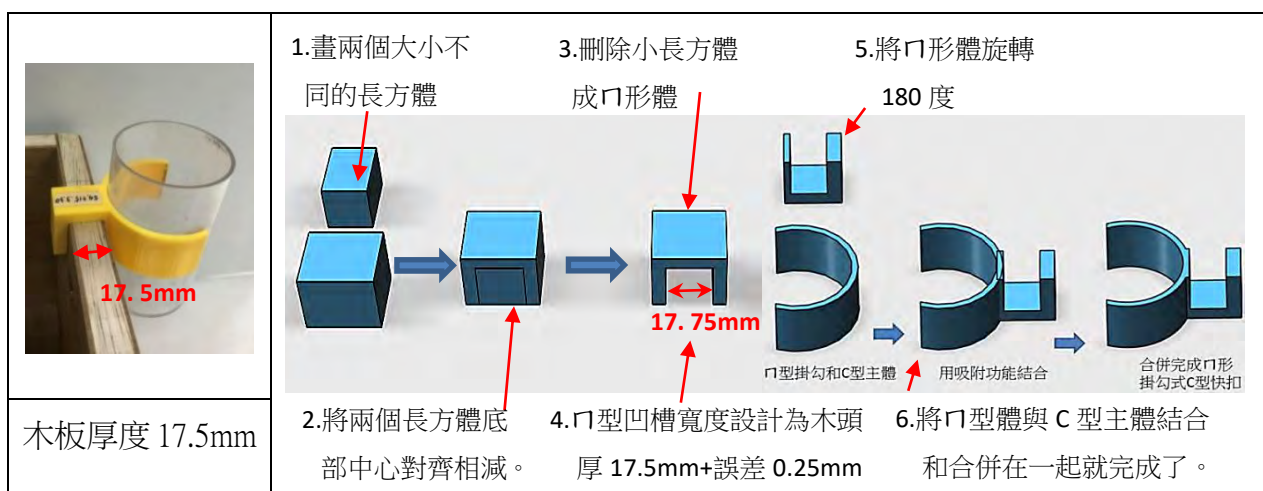


圖 8：∩形掛勾式製作繪製流程

(四)製圖四：磁吸式 C 型快扣

1.確定尺寸

➤ 容器尺寸：

直徑 56.2mm 高度 102mm

➤ 強力磁鐵尺寸：

20mm×5mm×30mm

➤ 磁鐵框尺寸：如左圖

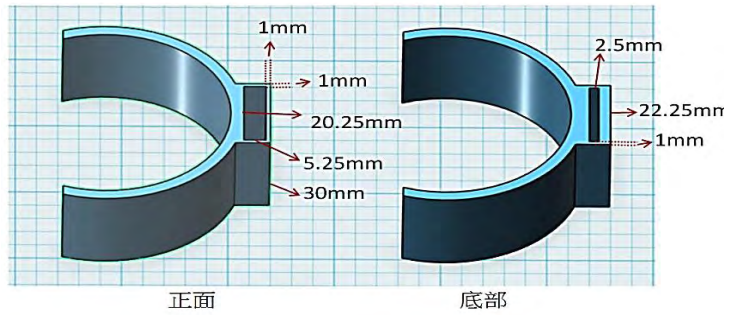


圖 9：尺寸數據

2.製作方法如下：

<p>(1)兩個大小長方體對齊後相減，刪去小長方體後，得到中空的長方框（框厚 1mm）。</p>	<p>(2)長方框底部加 2 條厚 1mm 長方體，底部預留寬 2.5mm 的長條細縫，方便用尺將磁鐵取出。</p>
<p>(3)長方框一邊加厚，方便與 C 字形主體結合。</p>	<p>(4)磁鐵放置框與 C 型快扣以磁吸功能(軟體的功能鍵)結合後，再合併就完成了。</p>
<p>圖 10：磁吸式繪圖流程</p>	

3.使用方法

用尺取出磁鐵：用尺插入 C 型快扣磁鐵放置框底部寬 2.5mm 的長條細縫，將磁鐵頂出，再用手拿取強力磁鐵。

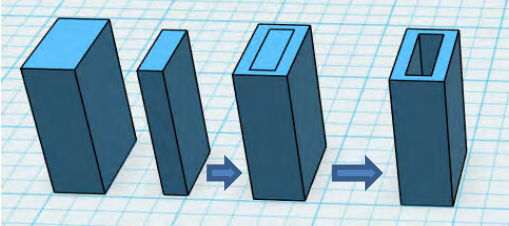
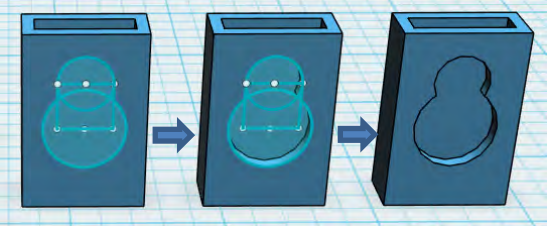
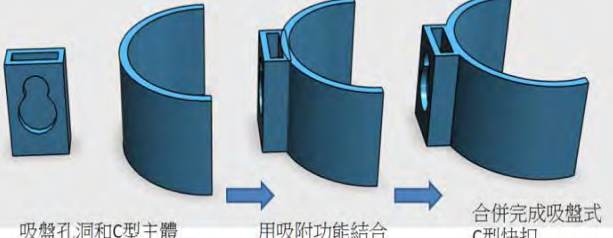
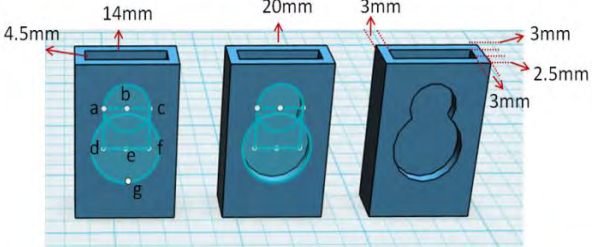
4.手推式改良版

<p>用尺取出磁鐵</p>	<p>手推式改良版</p>
<p>圖 11：：磁吸式手推式改良版</p>	

(五)製圖五：吸盤式 C 型快扣



吸盤洞形狀看起來複雜，其實只利用圓形+方形就能組合出吸盤洞的形狀，製作方法

如下：

	
<p>1. 兩個長方體中心對齊後再相減，刪去小長方體後，得到中空的長方框(框厚 2.5mm)。</p>	<p>2. 畫出吸盤洞圖形，用拉壓功能(軟體的功能鍵)內壓 2.5mm，得到鏤空的吸盤洞。</p>
 <p>吸盤孔洞和C型主體 用吸附功能結合 合併完成吸盤式C型快扣</p>	
<p>3. 吸盤框與 C 型快扣以磁吸功能(軟體的功能鍵)結合與合併，就完成吸盤式 C 型快扣。</p>	<p>吸盤洞圖形繪製尺寸 (線段單位: mm)</p> <p>(1) 線段 $ab=5$ (小圓半徑, 圓心 b)</p> <p>(2) 線段 $eg=13.5$ (大圓半徑, 圓心 e)</p> <p>(3) 線段 $cf=7.75$; 線段 $ac=10$ (長方形 $acfd$)</p>
<p>圖 12：吸盤式製作繪製流程</p>	

五、C 型快扣之包覆力測量方法

(一)測量包覆力的實驗方法設計歷程： 表 2：測量包覆力五種方式的優缺點分析

操作照片	操作方法
	<p>方式一：小容器+磁吸</p> <p>1. 容器尺寸直徑 26mm，C 型快扣以磁吸方式掛置，再將重物加入容器中，測量容器滑動時的總重量。</p> <p>2. 缺點：磁力的載重不理想與容器太小不利放置更多錢幣。</p>
	<p>方式二：小容器+夾具</p> <p>1. 容器尺寸直徑 26mm，C 型快扣以夾子方式掛置，以紙捲延長放置容器內，將重物放入容器，測量容器滑動時的總重量。</p> <p>2. 缺點：夾子夾不緊，錢幣量大重心易偏移造成容器歪斜，產生誤差。</p>

	<p style="text-align: center;">方式三：小容器+拉力計</p> <p>1.容器尺寸直徑 26mm，C 型快扣以磁吸式或手壓方式掛置，再將彈簧秤的掛鉤拉住容器，對容器施力，以慢速攝影方式觀察容器被拉下時彈簧秤的刻度大小。</p> <p>2.缺點：慢速攝影回放不易觀察判斷容器滑落時的彈力大小。</p>
	<p style="text-align: center;">方式四：小容器+夾具+漏斗</p> <p>1.容器尺寸直徑 26mm，C 型快扣以夾子方式掛置，以漏斗增加放置容量，再將重物加入容器中，測量容器滑動時的總重量。</p> <p>2.缺點：夾子夾不緊，當錢幣量大時，重心易偏移造成容器容易歪斜，產生誤差。</p>
	<p style="text-align: center;">方式五：大容器+∩形掛勾 (本研究採用的方法)</p> <p>1.容器尺寸直徑 56.2mm，C 型快扣以∩型勾方式掛置，再將重物加入容器中，測量容器滑動時的總重量。</p> <p>2.優點：(1)大容器尺寸操作方便，(2)3D 列印實品的誤差對實驗結果影響較小，(3)∩型勾方式掛置木板上裝置很穩定，持續加入重物於容器中，直到容器「扣入」C 型快扣時，開始有滑落的現象就停止，可測得 C 型快扣的最大承載重量，此即為包覆力大小。</p>

(二)測量包覆力的操作步驟

- 1.將 C 型快扣掛置在木板上，錢幣放入容器中。
- 2.將有重物（錢幣）的容器「扣入」C 型快扣，連續操作 5 次，如果容器可承受重物而不會滑落，再繼續加入錢幣增加重量；持續加入重物，直到容器「扣入」C 型快扣時，開始有滑落的現象就停止。
- 3.紀錄連續扣入 5 次時，不滑落時最重的總重量＝容器重量+錢幣重量，操作 3 次取平均值。

(二)「扣入」動作：容器「扣入」C 型快扣的動作如下表，有規定的標準動作流程。

表 3：「扣入」動作的流程說明

			
1.重物倒入容器	2.容器放入	3.手掌打開垂直推入	4.手離開

(三)「滑落」定義

表 4：「滑落或不滑落」的判斷方法



伍、研究過程、結果與討論

一、研究一：三種掛置方式的探討

設計三種不同 C 型快扣的掛置方式，分析適用物品的重量，結果如下：

(一)磁吸式

- 1.用途：將強力磁鐵固定在 C 型快扣上，利用「磁吸」功能可附著在白板上或鐵製品上。
- 2.考量：小磁鐵吸附在白板上吸附力較弱，也可以使用大的強力磁鐵，但是價錢昂貴。
- 3.測量承載重量： 表 5：強力磁鐵的承載重量

強力磁鐵尺寸	小尺寸 (10mm x5mm x20mm)		大尺寸 (5mm x20mm x30mm)	
磁吸面	白板	鐵片	白板	鐵片
平均承重力	94.17g	580.5g	260.4g	762.2g

4.分析：(1)磁吸式 C 扣適合用於「輕量物品」，例如：白板筆或小容器。

(2)實際三 D 列印以下尺寸：

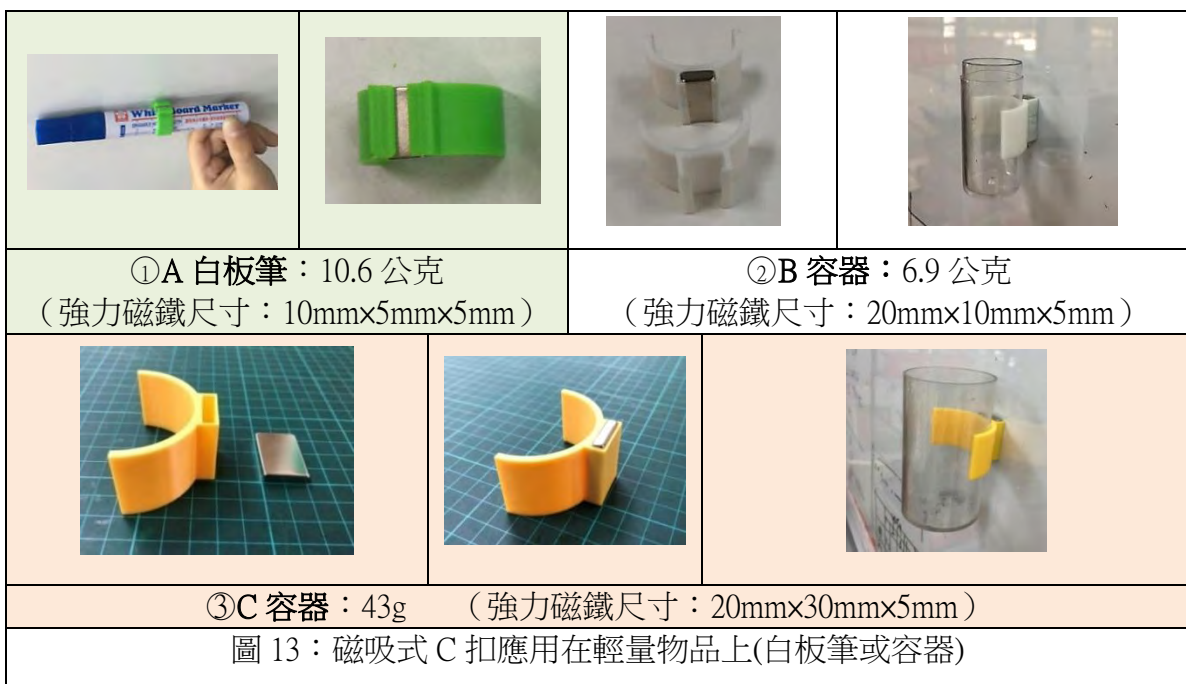

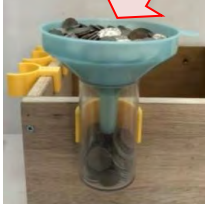


圖 13：磁吸式 C 扣應用在輕量物品上(白板筆或容器)

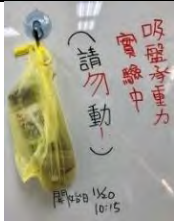
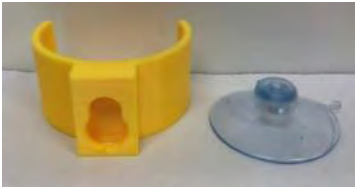
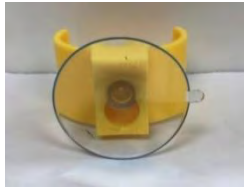
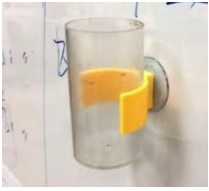
(二) ㄇ型掛勾式

- 1.用途：可掛置在木板、門板上。
- 2.考量：以磁吸式的設計測量包覆力會有另一個磁力因素干擾（磁吸在白板上，磁力無法承受時，也會滑落），因此，改設計ㄇ型勾式掛置在木板上，就能單純進行包覆力實驗，因此，**以下研究進行包覆力測量是以此設計的方式進行實驗。**
- 3.分析：測量數據時，容器已經放不下錢幣重物時，加上漏斗就能改善容器容量過小的限制，**可以承載很大的重量**，順利測量到包覆力數據。

		
<p>ㄇ型勾式凹槽繪圖設計 寬度 17.75mm</p>	<p>木板厚度:17.5mm</p>	<p>加上漏斗可承載更大的重量， 改善容器容量的限制。</p>
<p>圖 14：ㄇ型掛勾式 C 扣可應用在很大重量的物品上(1722g)</p>		

(三) 吸盤式

- 1.用途：為了改良磁吸式，我們想到「吸盤」的價錢便宜，重量輕又承受力強，我們將原來的磁鐵框改為吸盤洞，可適用於大容器。
- 2.考量：磁鐵越大，則磁力越強，但強力磁鐵本身也有重量，若改成吸盤式，只要光滑平面，都能使用吸盤式來掛置物品。
- 3.測量承載重量：
 - (1)市售吸盤的包裝說明註明承重力是 400g。
 - (2)以 406g 重物 107 年 11 月 20 日吸附在白板上測試，**至今仍吸附良好。**
- 4.分析：小的強力磁鐵磁力弱，雖然可改用大的強力磁鐵，但價錢昂貴，因此**磁吸式適合應用在輕量的白板筆或小容器**。吸盤價錢便宜，且重量輕又承受力強，我們將原來的磁鐵放置框設計改為放置吸盤，適用於大容器，可吸附白板或鏡子等光滑平面上。

			
<p>在白板上吸附良好</p>	<p>吸盤直徑 45mm</p>		
<p>圖 15：吸盤式 C 扣的承受力強</p>			

二、研究二：包覆力與 CP 值之探討

研究子題各變項三次的平均包覆力數據與 CP 值如下表(基本結構、變化結構)，分析後得知：

(一)包覆力及 CP 值最佳的前三名：分別是編號 56 內徑 50mm、編號 55 內徑 51mm、編號 64 內徑 52mm，包覆力高達 1722~2032g。(註：CP 值 = 包覆力除以耗材量)

(二)容器口徑 56.2mm 時，如果想要 C 型扣的包覆力：

1.300g 以上的包覆力，建議可以設計內徑 50~55mm、厚度 3mm、高度 20mm 以上的條件。

2.1000g 以上：建議設計內徑 50~54mm 的條件即可。

(三)我們為了能分析出各變項的規律變化下，C 型快扣的包覆力與耗材量的關係，所以以下的研究子題（研究三~研究十三）以各組比較值來討論。

以下為基本結構的數據：

表 6：C 型快扣條件（基本結構：內徑、增加弧長、厚度、高度、密度）測量數據表

研究子題探討變項	各組實驗條件	編號	條件						測量數據						
			單位：D(mm)·ΔL(mm)·T(mm)·H(mm)·d(%)						單位：包覆力(g)，耗材量長度(m)						
			內徑 D	增加弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材質	3次平均包覆力	包覆力倍率 A	耗材量長度	耗材量倍率 B	同組比較值 A/B	CP 值	
研究三：改變內徑	實驗一	增加弧長 +5	3	54	+5	3	30	80	PLA	738.6	1.51	5.92	0.99	1.52	124.76
		6	55	+5	3	30	80	PLA	488.13	1	5.97	1	1	81.76	
		11	56	+5	3	30	80	PLA	0	0	6.07	0	0	0	
	實驗二	增加弧長 +10	57	49	+10	3	30	80	PLA	無法套入	--	6.03	--	--	--
			56	50	+10	3	30	80	PLA	2032.63	7.262	6.07	0.950	7.64	334.86 第1名
			55	51	+10	3	30	80	PLA	1858.77	6.64	6.13	0.96	6.92	303.23 第2名
			64	52	+10	3	30	80	PLA	1722.13	6.15	6.17	0.97	6.37	279.11 第3名
			65	53	+10	3	30	80	PLA	1502.73	5.37	6.23	0.97	5.51	241.21
			2	54	+10	3	30	80	PLA	1048.63	3.75	6.28	0.98	3.83	166.98
			5	55	+10	3	30	80	PLA	594.03	2.12	6.33	0.99	2.14	93.84
			10	56	+10	3	30	80	PLA	279.9	1	6.39	1	1	43.80
	實驗三	增加弧長 +15	1	54	+15	3	30	80	PLA	1174.4	4.10	6.66	0.99	4.14	176.34
			4	55	+15	3	30	80	PLA	650.67	2.74	6.71	0.99	2.77	96.97
			9	56	+15	3	30	80	PLA	286.1	1	6.76	1	1	42.32
	研究	實驗	內徑 54	14	54	+10	2	30	80	PLA	269.6	1	5.13	1	1
2				54	+10	3	30	80	PLA	1048.63	3.89	6.28	1.22	3.19	166.98

