

水煮蛋剝殼機之開發與研究

Developement of a Shelling Machine for Boiled Eggs

國立中興大學農業機械工程學系副教授

雷 鵬 魁
Perng-Kwei Lei

國立中興大學農業機械工程學系博士班研究生

鄭 俊 男
Jiunn-Narn Cheng

摘 要

水煮蛋是最簡易的蛋品加工方法，僅需將蛋品加熱完熟再進行去殼作業即可完成加工之過程。在國內，水煮蛋及其二次加工品每日的消耗量大約在 300 萬顆左右。雖然水煮蛋的加工程序簡易，但在大量生產作業時，其去殼作業是一般業者所面臨的難題之一。在目前國外已研發有數種蛋品剝殼的作業機械，但基於作業環境、價格、機體大小與效率等因素的考量，國內的業者並未能廣泛採用。而國內亦有自製的熟蛋剝殼機械，較能為國內業者所採用，但在去殼效率及完整度上仍不盡完善。本研究即根據國內業者的作業狀況與基本要求為準則，進而提出適用於國內作業環境之剝殼機械的設計藍圖與改善建議。

先前之測試結果指出擠壓機構與軌道環槽的間距對去殼作業的效率及蛋品的完整度有顯著的影響。擠壓間距由 42、40、38 而到 36 mm 逐次縮小時，去殼的效率隨之提高，而蛋品的完整度則隨之降低，此現象顯示擠壓機構所使用之擠壓皮帶輪施力不易控制。是以使用泡棉材料取代之，以增加機械的操控空間。改良方法之測試結果顯示泡棉輪的剝殼效率比原先寬形皮帶輪的效率略差，但對蛋品完整度的改善則相當理想。整體而言，使用泡棉材料〔醋酸乙烯醋酸脂 (Ethylene Vinyl Acetate: EVA) 型號：B 呢〕之擠壓機構，其設定之間距在 36 mm 的情況下，所得到的剝殼率與完整度最理想。

關鍵詞：水煮殼蛋，剝殼機。

ABSTRACT

Boiled eggs are the simplest artifact of eggs, which only require being boiled and peeled before sale. There are about 300 million boiled eggs for consumption every day in Taiwan. Although the preparation of boiled eggs is simple, it is a very difficult job for the processor to peel off boiled eggs' shells in mass production. At present, the egg shelling machines have been developed in several countries, but it can not be adopted widely in Taiwan due to different working environment. An egg shelling machine developed in Taiwan is widely used

by the egg processor, but this machine also has some problems such as the efficiency of the sheller and the appearance of eggs needed to be improved. A local developed egg shelling machine is designed according to the current operational condition and the basic evaluation of this machine was conducted in this study.

The previous experimental results of the shelling machine performance evaluation showed that the interval of extrude-compress mechanism and the annular tank of the orbital have obvious relationship with the efficiency of the sheller and the appearance of eggs. When the interval reduced from 42 to 40, 38 and 36 mm step by step, the efficiency of the sheller would be increased, but the surface appearance of eggs would be worse. It showed that the applied force of the belt of extrude-compress mechanism cannot be controlled easily. We change the belt of extrude-compress mechanism to keratose to improve the operating efficiency. We find the efficiency of the sheller with the keratose is lower than that with the belt, meanwhile the appearance of eggs also has better quality. When the keratose A (EVA, TYPE: B) was applied and the squeezing distance was set to 36 mm, the efficiency of the sheller and the appearance of eggs are in the best condition.

Keywords : Boiled eggs, Shelling machine.

一、前言

水煮蛋為一種簡便而普及的蛋加工品，大部份為家庭消費、郊遊時攜帶食用，或自助餐飲業於準備便當時使用。此外水煮殼蛋也可進行二次加工，例如滷蛋、茶葉蛋或鐵蛋等。但以傳統方式作水煮蛋大量處理加工作業時，剝殼的難易及剝殼後對蛋品的損失，是目前業者所面臨的難題。國內傳統的去殼作業多採用人工，相當地費時耗工，是以產生以機械方式取代傳統人工的構想。目前在國外已研發成功數種去殼的作業機械可應用在水煮去殼作業上，但由於經營型態與作業環境的不同，國內使用的狀況並不普遍。而由國人自行研究開發成功之熟蛋剝殼機械，雖然已在市面上使用，但仍存在相當程度的困難與改進空間；諸如剝殼效率與完整度等問題，仍需加以改善。即以此剝殼機為雛型機進行測試改良，期能提高剝殼效率且減少蛋品損失。

初步的機體評估測試顯示，去殼效率及蛋品完整度受擠壓機構與軌道環槽的間距影響非常顯著。而因為原機械之擠壓機構所使用之摩擦去殼材料為寬形皮帶輪，其相對於蛋殼的摩擦力大且彈性不佳。在擠壓去殼的作業過程中不易操控，常常造成為提高剝殼率卻使蛋品完整度降低，或顧及蛋品完

整度卻降低剝殼效率的情形發生。故本研究即針對此機構來加以改良，亦即以泡棉材料取代寬形皮帶輪做為擠壓機構之摩擦去殼材料，因為泡棉材料其相對於蛋殼之摩擦力較小且彈性佳，可以增加機械的操控空間。本研究之主要目的是水煮蛋剝殼難易程度的探討及其摩擦力之力學分析並根據原有之雛型機械研發設計更新型之剝殼機構，以提高剝殼效率及蛋品的完整度。

