

國立臺灣師範大學

圖文傳播學系

碩士論文

承印基材表面特性對於冷燙金製程品質影響之研究

Effects of substrate's surface properties on the quality of
cold foil printing process

研究生：蕭興泉

指導教授：王教授 希俊

中華民國 100 年 2 月 21 日

目 錄

摘要	
第壹章 緒論	
第一節 研究背景	7
第二節 研究動機	10
第三節 研究目的	12
第四節 研究問題與假設	12
第五節 研究範圍與限制	13
第六節 名詞解釋	15
第貳章 文獻探討	
第一節 印刷設備與印刷版	18
第二節 紫外光固化油墨發展與組成	27
第三節 紫外光固化油墨性質	34
第四節 UV 光源	38
第五節 冷燙金印刷製程	40
第六節 承印基材及前處理方式	51
第參章 研究方法	
第一節 實驗方法	57
第二節 實驗設計	59
第三節 實驗工具	63
第四節 實驗儀器	66
第五節 研究假設	69
第六節 研究取樣與資料統計分析	70
第七節 實驗信效度分析	71
第四章 研究結果與討論	
第一節 實驗數據與一般敘述性統計	75
第二節 兩因子變異數分析	84
第三節 相關性分析	90
第五章 結論與建議	
第一節 研究發現	93
第二節 研究結果整合	94
第三節 後續研究建議	100
參考文獻	103

圖目錄

圖 1-1：熱燙金材料之結構	15
圖 1-2：上下往復式燙印機與簡圖	16
圖 1-3：柔性凸版之印刷單元	17
圖 2-1：凸版印刷原理圖解	20
圖 2-2：凸版及凸版印刷示意圖	20
圖 2-3：平版平壓、平版圓壓、圓版圓壓三種設備形式	21
圖 2-4：直接、間接印刷示意圖	22
圖 2-5：橡皮凸版製作程序	23
圖 2-6：膠帶附著度等級示意圖	37
圖 2-7：UV 燈管與波長表示圖	38
圖 2-8：冷燙金屬薄膜材料結構	40
圖 2-9：不同形式的控墨方式圖	44
圖 2-10：100 倍放大下之陶瓷雕花滾輪	45
圖 2-11：油墨轉移能力之關鍵：孔深比	45
圖 2-12：濕式製程(Wet Lamination) 示意圖	47
圖 2-13：乾式製程(Dry Lamination) 示意圖	48
圖 2-14：達因筆測試之示意圖	55
圖 3-1：研究架構圖	58
圖 3-2：實驗流程圖	62
圖 3-3：實驗工具-印刷版-版面設計圖	65
圖 3-4：達因數次數統計圖(5kv)	73
圖 3-5：達因數次數統計圖(15kv)	74
圖 4-1：冷燙金各品質項之評分對照圖片	76

表目錄

表 2-1：感光樹脂版的製版流程	24
表 2-2：傳統製版作業與電腦直接製版作業之比較表	26
表 2-3：CTP 印版優缺點的比較	26
表 2-4：常用的 UV 固化預聚物結構與性能	31
表 2-5：陽離子固化與自由基固化的比較	33
表 2-6：PRAXAIR 公司之雕花滾輪規格表	46
表 2-7：冷燙金印刷兩製程之品質差異表	48
表 2-8：冷燙金印刷製程之專利差異比較表	50
表 3-1：本研究 5*2 兩因子實驗設計	59
表 3-2：實驗變項整理表	60
表 3-3：實驗過程控制變項處理表	60
表 3-4：實驗版面對應品質檢測項說明	65
表 3-5：圖像清晰度品質評分量表	66

表 3-6：耐刮性品質評分量表	67
表 3-7：印刷業界可接受之冷燙金印刷品質列表	68
表 3-8：檢測品質人員之信度檢測表	72
表 3-9：5kv 電暈電壓-表面達因值	73
表 3-10：15kv 電暈電壓-表面達因值	73
表 4-1：冷燙金印刷測試各組別品質應變項統計	75
表 4-2：不同種類基材之品質應變相統計表	77
表 4-3：不同表面特性施以相同電暈前處理之品質應變相統計表	76
表 4-4：不同表面特性施以相同白墨前處理之品質應變相統計表	78
表 4-5：相同 PET 基材各施以電暈處理與白墨處理之品質應變相統計表	79
表 4-6：相同 PET 基材各施以電暈處理與白墨處理之品質應變相統計表	81
表 4-7：相同 PVC 基材各施以電暈處理與白墨處理之品質應變相統計表	81
表 4-8：相同 PET 基材施以不同程度電暈處理之品質應變相統計表	82
表 4-9：相同 PVC 基材施以不同程度電暈處理之品質應變相統計表	83
表 4-10：不同種類承印基材之變異數分析	85
表 4-11：不同種類承印基材之描述性統計	85
表 4-12：不同種類承印基材經電暈處理之變異數分析	86
表 4-13：不同種類承印基材經白墨處理之變異數分析	87
表 4-14：不同種類承印基材經白墨處理之描述性統計	87
表 4-15：PET 承印基材經不同前處理之變異數分析	88
表 4-16：PVC 承印基材經不同前處理之變異數分析	89
表 4-17：PET 承印基材經不同程度電暈處理之變異數分析	89
表 4-18：PVC 承印基材經不同程度電暈處理之變異數分析	90
表 4-19：皮爾森相關係數與相關程度之對照表	91
表 4-20：冷燙金品質項之 Pearson' 相關分析	91
表 5-1：不同種類承印基材檢定結果彙整表	97
表 5-2：不同種類承印基材施以相同前處理之檢定結果彙整表	97
表 5-3：相同承印基材施以不同前處理之檢定結果彙整表	98
表 5-4：相同承印基材施以不同前處理之檢定結果彙整表	99

