

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

高中組

生活與應用科學科

科別：生活與應用科學科

組別：高中組

作品名稱：膨脹收縮瓶塞

關鍵詞：完全密封、使用方便、節省成本

編號：040806

學校名稱：

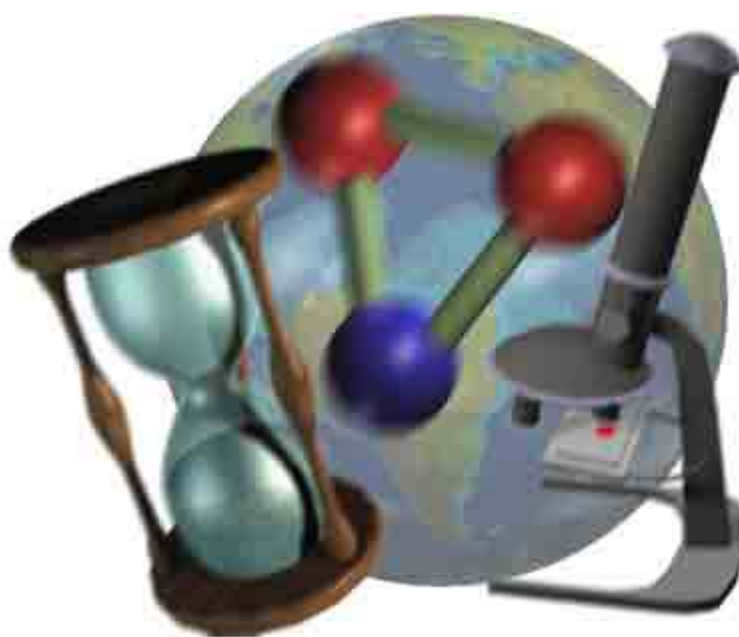
臺南市私立南英高級商工職業學校

作者姓名：

邱懷德、陳柏豪

指導老師：

邱宏勇



摘要

一種可在膨脹狀態及未膨脹狀態間轉換的膨脹收縮瓶塞，爲了簡化零件同時符合一般人的使用習慣，本設計之瓶塞包含：一彈性橡膠之塞座及一剛性塑膠之旋轉控座，其中該塞座之一控孔內具有一般設有螺旋導溝且具有孔徑變化的螺導段而該螺轉控座上具有一可在螺段內旋轉的螺轉頭，上述螺轉桿上徑向突出數條可在螺旋導溝內移動的螺旋突條。

當螺轉控座之螺轉頭對應塞座之控孔內的一容置部時，該瓶塞在未膨脹狀態，可將瓶塞放置於瓶口內，而當螺轉頭轉到控孔上一假想孔徑小於容置部之膨脹時，受到螺轉頭的頂撐，該瓶座之一塞壁會徑向外擴，而使瓶塞由未膨脹狀態轉換到膨脹狀態，將瓶子密封。使用者之習慣即將瓶塞逆時針方向旋轉約 90 度，而使瓶塞由膨脹狀態轉換到未膨脹狀態，可輕易將瓶塞從瓶子內拉出。

本設計有兩種形式一種可重複使用之二段式瓶塞使用右旋螺紋，一種爲不可重複使用之三段式瓶塞使用左旋螺紋，塞座之控孔內有一段無螺紋導溝的容置部。如圖一所示。

壹、研究動機

我參加基本學力測驗後因成績不錯，教務主任到寒舍拜訪招生，父親正拿出一瓶愛蘭喜酒招待朋友，並誇耀說這是使用他朋友所設計之專利瓶塞，我舉出它有兩個缺點：一爲三個元件，零件複雜，二爲密封效果不佳，受到父親之鼓勵，故與同學一起研究更好之設計。

貳、研究目的

設計不必使用開瓶器且符合一般人的使用習慣瓶塞，簡化零件數量，降低生產成本提昇產品之競爭能力。

參、研究設備及器材

電腦設備一套、CNC銑床、車床、製作橡膠模設備及工具一組、塑膠射出成形機。

肆、研究過程或方法

- (一) 有了初步構想後，就上網查詢相關之專利公告，了解有無侵犯他人之智慧財產權，並且參考他人之設計，經判斷無侵犯他人智慧財產權，且有從事研究之價值。
- (二) 初步設計之瓶塞係利用錐度使塞壁會向外擴及內收，包含一彈性橡膠之塞作及一剛性塑膠之控座，到模型生產工廠定至一批模型，拿到模型裝備後實驗發現阻力太大。
- (三) 利用螺旋省力原理及一般人拿瓶子欲開啓瓶塞時有將瓶塞逆時針旋轉90度後拉出瓶塞之習慣，故設計螺旋之導程為膨脹狀態轉換至為未膨脹狀態螺旋控座所需要移量之四倍(90度為一圈的四分之一)。
- (四) 設計時考慮旋入時橡膠材料內之空氣因無法洩漏出，在往下旋轉時使原有之空氣受壓縮，根據理想空氣體積定律($PV = \text{常數}$)，當體積(V)縮小時，因與壓力(P)成反比關係，使壓力上升，增加旋入時之阻力，故考慮利用連通管原理(虹吸管原理)，在剛性塑膠元件中心設計一通道，使空氣透過此通道順利排出，保持旋入之空間與外界之大氣壓力相等，去除因壓力導致之不益懸入的問題。
- (五) 再利用學校休假日到製模型工廠請幫我們繪製電腦之立體製圖(見附件)，確定符合我們的設計，再生產一批試驗模型。
- (六) 拿到試驗模型效果良好，唯瓶塞之膨脹量嫌太小密封效果不佳，其它方面均能滿足設備目標，故而為了確保智慧財產權委託專利事務所提專利申請案。