二、文獻探討

傳統的水煮蛋加工業者，以人力進行剝殼作業，一個人工的效率約為每小時處理 1,200 ~ 1,500 個，而一般業者的處理規模為其每天約處理 10,000 ~ 20,000 個雞蛋，故在作業上相當耗費人力與物力。目前國外已研發數種剝殼機，例如由日本的 Fujii (1981,1982) 研製之剝殼機械，係利用一長形管，在蛋由其內經過時，不斷振動及轉動，以達到將蛋品碎殼及去殼的目的，請參見圖 1。以及由美國的 Zewiep (1978) 所研製的剝殼機械，其作業原理亦是利用管臂之振動力量，達到碎殼的目的，而後利用一 U 形漏斗抓住蛋殼，利用蛋的重力使蛋殼剝離，請參見圖 2。此外亦有法國之 Frechou 等 (1982) 研製之剝殼機，其作業原理係利

用兩組吸盤將蛋品之大小頭吸住，利用扭力將蛋殼扭碎，再利用上吸盤的推力將蛋推出而留下蛋殼，請參見圖3。國外雖然有數種剝殼機，但在國內使用情況並不普及，而國內亦有精緻機械公司詹介文先生研發之熟蛋剝殼機，較能為國內市場所接受，已有二十家以上的廠商使用此剝殼機。此剝殼機之構造簡單，且易於修護，其作業效率高，可以解決業者人力短缺的問題，但在使用上而言，其剝殼率及完整度仍存在改善的空間。

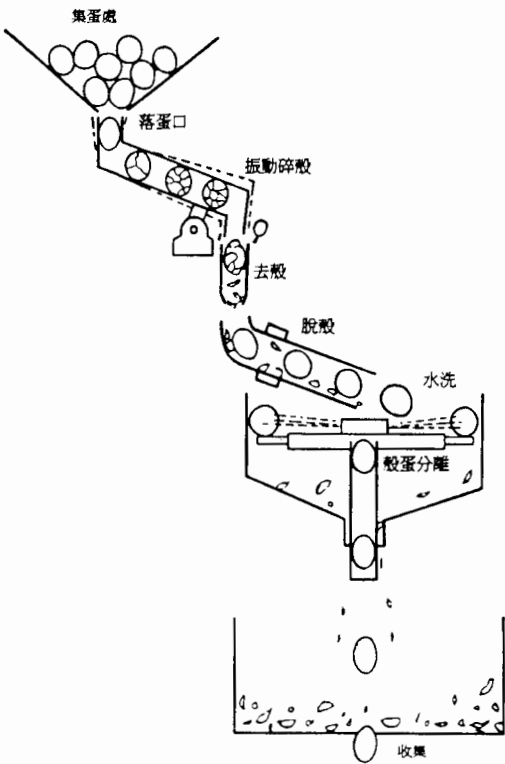


圖 1. 剝殼機。(日本)

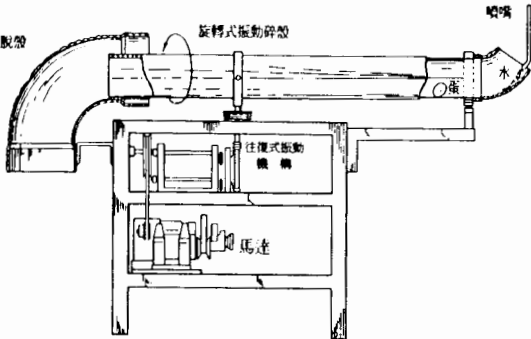


圖 2. 剝殼機。(美國)

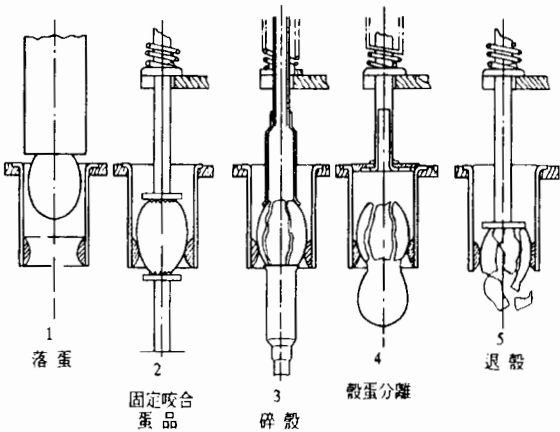


圖 3. 剝殼機。(法國)

經業者指出傳統以人工方式剝殼的步驟為碎殼、去殼與水洗收集等；其剝殼過程係利用一洗衣板，以雙手將蛋置於洗衣板上方搓揉去殼，而後將蛋品水洗收集。而此熟蛋剝殼機，即根據此步驟，採用擠壓方式進行作業。整個機體的外觀請參見圖4。為分析其使用上之問題，將此剝殼機械之主要構造及作業原理分述於後。

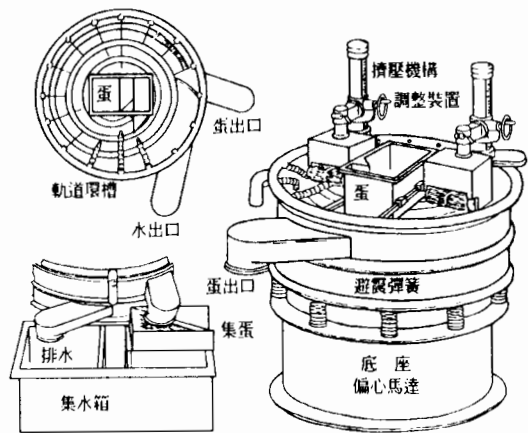


圖 4. 熟蛋剝殼機之整體構造。

針對熟蛋殼機的主要機構先做如下的說明，機體本身設有上槽與下槽，上槽為軌道環槽，下槽為偏心馬達，中間再以軌道分隔，軌道內設有環導管且其下方係為齒狀突環槽。環導管有一外設的突環，其端頭設有一可放置熟蛋之方形箱體，末端則為由隔板引導出口。而機體底端之偏心馬達，藉偏心運轉作用產生振動，其可調整偏心軸角度及荷重以控制振動之振幅。在軌道適當處設有兩組可調整高度之擠壓機構，擠壓皮帶輪