摘要

冷燙金印刷製程結合了傳統色墨印刷與貼合的技術，搭配具有低污染性、以及快速乾燥特性的紫外光固化系列油墨，不僅符合現今的環保概念，且簡化了加工工藝、縮減了生產所需時間、提升了生產效率以及降低了生產成本，為印刷業提供了最佳的製程選擇。

冷燙金印刷製程已被印刷業界應用於產品加工製程，但業界對於此新興印刷技術尚無法完全掌握，仍有許多問題尚待研究與改善。本研究著重於承印基材之表面特性對於冷燙金印刷製程品質之相關研究。研究中藉由兩因子實驗之設計，透過控制電暈處理、底塗方式改變不同種類塑膠承印基材之表面特性(表面達因數)，於彈性凸板印刷設備上進行冷燙金印刷品質之研究。

研究結果發現不同種類之承印基材、及不同前處理方式改變塑膠承印基材表面達因數，均對於冷燙金印刷製程之品質有顯著的影響，且具有越高表面活性的承印基材，具有越佳的冷燙金印刷品質。電暈處理後表面達因數對於 PET 承印基材需達 42dyne/cm^2 ，PVC 承印基材則須達 40dyne/cm^2 ，於此達因數值以上，則可獲得良好之冷燙金印刷品質。

白墨底塗處理方面，結果顯示無論對於何種承印基材，當施以 $2.9\sim 3.0\mu\text{m}$ 之白墨底塗處理後，均能獲得良好的冷燙金印刷品質。另由相關性之分析，發現轉移率與清晰度與承印基材平整性具有高度正向相關性；而牢度與抗刮性則與表面達因數據有高度正向相關性。

本研究對於承印基材、前處理與冷燙金印刷品質之成果，以及品質相關性之分析結論，能做為業界印前準備、以及對於相關品質問題改善之參考方向，避免試誤的方式增加損耗，並獲得穩定、更高品質、以及高競爭力之產品。

關鍵字：冷燙金印刷製程，紫外光固化黏著劑，彈性凸板、電暈處理

Abstract

Cold foil printing process is a new technology that combines printing, laminating, and using photosensitive copolymer which is less environmental sensitive, and can be cured by ultraviolet. Therefore the greater productivity and production efficiency ability can increase competitive and cost down for printing industrial. Besides, cold foil printing process is one of the best choices for product' s appearance decoration.

Cold foil printing process has been used in mass production now, but there are still some unresolved problems. In this research, we use the flexography printing press to study the key factors influencing the quality of cold foil printing. The control of different types of treatments is carried out on the properties of different types of substrate. From the research results, we found the factors of pre-treatment methods and the substrates have obviously influence on the final quality. The appropriate Dyne level of PET substrate is above 42dyen/cm², and for PVC is above 40dyne/cm².

For white ink primer treatment we found that no matter PET and PVC substrate both could have a good cold foil printing quality. By correlation analysis, the transfer rate of definition and the adhesion of anti-scratch ability have greater positively correlation.

The results of this research could provide the guideline to help the printers to setup the factor before printing and to solve the quality issue and to produce the fine quality product.

Key words : cold foil; ultraviolet curing; flexography printing; corona treatment;

第壹章 緒論

第一節 研究背景

隨著科技的發展，圖文複製的工序由最早期的手工抄寫開始，經歷了長時間的發展，至今發展出各式各樣的印刷型式，如凹版印刷(Gravure Printing)、凸版印刷(Letterpress Printing)、軟性凸版(Flexography Printing)、平版印刷(Off-set Printing)、網版印刷(Screen Printing)。印刷加工已經成為各類型產品不可或缺的加工方式，不論是書籍、報紙、廣告海報、各式各樣的產品包裝都藉由印刷工序為產品提供精美的外觀，提高了產品的附加價值。