- (七) 膨脹量未符合使用需求,修改零件設計以達到目標。
- (八) 因為要大量生產必須委外模具工廠製作塑膠零件模及橡膠零件模，考慮分模線及退模角度，將原先設計之五線螺紋改成二線螺紋使模具順利開啓，零件順利退模取出才能大量生產。將螺轉控座分解成兩個原件：一為瓶蓋部份以符合每一顧客之需求，一為螺轉桿部份尺寸固定，分別射出成形後結合成螺轉控座。塞座之容量尺寸部份固定，根據每一顧客之瓶口尺寸來設計外形尺寸。
- (九) 本設計之瓶塞又發展出塞座內有三段容置部，第一段為未膨脹狀態之螺導段，第二段為膨脹狀態之螺導段，第三段為未膨脹狀態之無螺導段，螺轉控座上附有可破壞性的定位墊圈，當從第二段膨脹狀態之螺導段，瓶塞逆時針旋轉90度，即進入第三段未膨脹狀態之無螺導段，定位墊圈也被破壞，更重要的瓶塞無法恢復再使用。
- (十) 查詢適當之塑膠材料以製作螺轉控座，及查詢適當之衛生橡膠以製作塞座。向提供原料之廠商要求提供塑膠及橡膠之特性資料。
- (十一) 實際生產試驗出塞座合適之軟度以滿足功能上之需求。
- (十二) 摩擦力分析：由於密封效果來自於橡膠材料與瓶口內面之接觸摩擦力，又此摩擦力是由剛性塑膠 ” 撐大 ” 橡膠材料，增加橡膠材料與瓶口內面接觸之正向力，以提高摩擦力，在設計時不益量測出此壓力，故考慮以橡膠材料之撐大變形量來探討此接觸面之正向力，即若撐大之量越多，所造成之正向力越大，密封效果也就越好。
- 此部分是委託區域大學協助透過有限元素分析，預測橡膠元件套入剛性塑膠元件後，在外徑尺寸部分受撐大之變形量，評估出橡膠材料元件之適當內外徑尺寸，分析之詳細過程及相關變形圖請見附件。
- (十三)根據透過有限元素分析，評估橡膠元件之適當內外徑尺寸，重新設計二段式瓶塞，及橡膠元件脫模需要將螺紋延伸至外形，至今仍在此試驗階段中。如附圖二

(十四)在上述試驗完成後，再委外模具工廠製作塑膠零件模及橡膠零件模，瓶蓋邊緣部份增加輓紋設計，以增加旋轉時之摩擦力，瓶蓋下緣部增加開瓶指示環，以區別有無開瓶過。

(十五)近來仿冒事件頻傳，如假酒充斥市場，提供三種識別方法，讓生產者有能力鑑別有無被仿冒，使用者安心使用。

方法一:瓶蓋加印感溫染料的商標、製造日期製造批號等，設定溫度 60°C 以上時顯示黑色，溫度 60°C 至 5°C 時顯示紅色，溫度 5°C 以下時顯示藍色。

方法二:瓶蓋加印防偽紫外線染料的商標、製造日期、製造批號等特殊記號，平時不顯現顏色，必須在 365NM 波長紫外線的燈光下才顯現顏色。

方法三:瓶蓋加印隱形染料的商標、製造日期、製造批號等特殊記號之 A 劑，平時不顯現任何顏色，加上 B 劑才顯現顏色。

(十六)持上述工作完成後再進行各項銷售準備工作。

伍、研究結果

研製出符合一般人使用習慣的膨脹收縮瓶塞，達到預期之目標提出專利申請，從事大量生產之準備，且接受定單。

陸、討論

瓶塞之研究如同迴紋針隻發明有異曲同工之妙，雖無高深之理論但是有廣大之市場及使用量，可謂是小兵立大功。

柒、結論

研究過程中不斷地發現新的問題，查相關資料，或請教專業人士相關知識，設法解決問題，從構想緣起至商品化之階段實在一段艱辛之歷程，能達到

商品化之階段，受到大眾之肯定實在是莫大喜悅。

捌、參考資料及其他

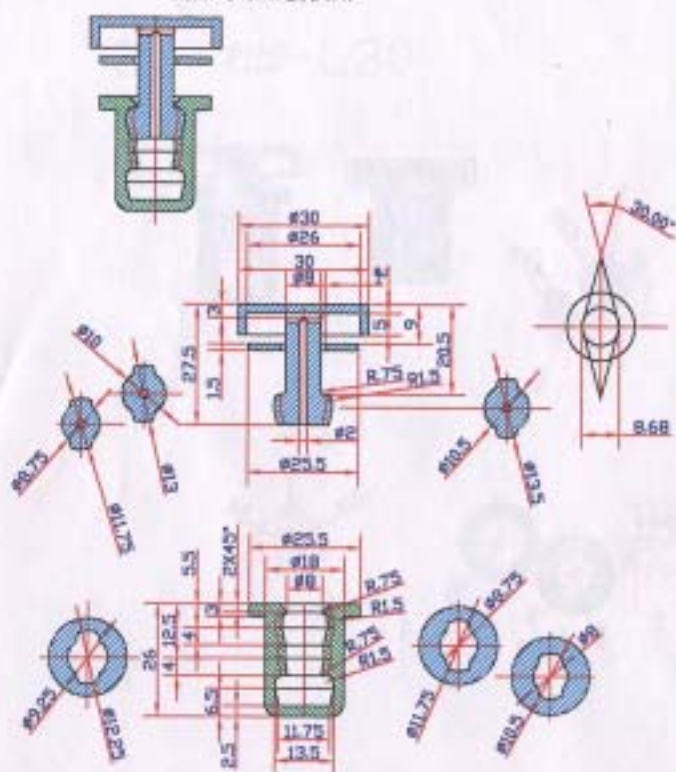
國中三年級之理化課程有提及錐度(斜面)有省力及改變施力方向之作用，螺旋是利用斜面之省力原理的一種，生產係符合顧客之需求及獲利之要求。