上設有突條，以增加摩擦力。機體上端之週邊環設有水管，於適當處將水管連接噴嘴，噴嘴可移動位置及改變方向。且機體週邊設有出口管及排水口，在外側設有一具有隔水槽、集水槽與盛蛋槽之水箱。

剝殼機的作業原理係將熟蛋置於環導管端頭之方形箱體，利用一斜板使熟蛋落入軌道中，藉軌道及環導管之作用，以及藉機體底端之偏心馬達產生振動，給予熟蛋一離心力而依軌道前進，並使熟蛋與熟蛋及機體產生碰撞而達到碎殼之效果。當熟蛋行進至擠壓裝置時，擠壓皮帶輪配合軌道下方齒狀環槽，可將破碎不完整的熟蛋擠壓破碎，達到更完整碎殼作業。此時擠壓皮帶輪上突條因運轉產生摩擦力並配合環導管上突環的捲動作用，將蛋殼剝離熟蛋。噴嘴沖水之作用有利於蛋殼的剝離作業，同時仍具有洗蛋及沖刷蛋殼等雜物排出機體外的功能。剝殼完畢之熟蛋，經環導管末端之出口管排出而收集之。噴嘴之沖水及沖刷蛋殼等所產生之雜物，則會落下水槽，使用濾網將雜物與沖洗水分離，所使用之水流入集水槽再回收利用。

調查四家使用此剝殼機之水煮蛋加工業者的使用結果顯示，此剝殼機的使用在操作上能節省許多勞力，比以前使用人工剝殼的情形較輕鬆，請參見表 1，因採用本機器而提高了每人每小時的處理能力（作業能量），其提高的百分比從 39 至 106 %。但在機體設計上，擠壓機構上之擠壓皮帶輪的位置高低，很顯著地影響了剝殼率及完整度的效果。經測試證實，當擠壓皮帶輪位置高時，剝殼率低而完整度高。反之擠壓皮帶輪位置低時剝殼率高而完整度較低。業者基於經濟效益的考量，在操作上多採用高位置的擠壓皮帶輪，以保持蛋品的高完整度，再以人工去殼彌補剝殼率之不足。故業者在熟蛋剝殼機作業時，仍須三位以上的人工負責置蛋、撿拾及處理剝殼未完全之蛋品以提升操作機體之整體效能。其中置蛋及撿拾是固定必須的人工，至少需一位人工，而若可提高完整度及剝殼率則可減少處理剝殼未完全蛋品之人工。

在操作性能上，此機械作業的剝殼率已可達到百分之百剝殼，但因為擠壓機構的施力不易操

控，而會造成蛋品損傷。是故為考量蛋品完整度，必須放寬擠壓間距以減少蛋品的損傷，因此而降低機械的剝殼效率。故本機械的改良方向為提升剝殼的完整度，以增加機械的操控空間。

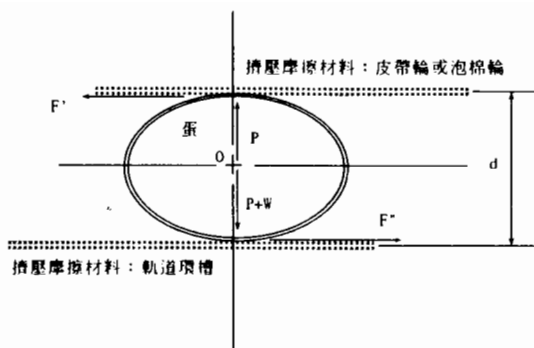
表 1. 四家業者使用剝殼機前後之作業情況。

蛋 商 (Users)	數 量 (個) number	人 工 (位) person	作業時間 (h) work time	每人每小時 之作業量 number/(person×h)
丸寶：使用前 before use	20,000	4	4	1250
使用後 after use	20,000	3	3.5	1905
日發：使用前 before use	12,000	4	2.5	1200
使用後 after use	20,000	4	3	1667
永純：使用前 before use	15,000	5	2.5	1200
使用後 after use	15,000	3	3	1667
日興：使用前 before use	25,000	8	3	1042
使用後 after use	30,000	4	3.5	2143

[註]：剝殼機的作業效率為 5,000 ~ 6,000 顆/小時

此機體的去殼作業主要是由擠壓機構所完成。原理係利用皮帶輪壓碎蛋殼，藉寬形皮帶輪上的突條與蛋殼上的摩擦作用而剝去蛋殼。其動作的流程可能造成蛋品損傷的主要因素為擠壓皮帶輪與蛋白的摩擦力過大，在將蛋殼剝離後又將蛋白搓破。在此針對其改善方式進行討論。因為皮帶輪彈性較小，蛋品所受擠壓力大，當擠壓間距或蛋形大小稍有不同，在剝殼率及完整度上就會有明顯的差別。現在考慮蛋品在擠壓機構中去殼過程的作用力原理；蛋品在皮帶輪擠壓力之作用下呈扁圓球形，蛋殼與擠壓皮帶輪及軌道環槽間之接觸面為一平面，故可將其考慮成平面摩擦，根據機械公式之原理及活用中所提及（岡野修一，1986），其作用力原理參見圖 5 之方法進行分析。