四：改變厚度	實驗二	內徑 55	20	54	+10	4	30	80	PLA	1440.7	5.34	7.25	1.41	3.79	198.72	
			7	55	+10	2	30	80	PLA	164	1	5.17	1	1	31.72	
			5	55	+10	3	30	80	PLA	594.03	3.62	6.33	1.22	2.96	93.84	
	實驗三	內徑 56	8	55	+10	4	30	80	PLA	973.2	5.93	7.52	1.45	4.08	129.41	
			25	56	+10	2	30	80	PLA	80.1	1	4.69	1	1	17.08	
			10	56	+10	3	30	80	PLA	279.9	3.49	6.39	1.36	2.56	43.80	
			26	56	+10	4	30	80	PLA	484.83	6.05	6.66	1.42	4.26	72.80	
研究五：增加弧長	實驗一	內徑 54	3	54	+5	3	30	80	PLA	738.6	1	5.92	1	1	124.76	
			2	54	+10	3	30	80	PLA	1048.63	1.42	6.28	1.06	1.34	166.98	
			1	54	+15	3	30	80	PLA	1174.4	1.59	6.66	1.13	1.41	176.34	
	實驗二	內徑 55	6	55	+5	3	30	80	PLA	488.13	1	5.97	1	1	81.76	
			5	55	+10	3	30	80	PLA	594.03	1.22	6.33	1.06	1.15	93.84	
			4	55	+15	3	30	80	PLA	650.67	1.33	6.71	1.12	1.19	96.97	
	實驗三	內徑 56	11	56	+5	3	30	80	PLA	0(滑落)	0	5.97	0	0	0	
			15	56	+8	3	30	80	PLA	0(滑落)	0	6.29	0	0	0	
			10	56	+10	3	30	80	PLA	279.9	1.00	6.39	1.00	1.00	43.80	
			9	56	+15	3	30	80	PLA	286.1	1.02	6.76	1.06	0.97	42.32	
	研究六：改變高度	實驗一	厚度 2	23	55	+10	2	10	80	PLA	62.9	1	3.33	1	1	18.89
				24	55	+10	2	20	80	PLA	139.37	2.22	4.25	1.28	1.74	32.79
7				55	+10	2	30	80	PLA	164	2.61	5.17	1.55	1.68	31.72	
實驗二		厚度 3	12	55	+10	3	10	80	PLA	164.48	1	3.73	1	1	44.10	
			16	55	+10	3	20	80	PLA	348.3	2.12	5.03	1.35	1.57	69.24	
			5	55	+10	3	30	80	PLA	594.03	3.61	6.33	1.70	2.13	93.84	
實驗三		厚度 4	21	55	+10	4	10	80	PLA	377	1	4.13	1	1	91.28	
			35	55	+10	4	15	80	PLA	565.9	1.24	4.98	1.21	1.02	113.63	
			22	55	+10	4	20	80	PLA	701.2	1.86	5.83	1.41	1.32	120.27	
			8	55	+10	4	30	80	PLA	973.2	2.58	7.52	1.82	1.42	129.41	
研究七：改變密度		實驗一	內徑 54	48	54	+10	3	30	30	PLA	392.53	1	3.7	1	1	106.09
				47	54	+10	3	30	55	PLA	686.2	1.75	5.0	1.35	1.30	137.24
	2			54	+10	3	30	80	PLA	1048.63	2.67	6.28	1.70	1.57	166.98	
	實驗二	內徑 55	44	55	+10	3	30	30	PLA	311.7	1	3.73	1	1	83.57	
			43	55	+10	3	30	55	PLA	478.1	1.53	5.03	1.34	1.14	95.05	
			5	55	+10	3	30	80	PLA	594.03	1.91	6.33	1.7	1.12	93.84	
	實驗三	內徑	46	56	+10	3	30	30	PLA	144.77	1	3.75	1	1	38.61	

三	56	45	56	+10	3	30	55	PLA	207.4	1.43	5.06	1.35	1.06	40.99
		10	56	+10	3	30	80	PLA	279.0	1.93	6.39	1.7	1.14	43.66

以下為變化結構的數據：

表 7：C 型快扣條件（增加支條數與支條厚度）測量數據表

研究子題探討變項	各組實驗條件	編號	條件									測量數據					
			單位：D(mm), ΔL(mm), T(mm), H(mm), d(%)									單位：包覆力(g), 耗材量長度(m)					
			內徑 D	增加弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材質	支條數量	支條厚度	3次平均包覆力	包覆力倍率 A	耗材量長度	耗材量倍率 B	同組比較值 A/B	CP值	
研究九：改變支條	實驗一	支條厚 0.5	5	55	+10	3	30	80	PLA	0	0	594.0	1.13	6.33	0.99	1.14	93.84
			62	56	+10	3	30	80	PLA	2	0.5	523.9	1	6.42	1	1	81.6
			37	56	+10	3	30	80	PLA	3	0.5	766.5	1.46	6.43	1	1.46	119.21
	實驗二	支條厚 1	2	54	+10	3	30	80	PLA	0	0	1048.6	1.11	6.28	0.97	1.14	166.98
			63	56	+10	3	30	80	PLA	2	1	944.2	1	6.45	1	1	146.39
			38	56	+10	3	30	80	PLA	3	1	1221.87	1.29	6.49	1	1.29	188.27
	實驗三-1	支條量 3	10	56	+10	3	30	80	PLA	3	0	279.9	1	6.39	1	1	43.8
			37	56	+10	3	30	80	PLA	3	0.5	766.5	2.74	6.43	1.01	2.71	119.21
			38	56	+10	3	30	80	PLA	3	1	1221.9	4.37	6.49	1.02	4.28	188.27
	實驗三-2	支條量 2	10	56	+10	3	30	80	PLA	2	0	279.9	1	6.39	1	1	43.8
			62	56	+10	3	30	80	PLA	2	0.5	523.9	1.87	6.42	1.01	1.85	81.6
			63	56	+10	3	30	80	PLA	2	1	944.2	3.37	6.45	1.02	3.34	146.39

表 8：C 型快扣條件（內側貼上止滑墊）測量數據表

研究子題探討變項	各組實驗條件	編號	條件							測量數據					
			單位：D(mm), ΔL(mm), T(mm), H(mm), d(%)							單位：包覆力(g), 耗材量長度(m)					
			內徑 D	增加弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材質	止滑墊	3次平均包覆力	包覆力倍率 A	耗材量長度	耗材量倍率 B	同組比較值 A/B	CP值
研究十：增加摩擦力	實驗一	高度 23	55	+10	2	10	80	PLA	無	62.9	1	3.33	1	1	18.9
		10 39	55.6	+10	1.7	10	80	PLA	0.3 mm	188.37	2.99	3.22	0.97	3.08	58.5
	實驗二	高度 5	55	+10	3	30	80	PLA	無	594.03	1	6.33	1	1	93.8
		30 40	55.6	+10	2.7	30	80	PLA	0.3 mm	980.10	1.65	6	0.95	1.73	163.4

表 9：C 型快扣條件（三 D 列印材質：PLA v.s. ABS）測量數據表

研究子題探討變項	各組實驗條件	編號	條件								測量數據						
			單位：D(mm), ΔL(mm), T(mm), H(mm), d(%)								單位：包覆力(g), 耗材量長度(m)						
			內徑 D	增加弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材質	支條個數	支條厚度	3次平均包覆力	包覆力倍率 A	耗材量長度	耗材量倍率 B	同組比較值 A/B	CP 值	
研究十一：改變材質	實驗一	增加弧長	6	55	+5	3	30	80	PLA			488.13	1	5.97	1	1	81.8
			5	55	+10	3	30	80	PLA			594.03	1.22	6.33	1.06	1.01	93.9
			4	55	+15	3	30	80	PLA			650.67	1.33	6.71	1.12	1.19	96.97
		+5	52	55	+5	3	30	80	ABS			428.94	1	6.27	1	1	68.41
		+10	53	55	+10	3	30	80	ABS			456.73	1.06	6.65	1.06	1	68.68
		+15	54	55	+15	3	30	80	ABS			522.1	1.22	7.04	1.12	1.09	74.16
	實驗二	支條厚度	10	56	+10	3	30	80	PLA	3	0	279.9	1	6.39	1	1	43.8
			37	56	+10	3	30	80	PLA	3	0.5	766.5	2.74	6.43	1.01	2.71	117.3
			38	56	+10	3	30	80	PLA	3	1	1221.87	4.37	6.49	1.02	4.28	188.3
		0	51	56	+10	3	30	80	ABS	0	0	184	1	6.72	1	1	27.4
		0.5	49	56	+10	3	30	80	ABS	3	0.5	418.53	2.74	6.76	1.01	2.71	61.9
		1	50	56	+10	3	30	80	ABS	3	1	630.23	3.43	6.82	1.02	3.36	92.4

表 10：C 型快扣條件（增加孔洞）測量數據表

研究子題探討變項	各組實驗條件	編號	條件										測量數據						
			單位：D(mm), ΔL(mm), T(mm), H(mm), d(%)										單位：包覆力(g), 耗材量長度(m)						
			內徑 D	增加弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材質	孔洞			3次平均包覆力	包覆力倍率 A	耗材量長度	耗材量倍率 B	同組比較值 A/B	CP 值		
研究十二：增加孔洞	實驗一-1：位置	孔洞數 1	73	55	+10	3	30	80	PLA	1	內	12	491	1	6.22	1	1	78.94	
			72	55	+10	3	30	80	PLA	1	外	12	577.13	1.18	6.22	1	1.18	92.79	
	實驗一-2：位置	孔洞數 2		68	55	+10	3	30	80	PLA	2	1右內 1右外	12	467.83	1	6.1	1	1	75.21
				71	55	+10	3	30	80	PLA	2	1左內 1右內	12	474.2	1.01	6.1	1	1.01	77.7
				69	55	+10	3	30	80	PLA	2	1左內 1右外	12	490.7	1.05	6.1	1	1.05	80.44
				70	55	+10	3	30	80	PLA	2	1左外 1右外	12	547.87	1.17	6.1	1	1.17	89.81

實驗二：數量	孔洞直徑 12 mm	67	55	+10	3	30	80	PLA	4	平均	12	480.9	1	5.8	1	1	82.91
		68	55	+10	3	30	80	PLA	2	平均	12	526.92	1.10	6.1	1.05	1.05	86.38
		72	55	+10	3	30	80	PLA	1	平均	12	534.07	1.11	6.22	1.07	1.04	85.86
		73	55	+10	3	30	80	PLA	0	無洞	0	594.03	1.24	6.33	1.09	1.14	93.84
實驗三：大小	孔洞個數 2	71	55	+10	3	30	80	PLA	2	1左外 1右外	16	526.83	1	5.9	1	1	89.3
		70	55	+10	3	30	80	PLA	2	1左外 1右外	12	547.87	1.04	6.1	1.03	1.01	89.81

表 11：C 型快扣條件（增加孔洞+支條）測量數據表




研究子題探討變項	各組實驗條件	編號	條件									測量數據					
			單位：D(mm)， ΔL (mm)，T(mm)，H(mm)，d(%)									單位：包覆力(g)，耗材量長度(m)					
			內徑 D	增加弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材質	支條數量	支條厚度	孔洞數量	3次平均包覆力	包覆力倍率 A	耗糧長度	耗糧倍率 B	同組比較值 A/B	CP值
研究十三：組合式	實驗一：支條數量 3	5	55	+10	3	30	80	PLA	0	0	0	594.03	1	6.33	1	1	43.8
		76	55	+10	3	30	80	PLA	3	0.5	2	721.33	1.21	6.15	0.97	1.25	117.29
		77	55	+10	3	30	80	PLA	3	1	2	929.6	1.56	6.21	0.98	1.59	149.69

以下的實驗，我們在改變同一條件下，故意多做雷同的小實驗，是為了比對所有尺寸條件下的包覆力數據，如此才能找到最佳配方。

三、研究三：改變內徑影響包覆力之探討

以下相同條件為：厚度 3mm，高度 30mm，密度 80%，材質 PLA。實驗數據紀錄於表 6(P.12)

(一)結果： 表 12：改變內徑(單位 mm)三個子實驗條件

實驗一：增加弧長+5mm	實驗二：增加弧長+10mm	實驗三：增加弧長+15mm
甲：56，乙：55，丙：54	甲：56，乙：55，丙：54，丁：53，戊：52，己：51，庚：50，辛：49	甲：56，乙：55，丙：54
		

(二)討論：1.以下特別針對**實驗二**的數據進行分析說明

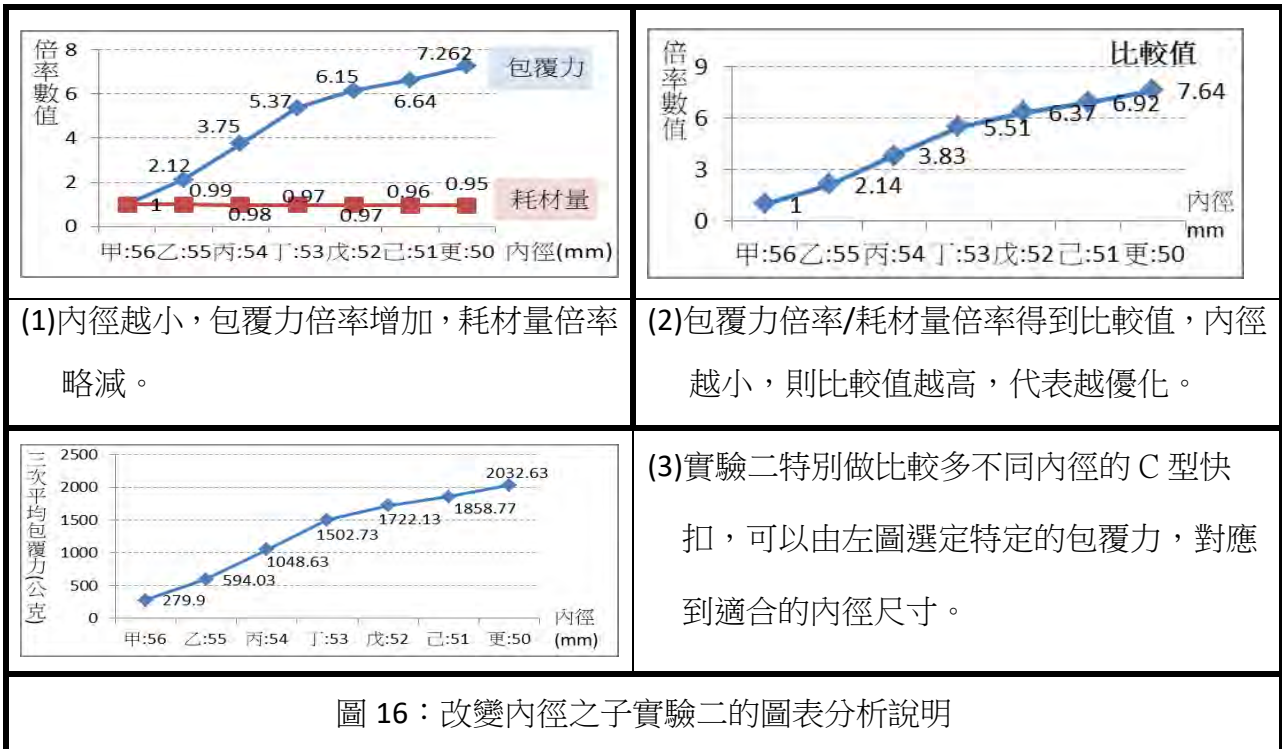


圖 16：改變內徑之子實驗二的圖表分析說明

2.實驗一和實驗三也得到相同的結論(數據在以下二張圖中)，綜合以上得到，**內徑越小，包覆力越好，耗材量越少，比較值越佳，CP 值越佳**，需留意太緊容易造成容器破裂或套不進去。

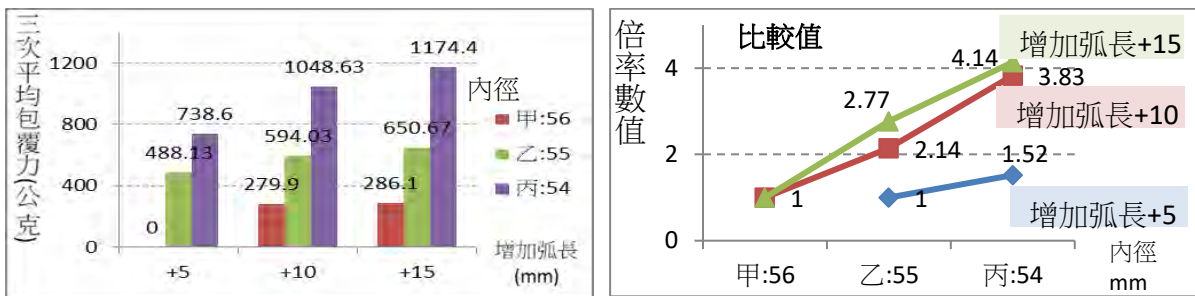


圖 17：改變內徑三個子實驗的平均包覆力 圖 18：改變內徑三個子實驗的組內比較值

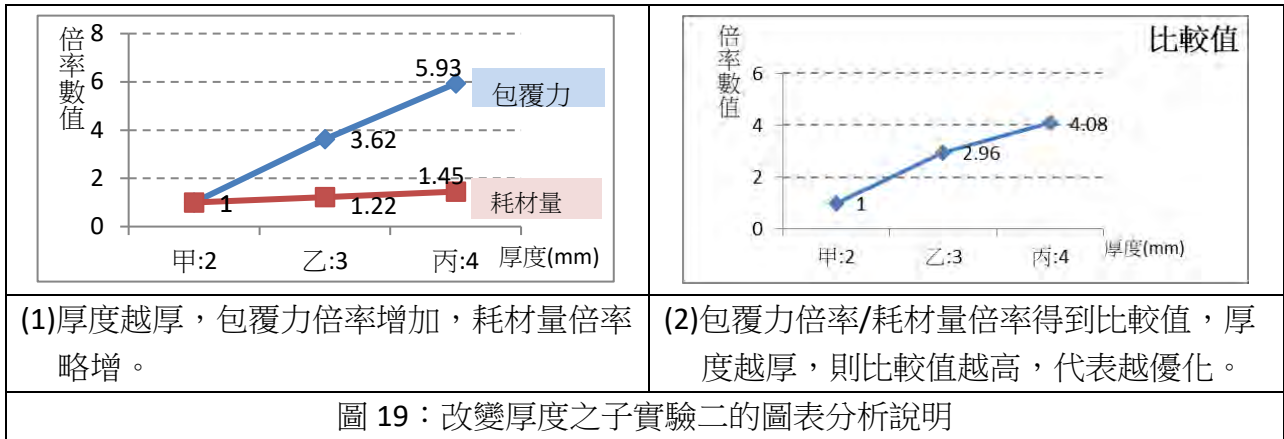
四、研究四：改變厚度影響包覆力大小之探討

以下相同條件為：增加弧長 10mm，高度 30mm，密度 80%，材質 PLA。實驗數據紀錄於表 6(P.13)