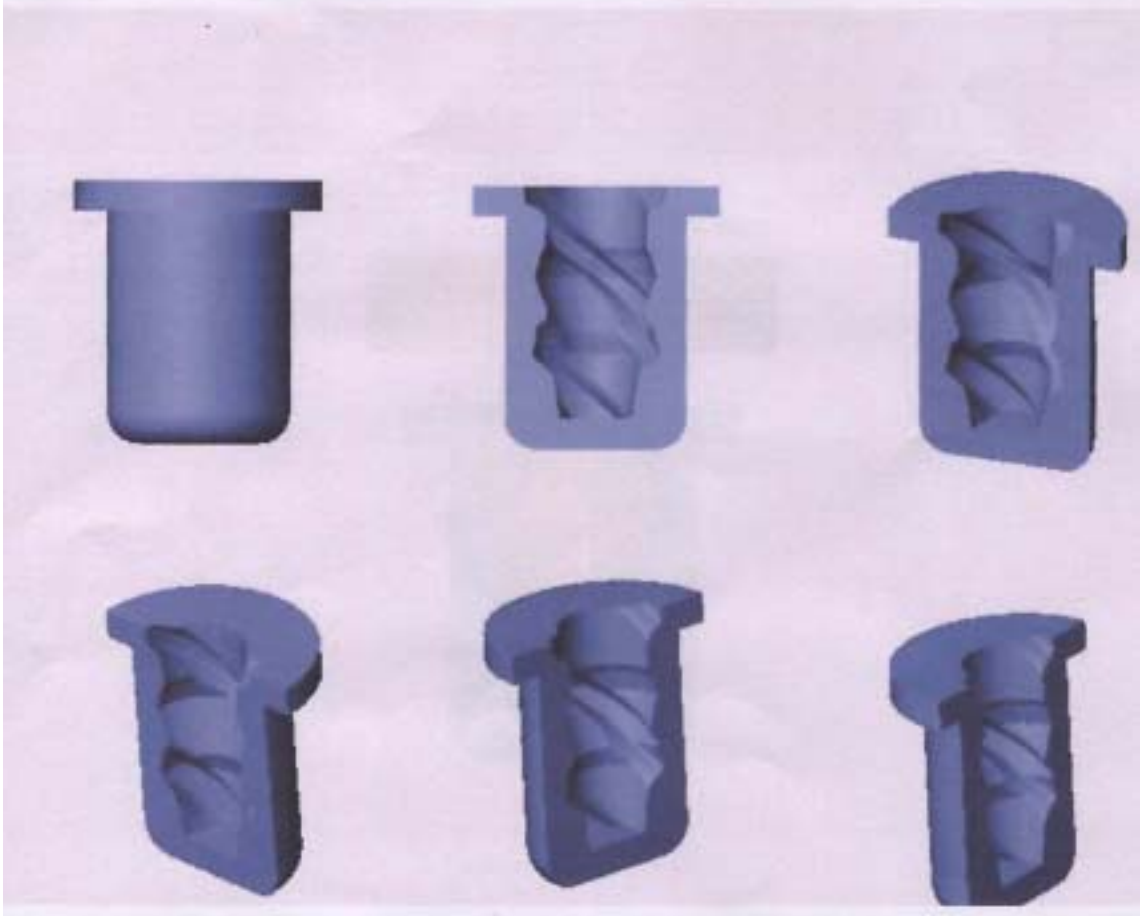
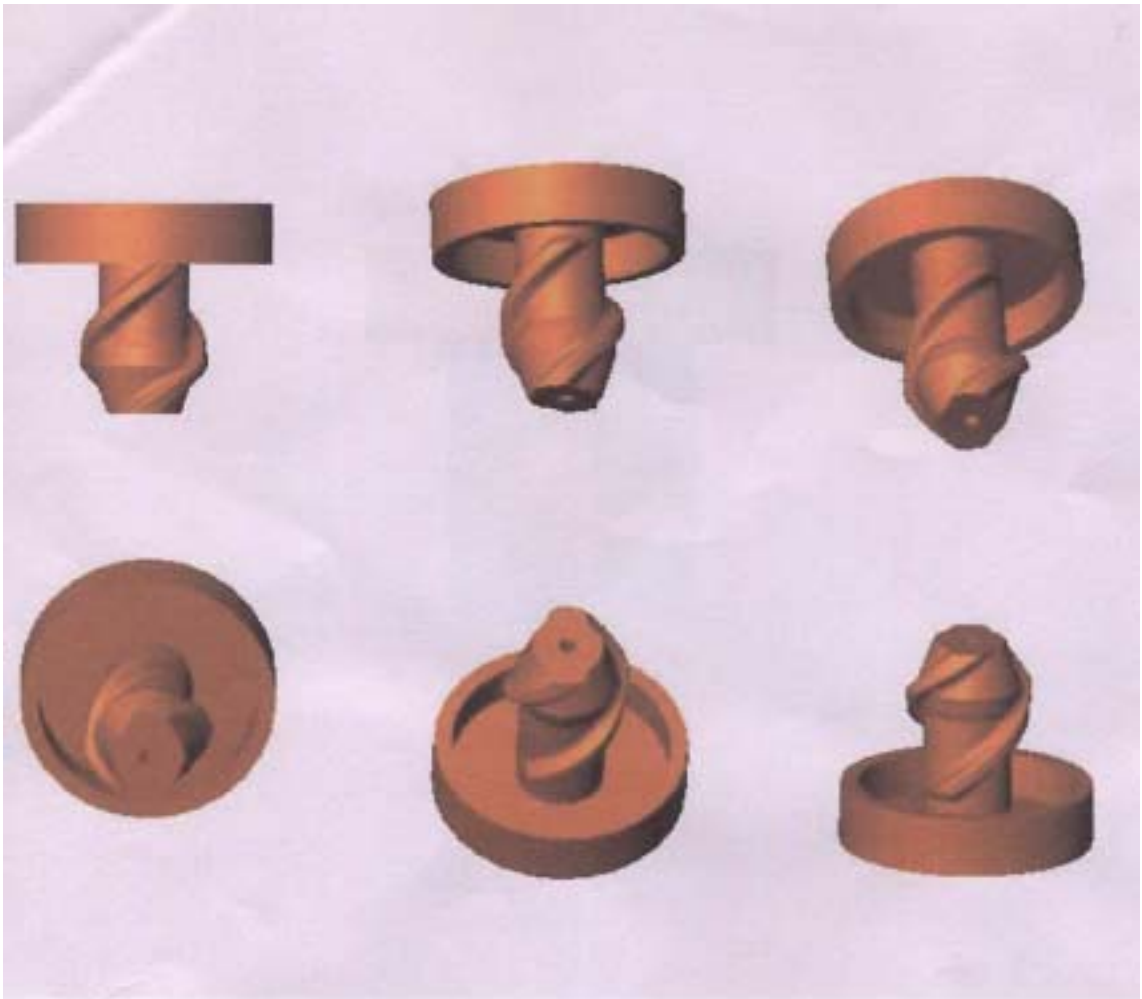
利用理化課程中之理想氣體定律推測若無逃氣孔，會導致旋入時之困難度。並利用理化課程中之壓力與連通管原理，設計逃氣孔。