蛋品加工學（張勝善，1992）中指出蛋品的去殼難易程度實與蛋品的前處理作業有相當密切的關係；諸如貯存環境、加熱方式與添加物處理等。蛋品的加工理論及應用（陳明造，1990）中亦指出蛋品的去殼難易與蛋殼膜跟蛋白間的附著力有關係，而此附著力又與蛋白的 pH 值有相關性。



d ：擠壓間距，mm；

P ：蛋變形之反作用力，gw；

W ：蛋重，gw；

$\mu s'$ ：蛋殼與皮帶輪之摩擦係數，比值；

$\mu s''$ ：蛋殼與軌道環槽之摩擦係數，比值；

F' ：蛋殼與皮帶輪之摩擦力： $F' = P \times \mu s'$ ，gw；

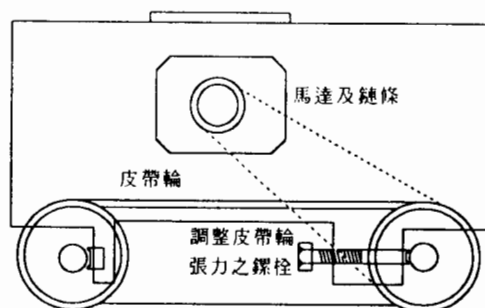
F'' ：蛋殼與軌道環槽之摩擦力： $F'' = (P + W) \times \mu s''$ ，gw。

圖 5. 擠壓機構去殼作業之作用原理分析。

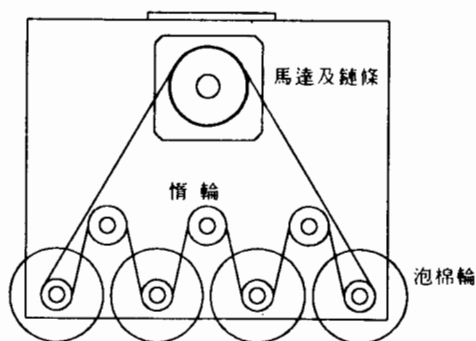
假設蛋殼膜與蛋白之附著力為 T 值，其大小會隨著蛋品的物性及蒸煮方式而有不同，若 F' 值或 F'' 值大於 T 值則可將蛋殼剝離，但若 F' 值或 F'' 值過大則會損及蛋白，並導致蛋加工品的外觀損傷，而影響 F' 值及 F'' 值大小的主要因素有 P 值、 $\mu s'$ 及 $\mu s''$ 值。擠壓間距 d 值增加時， P 值會減少。由此可看出擠壓間距 d 值明顯影響了擠壓機構的作業效率（剝殼率）。另外，因皮帶輪之彈性較差，若改採用較富有彈性的泡棉輪作業，則可吸收蛋品受擠壓時所承受的部份正向力。故在相同的間距下作業時，採用泡棉輪作業的 P 值較採用皮帶輪作業時小，可增加擠壓機構的操控空間。

因此將擠壓皮帶輪的摩擦去殼材料改變為較軟性的泡棉輪，因其具較大的彈性，受擠壓時可吸收蛋品部份力量以增加機構的調整空間。測試機構之設計請參見圖 6，其並不改變原機構的作用原理，以馬達驅動三組惰輪以控制四組泡棉輪同向運轉，替代原先使用之寬形皮帶輪。其優點為可減少因過度擠壓所造成的蛋品損傷，且其施力為間斷性，沒有皮帶輪作用距離長，蛋品損傷的

機率會降低。此外對擠壓輪間距的調整亦較靈活，不同大小蛋品的去殼率差異不致於太大。依此改良之依據而進行測試，以期提高機械作業的效率與提升蛋品的外觀。



使用皮帶材料之原擠壓機構示意圖



使用泡棉材料之改良擠壓機構示意圖

圖 6. 改良之擠壓機構與原擠壓機構之比較。

三、試驗材料與方法

根據原熟蛋剝殼機的性能測試方法進行機構之改良測試，其主要之測試項目為剝殼機之擠壓機構所使用之摩擦去殼材料。針對此改良的剝殼機之擠壓機構進行測試，主要之試驗項目有二項：

(1) 擠壓材料之摩擦力測試：

根據本機器之性能測試之結果（雷鵬魁等，1994），發現原寬形皮帶輪之擠壓材料，其對蛋品之擠壓及摩擦力不易控制，而影響此剝殼機作業的完整度及剝殼率。現改變不同的擠壓材料進行測試，以了解不同擠壓材料對蛋殼摩擦力及摩擦係數之差異，並量測在不同的擠壓間距（36 ~

42mm)時，蛋品受力改變的情形以作為改良機構的基礎。

(2)剝殼機之改良測試：

根據以上所描述之摩擦力測試方法，將改良後之擠壓機構安裝到機體上以進行測試。並與原機構比較其作業之完整度及剝殼率。

(一)試驗設備

1. 熟蛋剝殼離型機一台：

由台北縣三重市精緻機械公司負責人詹介文先生所製造。

品名：熟蛋剝殼機；

電源：三相、220 V，110 V；

機械尺寸：1,200 × 1,100 × 1,200 (mm³)；

馬達：2.5 hp；

作業能量：5,000 ~ 6,000 顆/h。

2. 熟蛋作業所需之設備：

由台中市之蛋品加工業者丸貴企業取得，其蒸煮方式為將購入之雞蛋貯存三至四天，待蛋白的pH值升高而後進行蒸煮。

加熱源：鍋爐蒸氣加熱(蒸氣量：100公升/h)；

加熱時間：三小時；

冷卻時間：常溫空氣冷卻12小時；

蒸煮數量：20,000 (個)。

3. 擠壓機構四組：

原寬形皮帶輪兩組及採用之泡棉輪者兩組。

4. 泡棉(Keratose)材料兩種：

名稱：醋酸乙烯酯脂(Ethylene Vinyl Acetate；EVA)；

型號：B呢——較有彈性，不易變形。

L2500——較軟柔，易變形。

5. 拉力計：

最大可測到20 kgw，讀數可到小數點以下第二位。用以測試蛋品變形的反作用力及蛋品與材料之摩擦力。(儀器校正：以1 kg法碼校正無偏差)