(一)結果： 表 13：改變厚度(單位 mm)三個子實驗條件

實驗一：內徑 54mm	實驗二：內徑 55mm	實驗三：內徑 56mm
甲：2，乙：3，丙：4	甲：2，乙：3，丙：4	甲：2，乙：3，丙：4
 甲:2mm 乙:3mm 丙:4mm	 甲:2mm 乙:3mm 丙:4mm	 甲:2mm 乙:3mm 丙:4mm

(二)討論：1.以下特別針對**實驗二**的數據進行分析說明



2.實驗一和實驗三也得到相同的結論(數據在以下二張圖中)，綜合以上得到，**不同內徑下，均為厚度增加，包覆力越好，但耗材量增加不多，比較值越好**。內徑較大的 C 型扣因較鬆，包覆力較差，故 CP 值增加不多。厚度增加會讓內徑較小的 C 扣有更好的 CP 值。

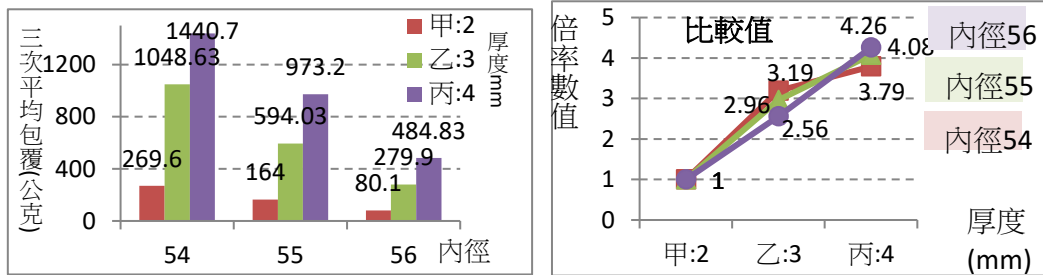





圖 20：改變厚度三個子實驗的平均包覆力 圖 21：改變厚度三個子實驗的組內比較值

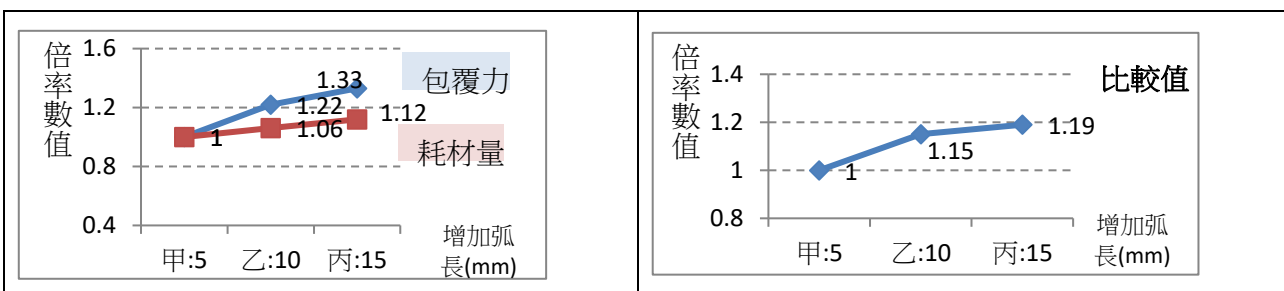
五、研究五：改變增加弧長影響包覆力大小之探討

以下相同條件為：厚度 3mm，高度 30mm，密度 80%，材質 PLA。實驗數據紀錄於表 6(P.13)

(一)結果： 表 14：增加弧長(單位 mm)三個子實驗條件

實驗一：內徑 54mm	實驗二：內徑 55mm	實驗二：內徑 56mm
甲：+5，乙：+10，丙：+15	甲：+5，乙：+10，丙：+15	甲：+5，乙：+8，丙：+10，丁：+15
		

(二)討論：1.以下特別針對**實驗二**的數據進行分析說明



(1)弧長越長，包覆力倍率增加，耗材量倍率略增。	(2)包覆力倍率/耗材量倍率得到比較值，弧長越長，則比較值越高，代表越優化。
--------------------------	--

圖 22：增加弧長之子實驗二的圖表分析說明

2.實驗一和實驗三也得到相同的結論(數據在以下二張圖中，綜合以上得到，不同內徑下，均為弧長增加，包覆力越好，內徑較小的耗材量增加不多，比較值越好，CP 值越佳。但內徑較大的 C 型扣會較鬆，包覆力較差，耗材量增加較多，比較值略差，CP 值略差，故內徑較大的 C 型扣不建議以增加弧長來提高包覆力。

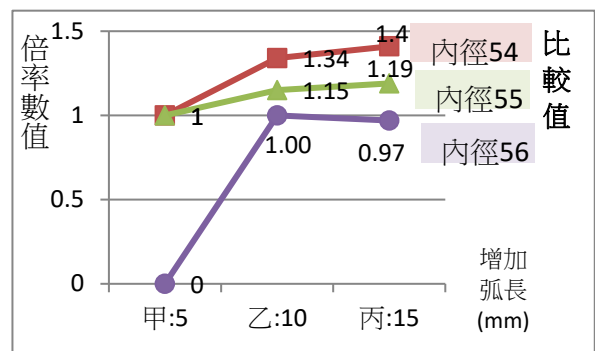
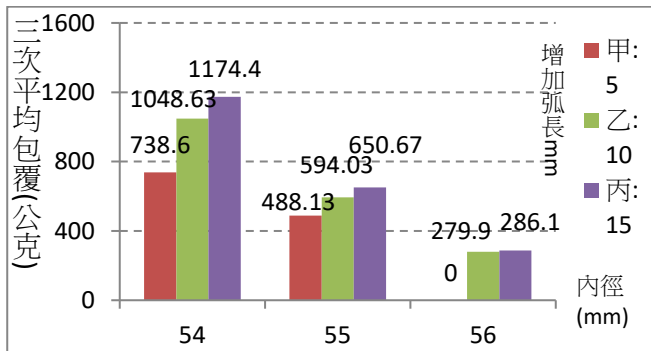


圖 23：增加弧長三個子實驗的平均包覆力

圖 24：增加弧長三個子實驗的組內比較值

六、研究六：改變高度影響包覆力大小之探討

以下相同條件為：內徑55mm，增加弧長+10mm，密度80%，材質PLA。實驗數據紀錄於表6(P.13)

(一)結果： 表 15：改變高度(單位 mm)三個子實驗條件

實驗一：厚度 2mm	實驗二：厚度 3mm	實驗三：厚度 4mm
甲：10，乙：20，丙：30	甲：10，乙：20，丙：30	甲：10，乙：15，丙：20，丁：30

(二)討論：1.以下特別針對實驗二的數據進行分析說明

<table border="1"> <caption>圖 25：實驗二數據分析</caption> <thead> <tr> <th>高度 (mm)</th> <th>包覆力倍率</th> <th>耗材量倍率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>甲:10</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>乙:20</td> <td>2.12</td> <td>1.35</td> </tr> <tr> <td>丙:30</td> <td>3.61</td> <td>1.70</td> </tr> </tbody> </table>	高度 (mm)	包覆力倍率	耗材量倍率	甲:10	1	1	乙:20	2.12	1.35	丙:30	3.61	1.70	<table border="1"> <caption>圖 26：實驗二比較值</caption> <thead> <tr> <th>高度 (mm)</th> <th>比較值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>甲:10</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>乙:20</td> <td>1.57</td> </tr> <tr> <td>丙:30</td> <td>2.13</td> </tr> </tbody> </table>	高度 (mm)	比較值	甲:10	1	乙:20	1.57	丙:30	2.13
高度 (mm)	包覆力倍率	耗材量倍率																			
甲:10	1	1																			
乙:20	2.12	1.35																			
丙:30	3.61	1.70																			
高度 (mm)	比較值																				
甲:10	1																				
乙:20	1.57																				
丙:30	2.13																				
(1)高度越高，包覆力倍率增加，耗材量倍率略增。	(2)包覆力倍率/耗材量倍率得到比較值，高度越高，則比較值越高，代表越優化。																				

圖 25：改變高度之子實驗二的圖表分析說明

2.實驗一和實驗三也得到相同結論(數據在以下二張圖中)，綜合以上得到，不同厚度下，均為高度增加，包覆力越好，但厚度較薄的 C 型扣較鬆，包覆力較差，隨著高度增加，耗材量也會增加，導致比較值略差，CP 值略差，故厚度較薄的 C 扣不會建議增加高度來提高包覆力。

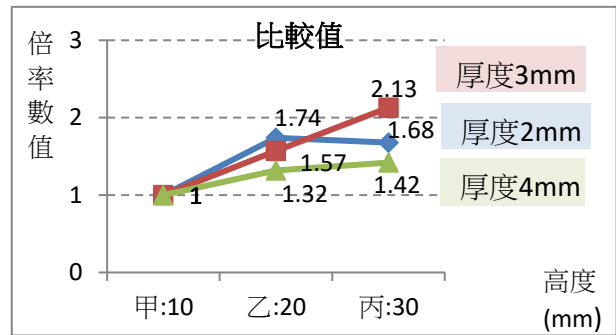
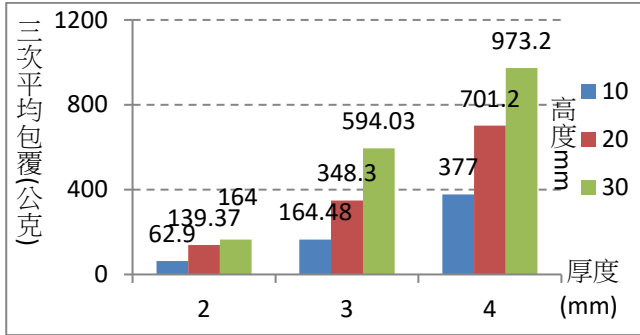


圖 26：改變高度三個子實驗的平均包覆力

圖 27：改變高度三個子實驗的組內比較值

七、研究七：改變密度影響包覆力大小之探討

以下相同條件為：增加弧長+10mm，高度 30mm，材質 PLA。實驗數據紀錄於表 6(P.13)

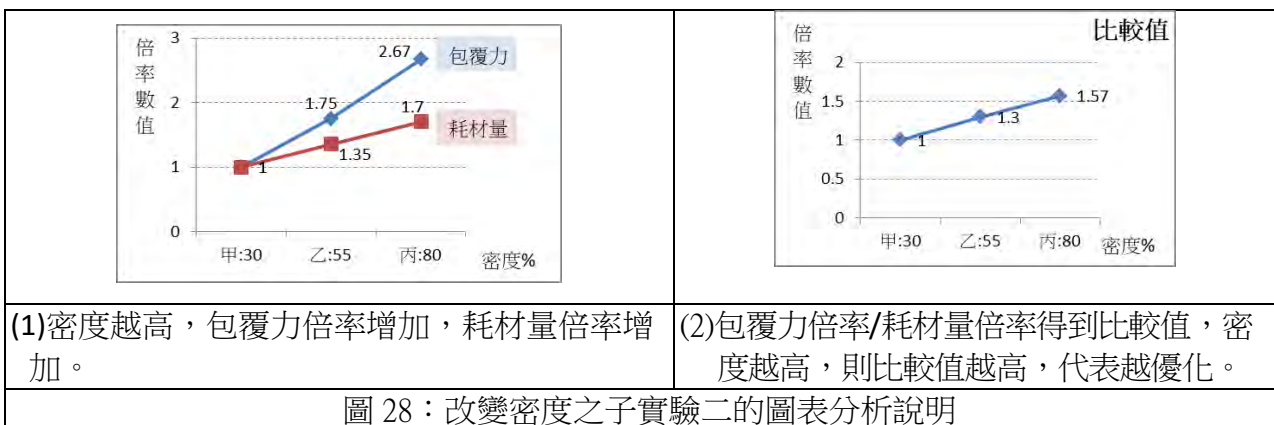
(一)結果：

表 16：改變密度(單位%)三個子實驗條件

實驗一：內徑 54mm	實驗二：內徑 55mm	實驗三：內徑 56mm
甲：30，乙：55，丙：80	甲：30，乙：55，丙：80	甲：30，乙：55，丙：80

(二)討論：

1.以下特別針對實驗一的數據進行分析說明



(1)密度越高，包覆力倍率增加，耗材量倍率增加。

(2)包覆力倍率/耗材量倍率得到比較值，密度越高，則比較值越高，代表越優化。

圖 28：改變密度之子實驗二的圖表分析說明

2.實驗二和實驗三也得到相同的結論(數據在以下二張圖中)，不同內徑下，均為密度增加，包

覆力越好，耗材量增加，我們發現內徑越小的比較值越好，CP 值越佳。

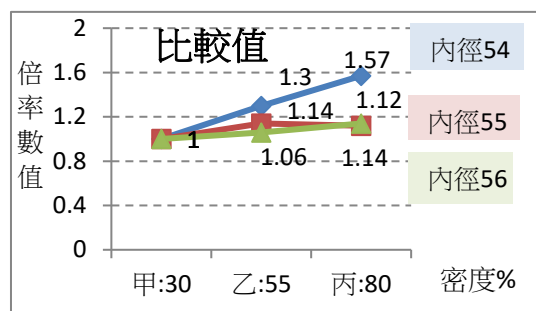
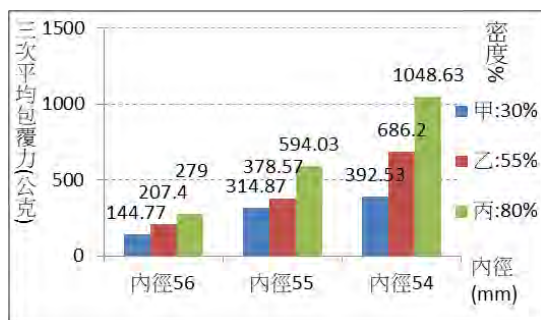


圖 29: 改變密度三個子實驗的平均包覆力

圖 30: 改變密度三個子實驗的組內比較值

八、研究八：基本結構的綜合比較

(一)以內徑 55mm 的條件下，分析改變厚度、弧長、高度及密度等變項提升包覆力的效果：

已知減少內徑效果最好，再根據下表分析各變項的同組比較值，我們發現增加厚度最佳，其次分別為增加高度、增加弧長和增加密度，故提升包覆力效率如下：

減少內徑 > 增加厚度 > 增加高度 > 增加弧長 > 增加密度

表 17: 增加厚度 > 增加高度 > 增加弧長 > 增加密度的同組比較值的數據(內徑條件相同下)

組別	編號	條件單位：D(mm)， ΔL (mm)，T(mm)，H(mm)，d(%)						3 次平均 包覆力(g)	耗材量 (m)	同組 比較值	CP 值
		內徑 D	增加弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材質				
厚度	7	55	10	2	30	80	PLA	164	5.17	1	31.72
	5	55	10	3	30	80	PLA	594.03	6.33	2.96	93.84
	8	55	10	4	30	80	PLA	973.2	7.52	4.08	129.41
高度	12	55	10	3	10	80	PLA	164.48	3.73	1	44.10
	16	55	10	3	20	80	PLA	348.3	5.03	1.57	69.24
	5	55	10	3	30	80	PLA	594.03	6.33	1.70	93.84
弧長	6	55	5	3	30	80	PLA	348.3	5.03	1	81.76
	5	55	10	3	30	80	PLA	594.03	6.33	1.15	93.84
	4	55	15	3	30	80	PLA	650.67	6.71	1.19	96.97
密度	44	55	10	3	30	30	PLA	311.7	3.73	1	62.24
	43	55	10	3	30	55	PLA	478.1	5.03	1.14	91.28
	5	55	10	3	30	80	PLA	594.03	6.33	1.12	93.84

(二)比較本研究所有 C 行快扣實品的包覆力數據，發現特別的現象，有一些不同條件的 C 型快扣具有相近的包覆力，我們可以考慮設計耗材量少一點的條件來列印。

1. 影響包覆力的變項，內徑的影響力大於厚度的分析

兩組包覆力相近的 C 型快扣如下表，它們的內徑與厚度不同，其他條件都相同，分析後得知：

表 18：內徑的影響力大於厚度的耗材量與 CP 值數據的比較

組別	編號	條件單位：D(mm)， ΔL (mm)，T(mm)，H(mm)，d(%)						3 次平均 包覆力(g)	耗材量 (m)	耗材量 差距(m)	CP 值
		內徑 D	增加弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材質				
A	10	56	+10	3	30	80	PLA	279.9	6.39	1.26	43.8
	14	54	+10	2	30	80	PLA	269.6	5.13		52.55
B	8	55	+10	4	30	80	PLA	973.2	7.52	1.24	129.41
	2	54	+10	3	30	80	PLA	1048.63	6.28		166.98

(1)以組別 A (編號 14 和 10) 詳細說明如下：

編號 14(內徑 54mm、厚度 2mm)和編號 10(內徑 56mm、厚度 3mm)，平均包覆力分別為 269.6g 和 279.9g，兩者接近，耗材量分別為 5.13m 和 6.39m，選擇列印內徑和厚度較少的編號 14 得到相同包覆力，省耗材量 1.26m，達到經濟實惠的結果。