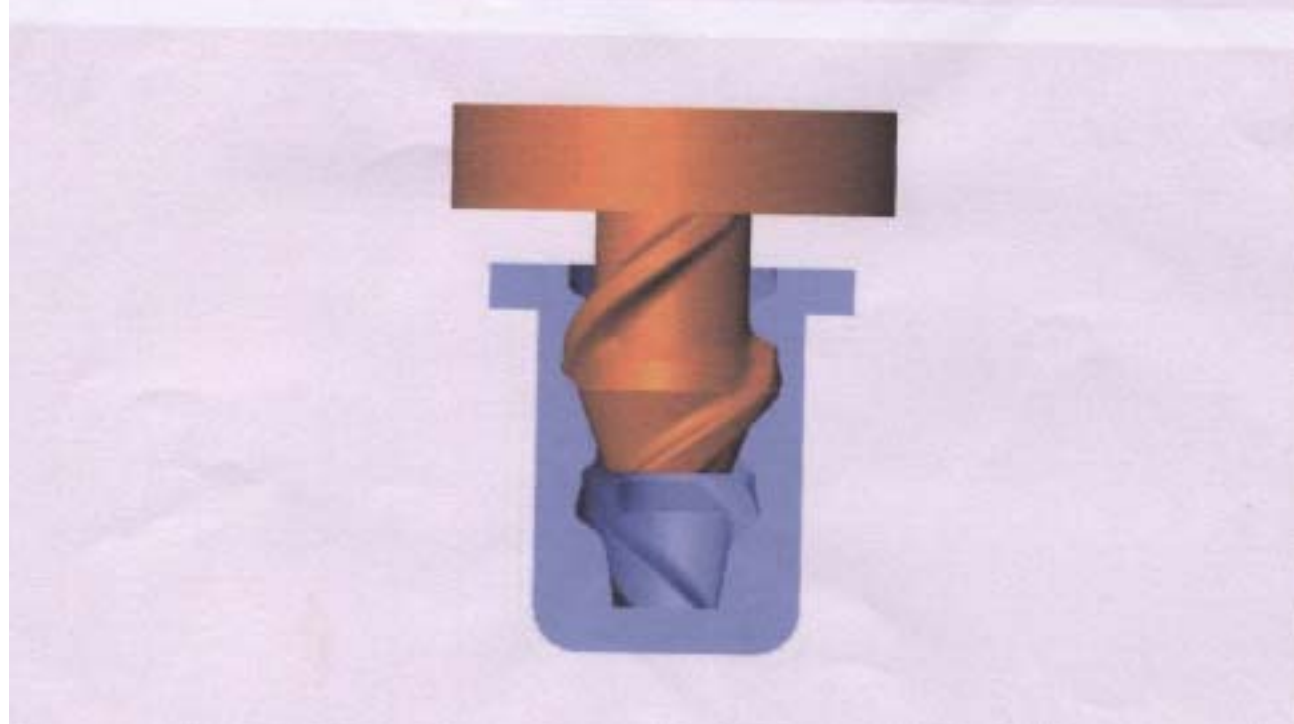
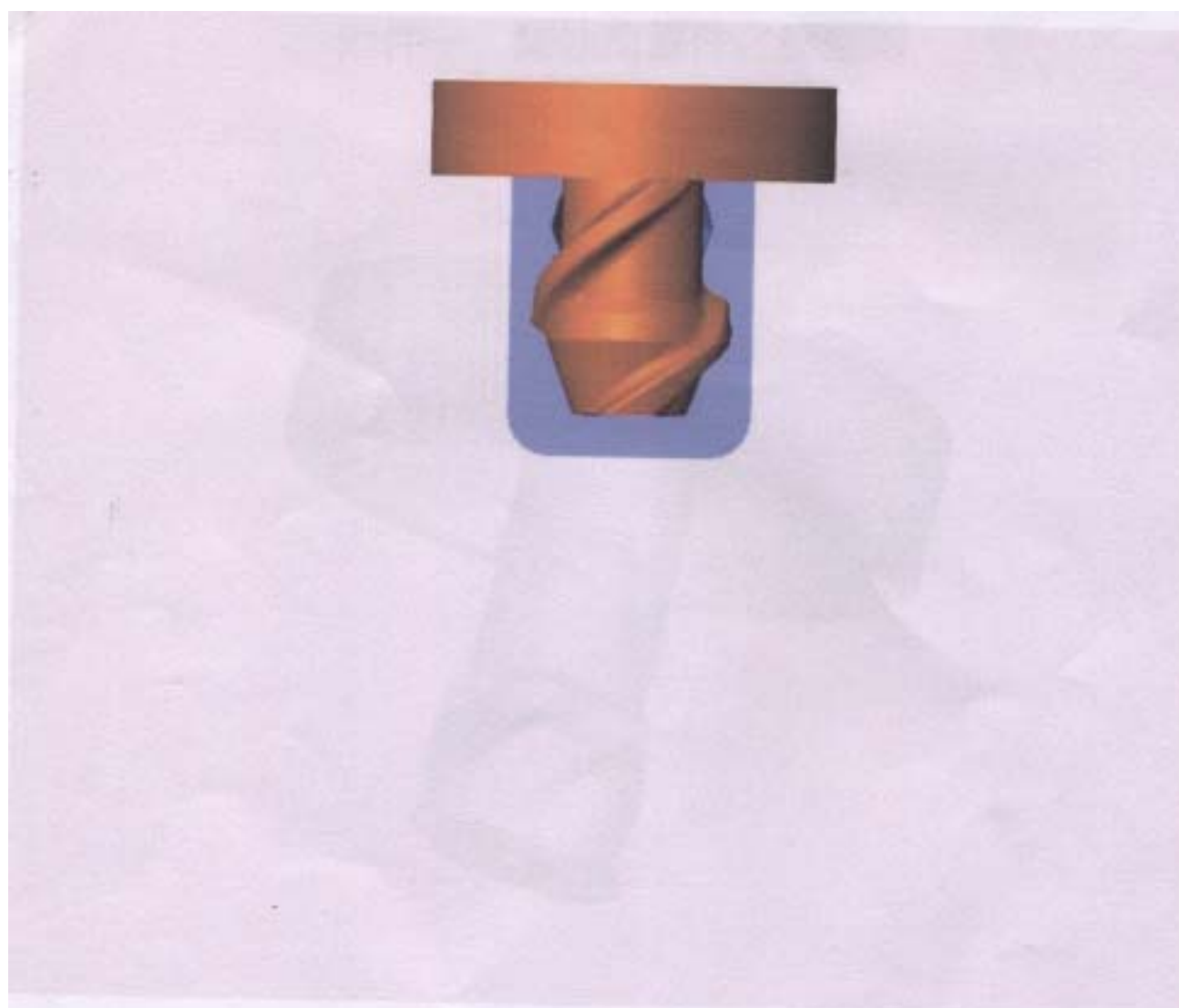
另外利用國二上之理化課程中摩擦力原理，使瓶塞透過摩擦力與瓶子結合，達到密封效果。