任何印刷產品的外觀設計，均直接影響了消費大眾對於此產品之認知價值，故許多設計師除了使用傳統的YMCK彩色油墨，進行產品主題之表現外，更利用了金屬色澤之印刷設計，以吸引目光之閃亮外觀效果，提高產品之美感與價值感，也增加了產品的品牌形象(Andy Thomas, 2005)。此種設計在早期因為金屬油墨的單價高，故僅能應用於高單價之產品上，例如酒類、化妝品、藥品等包裝；但對於價格較低廉的產品包裝，則鮮少使用此種設計。

金屬油墨的高製作成本、以及使用有機劑對於環境所造成的汙染，促使相關產業界整合了金屬真空電鍍與高分子化合物，發展出了一種具有極佳的金屬色澤以及無污染性，並易於加工性的新產品，此種產品就是熱燙金產品。

熱燙金產品之加工原理，為利用聚酯高分子薄膜作為載體，於此材質上塗佈了多層的高分子樹脂，並利用金屬製的鋅凸版或銅凸版為印刷版，在燙印前先將印刷版用加熱器加熱，然後在被印物上放置燙金紙，燙印時金屬凸版的熱力，透過與印紋部份接觸的燙金紙而將熱融膠溶解，將壓燙過的顏色金箔故著於被印物上(林行健，1999)。除了一般常見的金屬銀色，並可於高分子樹脂添加各種顏色

之染料，經過金屬真空電鍍後，呈現出多樣化亮麗的金屬色澤。

熱燙金產品自推出至今，已有數十年的時間，主要應用於熱燙金產品之設備為上下往復式之燙金機，須利用加熱裝置提供熱燙金材料上熱黏膠達到活化溫度，進而產生黏性而達成熱燙金之效果，所以產速低為主要缺點；且熱燙金製程所能獲得的效果仍僅限於全調燙金效果，並且對於熱敏性印刷底材，例如聚氯乙稀(PVC)，則無法使用此熱燙金製程。

另熱燙金製程中所需使用之燙印工具之價格不菲，故這種熱燙金加工製程不適合於小批量與設計多變性之產品，此些限制侷限了熱燙金產品應用之層面。產業界所追求的即為使用最少的時間、最少的資源，獲得最大的產能與利潤，雖熱燙金產品已能取代昂貴的金屬油墨並提供亮麗的金屬色澤之效果，但為了能讓產品更具品質與價格之競爭力，於是嶄新的加工技術也在此環境下被發展出現，此種新型技術即為冷燙金印刷製程。

冷燙金印刷製程使用與熱燙金產品類似的材料結構，但因為此新製程中無需加熱，故也稱為無燙印版技術(Mike, Barry, Michael, Danielle, James & Andy, 2005)。此種技術為印刷技術上之重要突破，它結合了傳統色墨之印刷方式與貼合之技術。製程原理為使用普通的印刷版材，搭配雕花滾輪(Anilox)將紫外光固化膠水轉移到印刷版材上，再將此層紫外光固化膠移印到紙張或塑膠膜類之承印基材上，再經過貼合機制將已具有圖像之紫外光固化油墨之印刷材料與冷燙金屬薄膜貼合，再使之通過紫外光乾燥燈組進行乾燥，最後移去金屬薄膜層，即完成了冷燙金印刷製程。

目前冷燙金製程已證實可於彈性凸板機、凸版印刷機，以及無水式 Offset 機台(J. Michael, 2004)等型式之設備上進行冷燙金印刷。冷燙金印刷製程的主要

優點為設備設置時間短、減少印刷錯誤、無須使用熱燙金的金屬燙金板(Siegwerk company, 2007)。印刷業者可於現有之印刷設備進行冷燙裝置之修改，即可進行冷燙金印刷製程。所以冷燙金印刷技術在低投資成本、操作簡單、優異印刷品質、以及高柔版精細度之利基下，且其使用之燙印工具遠較熱燙金製程低廉，故以往不具有經濟競爭力之小量多變化之產品，也均能藉由冷燙金印刷技術達到以往熱燙金製程之效果。若搭配全像雷射防偽材料，便可創造出具有高度防偽性與特殊效果，為產品附加了無形的價值；此製程使用之紫外光固化油墨，其最大的特點為乾燥速度快，於是大大縮減了生產工時，提升生產效率，降低生產成本，創造出之產品之新附加價值。

第二節 研究動機

冷燙金印刷製程於 1995 年於歐美地區問世，但因當時樹脂柔版、冷燙金屬薄膜、冷燙膠水之品質差，並加上印刷業者對於此新製程之不熟悉，所獲得之冷燙金印刷成品均有鋸齒邊緣、毛刺等不良情況，因此造成冷燙金印刷技術遲遲無法廣泛被應用之窘境。但經過幾年之經驗累積，相關材料之品質不斷提升，目前鋸齒邊緣、毛刺現象已獲得改善，於是冷燙金技術正式加入印刷業者的生產行列。