(2)組別 B (編號 2 和 8) 也得到相同的結論。

(3)由此表分析得知，內徑的影響力大於厚度，內徑減少 1~2mm 時，可減少厚度 1mm，而得到相近的包覆力，節省耗材量。

2. 影響包覆力的變項，厚度的影響力大於高度的分析：

三組包覆力相近的 C 型快扣如下表，它們的厚度與高度不同，其他條件都相同，分析後得知：

表 19：厚度的影響力大於高度的耗材量與 CP 值數據的比較

組別	編號	條件單位：D(mm)， ΔL (mm)，T(mm)，H(mm)，d(%)						3 次平均 包覆力(g)	耗材量 (m)	耗材量 差距(m)	CP 值
		內徑 D	增加弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材質				
A	7	55	10	2	30	80	PLA	164	5.17	1.44	31.72
	12	55	10	3	10	80	PLA	164.48	3.73		43.97
B	5	55	10	3	30	80	PLA	594.03	6.33	1.35	93.84
	35	55	10	4	15	80	PLA	569.9	4.98		114.44
C	16	55	10	3	20	80	PLA	348.3	5.03	0.9	62.24
	21	55	10	4	10	80	PLA	377	4.13		91.28

(1).以組別 A (編號 7 和 12) 詳細說明如下：

編號 7 (厚度 2mm 高度 30mm) 和編號 12 (厚度 3mm 高度 10mm) 的包覆力分別為 164g 和 164.48g，兩者很接近，耗材量分別為 5.17m 和 3.73m，分析兩者的條件，發現編號 12 比編號 7 的厚度多 1mm，列印高度少 20mm，可選擇列印編號 12 得到相同包覆力，省耗材 1.44m，經濟實惠 CP 值高。

(2).組別 B (編號 5 和 35) 和組別 C (編號 16 和 21)：也得到相同的結論。

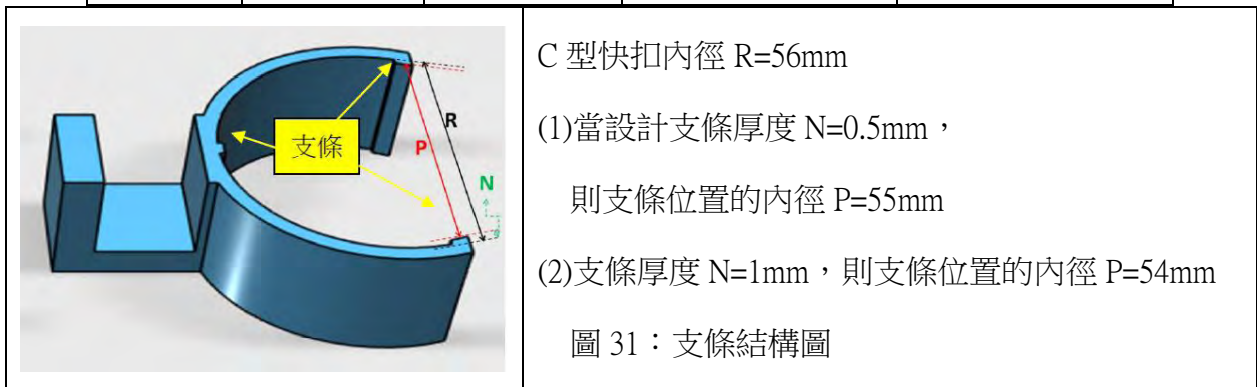
(3)由此表分析得知，增加高度不如增加厚度，厚度是關鍵影響力，當厚度增加 1mm，高度最多可減少 20mm，就具有相同包覆力，而且耗材可減少近三成。

九、研究九：增加支條數影響包覆力之探討

當 C 型快扣內側加上支條，則增加支條的位置其內徑會變小，計算增加支條後的內徑如下：

表 20：對照組 0 支條（甲組）的包覆力 v.s. 增加支條後內徑（乙組和丙組）的包覆力數據

原內徑	支條厚度	內徑會縮小	加支條後的內徑	對照組的內徑
56mm	0.5mm	1mm	55mm	55mm
	1mm	2mm	54mm	54mm



以下相同條件為：增加弧長+10mm，厚度 3mm，高度 30mm，密度 80%，材質 PLA。實驗數據紀錄於表 7(P.14)

(一)結果：

表 21：增加支條(單位 mm)三個子實驗條件

實驗一：支條厚度 0.5mm	實驗二：支條厚度 1mm
支條數 甲：0 個，乙：2 個，丙：3 個	支條數 甲：0 個，乙：2 個，丙：3 個

(二)討論：1.以下特別對實驗一的數據進行分析說明

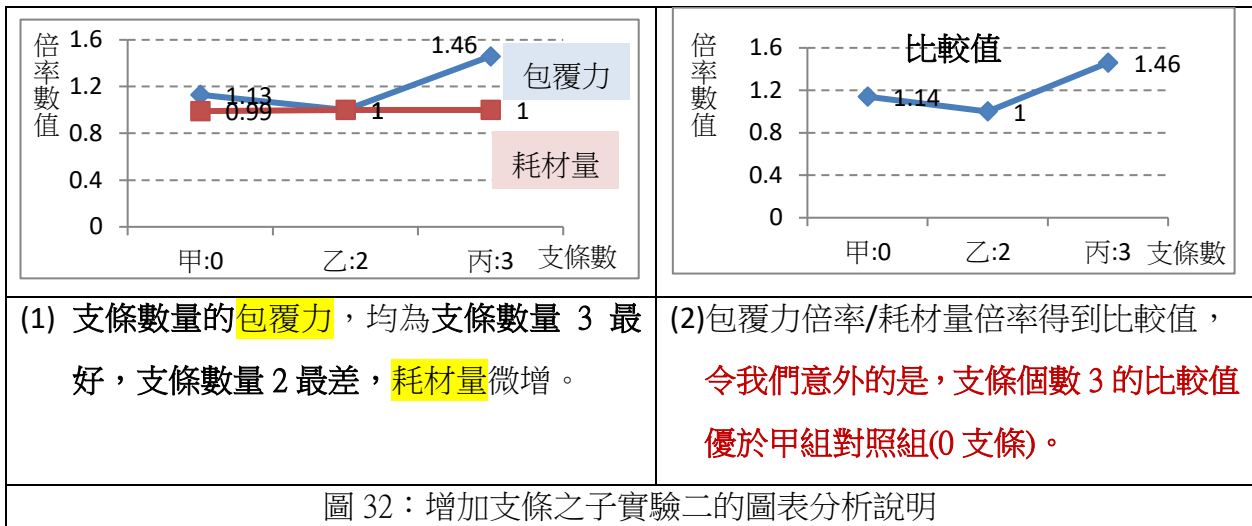


圖 32：增加支條之子實驗二的圖表分析說明

2.實驗二也得到相同的結論(數據在以下二張圖中)，綜合以上得到，在增加支條後內徑相同的 C 型快扣，不論支條厚度是 0.5mm 或 1mm，均可發現**支條數量的覆盖率**，均為**支條數量 3 最好，支條數量 2 最差，支條數增加則耗材量會略增**，我們推論可能是三支條的設計，讓 C 型快扣的抓握力更集中，比整個內徑都包覆容器好。

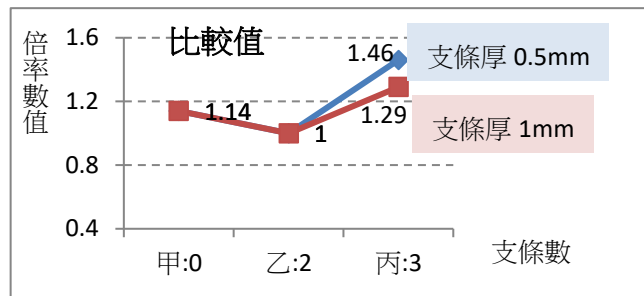


圖 33：增加支條三個子實驗的平均覆盖率

圖 34：增加支條三個子實驗的組內比較值

十、研究十：內側加止滑墊影響覆盖率之探討

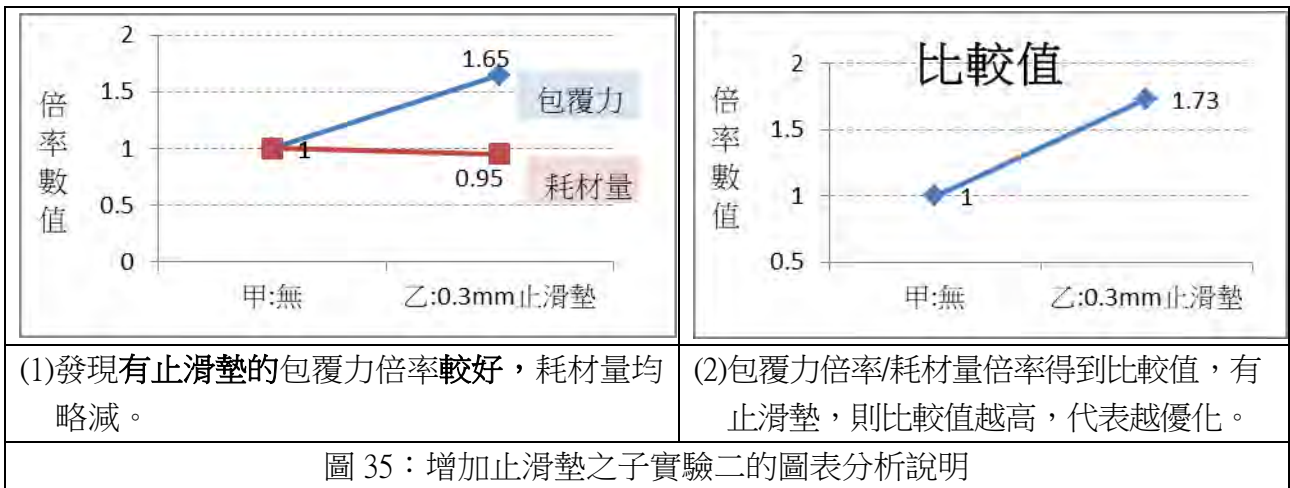
以下相同的條件為:內徑55mm，增加弧長+10mm，密度80%，材質PLA。實驗數據紀錄於表8(P.15)

(一)結果：

表 22：內側加止滑墊 二個子實驗條件

實驗一：C 扣高度 10mm，厚度 1.7+0.3mm	實驗二：C 扣高度 30mm，厚度 2.7+0.3mm
甲：無止滑墊、乙：0.3mm 止滑墊	甲：無止滑墊、乙：0.3mm 止滑墊

(二)討論：1.以下特別針對實驗一的數據進行分析說明



2.實驗二也得到相同結論(數據在以下二張圖中),綜合以上得到,不同高度下,有止滑墊包覆力較佳,無止滑墊較差,耗材量均略減,我們推論:增加止滑墊會因摩擦力增加,所以包覆力增加。

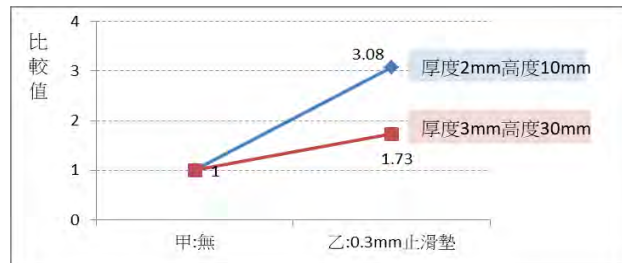
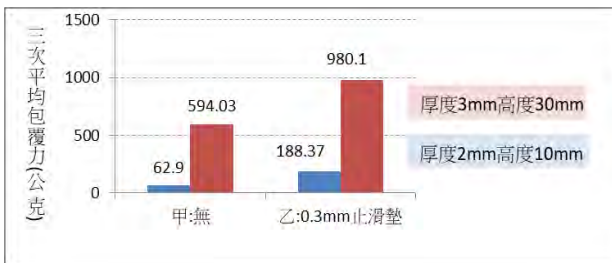


圖 36：增加止滑墊三個子實驗的平均包覆力 圖 37：增加止滑墊三個子實驗的組內比較值

十一、研究十一：C 型快扣 3D 列印材質影響包覆力大小之探討

本研究想探討PLA和ABS不同材質,相同條件下對包覆力的影響。實驗數據紀錄於表9(P.15)

(一)實驗一：增加弧長+5mm、+10mm、+15mm 的數據如下

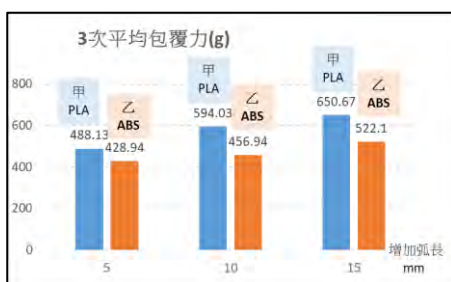


圖 38：包覆力

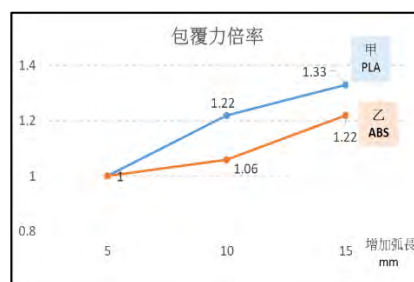


圖 39：包覆力倍率

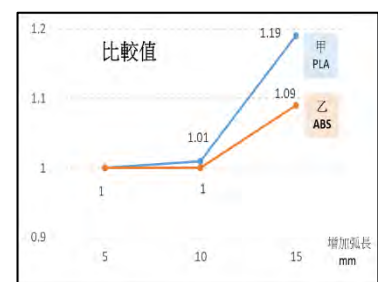


圖 40：比較值

1.包覆力及包覆力倍率都是 PLA 材質>ABS 材質(圖 11-1、圖 11-2)。

2.由圖 11-3 得知, 包覆力倍率/耗材量倍率得到比較值, PLA 材質略高於 ABS 材質。

(二)實驗二：測試二種材質的彈性

相同條件：增加弧長+10mm，厚度 3mm，高度 30mm，
密度 80%，容器直徑 56.2mm。

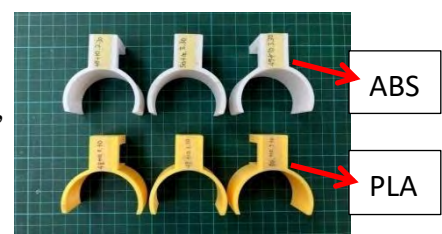


圖 41：二種材質 C 扣

以下將內徑從 56mm 逐漸縮小，想探討不同材質的彈性 (甲：PLA、乙：ABS)。

表 23：不同材質扣入 C 型快扣的情形(✓可套入；✗無法套入)

內徑 材質	56mm	55mm	54mm	53mm	52mm	51mm	50mm	49mm	48mm
甲:PLA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
乙:ABS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

二種不同材質下，ABS 材質在內徑 56-48mm 均可套入，而 PLA 材質在內徑 49、48mm 無法套入，由此得知，ABS 材質彈性較佳。

(三)討論：由實驗一得知，雖然 PLA 的比較值略高於 ABS，但是由實驗二得知，ABS 材質因彈性佳，可設計內徑更小的 C 型扣，而得到最佳的包覆力。

十二、研究十二：增加孔洞影響包覆力之探討

本研究想探討 C 型快扣增加孔洞列印時，相同條件下孔洞數量、位置、大小對包覆力大小的影響。實驗數據紀錄於表 10(P.15)

(一)結果：

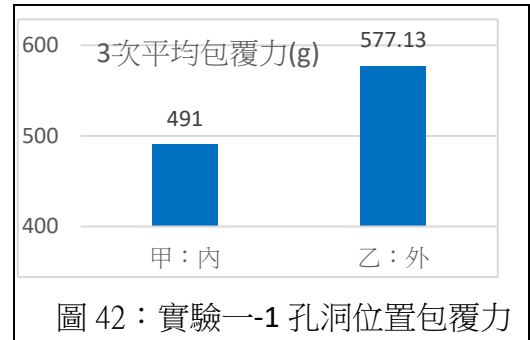
表 24：改變孔洞三個子實驗條件

實驗一：改變孔洞位置	
實驗一-1：增加 1 孔洞	實驗一-2：增加 2 孔洞
孔洞位置 甲：1 內，乙：1 外	孔洞位置 甲：2 內，乙：2 外
 <p style="text-align: center;">甲：1 內 乙：1 外</p>	 <p style="text-align: center;">甲：2 內 乙：2 外</p>
實驗二：改變孔洞數量	
孔洞數 甲：4，乙：孔洞 2，丙：孔洞 1，丁：0	實驗三：改變孔洞直徑大小
 <p style="text-align: center;">甲：4 乙：2 丙：1 丁：0</p>	孔洞直徑 甲：16mm，乙：12mm
	 <p style="text-align: center;">甲：16 乙：12</p>

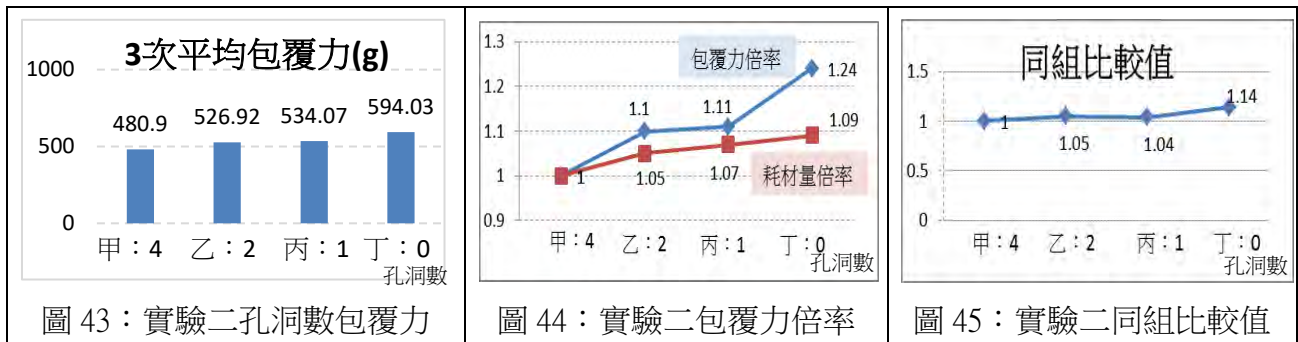
(二)討論：

1.以下特別針對**實驗一-1 孔洞位置**數據進行分析說明

- (1)分析一個孔洞的C型快扣，我們發現孔洞在外側，包覆力較佳。
- (2)實驗一-2 兩個孔洞也得到相同的結論，綜合以上，分析後發現孔洞數量相同時，孔洞位置在內側部位的包覆力較差，均為孔洞位置在外側，包覆力越佳。