並利用數學課程中之圖形對稱原理與性質簡化分析模型。

1. 2N-右旋-L30
二段式可重複使用



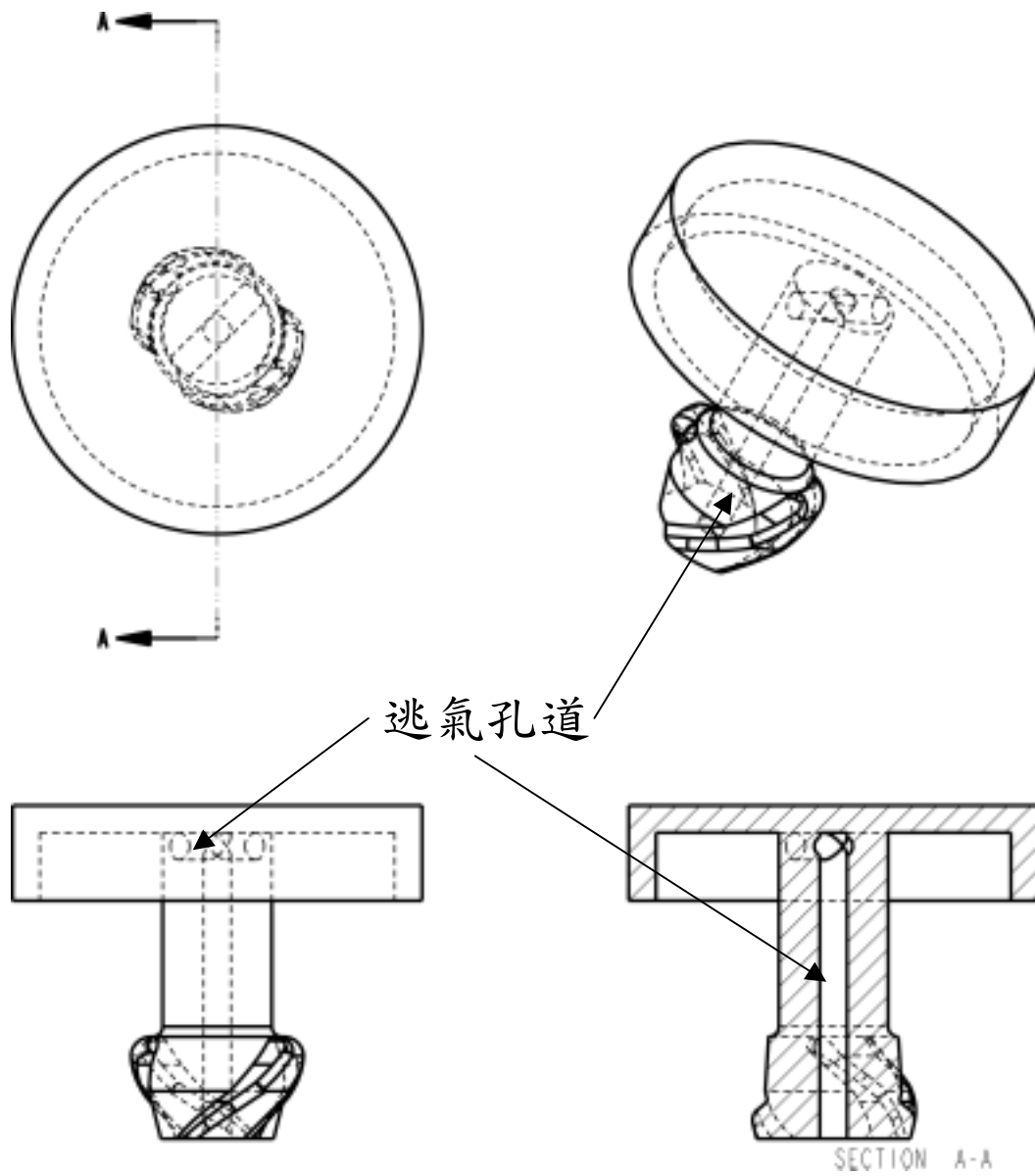




附件一 剛性塑膠件之模型圖



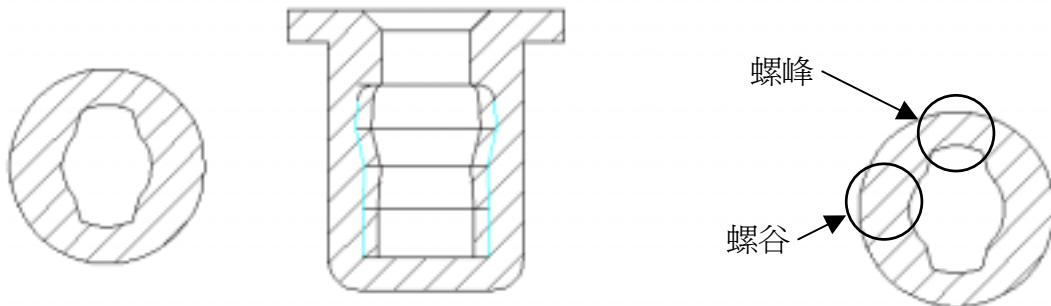
附件二 剛性塑膠件三視圖



附件三 摩擦力之有限元素分析

一、 分析緣由：

此分析主要針對橡膠元件內面受到剛性塑膠元件擠壓撐大後，橡膠元件外側之向外變形量，又因剛性塑膠元件螺峰與螺谷之外型，使橡膠元件亦需有此造型以期能使剛性塑膠元件順利旋轉進入橡膠元件，而橡膠元件之螺峰與螺谷外型使其在圓週方向之厚度不同（對橡膠元件來說螺峰處之厚度教薄，螺谷處之厚度教厚，如下圖），依一般經驗來說，需使橡膠元件向外變形 1mm 左右才能造成足夠之摩擦力，但因螺峰與螺谷厚度不一，變形量亦不同，固設計適當之螺峰與螺谷厚度，使其使用變形時螺峰與螺谷在處皆有相同約 1mm 之變形。