根據(胡順華，2004)之研究，說明印刷壓力、印刷速度、承印基材等部份，為影響油墨轉移的主要因素；並根據(郭耀凱，2001)研究，如果被印材料表面性能不足，則會產生密着度不佳問題；由上述內容，顯示需有適切的印刷壓力、印刷速度、以及承印基材，即獲得適當的 UV 黏著劑塗佈量、以及良好之密着度，為品質優良的印刷品質之基本條件。

J. Michael(2004)指出，目前冷燙金印刷製程常見的品質問題有：冷燙金屬薄膜未完全轉移、僅能低速冷燙作業、針孔、模糊的圖像、網點擴大、圖像龜裂、重影、皺折、耐刮性差、轉移圖像牢度差。根據研究者實務經驗，以上所提及的品質問題主要來自於印刷製程參數、冷燙金屬薄膜種類、UV 黏著劑種類、以及承印基材之影響。現今冷燙金印刷製程主要應用於標籤類型產品之生產製造，而應用於標籤產品之承印基材種類除了紙張外，更包含了塑膠薄膜、以及金屬材質。

根據相關研究已證實了承印基材會影響油墨印刷之品質，但對於冷燙金印刷製程而言，承印基材表面特性是否也會影響冷燙金製程之品質？影響之程度如何？目前暫無相關研究文獻有針對此面向進行探討。故本研究擬探討藉由控制電暈處理、底塗方式改變塑膠承印基材之表面特性，以了解不同之表面特性對於冷燙金印刷製程品質之影響，並透過實驗數據之分析，獲知承印基材因素對於冷燙

金印刷品質之相互關係。

冷燙金印刷製程目前已部分取代金屬油墨印刷、熱燙金兩製程，佔有著相當的比重，也因為冷燙金技術可表現出特殊的印刷效果，且印刷設備廠商也將冷燙金印刷設備列為印刷機台之標準配備，在此些優勢條件下，冷燙金製程之發展有著相當的利基。但如前述，目前冷燙金印刷之品質仍存在著許多問題，此些問題，均阻礙了冷燙金印刷產品之應用與發展。因目前印刷業者對於此製程大都抱持著碰運氣的心態，於完成冷燙金製程後，直接取樣做測試，可想而知當遇品質問題時，整個印刷產線就停擺了。故研究者欲藉由此研究，透過不同前處理方式改變塑膠承印基材之表面特性，探討對於冷燙金製程之品質影響，並期望藉由此研究所獲得之結論，可提供予相關業者參考，以獲得更穩定、更高品質、以及高競爭力之產品。

第三節 研究目的

相關研究已證實了承印基材種類與表面特性會影響印刷之品質，但對於冷燙金印刷製程而言，承印基材表面特性是否也會影響冷燙金製程之品質？影響之程度如何？若改變承印基材之表面特性對於品質之影響為何？目前暫無相關研究文獻有針對此面向進行探討。故本研究的研究目的為：

- 一、探討塑膠承印基材之表面特性對於冷燙金印刷製程品質之影響。
- 二、探討改變塑膠承印基材之表面特性對於冷燙金印刷製程品質之影響。
- 三、探討品質應變項間之相關特性。
- 四、研究之結果，可提供業者了解材料表面特性對於冷燙金製程品質之影響，並做為業界對於冷燙金印刷製程參數調整之參考。

第四節 研究問題與假設

一、研究問題

本研究選定了塑膠承印基材為主要之研究對象，包含 PET、PVC 兩種塑膠材料。此兩種塑膠材料為目前印刷業者主要應用於標籤印刷品之材質，並具有不同之表面特性，故此研究選擇此兩材料作為研究對象。本研究待答之研究問題：

- (一) 冷燙金印刷製程中，不同種類之承印基材，是否會影響冷燙金印刷的品質？
- (二) 冷燙金印刷製程中，對於不同種類之承印基材，施以相同之前處理，是否會影響冷燙金印刷的品質？
- (三) 冷燙金印刷製程中，對於同種類承印基材施以不同之前處理，是否會影響冷燙金印刷的品質？
- (四) 冷燙金印刷製程中，對於同種類承印基材施以不同程度之電暈處理，是否會影響冷燙金印刷的品質？
- (五) 各品質應變項間是否具有相關性？

二、研究假設

根據設定之研究問題，在進行實驗前對於各品質應變項可能產生之結果，作了以下之推測假設：

- (一) 冷燙金印刷製程中，具有不同種類之承印基材，具有不同之冷燙金印刷品質。
- (二) 冷燙金印刷製程中，對於不同種類之承印基材，施以相同之前處理，將會對於冷燙金印刷的品質有影響。
- (三) 冷燙金印刷製程中，對於相同種類之承印基材，施以不同前處理方式，會對於冷燙金印刷的品質有影響。
- (四) 冷燙金印刷製程中，對於相同種類之承印基材，施以不同程度之電暈處理，會對於冷燙金印刷的品質有影響。
- (五) 各品質應變項間具有相關性。