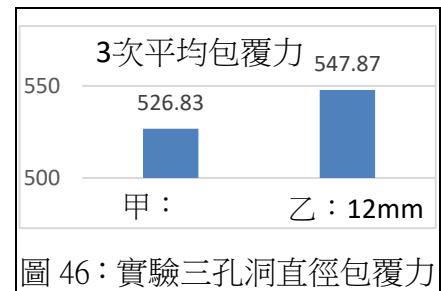
2.以下特別針對**實驗二改變孔洞數量**的數據進行分析說明



- (1)孔洞越少，包覆力倍率增加，耗材量倍率略增。包覆力倍率/耗材量倍率得到比較值越高，代表越優化。
- (2)分析後發現雖然增加孔洞可減少耗材量，但包覆力變差，CP 值也降低。

3.以下特別針對**實驗三改變孔洞直徑大小**數據進行分析說明

- (1)孔洞直徑較小，包覆力較佳。
- (2)分析後發現雖然增加孔洞面積可減少耗材量，但包覆力變差，CP 值也降低。



十三、研究十三：變化結構的綜合比較

變化結構變項包括增加支條、止滑墊、孔洞及改變材質等，挑選內徑同是 55mm 的條件，分析其 CP 值，提升包覆力的成效排名為：

加止滑墊 > 增加 3 支條 > 對照組 > 孔洞數 2 > 改為 ABS 材質

表 25：改變變化結構 CP 值的數據排序

編號	相同條件：增加弧長+10，厚度 3，高度 30，密度 80%，材質 PLA。(長度單位 mm)			3 次平均 包覆力(g)	耗材量 (m)	CP 值
	原內徑	變項條件	後來內徑			
40	55.6	止滑墊(厚 0.3mm)	55	980.1	6	163.4
37	56	三支條(厚 0.5mm)	55	766.5	6.43	119.21

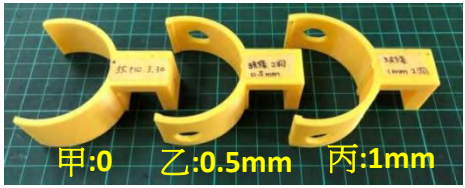
5	55	無(對照組)	55	593.03	6.33	93.84
68-71	55	孔洞數(2 洞) (共 4 組都是 2 洞, 但不同位置的數據, 取平均值)	55	526.92	6.1	86.38
55	55	材質(改 ABS)	55	456.73	6.65	68.68

十四、研究十四：組合式增加支條數和孔洞影響包覆力之探討

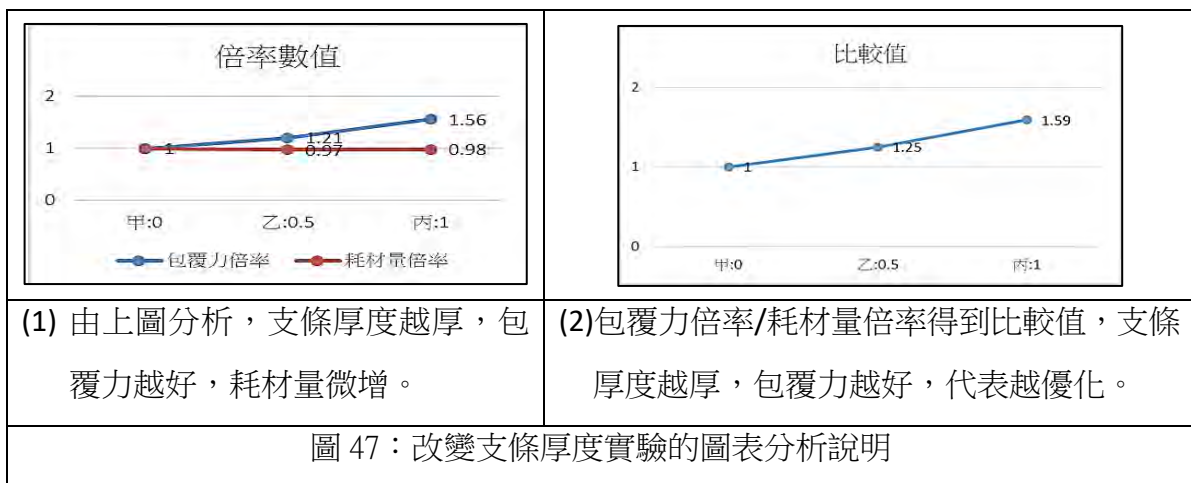
我們將變化結構的兩個變項（增加支條與孔洞）結合，其中增加支條可增加包覆力，而增加孔洞可減少耗材量，我們想探討組合式結構是否能得到最佳的 CP 值。

以下相同條件為：內徑 55mm，增加弧長+10mm，厚度 3mm，高度 30mm，密度 80%，材質 PLA。實驗數據紀錄於表 11(P.17)

(一)結果： 表 24：改變支條厚度 實驗條件

實驗一：C 扣條件為支條數 3，兩孔洞(直徑 12mm)	
支條厚度 甲：0mm (對照組 0 支條+0 孔洞)	
乙：0.5mm (3 支條+2 孔洞)	
丙：1mm (3 支條+2 孔洞)	

(二)討論：1.以下特別針對**實驗一**的數據進行分析說明



2.我們發現，增加孔洞和支條的組合式 C 型快扣，不同支條厚度條件下，包覆力、比較值、CP 值均比同條件下無孔洞無支條的 C 型快扣佳，而且支條厚度越厚越優化。

陸、結論

我們的研究「C 型快扣之包覆力探討」，主要是針對 C 型快扣三 D 列印後的產品條件進行最佳包覆力的探討。

一、基本結構條件：改變內徑、厚度、增加弧長、高度及密度等變項，結論如下：

(一)如果希望環保且節省能源、成本，有效率的量產 C 型快扣，以下條件皆能提升包覆力，其中提升成效排名為：**減少內徑 > 增加厚度 > 增加高度 > 增加弧長 > 增加密度**。

(二)其中，內徑比容器內縮 6.2mm 時，尚可套入，再小就扣不進去或彈出。

二、**變化結構**：改變變項包括增加支條、止滑墊、孔洞及改變材質等，結論如下：

提升包覆力的成效排名為：

加止滑墊 > 增加 3 支條 > 對照組 > 孔洞數 2 > 改為 ABS 材質

(一)增加止滑墊和三支條越厚，增加 C 型快扣的包覆力、CP 值成效較佳。

(二)增加孔洞雖耗材量減少，但包覆力也減少，CP 值降低；其中，實驗也發現**孔洞位置是影響包覆力的關鍵，位置越外側，包覆力減少的比較少**。

(三)二種不同材質在相同條件下，雖然 PLA 的包覆力較佳，但 ABS 材質彈性佳，建議可設計內徑更小的 C 型快扣，而得到更佳的包覆力。

三、**組合式**：「三支條+兩孔洞」組合式 C 型扣的包覆力及 CP 值均比對照組(0 孔洞+0 支條)佳，且耗材量減少，其中，支條厚度越厚，則越優化。

四、**C 型快扣的作品的改良歷程**：

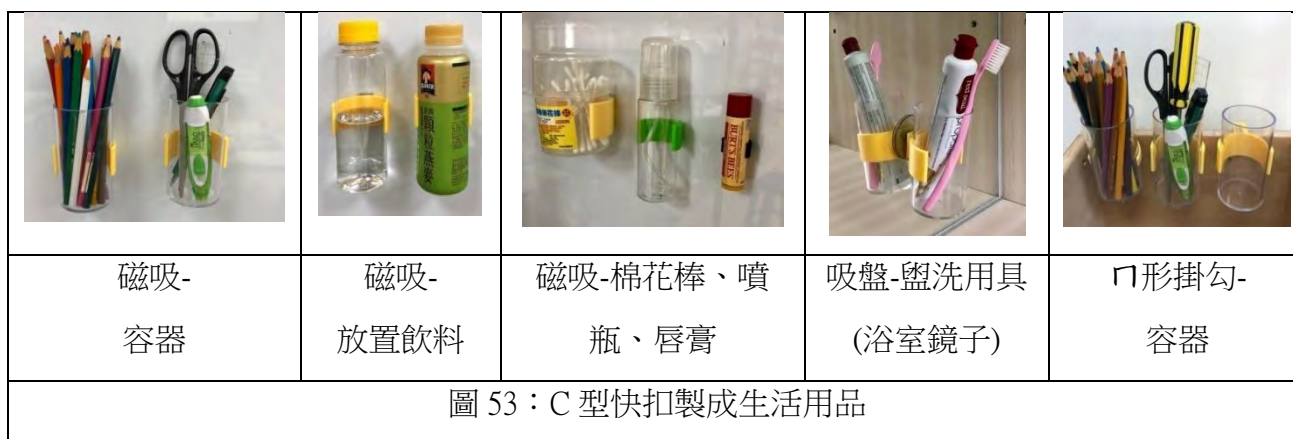
(一)塑膠管（不同口徑尺寸）+ 強力磁鐵組合：用於白板筆及直筒容器。

(二)三 D 繪圖及列印：吸盤式、 Γ 型掛勾式、磁吸式。



五、C 型快扣在生活上的應用

我們研發出來的 C 型快扣已獲得專利核准，在生活上應用上很廣，從白板筆套到掛置文具、飲料、盥洗用品等，甚至可以設計客製化 C 型快扣產品，掛置個人的物品。



柒、未來研究方向

我們進行兩年的研究，從初步的塑膠管模型，到三 D 列印模型，找到最佳條件的 C 型快扣，甚至發展出磁吸式、吸盤式、與ㄇ形掛勾式三種類型的掛置方式。

目前實驗的容器尺寸是直徑 56.2mm，已知縮小內徑是最關鍵的因素，但是只能內縮 6.2mm，再多則無法套入。未來可繼續研究不同尺寸的容器，找出內徑可內縮的最大尺寸，再搭配其他基本結構及變化結構的條件再優化，期望得到最佳的 CP 值。如果所有條件都確認齊全了，未來真的可以開模成為商業產品，提供便利的好物給大眾使用。

捌、參考資料

張 XX 等人(2018 年 6 月)。磁性文具固定套件。中華民國專利檢索系統，資料來源：
<https://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@@167751933>。
(因專利所有權人正好為作者，故沒有寫出全名。)

【評語】 082915

本作品探討 C 型快扣之包覆力，主題源自於一項創造力課程的創意作品，作者善用 3D 列印製作樣品，再進一步優化，也可應用於生活中，但若能在創意上再強化，將能成為一優良之作品。

摘要

本研究主要探討「影響C型快扣包覆力的因素」，希望能開發CP值佳及可應用於生活上的產品；我們花費二年時間在創造力課進行研究，第一年先開發C字扣的創意點，並申請專利，第二年針對最佳條件進行研發。測量包覆力的方法是「將容器放入C型快扣，陸續放置重物，測量5次可承受重物不滑動時的重量」做為包覆力的數據；我們學習3D繪圖列印出各條件的實品共77種，結果得知，第一階段改變基本結構條件得知，影響包覆力效果為**減少內徑 > 增加厚度 > 增加高度 > 增加弧長 > 增加密度**。第二階段改變變化結構條件得知，影響包覆力及CP值效果為**加止滑墊 > 增加3支條 > 對照組 > 孔洞數2 > 改為ABS材質**。我們也針對放置物品重量不同下，開發不同C型快扣的掛置方式，有磁吸式、門型掛勾式及吸盤式可應用於生活中。

壹、研究動機

白板筆放在筆槽中，一不小心碰到就會掉到地上，很不方便，我們想要解決這個困擾，所以發明「C型快扣」。

貳、研究目的

研發三種掛置方式(磁吸、門型掛勾及吸盤)，期望找出最佳條件，開發應用在生活中的C型快扣產品，研究子題如下，細節在右圖。

- 研究一：三種掛置方式探討
 研究二：包覆力與CP值探討
基本結構
 研究三：改變內徑包覆力之探討
 研究四：改變厚度包覆力之探討
 研究五：增加弧長包覆力之探討
 研究六：改變高度包覆力之探討
 研究七：改變密度包覆力之探討
 研究八：綜合比較
變化結構
 研究九：增加支條包覆力之探討
 研究十：止滑墊包覆力之探討
 研究十一：材質包覆力之探討
 研究十二：增加孔洞包覆力之探討
 研究十三：變化結構綜合比較
組合式結構
 研究十四：增加支條與孔洞包覆力之探討