二、 分析重點：

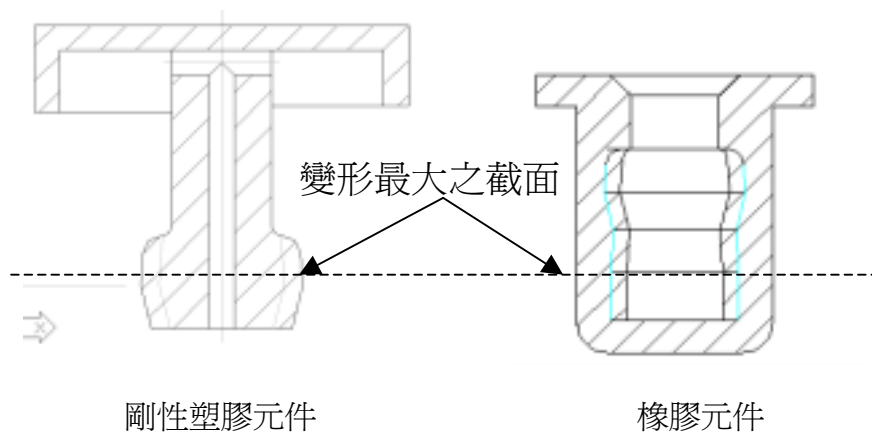
由於橡膠元件之外徑固定，及略大於一般瓶口之大小，可變的參數為橡膠元件之螺峰與螺谷厚度及剛性元件之螺峰與螺谷厚度（撐大變形量），假設剛性元件之尺寸固定，唯一可變動之只有橡膠元件之螺峰與螺谷厚度，分析重點在找處適當之厚度，使螺峰與螺谷處皆有 1mm 之向外變形量，且變形均勻。

三、 分析方法與流程：

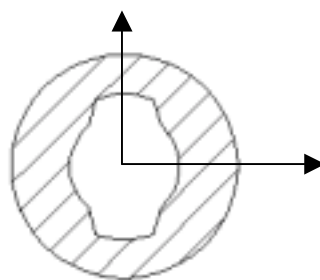
瞭解問題後，針對設計重建立模型，利用有限元素法進行分析，考慮使用之材料並給定適當之邊界條件，進行線性分析，求得變形量。

四、分析模型：

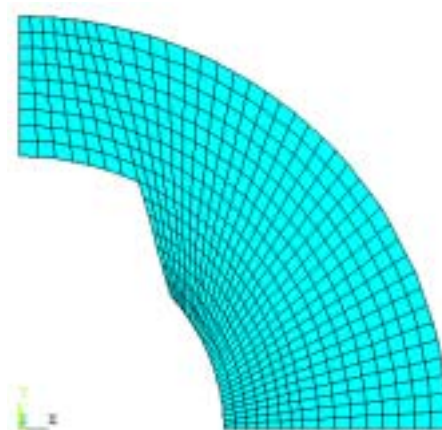
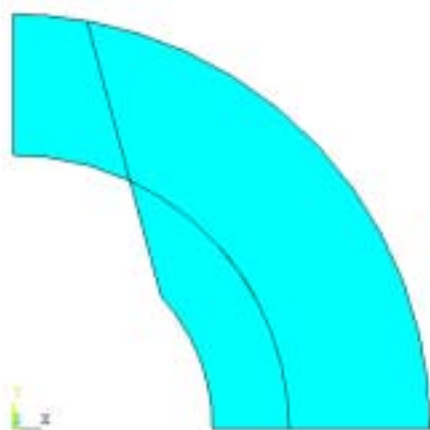
考慮到模型之複雜度與分析之重點，建立出適當之模型已模擬此一問題。橡膠元件在變形時因錐度的關係，整體之變形量並不相同，但只要確定在最大變形處有 1mm 之變形即可達到設計要求，故取使橡膠件變形最大之截面處來分析，見下圖：