6. 法碼(1 kg)：

因蛋的重量太輕，用此法碼可增加蛋品向下的正向重量。

7. 自製台車一台：

台車上可裝置不同之擠壓材料，以測試不同

材料對蛋殼的摩擦力及摩擦係數。

8. 間距控制之組合：

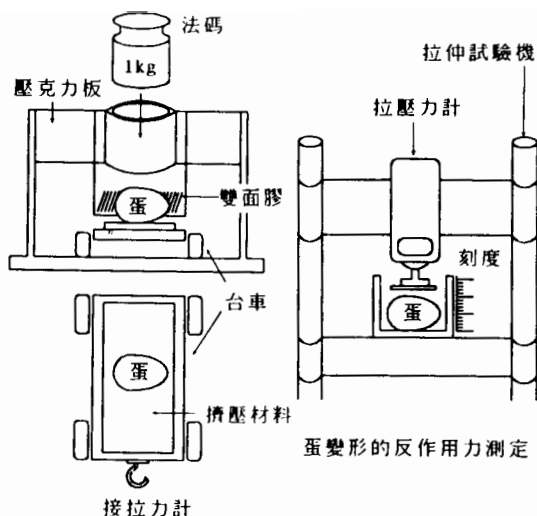
共有36、38、40與42 mm等四組，作為調整擠壓間距用。

(二)試驗裝置與方法

(1)擠壓材料之摩擦力試驗：

控制蛋品的重量及大小，選擇重量為60 gw，且其短軸寬度約為44 mm之雞蛋，將其水平放置於台車上，同時將1 kg之法碼垂直施壓在蛋品短軸之正上方並以雙面膠限制蛋品平行移動及轉動的發生，並將台車放置於一表面敷有油脂且光滑之壓克力板上。根據靜力學摩擦力計算之準則，當以拉力計拉動台車時，拉力計之讀數f，即為台車與壓克力板之摩擦力。而後另以一壓克力板及雙面膠限制蛋品前進及滾動，再拉動台車時，拉力計得另一讀數F，則蛋殼與擠壓材料之摩擦力等於(F - f)，所得之摩擦係數 $\mu_s = (F - f) / W$ (W：蛋及法碼之總重量)。此外再根據材料力學之原理，物體受擠壓力變形時，物體的反作用力等於所承受之擠壓力。使用拉壓力計將水煮蛋擠壓變形，使蛋品之短軸寬度由43 mm逐次壓縮至36 mm，以1 mm為單位而記錄蛋品變形量與反作用力(即擠壓力：P值)之變化關係。選取短軸寬度為43至44 mm與44至45 mm之間兩種大小的水煮蛋，以進行上述的試驗。每次測試10顆，求其平均值，由P值及摩擦係數 μ_s 可估算在擠壓機構操作情況下其間距與摩擦力變化之理論值。此試驗裝置請參見圖7。

將擠壓機構吊起固定，使其與台車保有一間隙以放置蛋品，擠壓間距控制由36到42 mm，選取短軸寬度為43至44 mm的水煮蛋。每次減少間距1 mm依序將擠壓機構降下，並將台車連接拉力計，讀取其摩擦力。分別測試不同材料的擠壓機構在運轉情況下其每組間距對蛋殼所產生的摩擦力，每組間距測試5顆蛋，分別求取平均值。如此便可得到不同材料之擠壓機構在實際操作情況下對蛋殼摩擦力的實際值，將此數據與上述所測得之理論值進行比較分析，觀察不同材料之擠壓機構及間距對蛋殼摩擦力是否有顯著的影響。其試驗裝置請參見圖8。



蛋殼與擠壓材料之摩擦力測定

圖 7. 蛋殼與擠壓材料摩擦係數之試驗裝置。

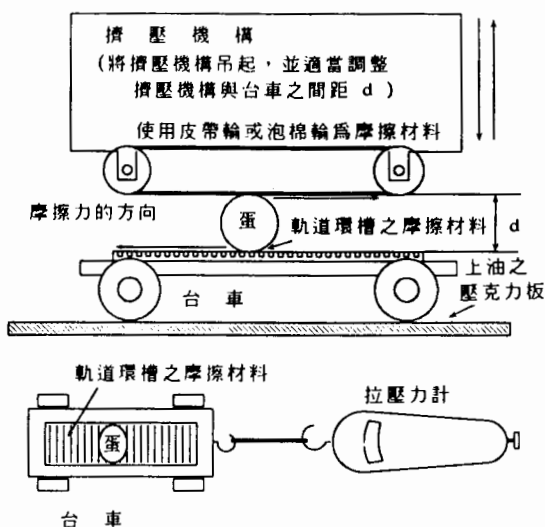


圖 8. 擠壓機構對蛋殼摩擦力之試驗裝置。

料有兩種，故共進行六次試驗，將其試驗結果與原剝殼機作業方式（寬形皮帶輪搭配寬形皮帶輪）進行比較。

依照原離型剝殼機之剝殼效率及完整度的測試方式及評分標準進行測試，一般蛋的外形略似於橢圓球，長軸約 57 mm，短軸約 42 mm。因此分別設定擠壓輪間距為 42、40、38 與 36 mm 進行試驗。以 Irmiter 等人 (1970) 對水煮蛋殼去殼標準及完整度的評分方式來進行測試結果的比較，請參見表 2。將選別的蛋品分組，每組 20 顆蛋，試驗三組，分別求取平均值。並將其結果進行變異數分析，可得到不同的擠壓機構或不同搭配組合的擠壓機構對剝殼率及完整度是否有顯著的影響或差異，以及不同間距下不同擠壓機構之剝殼效率與完整度的變化，觀察測試結果是否達到改善機體性能之要求。並根據擠壓材料之摩擦力測試結果，分析摩擦力對剝殼率及完整度的相關性。