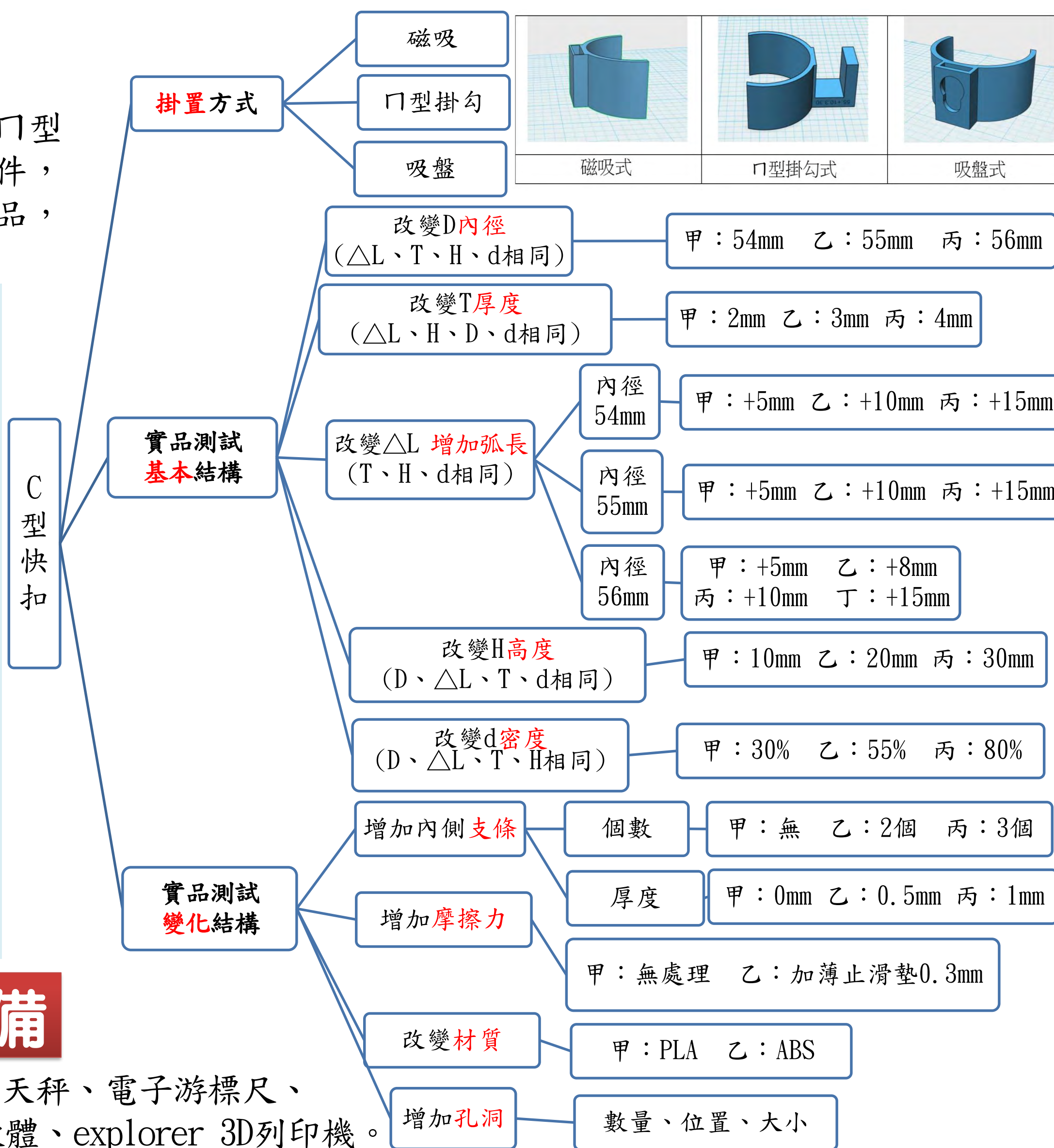


圖2：影響C型快扣包覆力的變因圖

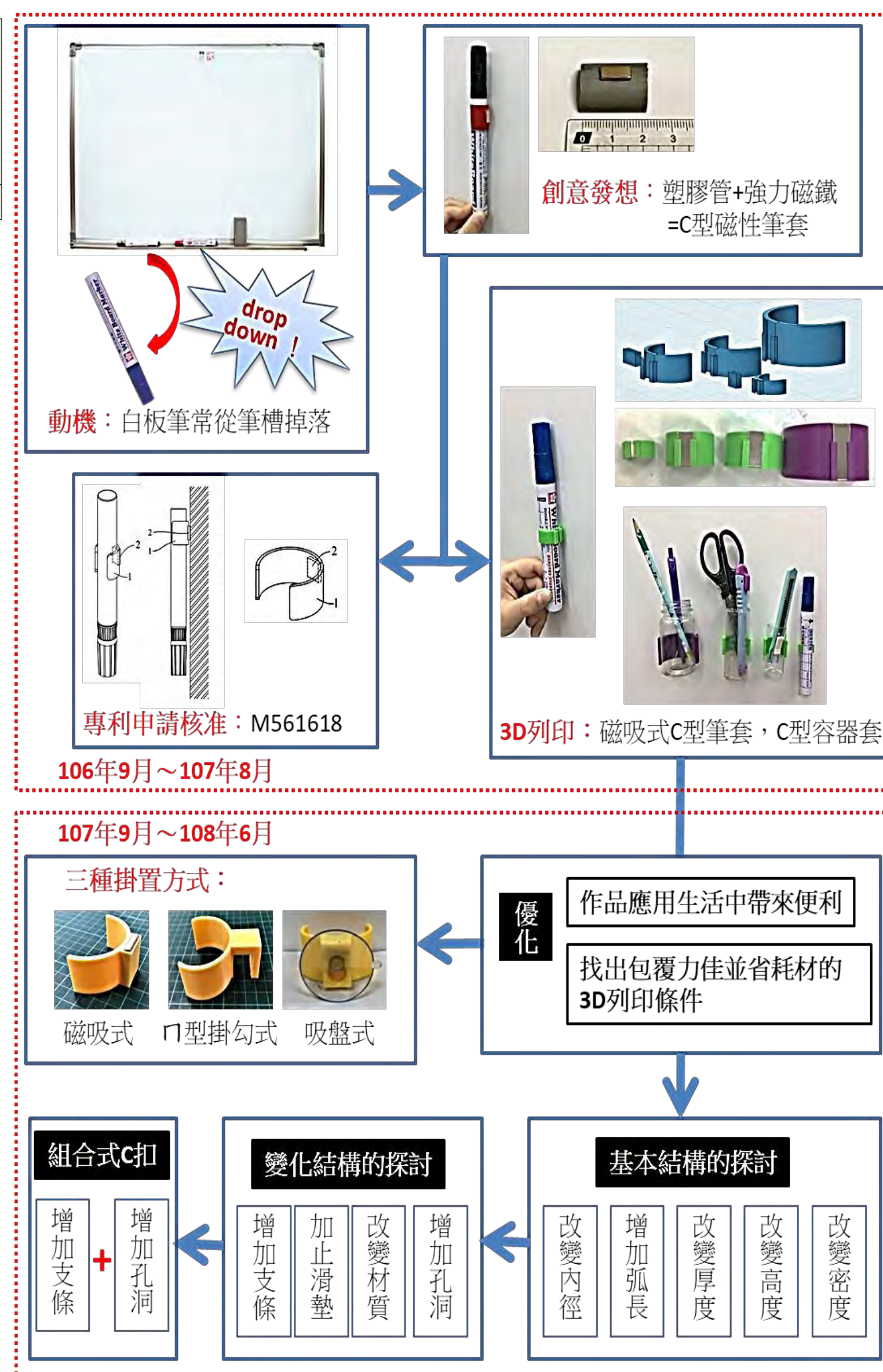


圖1：C型快扣作品發想歷程圖

參、研究器材與設備

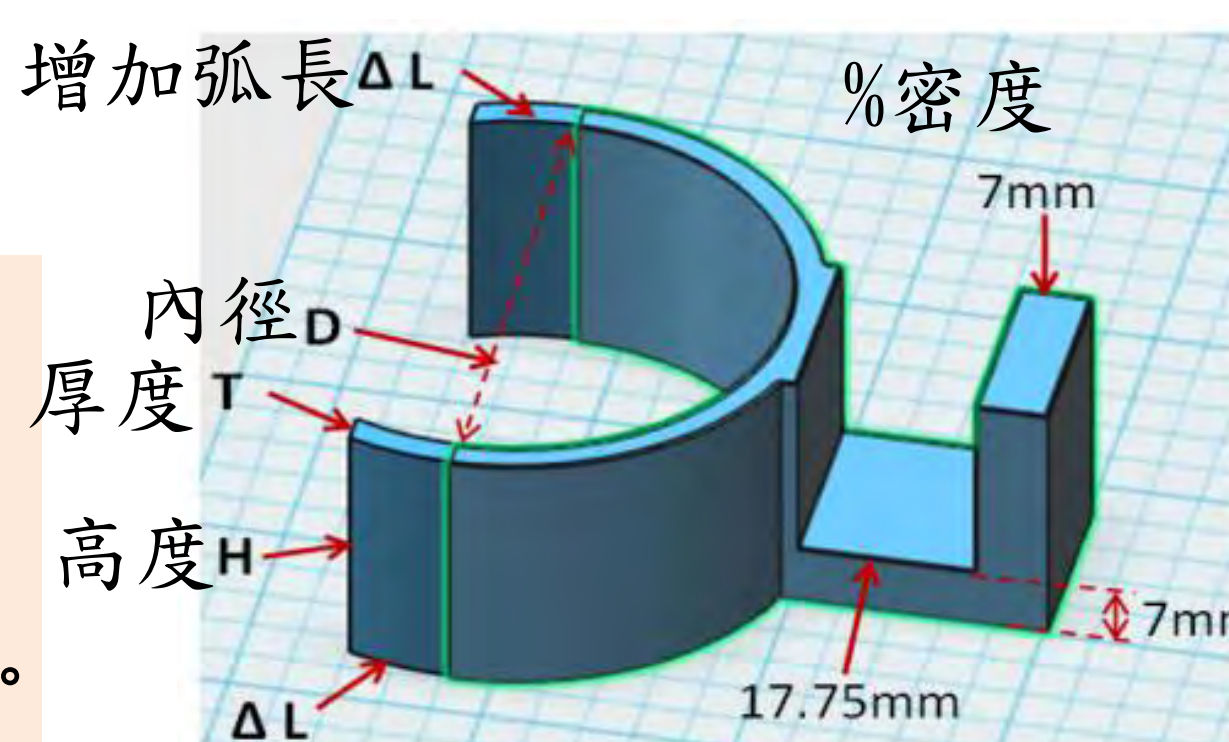
壓力材質圓柱容器、重物、電子天秤、電子游標尺、123D design繪圖軟體、cura切層軟體、explorer 3D列印機。

肆、實驗前置作業

一、名詞解釋

測量包覆力與耗材量，計算出CP值。同組比較值，助於分析變項的變化。

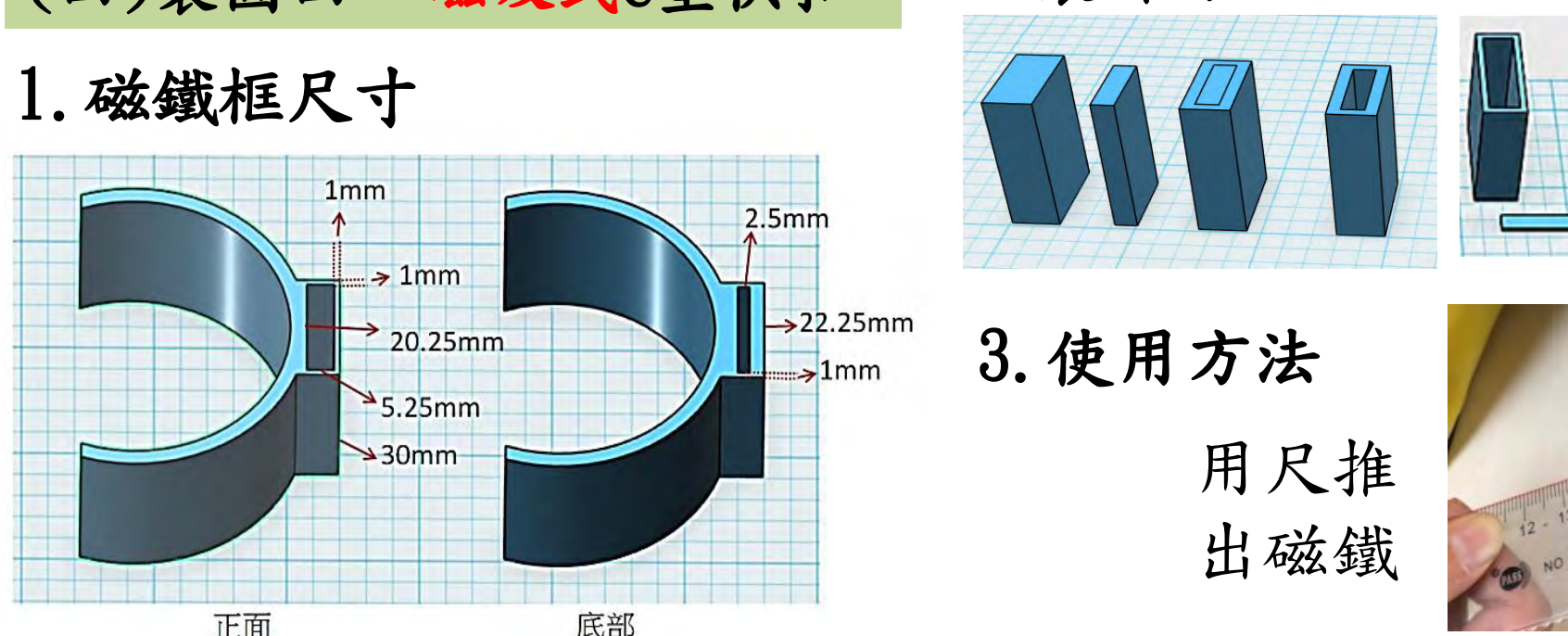
- 包覆力=C型快扣可承受重物不滑動時的重量
 耗材量=cura切層軟體計算列印時所需使用材料的長度
→CP值=包覆力除以耗材量
 (CP值高：耗材越少、承受重量越大)
 包覆力倍率=同一組實驗以包覆力最小者為1所得的倍率數值。
 耗材量倍率=同一組實驗以耗材量最小者為1所得的倍率數值。
→同組比較值=包覆力倍率除以耗材量倍率。



(三)製圖三：門形掛勾式C型快扣



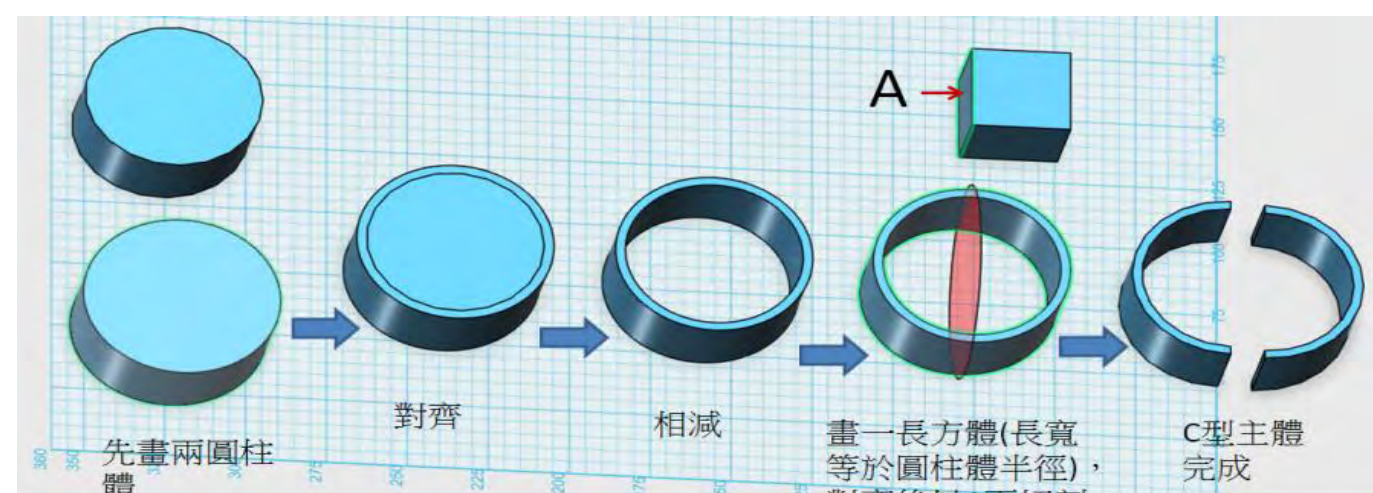
(四)製圖四：磁吸式C型快扣



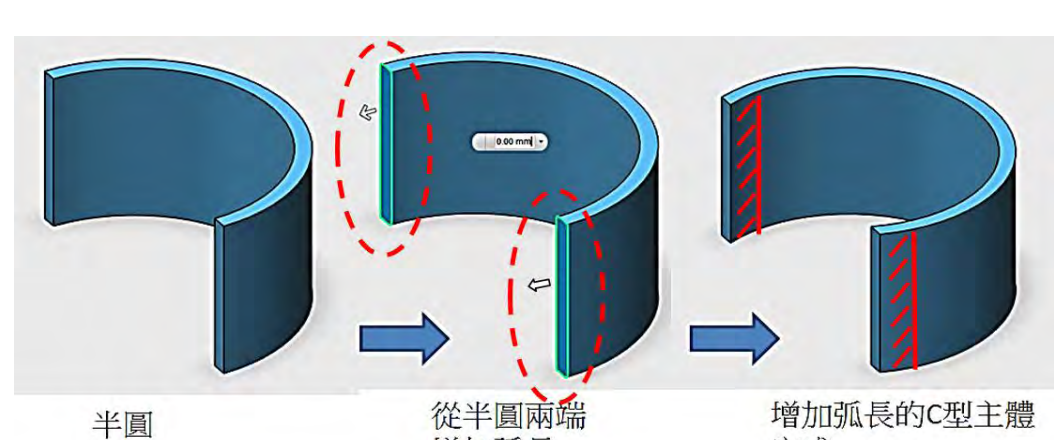
三、123D design繪圖步驟

(一)製圖一：C字形主體

- 繪圖口徑要略小才能扣住容器。
- 繪出圓柱環體再切割出C字

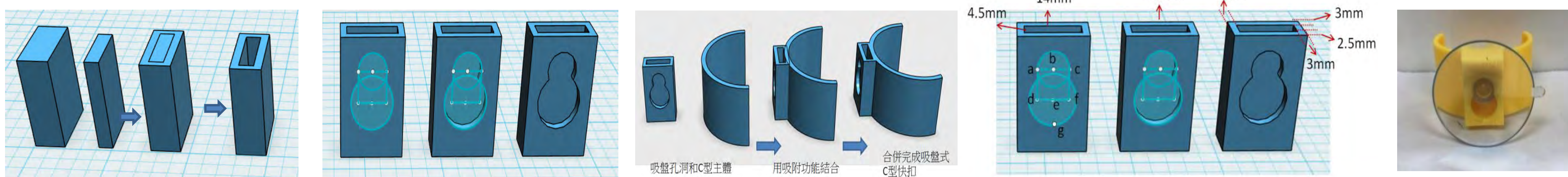


(二)製圖二：增加弧長



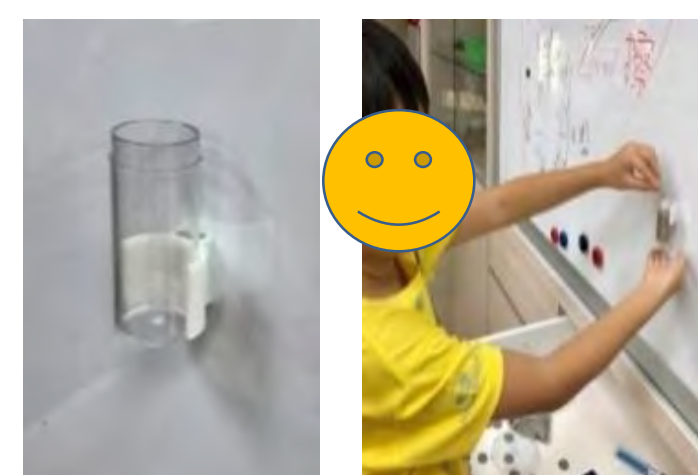
(五)製圖五：吸盤式C型快扣

圓形+方形組合出吸盤洞



五、C型快扣之包覆力測量方法

(一)測量包覆力的實驗歷程



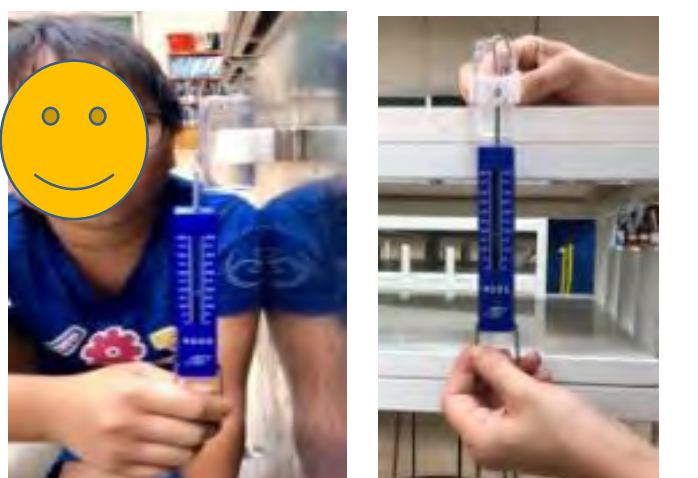
方式一：小容器+磁吸

- C扣以磁吸掛置，重物加入容器，測量容器滑動時的重量。
- 缺點：磁力的載重不理想與容器大小不利放置更多錢幣。



方式二：小容器+夾具

- C扣以夾子方式掛置，紙捲延長放置在容器內，將重物放入容器可增加重物可容納的空間。
- 測量容器滑動時的重量。
- 缺點：夾不緊，錢幣量大重心易偏移造成誤差。



方式三：小容器+拉力計

- C扣以手壓掛置，再將彈簧秤掛鉤拉住容器，對容器施力，以慢速攝影觀察拉下時彈簧秤數值。
- 缺點：慢速攝影回放不易數值。



方式四：小容器+夾具+漏斗

- C扣以夾子方式掛置，漏斗放置在容量上方可增加重物可容納的空間。
- 將重物加入容器，測量容器滑動時的重量。
- 缺點：夾不緊，當錢幣量大時，重心易偏移造成容器容易歪斜，產生誤差。

方式五：大容器+門形掛勾 (本研究採用的方法)

- C扣以門型勾式掛置，再將重物加入容器，測量容器滑動時的重量。
- 優點：(1)大容器操作方便。(2)3D列印實品誤差對實驗影響較小。(3)門型勾方式掛置木板上裝置很穩定。

(二)測量包覆力的操作步驟

- 將C型快扣掛置在木板上，錢幣放入容器中。
- 將有重物的容器「扣入」C型快扣，連續操作5次，如果容器可承受重物而不會滑落，再繼續加入錢幣增加重量。
- 持續加入重物，直到容器「扣入」C型快扣時，開始有滑落的現象就停止。
- 紀錄連續扣入C型快扣5次，不滑落時最重的總重量=容器重量+錢幣重量。
- 操作3次取平均值。

(三)「扣入」動作



(四)「滑落」定義：「滑落或不滑落」的判斷方法



二、3D列印實品與繪圖尺寸誤差值

3D列印實品與設計圖有縮小0.25mm微小的列印誤差，物件太小，誤差會影響測量結果。**減少誤差方法**
 選擇口徑稍大一點的容器，減少列印誤差造成對包覆力數據的影響。

編號	3D繪圖的磁鐵框尺寸(長x寬x高)(單位:mm)	磁鐵放置框內的結果(磁鐵實品為10 x5 x20)
1	10 x 5 x 20	放不進去
2	10.2 x 5.2 x 20	緊
3	10.25 x 5.25 x 20	剛剛好
4	10.3 x 5.3 x 20	鬆