故其截面如下圖所示，又其為一 1/4 對稱模型（第一項限與其他項限相同），受力與變形因受外型之限制，故分析只需取其第一項限部分即可到螺峰與螺谷處之變形量。



完成之 2D 的 1/4 分析模型，與網格化之情形如下圖：



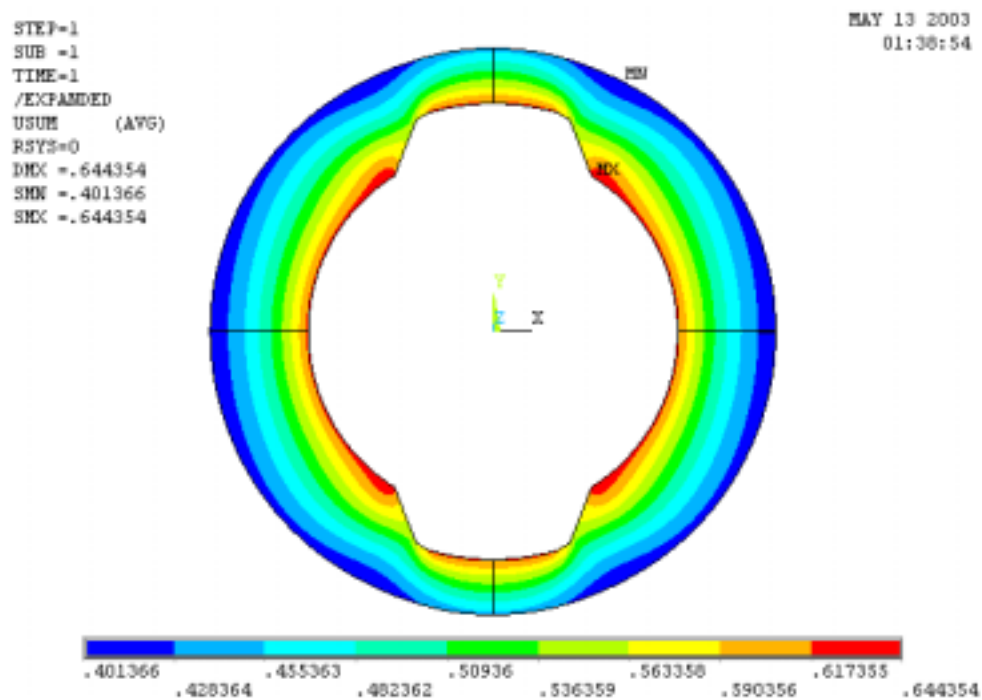
五、材料參數與邊界條件：

因主要分析橡膠材料之變形，故取其楊氏係數為 5G Pa，普松比為 0.45 進行分析。

邊界條件部分，設定螺峰與螺谷之內面處有向外之變形量，因剛性塑膠件之尺寸固定，故此變形量會隨橡膠層厚度變化而改變。

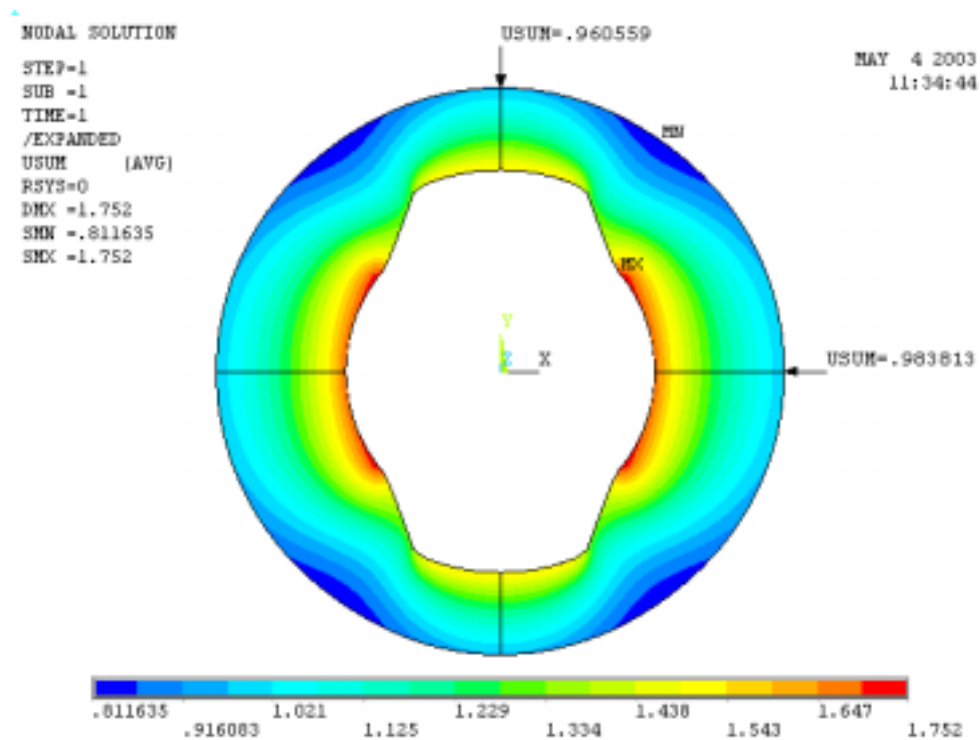
六、分析結果：

因模型以簡化過，故每組參數只需約 2 分鐘之時間即可得到變形結果。依原本構想之設計，將剛性塑膠元件之螺峰與螺谷尺寸向內縮 1.25mm 作為橡膠元件之內面螺峰與螺谷尺寸，分析結果如下圖，螺峰處向外變形約 0.5mm，螺谷處向外變形約 0.4mm，此變形量不但不均勻且與設計愈大到之變形量 1mm，有相當大之差距。



原始設計之分析結果