表 2. 剝殼機之作業效率評分標準。

剝殼率的判定評分標準 The evaluating of the peeler efficiency		完整度的判定評分標準 The criterions of the appearance of the eggs	
1. 完整剝殼者	五分	1. 外觀十分完整者	五分
2. 約一半剝殼者	四分	2. 蛋白些微破損者	四分
3. 約 1/3 剝殼者	三分	3. 蛋黃處些微破損者	三分
4. 僅些微剝殼者	二分	4. 蛋黃處嚴重破損者	二分
5. 僅碎殼未剝殼者	一分	5. 蛋黃掉落者	一分
6. 蛋殼未破損者	零分	6. 完全破損者	零分

此二項機體測試中，其一係根據離型機之性能測試結果選定改良項目進行測試。改良目的係為降低材料與蛋殼的摩擦力，減少剝殼時蛋品的損失而增加機體的操控空間。先測試材料與蛋殼的摩擦係數以及蛋品受擠壓變形時的反作用力，則可求得材料與蛋殼摩擦力的理論值。此外並量測在實際操作擠壓機構的情況下，所求得材料與蛋殼摩擦力的實際值。其二係將改良之擠壓機構安裝於機體上實際操作測試，並與原機構的作業性能進行比較。

四、結果與討論

(1) 擠壓材料摩擦力之試驗結果

添加 1 kg 之正向力負荷於蛋品正上方，所測

(2) 擠壓機構之改良與試驗：

將改良之擠壓機構配合原有之擠壓機構進行測試。剝殼機作業時共使用前後兩組擠壓機構，故可將改良後之擠壓機構與原擠壓機構做成三種搭配之組合而進行測試。第一種：前端之泡棉輪擠壓機構搭配後端之泡棉輪擠壓機構。第二種：前端之泡棉輪擠壓機構搭配後端之寬形皮帶輪擠壓機構。第三種：前端之寬形皮帶輪擠壓機構搭配後端之泡棉輪擠壓機構。因為所採用的泡棉材

得皮帶輪與蛋殼的摩擦力平均值為 391.5 gw，所求得之摩擦係數為 0.369。而以泡棉材料 A（型號：EVA,B 呢）之試驗結果，其摩擦力平均值為 374 gw，摩擦係數為 0.352。另一種泡棉材料 B（型號：EVA, L2500）之摩擦力平均值為 345 gw，摩擦係數 0.329。結果顯示擠壓材料對蛋殼摩擦係數大小依序為皮帶輪大於泡棉材料 A 又大於泡棉材料 B。

水煮蛋擠壓形變反作用力的試驗結果，當擠壓間距為 36 mm 時，蛋寬度約為 43 mm 群組之蛋品變形反作用力平均值為 809 gw，而蛋寬度約為 44 mm 群組之蛋品變形反作用力平均值為 923 gw，為不同間距設定中所測得之最大的反作用力。間距與蛋形變反力之關係試驗結果請參見圖 9。由於供作適蛋之蛋品較小，故採用 43 mm 群組之蛋品變形反作用力 P 值結合前項試驗中所取得各材料之摩擦係數 μ s 值，根據靜力學中之摩擦力的計算公式 $F = P \times \mu$ s 而計算出水煮蛋在擠壓機構運作時，在不同的間距下，擠壓材料對蛋殼的摩擦力的理論值。

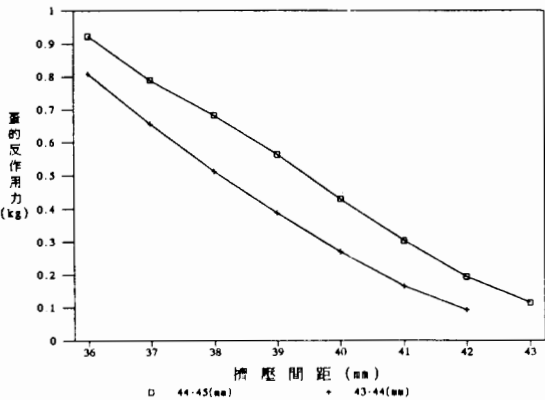


圖 9. 擠壓間距與蛋形變反作用力之關係圖。

而在擠壓機構實地運作下所得到擠壓材料對蛋殼的摩擦力測試時，在不同間距下摩擦力的變化結果參見表 3，其摩擦力隨間距的縮短而上升，而在使用泡棉材料 A、36 mm 的情況下，得到摩擦最大値 0.394 kgw。其分別與上述計算理論値比較之關係請參見圖 10。

圖 10 顯示理論値之摩擦力呈一平滑曲線，三

種材料的摩擦力大小順序以皮帶輪最大，泡棉輪 A 其次，泡棉輪 B 最小，與原先預期結果相同。而在以三種材料實地試驗之結果，卻以皮帶輪的測試結果較趨於平滑曲線且最小，而採用泡棉輪時，摩擦力的變化大且當間距設定為 36 mm 時，摩擦力急驟上升而高出理論値許多。反之皮帶輪的摩擦力變化卻較小，在 39 mm 以下的間距卻比理論値低。造成此結果的原因可歸納為以下二點：

其一為因蛋品大小之不同所造成的實驗誤差，因為每減少 1 mm 的間距平均便增加 120 gw 的形變正向力，且間距愈小時，正向力增加愈大。而在蛋品的選取時，無法精確地挑選出蛋品寬度完全相同的蛋品，但實驗所選取的蛋品其蛋寬差距均在 1 mm 之內，已做了適當的控制。