繪圖設計尺寸10.25x5.25x20時，剛好可放入磁鐵且鬆緊適度，故**誤差值約為0.25mm**。

容器尺寸：直徑56.2mm高度56mm
 強力磁鐵尺寸：20mmx30mmx5mm



伍、研究過程、結果與討論

研究一：三種掛置方式的探討

(一)磁吸式 1.磁鐵吸附

三種不同掛置方式；分析適用物品重量，結果如下：

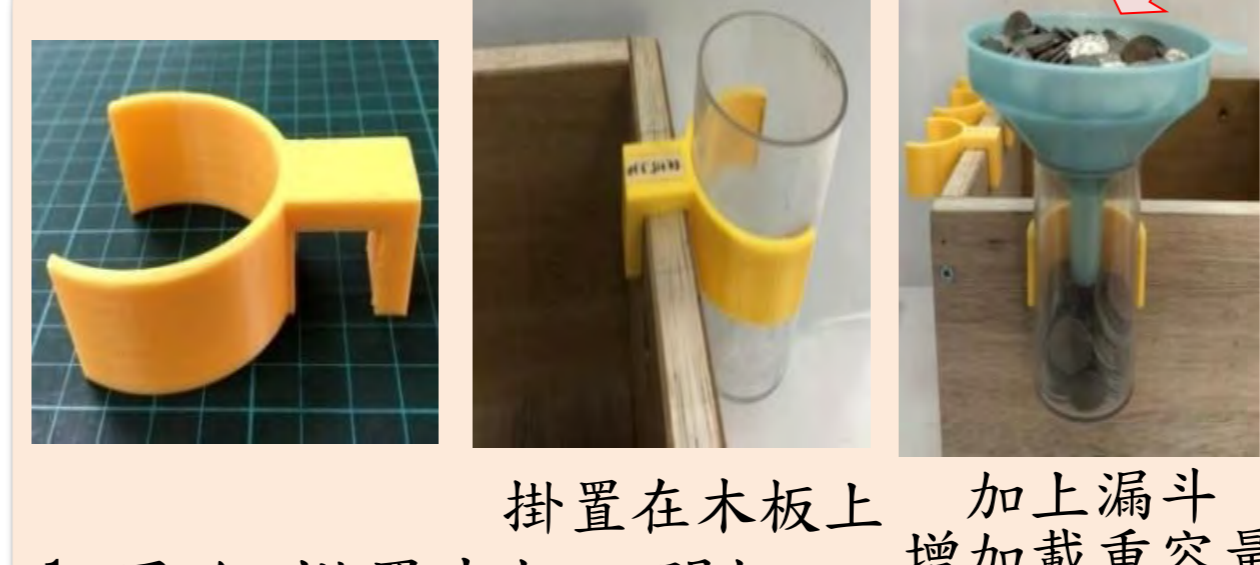
強力磁鐵尺寸 (單位:mm)	小尺寸 (10 x 5 x 20)		大尺寸 (5 x 20 x 30)	
	白板	鐵片	白板	鐵片
平均承重(g)	94.17	580.5	260.4	762.2

2.分析：小磁鐵吸附力弱、大磁鐵貴且重，磁吸式適用輕量物品(白板筆或小容器)。



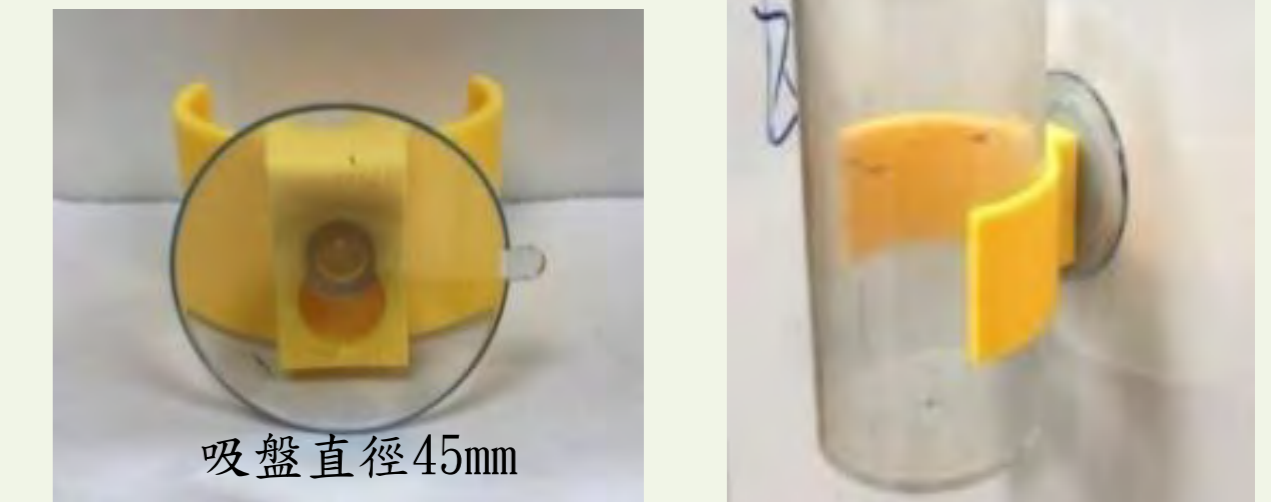
白板筆 小容器 大容器

(二)門型掛勾式



1.用途:掛置木板、門板。
2.分析:可承載大重量(1722g)。

(三)吸盤式



1.用途:吸附白板或鏡子等光滑平面上
2.考量:「吸盤」的價錢便宜,重量輕又承受力強適用於大容器,可吸附白板或鏡子等光滑平面上。

二、研究二：包覆力與CP值之探討

表一:C型快扣條件(基本結構-內徑、增加弧長、厚度、高度、密度)與數據

研究子題 探討變項	各組 實驗 條件	編號	條件					測量數據					CP值	
			內徑 D	增加 弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材 質	3次平均 包覆力	包覆力 倍率 A	耗材量 倍率 B	耗材量 比較值 AB		
研究一: 改變內徑	增加 弧長+5	3	54	+5	3	30	80	PLA	738.6	1.51	5.92	0.99	1.52	124.76
		6	55	+5	3	30	80	PLA	488.13	1	5.97	1	1	81.76
	增加 弧長+10	11	56	+5	3	30	80	PLA	0	0	6.07	0	0	0
		57	49	+10	3	30	80	PLA	無法夾入	--	6.03	--	--	--
		56	50	+10	3	30	80	PLA	2032.63	7.262	6.07	0.950	7.64	334.88
		55	51	+10	3	30	80	PLA	1858.77	6.64	6.13	0.96	6.92	303.23
		64	52	+10	3	30	80	PLA	1722.13	6.15	6.17	0.97	6.37	279.11
		65	53	+10	3	30	80	PLA	1502.73	5.37	6.23	0.97	5.51	241.21
		2	54	+10	3	30	80	PLA	1048.63	3.75	6.28	0.98	3.83	166.98
		5	55	+10	3	30	80	PLA	594.03	2.12	6.33	0.99	2.14	93.84
研究二: 改變厚度	增加 弧長+5	1	54	+5	3	30	80	PLA	1174.4	4.10	6.66	0.99	4.14	176.34
		4	55	+5	3	30	80	PLA	650.67	2.74	6.71	0.99	2.77	96.97
	增加 弧長+15	9	56	+15	3	30	80	PLA	286.1	1	6.76	1	1	42.32
		14	54	+10	2	30	80	PLA	269.6	1	5.13	1	1	52.55
		2	54	+10	3	30	80	PLA	1048.63	3.89	6.28	1.22	3.19	166.98
		20	54	+10	4	30	80	PLA	1440.7	5.34	7.25	1.41	3.79	198.72
		7	55	+10	2	30	80	PLA	164	1	5.17	1	1	31.72
		5	55	+10	3	30	80	PLA	594.03	3.62	6.33	1.22	2.96	93.84
		8	55	+10	4	30	80	PLA	973.2	5.93	7.52	1.45	4.08	129.41
		25	56	+10	2	30	80	PLA	80.1	1	4.69	1	1	17.08
研究三: 增加弧長	增加 弧長+5	10	56	+10	3	30	80	PLA	279.9	3.49	6.39	1.36	2.56	43.80
		26	56	+10	4	30	80	PLA	484.83	6.05	6.66	1.42	4.26	72.80
	增加 弧長+10	3	54	+5	3	30	80	PLA	738.6	1	5.92	1	1	124.76
		2	54	+10	3	30	80	PLA	1048.63	1.42	6.28	1.06	1.34	166.98
		1	54	+15	3	30	80	PLA	1174.4	1.59	6.66	1.13	1.41	176.34
		6	55	+5	3	30	80	PLA	488.13	1	5.97	1	1	81.76
		5	55	+10	3	30	80	PLA	594.03	1.22	6.33	1.06	1.15	93.84
		4	55	+15	3	30	80	PLA	650.67	1.33	6.71	1.12	1.19	96.97
		11	56	+5	3	30	80	PLA	0(滑落)	0	5.97	0	0	0
		15	56	+8	3	30	80	PLA	0(滑落)	0	6.29	0	0	0
研究四: 增加厚度	增加 弧長+5	10	56	+10	3	30	80	PLA	279.9	1.00	6.39	1.00	1.00	43.80
		9	56	+15	3	30	80	PLA	286.1	1.02	6.76	1.06	0.97	42.32
	增加 弧長+10	23	55	+10	2	10	80	PLA	62.9	1	3.33	1	1	18.9
		24	55	+10	2	20	80	PLA	139.37	2.22	4.25	1.28	1.74	32.79
		7	55	+10	2	30	80	PLA	164	2.61	5.17	1.55	1.68	31.72
		12	55	+10	3	10	80	PLA	164.48	1	3.73	1	1	44.10
		16	55	+10	3	20	80	PLA	348.3	2.12	5.03	1.35	1.57	69.24
		5	55	+10	3	30	80	PLA	594.03	3.61	6.33	1.70	2.13	93.84
		21	55	+10	4	10	80	PLA	377	1	4.13	1	1	91.28
		35	55	+10	4	15	80	PLA	565.9	1.24	4.98	1.21	1.02	113.63
研究五: 增加高度	增加 弧長+5	22	55	+10	4	20	80	PLA	701.2	1.86	5.83	1.41	1.32	120.27
		8	55	+10	4	30	80	PLA	973.2	2.58	7.52	1.82	1.42	129.41
	增加 弧長+10	48	54	+10	3	30	80	PLA	392.53	1	3.7	1	1	106.09
		47	54	+10	3	30	80	PLA	686.2	1.75	5.0	1.35	1.30	137.24
		2	54	+10	3	30	80	PLA	1048.63	2.67	6.28	1.70	1.57	166.98
		44	55	+10	3	30	80	PLA	311.7	1	3.73	1	1	83.57
		43	55	+10	3	30	80	PLA	478.1	1.53	5.03	1.34	1.14	95.05
		5	55	+10	3	30	80	PLA	594.03	1.91	6.33	1.7	1.12	93.84
		46	56	+10	3	30	80	PLA	144.77	1	3.75	1	1	38.61
		45	56	+10	3	30	80	PLA	207.4	1.43	5.06	1.35	1.06	40.99
研究六: 增加密度	增加 弧長+5	10	56	+10	3	30	80	PLA	279.9	1.93	6.39	1.7	1.14	43.66

表二:C型快扣條件(變化結構-支條)與數據

研究子題 探討變項	各組 實驗 條件	編號	條件					測量數據					CP值				
			內徑 D	增加 弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材 質	支條 個數	支條 厚度	3次平均 包覆力	包覆力 倍率 A		耗材量 倍率 B	耗材量 比較值 AB		
研究九: 改變支條	支條 厚度 0.5	5	55	+10	3	30	80	PLA	0	0	594.0	1.13	6.33	0.99	1.14	93.84	
		62	56	+10	3	30	80	PLA	2	0.5	523.9	1	6.42	1	1	81.6	
	支條 厚度 1	37	56	+10	3	30	80	PLA	3	0.5	766.5	1.46	6.43	1	1.46	119.21	
		2	54	+10	3	30	80	PLA	0	0	1048.6	1.11	6.28	0.97	1.14	166.98	
		63	56	+10	3	30	80	PLA	2	1	944.2	1	6.45	1	1	146.39	
		38	56	+10	3	30	80	PLA	3	1	1221.87	1.29	6.49	1	1.29	188.27	
		支條 厚度 2	10	56	+10	3	30	80	PLA	3	0	279.9	1	6.39	1	1	43.8
			37	56	+10	3	30	80	PLA	3	0.5	766.5	2.74	6.43	1.01	2.71	119.21
		支條 厚度 3	38	56	+10	3	30	80	PLA	3	1	1221.87	1.29	6.49	1.02	4.28	188.27
			10	56	+10	3	30	80	PLA	2	0	279.9	1	6.39	1	1	43.8
支條 厚度 4	62	56	+10	3	30	80	PLA	2	0.5	523.9	1.87	6.42	1.01	1.85	81.6		
	63	56	+10	3	30	80	PLA	2	1	944.2	3.37	6.45	1.02	3.34	146.39		

表三:C型快扣條件(變化結構-增加厚度)與數據

研究子題 探討變項	各組 實驗 條件	編號	條件					測量數據					CP值	
			內徑 D	增加 弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材 質	3次平均 包覆力	包覆力 倍率 A	耗材量 倍率 B	耗材量 比較值 AB		
研究十: 增加厚度	增加 厚度 10	23	55	+10	2	10	80	PLA	62.9	1	3.33	1	1	18.9
		39	55.6	+10	1.7	10	80	PLA	188.37	2.99	3.22	0.97	3.08	58.5
	增加 厚度 30	5	55	+10	3	30	80	PLA	594.03	1	6.33	1	1	93.8
		40	55.6	+10	2.7	30	80	PLA	980.10	1.65	6	0.95	1.73	163.4

表四:C型快扣條件(變化結構-材質)與數據

研究子題 探討變項	各組 實驗 條件	編號	條件					測量數據					CP值				
			內徑 D	增加 弧長 ΔL	厚度 T	高度 H	密度 d	材 質	支條 個數	支條 厚度	3次平均 包覆力	包覆力 倍率 A		耗材量 倍率 B	耗材量 比較值 AB		
研究十一: 改變材質	增加 弧長 +5	6	55	+5	3	30	80	PLA	488.13	1	5.97	1	1	81.8			
		5	55	+10	3	30	80	PLA	594.03	1.22	6.33	1.06	1.01	93.9			
	增加 弧長 +10	4	55	+15	3	30	80	PLA	650.67	1.33	6.71	1.12	1.19	96.97			
		52	55	+5	3	30	80	ABS	428.94	1	6.27	1	1	68.41			
		53	55	+10	3	30	80	ABS	456.73	1.06	6.65	1.06	1	68.68			
		54	55	+15	3	30	80	ABS	522.1	1.22	7.04	1.12	1.09	74.16			
		支條 厚度 0	10	56	+10	3	30	80	PLA	3	0	279.9	1	6.39	1	1	43.8
			37	56	+10	3	30	80	PLA	3	0.5	766.5	2.74	6.43	1.01	2.71	117.3
		支條 厚度 0.5	38	56	+10	3	30	80	PLA	3	1	1221.87	4.37	6.49	1.02	4.28	188.3
			51	56	+10	3	30	80	ABS	0	0	184	1	6.72	1	1	27.4
49	56		+10														

八、研究八：基本結構的綜合比較

(一)內徑55mm條件下，分析改變厚度、弧長、高度及密度等變項提升包覆力的效果：已知減少內徑效果最好，再比較各變項的同組比較值，提升包覆力效率如下：

減少內徑>增加厚度>增加高度>增加弧長>增加密度

組別	編號	條件單位：D(mm), ΔL(mm), T(mm), H(mm), d(%)	3次平均	耗材量	同組	CP值					
		內徑D	增加弧長ΔL	厚度T	高度H	密度d	材質	包覆力(g)	(m)	比較值	
厚度	7	55	10	2	30	80	PLA	164	5.17	1	31.72
	5	55	10	3	30	80	PLA	594.03	6.33	2.96	93.84
	8	55	10	4	30	80	PLA	973.2	7.52	4.08	129.41
高度	12	55	10	3	10	80	PLA	164.48	3.73	1	44.10
	16	55	10	3	20	80	PLA	348.3	5.03	1.57	69.24
	5	55	10	3	30	80	PLA	594.03	6.33	1.70	93.84
弧長	6	55	5	3	30	80	PLA	348.3	5.03	1	81.76
	5	55	10	3	30	80	PLA	594.03	6.33	1.15	93.84
	4	55	15	3	30	80	PLA	650.67	6.71	1.19	96.97
密度	44	55	10	3	30	30	PLA	311.7	3.73	1	62.24
	43	55	10	3	30	55	PLA	478.1	5.03	1.14	91.28
	5	55	10	3	30	80	PLA	594.03	6.33	1.12	93.84

(二)比較所有C扣包覆力數據，發現特別現象，有一些不同條件的C型快扣具有相近的包覆力，可考慮設計耗材量少一點的條件。

1. 影響包覆力的變項，內徑的影響力大於厚度的分析：

內徑影響力大於厚度，內徑減少1~2mm，可減少厚度1mm，而得到相近的包覆力，節省耗材量。

組別	編號	條件單位：D(mm), ΔL(mm), T(mm), H(mm), d(%)	3次平均	耗材量	耗材量	CP值					
		內徑D	增加弧長ΔL	厚度T	高度H	密度d	材質	包覆力(g)	(m)	差距(m)	
A	10	56	+10	3	30	80	PLA	279.9	6.39	1.26	43.8
	14	54	+10	2	30	80	PLA	269.6	5.13		52.55
B	8	55	+10	4	30	80	PLA	973.2	7.52	1.24	129.41
	2	54	+10	3	30	80	PLA	1048.63	6.28		166.98

2. 影響包覆力的變項，厚度的影響力大於高度的分析：

增加高度不如增加厚度，厚度是關鍵影響力，當厚度增加1mm，高度最多可減少20mm，就具有相同包覆力，而且耗材可減少近三成。

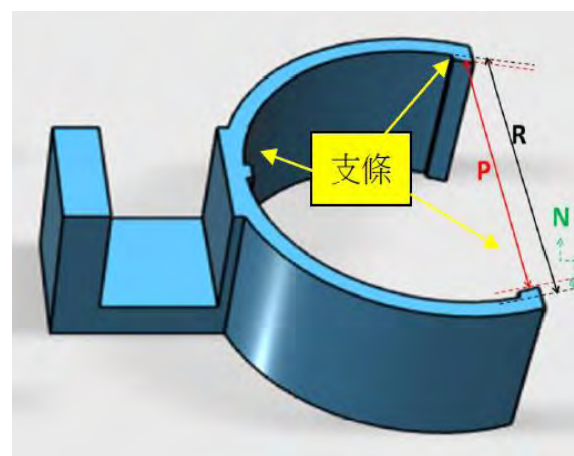
組別	編號	條件單位：D(mm), ΔL(mm), T(mm), H(mm), d(%)	3次平均	耗材量	耗材量	CP值					
		內徑D	增加弧長ΔL	厚度T	高度H	密度d	材質	包覆力(g)	(m)	差距(m)	
A	7	55	10	2	30	80	PLA	164	5.17	1.44	31.72
	12	55	10	3	10	80	PLA	164.48	3.73		43.97
B	5	55	10	3	30	80	PLA	594.03	6.33	1.35	93.84
	35	55	10	4	15	80	PLA	569.9	4.98		114.44
C	16	55	10	3	20	80	PLA	348.3	5.03	0.9	62.24
	21	55	10	4	10	80	PLA	377	4.13		91.28