故考慮增加橡膠元件之螺峰與螺谷之厚度，即增加剛性塑膠元件之螺峰與螺谷向內縮之尺寸，以達到使整體之外圍皆有 1mm 之變形量。經幾組參數測試後，得到接近之數值為，以剛性塑膠元件螺峰部分向內縮 3.1mm，螺谷向內縮 3.4mm，以此尺寸作為橡膠元件之內面尺寸，所得之結果結果如下圖，螺峰處約有 0.96mm 之變形量，螺谷處約有 0.98mm 的變形量，相差約 0.02mm，與原設計相比，不論螺峰與螺谷處皆較接近 1mm，且差距較小，變形較均勻。



分析所得之最佳參數之變形量

七、分析模擬與實際產品驗證：

以分析所得之結果，進行加工與製造，印證分析之結果，並實際測試其密封性。

評語

本作品設計有兩種型式的膨脹收縮瓶塞，一種為可重複使用之二段式瓶塞〈使用右旋螺紋〉，一種為不可重複使用之三段式瓶塞〈使用左旋螺紋〉。作品的特點為應用國三理化課程中之錐度〈斜面〉有省力及改變施力方向之作用特性，並在瓶塞塞座之一控孔內設有螺旋導溝且具有孔徑變化的螺導段，而該螺轉控座上具有一可在螺段內旋轉的螺轉頭，螺轉桿上徑間突出數條可在螺旋導溝內移動的螺旋突條，零件數量簡單，但能配合一般人的使用習慣，開啓與封閉瓶塞，創意性甚佳，且具實用價值，被評審一致推薦為高中組生活與應用科學科第一名及同獲最佳創意獎。