第五節 研究範圍與限制

一、 研究範圍

J. Michael(2004)指出，目前冷燙金製程已證實可於彈性凸板機、凸版印刷機，以及無水式 Offset 機台等型式之設備上進行作業。目前大多數應用 UV 柔性版印刷機，主要原因是它的速度，另一原因是它對上膠量的良好控制(Kurz 網頁資料, 2010)。故目前印刷業界，主要為使用彈性凸板機(另稱柔性版印刷)進行冷燙金印刷製程作業，故本研究僅採用彈性凸板印刷機進行相關研究。

冷燙金印刷製程主要區分為，濕式製程(Wet Lamination)與乾式製程(Dry Lamination)。乾式製程需搭配特定 UV 黏著劑、並且製程操作條件範圍較窄，對於印刷業者而言，乾式製程較難獲得良好的冷燙金品質；濕式製程雖其印刷作業速度較慢，但此製程操作條件範圍寬，一般印刷業者僅需稍微調整製程參數，即

能獲得良好的冷燙金印刷品質，故目前業界主要以濕式製程進行冷燙金印刷產品之製作。

故本研究主要討論的範圍，僅針對彈性凸版(Flexography Printing)型式之印刷設備，並應用濕式冷燙金印刷製程，於PET、PVC承印基材上，以電暈、及油墨底塗等處理方式改變承印基材表面特性，探討品質應變項之變異及相關性。故對於不同印刷形式、不同承印基材、不同前處理方式等，不在本研究範圍之內。

二、 研究限制

根據胡順華(2004)之研究說明，印刷壓力、印刷速度、承印基材等部份，為影響油墨轉移的主要因素。針對印刷壓力、印刷速度部分，屬於印刷製程中之經驗數據，且目前印刷設備也無顯示印刷壓力之裝置，故研究中對於印刷壓力、印刷速度等因素不予以考慮，列為控制變相，僅針對承印基材與不同前處理方式進行研究。

目前冷燙金印刷製程常見的品質問題有：冷燙金屬薄膜未完成轉移、僅能低速冷燙作業、針孔、模糊的圖像、網點擴大、圖像龜裂、重影、皺折、耐刮性差、轉移圖像牢度差。於上述品質問題中，依據可清楚界定與量化之原則，將此研究所檢測之品質限定於以下四個項目：轉移率、圖像清晰度、牢度、耐刮性。

本研究採用現場實驗法，並使用量產之印刷設備，所以並非是在實驗室環境下進行，且冷燙金印刷製程涉及諸多材料，故本研究之限制為：

- (一) 材料限制：冷燙金金屬薄膜使用光群雷射公司生產之單一型號材料。
- (二) 紫外光乾燥強度限制：選擇金屬鹵素燈，紫外光強度為11kw。
- (三) UV黏著劑限制：光群雷射製作同批次之UV黏著劑，為研究對象。
- (四) 版材限制：以信華製版所提供之印刷版材為實驗工具，厚度為1.14mm

並搭配 Tesa 泡棉式有效厚度 500 μm 型貼板膠帶。

- (五) 印刷設備限制：海德堡印刷機-Gallus-EM280 作為實驗設備。
- (六) 電暈處理限制：配備於 EM280 印刷機上之電暈處理機，輸出電壓值為 0~20kv。雖電暈處理之效果會隨著時間衰減，因本研究採電暈與冷燙金印刷連線作業，即電暈處理後立即進行冷燙金印刷實驗，故無電暈處理效果衰減問題。
- (七) 底塗印墨限制：XSYS 製造同批次之 FLEXOCURE GAMINI - UFG90091-408 WHITE-之油墨，作為底塗印墨，塗佈厚度控制於 3 μm 。
- (八) 本研究所關注的是承印基材之表面特性對於冷燙金印刷品質之影響，故對於可能影響研究結果之因素，列為控制變相，此些控制變相均能獲得穩定的控制而不變化。