九、研究九：增加支條數

條件同為：內徑56mm，增加弧長+10mm，厚度3mm，高度30mm，密度80%，材質PLA。

C扣內側加支條，支條有厚度，則要擴大原始內徑。

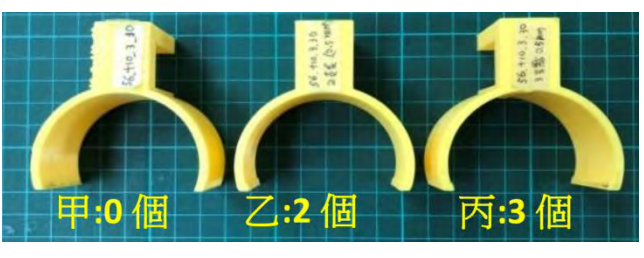
原內徑R	支條厚度N	內徑縮小	加支條後內徑P	對照組內徑
56mm	0.5mm	1mm	55mm	55mm
	1mm	2mm	54mm	54mm



(一)結果：改變支條個數

(二)討論：

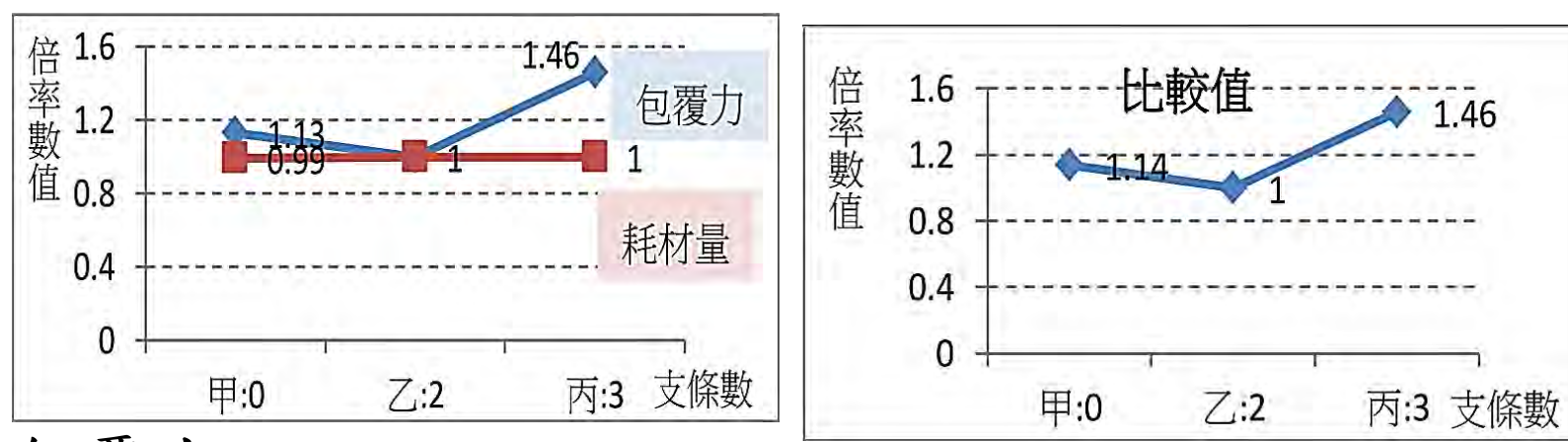
實驗一：支條厚度0.5mm



實驗二：支條厚度1mm



1. 實驗一數據分析說明



包覆力：支條數3>支條數0>支條數2，比較值：支條數3最佳。而耗材量是微增。

2. 實驗二也得到相同的結論

3. 增加支條後內徑相同的C扣，不論支條厚度是0.5mm或1mm，包覆力均為條數3最好，支條數量2最差，耗材量略增，推論三支條設計，讓抓握力更集中，比0支條好。

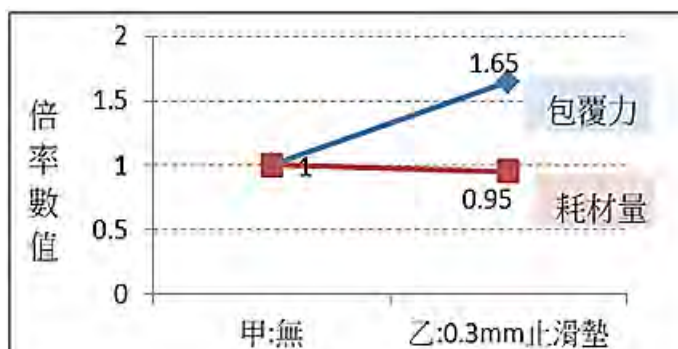
十、研究十：內側加止滑墊

以下相同的條件為：內徑55mm，增加弧長+10mm，密度80%，材質PLA。

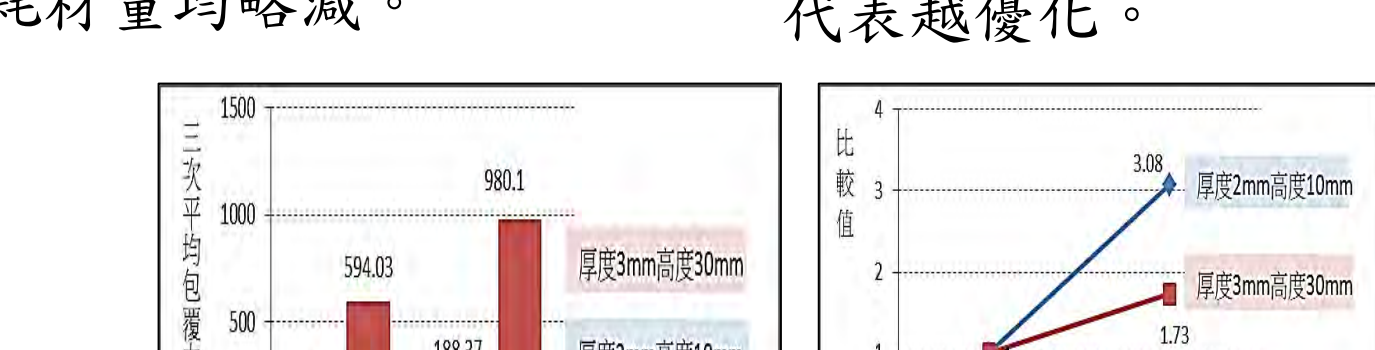
(一)結果：內側加止滑墊

(二)討論：

實驗一：C扣高10mm，厚1.7+0.3mm



實驗二：C扣高30mm，厚2.7+0.3mm



2. 實驗二也得到相同結論(右圖)。

3. C扣條件在不同高度下，都是止滑墊的包覆力較佳，耗材量均略減，應是摩擦力增加，故包覆力增加。

陸、結論

我們的研究「C型快扣之包覆力探討」，主要是針對C型快扣3D列印後的產品條件進行最佳包覆力的探討。

一、基本結構條件：改變內徑、厚度、增加弧長、高度及密度等變項下皆能提升包覆力，其中提升成效排名：

減少內徑>增加厚度>增加高度>增加弧長>增加密度，其中內徑比容器(直徑56.2mm)內縮6.2mm時，尚可套入，再小就扣不進去或彈出。

二、變化結構條件：提升包覆力成效排名為：**加止滑墊 > 增加3支條 > 對照組 > 孔洞數2 > 改為ABS材質**

- (一)增加止滑墊和三支條越厚，增加C型快扣的包覆力、CP值成效較佳。
- (二)增加孔洞雖耗材量減少，但包覆力也減少，CP值降低；其中實驗也發現孔洞位置是影響包覆力的關鍵，位置越外側，包覆力減少比較少。
- (三)二種不同材質在相同條件下，雖然PLA的包覆力較佳，但ABS材質彈性佳，建議可設計內徑更小C型快扣，而得到更佳的包覆力。

三、組合式：「三支條+兩孔洞」組合式C型扣包覆力及CP值均比對照組(0孔洞+0支條)差，無預期的優化效果。

四、改良歷程：(一)塑膠管(不同口徑尺寸)+強力磁鐵組合，用於白板筆及容器。(二)3D繪圖及列印：吸盤式、門形掛勾式、磁吸式。

五、生活上的應用：C型快扣已獲得專利核准，在生活應用上很廣，從白板筆套到掛置文具、飲料、盥洗用品等，甚至可以設計客製化C型快扣產品，掛置個人的物品。



吸盤-盥洗用具



磁吸-容器 磁吸-放置飲料 磁吸-棉花棒、噴瓶、唇膏 門形掛勾-容器

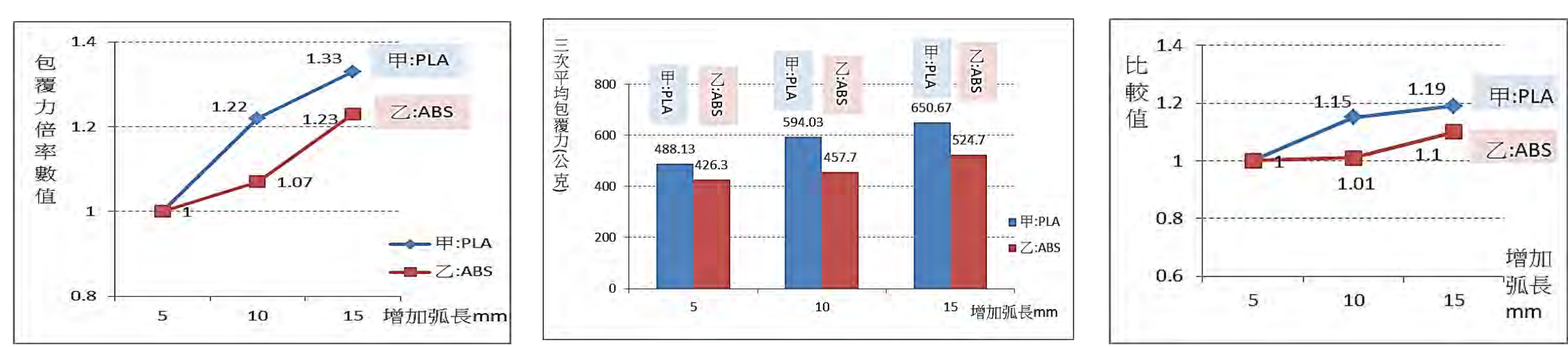
柒、未來展望

已進行兩年研究，目前實驗的容器尺寸是直徑56.2mm，已知縮小內徑是最關鍵的因素，但是只能內縮6.2mm，再多則無法套入。未來可繼續研究不同尺寸的容器，找出內徑可內縮的最大尺寸，再搭配其他基本結構及變化結構的條件再優化，期望得到最佳的CP值。如果所有條件都確認齊全了，未來真的可以開模成為商業產品，提供便利的好物給大眾使用。

十一、研究十一：材質

探討PLA和ABS不同3D列印材質，條件同為：內徑55mm，厚度3mm，高度30mm，密度80%。

(一)實驗一：增加弧長+5mm、+10mm、+15mm(甲:PLA 乙:ABS)



- 1. 包覆力及包覆力倍率都是PLA材質>ABS材質。
- 2. 比較值PLA材質略高於ABS材質。

(二)實驗二：測試二種材質的彈性

容器直徑56.2mm，將內徑從56mm逐漸縮小，由以下扣入情形得要知，ABS材質彈性較佳。



內徑	56mm	55mm	54mm	53mm	52mm	51mm	50mm	49mm	48mm
甲:PLA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
乙:ABS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

(三)討論：由實驗一得知，雖然PLA的比較值略高於ABS，但是由實驗二得知，ABS材質因彈性佳，可設計內徑更小的C型扣，而得到更佳的包覆力。

十二、研究十二：增加孔洞

條件同為：

內徑55mm，增加弧長+10mm，厚度3mm，高度30mm，密度80%，材質PLA。

(一)結果：實驗一：改變孔洞位置

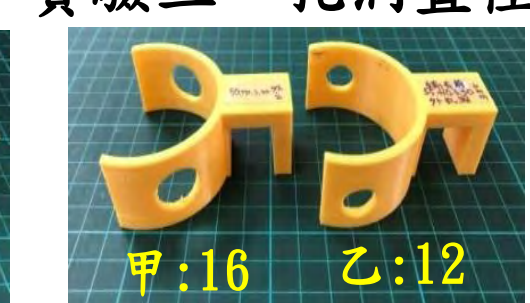
實驗一：增加孔洞(1洞、2洞)



實驗二：孔洞數量



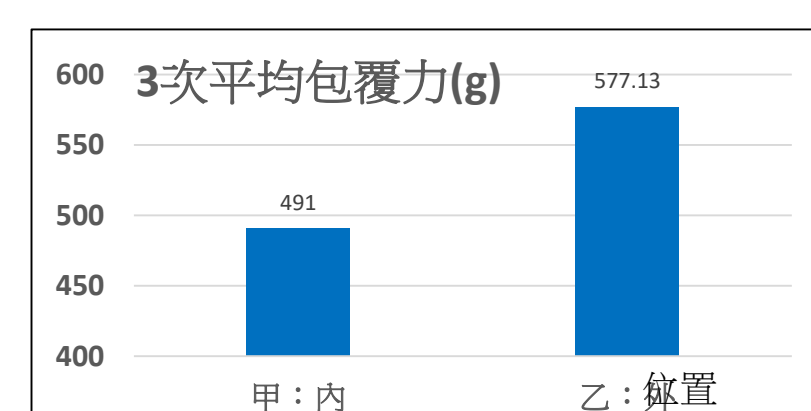
實驗三：孔洞直徑



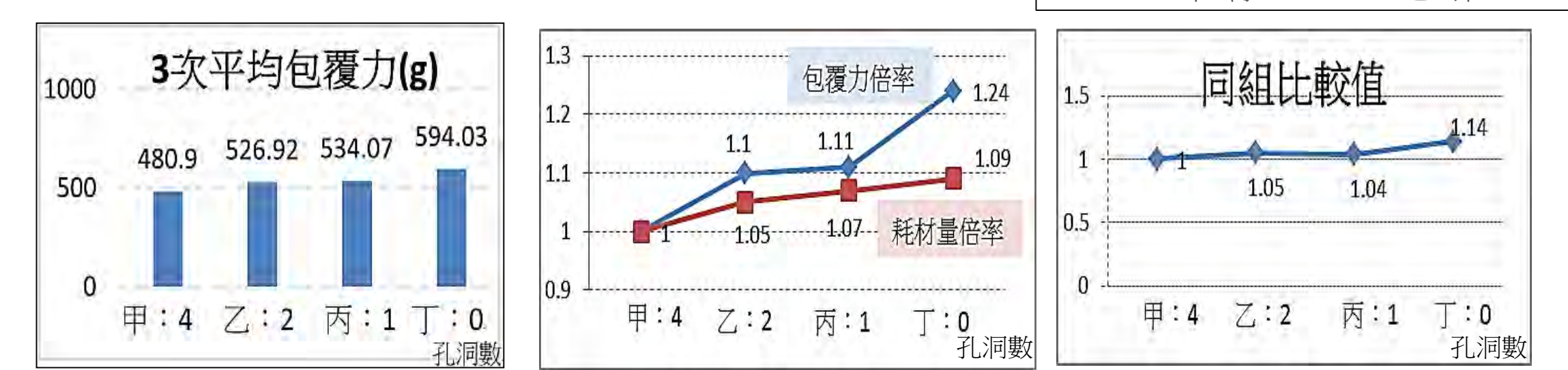
(二)討論：

1. 實驗一-1數據分析說明

- (1)分析一個孔洞，孔洞在外側，包覆力較佳。
- (2)實驗一-2兩個孔洞也得到相同結論。



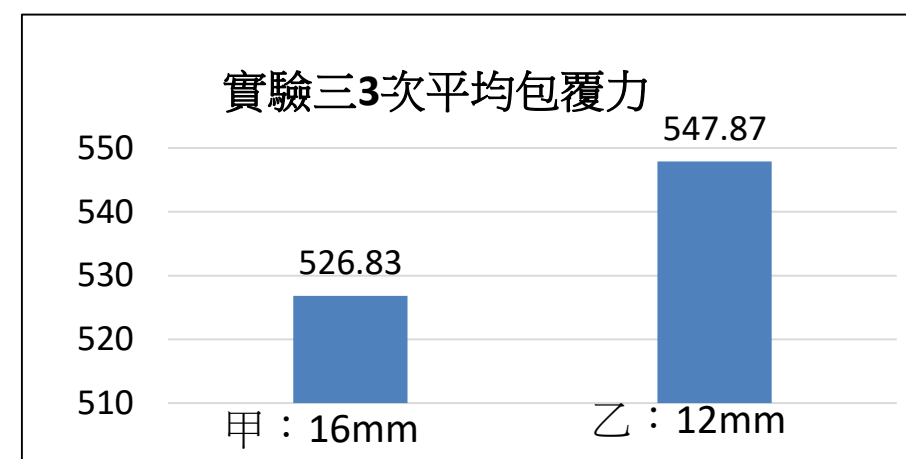
2. 實驗二數據分析說明



- (1)孔洞越少，包覆力倍率增加，耗材量倍率略增。同組比較值越高，代表越優化。
- (2)分析後發現雖然增加孔洞可減少耗材量，但包覆力變差，CP值也降低。

3. 實驗三的數據進行分析說明

- (1)孔洞直徑較小，包覆力較佳。
- (2)雖然增加孔洞面積可減少耗材量，但包覆力變差，CP值也降低。



十三、研究十三：變化結構的綜合比較

變化結構變項結果中，內徑55mm，分析CP值，提升包覆力成效排名為：

加止滑墊 > 增加3支條 > 對照組 > 孔洞數2 > 改為ABS材質

編號	相同條件：增加弧長+10，厚度3，高度30，密度80%，材質PLA。(長度單位mm)	3次平均	耗材量	CP值
	原內徑 變項條件 後來內徑	均包覆力(g)	(m)	
40	55.6 止滑墊(厚0.3mm) 55	980.1	6	163.4
37	56 三支條(厚0.5mm) 55	766.5	6.43	119.21
5	55 無(對照組) 55	593.03	6.33	93.84
68-71(取平均)	55 孔洞數(2洞) 55	526.92	6.1	86.38
55	55 材質(改ABS) 55	456.73	6.65	68.68

十四、研究十四：組合式增加支條數和孔洞

增加支條→增加包覆力，增加孔洞→減少耗材量，結合二個變項探討。

條件同為：增弧長+10，厚度3，高度30，密度80%，材質PLA。



(一)結果：(長度單位mm)

組別	編號	原內徑	支條數	孔洞數	後來內徑	3次平均	耗材量(m)	CP值
實驗一	2	54	0	0	54	1048.63	6.28	166.98
	76	55	3(厚度0.5)	2	54	721.33	6.15	117.29
實驗二	65	53	0	0	53	1502.73	6.23	241.21
	77	55	3(厚度1)	2	53	929.6	6.21	149.69

(二)討論：

組合式的C扣，雖耗材量均減少，但包覆力大大降低，CP值也變差。