其二為擠壓機構之設計也是影響測試結果的主要因素。因為使用皮帶輪之擠壓機構，在擠壓過程中為一平面，擠壓施力較穩定而平均，故在不同間距的測試結果呈現一平緩的曲線。反之使用泡棉輪之擠壓機構，因材料製作、剪裁與連接的諸多因素之限制，擠壓過程中無法呈一平面，而呈現凹凸不平的曲面，擠壓施力不平均。但蛋品在擠壓過程中也會因此而呈現不規則的滾動，可以增加不同角度的去殼效果。

表 3. 不同的擠壓材料在不同間距下對蛋殼的摩擦力(kgw)的變化。

間 距 squeezing distances	皮帶輪 belt		泡棉輪 A keratose A		泡棉輪 B Keratose B	
	實際值 Actual	理論值 Theoretical	實際值 Actual	理論值 Theoretical	實際值 Actual	理論值 Theoretical
42 mm	0.072	0.034	0.030	0.032	0.068	0.030
41 mm	0.104	0.061	0.126	0.058	0.104	0.054
40 mm	0.124	0.100	0.174	0.095	0.110	0.089
39 mm	0.132	0.143	0.202	0.137	0.150	0.128
38 mm	0.190	0.189	0.236	0.181	0.196	0.169
37 mm	0.228	0.242	0.264	0.231	0.256	0.216
36 mm	0.242	0.299	0.394	0.285	0.364	0.266

(2)剝殼機之改良試驗結果：

將剝殼機擠壓機構之材料改良後，進行實際機體操作試驗，其剝殼率及完整度的試驗結果請參見表 4。其結果顯示泡棉材料的剝殼效果比皮帶

材料的剝殼效果略差，但完整度的效果卻高出了許多。以剝殼率而言，泡棉材料 A 的剝殼效果達到 4 分以上者，僅有在間距 36 mm，泡棉材料 B 的剝殼效果亦然。而分別將泡棉材料與皮帶材料搭配組合下之剝殼效果，亦較原先皮帶輪的效果略差，可說明泡棉輪材料隨間距改變的剝殼效果較皮帶輪平緩，但在間距設定為 36 mm 時的剝殼率亦均可達到 4.5 分以上。且就完整度而言，泡棉材料的完整度比皮帶輪要高出許多，均在 4.7 分以上。而分別將泡棉材料與皮帶材料搭配組合作業下之完整度亦均在 4.5 分以上，可說明泡棉輪材料隨間距改變之完整度差異不大，但均高於皮帶輪的作業完整度，可判定泡棉材料對完整度的改善有實際的效果。

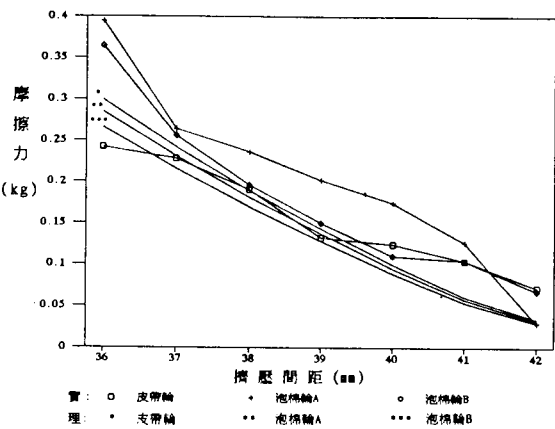


圖 10. 不同的擠壓材料在不同之擠壓間距下對蛋殼摩擦力的變化與理論值之比較。

表 4. 不同擠壓機構在不同間距下剝殼率與完整度的結果。

兩組擠壓機構之使用材料	皮	泡 A	泡 B	皮	皮	泡 A	泡 B
	皮	泡 A	泡 B	泡 A	泡 B	皮	皮
剝殼率	42mm	1.47	1.31	1.23	1.35	1.40	1.37
	40mm	2.75	1.78	1.63	2.02	2.25	1.91
	38mm	4.82	3.25	3.05	3.57	3.43	3.37
	36mm	5.00	5.00	4.61	4.83	4.75	4.73
完整度	42mm	4.87	5.00	5.00	4.98	5.00	4.98
	40mm	4.68	4.96	5.00	4.98	4.95	5.00
	38mm	4.30	4.83	4.82	4.82	4.83	4.88
	36mm	3.50	4.70	4.88	4.46	4.48	4.88

[註]：皮→皮帶輪、泡 A→泡棉輪 A、泡 B→泡棉輪 B

根據上述分析結果，可判定剝殼機之剝殼效率及完整度與擠壓機構之摩擦力 F 值有明顯的相關。且根據擠壓材料之摩擦力試驗結果顯示，不同的材料在不同的間距下會產生不同的摩擦力。因剝殼機有兩組擠壓機構，可配合不同材料而控制間距以產生不同的摩擦力。故假設剝殼效率為 Y1、完整度為 Y2，第一組擠壓機構控制的摩擦力為 X1、第二組的摩擦力為 X2，則可假設摩擦力與剝殼率及完整度的線性迴歸模式的建立為；

剝殼率： $Y1 = a1 \times (X1 \times X2) + b1 \times X1 + c1 \times X2 + d1$

完整度： $Y2 = a2 \times (X1 \times X2) + b2 \times X1 + c2 \times X2 + d2$

採用 LOTUS（軟體）進行計算而求得以下之結果；

$Y1 = -15.027 \times (X1 \times X2) + 9.229 \times X1 + 9.318 \times X2 + 0.2485$