第六節 名詞解釋

一、熱燙金製程

熱燙金製程中所需使用之物件共包含了熱燙金材料、燙印設備(包含了合金燙印版)、被燙物等三部分。其中熱燙金材料主要組成如圖 1-1 所示：

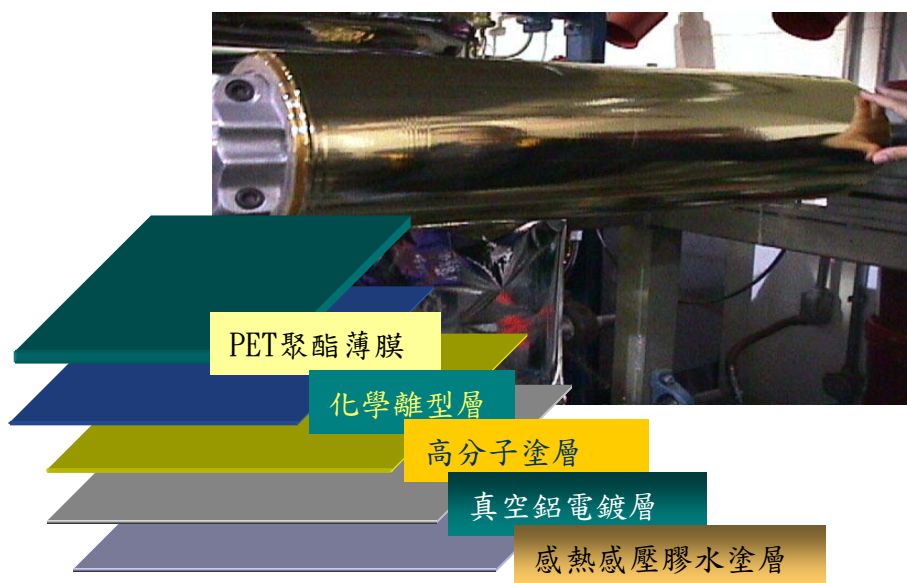


圖 1-1：熱燙金材料之結構（陳志維，2004）

燙印設備為可提供溫度與壓力，並可裝設合金燙印金屬版之設備稱之。目前常見的燙印設備有上下往復式燙印機(圖 1-2)、圓盤式燙印機、圓壓平燙印機、滾燙機等四種型式(陳志維，2004)。

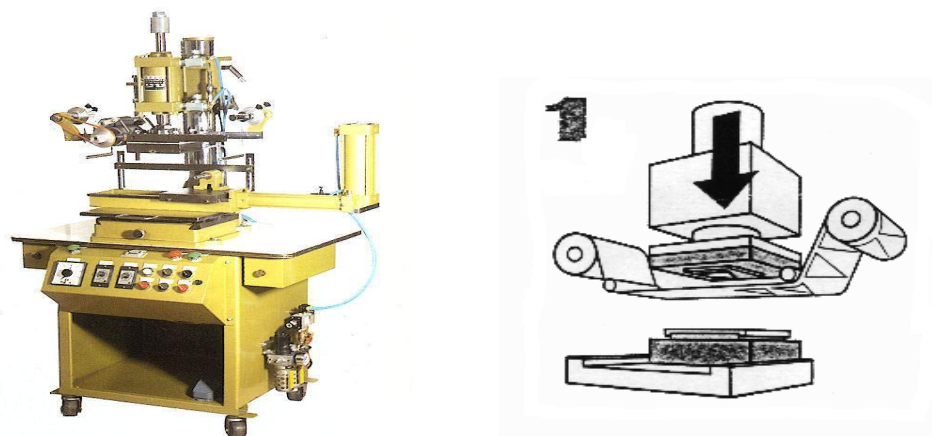


圖 1-2：上下往復式燙印機與簡圖 (陳志維，2004)

被燙物即如同印刷製程中之承印基材，大致上可分為紙張、與非紙張(塑膠膜)等材質。熱燙金製程即為，使用各型式的燙印機，透過具有可調整溫度之合金燙印版與設備提供之壓力，將熱燙金材料上之金屬箔轉移到被燙物之製程稱之。

二、冷燙金印刷製程

冷燙金製程中需使用之物件共包含了冷燙金材料、紫外光固化黏著劑、印刷版、彈性凸板印刷機、紫外光乾燥燈、承印基材等六部分。

製程原理為，使用印刷設備，透過印刷版，不論是凸版、柔版、平版等印版將紫外光固化黏著劑或油墨移印於承印基材上，再將冷燙金材料貼合於承印基材上，使之通過紫外光乾燥燈使之乾燥，最後將冷燙金材料上之金屬箔轉移到承印基材上之製程稱之。

三、紫外光固化黏著劑(UV 黏著劑)

由單體(Monomer)、預聚物(Oligomer)、光起始劑(Photo initiator)、助劑(Additive)所組成，一般為透明無色之液態物質，具有流動性。乾燥原理為，藉

由光的能量引發光起始劑產生聚合反應，讓組成份中之單體與預聚物產生鍵結反應，快速達到乾燥狀態。一般大多使用紫外光作為乾燥燈源，故此類膠水稱為紫外光固化黏著劑，即為業界所俗稱的 UV 膠水。為避免讀者對於 UV 膠水、紫外光固化黏著劑、UV 黏著劑等名詞之混淆，故本研究對於冷燙金印刷製程中使用之黏著劑，統一以紫外光固化黏著劑，或 UV 黏著劑稱之。油墨方面則以 UV 油墨、或紫外光固化油墨稱之。

四、柔性凸版印刷(Flexography Printing)

柔性凸版又稱為彈性凸板，為 1952 年美國包裝協會所命名(蕭耀輝，1983)。為一印刷型式，採用具有彈性橡皮版材，並使用高流動性快乾墨進行印刷。凡是印刷品而非印紋不再印刷之紙背有輕微印痕凸起，又其線條與網點邊緣部份整齊劃一，及印墨較其中心部分為淺淡者，則為凸版印刷品(羅福林、李興才等，1995)。此研究中為避免讀者對於柔性凸版、彈性凸版兩名詞之混淆，故後續均以彈性凸版稱之。

伍、雕花滾輪(Anilox Roller)

一般為金屬鋼與陶瓷材質，透過雷射光在表面雕刻所製作而成，屬於彈性凸版印刷(Flexography Printing)印刷設備之印刷單元(圖 1-3)；雕花滾輪之表面具有許多凹槽，主要功能為傳遞油墨或黏著劑于印刷版。主要透過刮刀控制固定數量之油墨或黏著劑附著於表面，再藉由與印刷版之接觸，將油墨或黏著劑轉移到印刷版上。

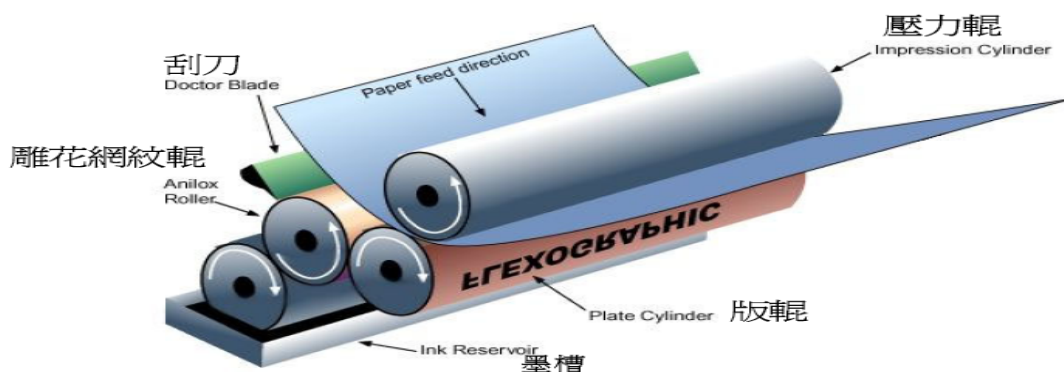


圖 1-3：柔性凸版之印刷單元 (台灣 FLEXO 彩集網頁，2001)

第貳章 文獻探討

印刷是應用科學之一，印刷的原理與方法，完全依據科學；並印刷為實用科學，絕非空談理論所能從事，必須理論與技術密切配合，方能有所表現，羅福林、李興才(1995)。一般而言，印刷乃是以直接或間接的方法，將圖像或文字原稿製為印版，在版上塗以色材印墨，經加壓將色材印墨移轉於紙張或他種承印物上，而迅速大量複製的一種工業工程。

本研究為承印基材對於冷燙金印刷製程品質之研究，依據光群雷射科技公司(2006)指出影響冷燙印刷之關鍵要因有，冷燙膜、冷燙膠、樹脂柔版、印刷基材、以及印刷設備。柔性凸版印刷按其印版特點來說，應當屬於凸版印刷的一種(周震，2000)。因柔性凸版為由凸版演變而來，且冷燙金印刷製程為應用 UV 乾燥原理，故於本章節中，將針對凸版印刷起源與發展、印刷原理、油墨、紫外光固化原理、以及冷燙金製程、承印基材、以及前處理方式等相關部分進行文獻探討。

第一節 印刷設備與印刷版

目前使用的印刷方式主要可分為：凸版、平版、凹版、孔版及無版印刷五大類(林行健，1999)。蕭耀輝(1984)並指出，不同印刷型式均包含了五大要素：原稿、印版、印墨、被印材料、印刷機。本研究主要探討應用彈性凸版(Flexography Printing)印刷設備進行冷燙金印刷製程，故僅針對彈性凸版印刷設備進行相關探討。

一、彈性凸版印刷(Flexography Printing)

(一) 凸版印刷起源與發展

林行健(1999)指出，在印刷發展的歷史來看，凸版印刷是最早被人類使用的印刷方式。根據文獻資料，早在西元前三、四百年中國的春秋戰國時代就已經應用印刷術原理於印章及玉璽上，故最早的凸版印刷起源於印章。套

用於現今的印刷結構，印章即為印刷版，印泥即是油墨，執行蓋印動作的操作者即為印刷機。

就歷史的分期，區別了以下時期(吳祖銘，1999)