R-squared 值 = 0.8487

$Y2 = 6.245 \times (X1 \times X2) - 1.197 \times X1 - 2.66 \times X2 + 5.2246$

R-squared 值 = 0.259

擠壓機構摩擦力對剝殼率的樣本決定係數 R-squared 值為 0.8487，意即此剝殼機之剝殼率約有 84.87 % 可直接由擠壓機構摩擦力之雙變數迴歸式來解釋，此模式之建立有助於將來擠壓機構自動控制設計時的參考，例如判定蛋的短軸大小後，適當調整擠壓間距，來控制摩擦力大小，如此便可得到理想的剝殼率。而對完整度之 R-squared 為 0.259，意即完整度僅有 25.9 % 可由擠壓機構摩擦力之單變數迴歸式來解釋。此乃因為剝蛋的完整度除了與摩擦力有關外，更與蛋品的蛋黃的偏心程度有密切的相關。蛋黃偏心的蛋品，其蛋黃偏心處的蛋白較薄與韌性較小，在擠壓機構摩擦下極容易破裂而損傷外觀與降低完整度（鄭俊男，1994），故此模式的建立應再加入蛋黃偏心率的考量。故為提高剝殼機的作業效率，除擠壓機構改良外，對蛋品之蛋黃偏心的控制亦非常重要。

此熟蛋剝殼機械除了擠壓機構材料需要改良外，其整體的結構亦存在很大的改善空間，諸如機體所佔的操作空間太大、作業行程過於冗長及

噪音太大等。因此根據上述擠壓機構之摩擦材料的測試改良結果，進行研發設計新型的水煮蛋剝殼機械。改良重點為蛋品剝殼效率及完整度的提昇，其次再根據一些小缺失進行改良，諸如縮小機體、縮短作業行程與提高機動性等。新型水煮蛋剝殼機械的研發設計示意圖如圖 11 所示。其作業原理係將熟蛋置於機體最上端的置蛋箱，利用電磁產生振動及蛋箱的傾角，使蛋品碎殼並前進。由蛋箱的三個開口進入以泡棉為摩擦去殼材料的去殼機構，蛋品在去殼機構中旋轉滾動前進，最後落入收集槽。在作業過程中，以噴嘴之水柱沖刷剝落的蛋殼而進行收集，而使用水亦可利用抽水浦重複回收。故本機械除了改以泡棉為摩擦去殼材料外，亦改善以電磁式振動及蛋品滾動前進的方式，取代原先利用偏心馬達產生振動及離心力使蛋品碎殼及前進。不僅是提高作業的效率，縮小機體亦提高了機動性，更有效地縮短碎殼作業之行程，而延長剝殼作業行程。

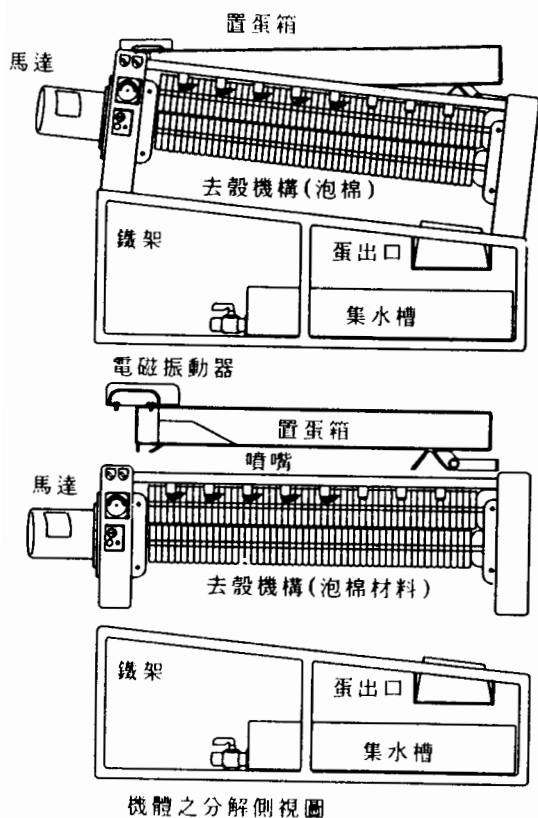


圖 11. 新型水煮蛋剝殼機械之示意圖。

五、結論與建議

- (1)剝殼機之擠壓機構所使用的摩擦去殼材料對剝蛋作業的效果有相當顯著的影響，採用泡棉材料的去殼效果雖較皮帶材料略差，但在間距 36 mm 時其剝殼率的平均值亦達到 4.81 分。且完整度的改善明顯的較採用皮帶材料作業時提高了許多，同時亦增加了機體的操控空間。
- (2)剝殼機之擠壓輪間距是影響剝殼效率最大的因素，其需配合蛋品的大小作適當的調整。此外噴嘴的噴出水柱力量可以加強，如此去殼的能力可提高許多。
- (3)根據剝殼機的初步測試結果，做為研發一新型的水煮蛋剝殼機械的基礎。以提高剝殼作業的作業的效率與水煮蛋的完整度，同時可縮小機體而提高其機動性，並且可有效地縮短碎殼作業行程，並延長剝殼作業行程。

六、誌謝

本研究由農委會補助，計劃編號為 83 科技-2.7-糧 60(4)，試驗期間感謝精緻機械詹介文先生的鼎力協助。

七、參考文獻

- 1.鄭俊男。1994。水煮蛋剝殼機械之改良與蒸煮機械之設計。碩士論文。國立中興大學。
- 2.雷鵬魁，鄭俊男，鄭俊哲，尤瓊琦，黃國定。1994。水煮蛋剝殼機之測試研究。農機學刊，3(2): 51-57。
- 3.張勝善。1992。蛋品加工學。華香出版社，二版，P. 155 ~ 160。
- 4.陳明造。1990。蛋品的加工理論及應用。藝軒出版社，初版，P. 241 ~ 244。
- 5.岡野修一。1986。機械公式之原理及活用。復漢出版社，初版，P. 9。
6. Frechou, J., and G. Isambert. 1982. Automatic machine for peeling hard-boiled eggs. United States Patent, US 4 344 359.
7. Fujii, N. 1982. Method and apparatus for peeling of shells of boiled egg s. United States Patent, US 4 311 089.

(文轉第 81 頁)