1. 印刷文化史期：雕版印刷的開始(636年?)到畢昇(1041年)的膠泥活字時期。
2. 印刷技術啟蒙期：自畢昇(1041年)到顧登堡(1450年)鉛活字的應用。
3. 印刷技術開發期：自顧登堡(1450年)迄二十世紀中葉，數百年如一日技術不斷地推陳出新，期間歷經十九世紀中葉，工業革命器械的開發與照相術發明對圖文複製方法的革新。
4. 印刷技術成熟期：以電腦為核心的第二次工業革命，到二十世紀末的今天，資訊方法的配合應用，正逐次邁向轉形期的發展。

蕭耀輝(1984)指出，最早的活版印刷物為1448年顧登堡(Johann Gutenberg)刊印的42行聖經。林行健(1999)說明，顧登堡於1445年使用鉛80%錒15%錫5%熔合的鉛合金，用銅模鑄成一個個鉛活字，創造了第一套鉛鑄活字。又仿照榨葡萄機方式，製作第一部木造手動印刷機，於1445年用鉛鑄活字印製第一本[42行聖經]正式問世。在西方印刷界尊稱顧登堡為現代印刷之父。

(二) 凸版印刷的原理

印刷科技的發展與日劇增，但不論何種印刷型式，所應用之原理大抵相同，不同的印刷型式，主要差異為所使用之印刷版材之型式。相關學者對於凸版印刷提出了以下之說明：

1. 林行健(1999)說明，凡是印刷版之印紋凸起，而非印紋部分凹陷於版面之下，再印刷時將油墨滾粘於凸起之印紋部分，而非印紋部分因凹陷於版面之下滾不到油墨，將紙張經過滾壓之後，紙張即可印出印紋，印用此種印紋凸起之印刷方式，即稱為凸版印刷。(圖2-1)

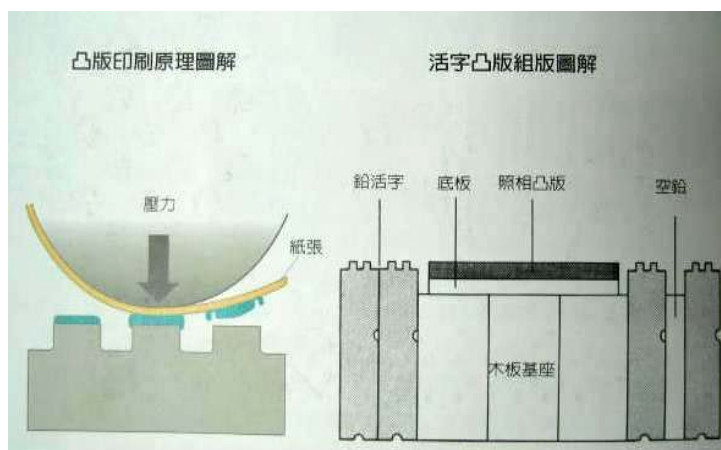


圖 2-1：凸版印刷原理圖解（林行健，1999）

2. 羅福林、李興才(1995)說明，凸版者，印紋部分凸起，印刷時使沾著印墨色材，無印紋部分則低下，使不沾著印墨色材，故能印刷。(圖 2-2)

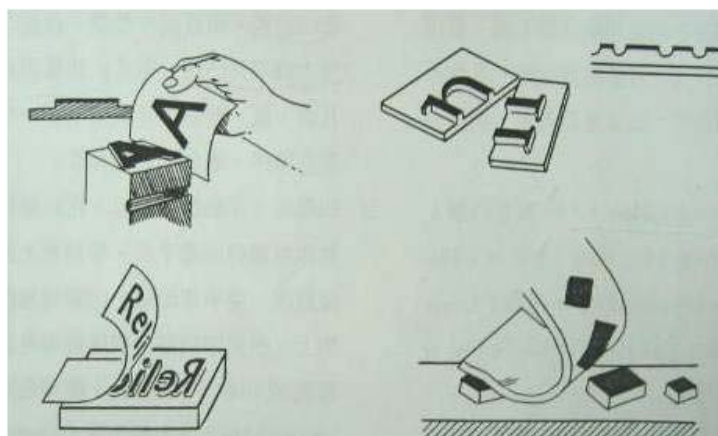


圖 2-2：凸版及凸版印刷示意圖（羅福林、李興才，1995）

3. 蕭耀輝(1984)說明，印刷部分高於其他部份成凸狀，在此接受印墨，壓印於紙上，將墨移轉至紙面，為一種最簡單的印刷原理。

(三) 彈性凸板設備型式

羅福林、李興才(1995)指出，目前彈性凸板機之結構，仍不外乎平版平壓機(Platen Press)、平版圓壓機(Flatbed Cylinder Press)、及圓版圓壓機(Rotary Press)等三種型式，三種形式如圖 2-3 所示。

1. 平版平壓式，為最早出現的型式，設備有兩個平面，一個可裝設印刷版，另一個為加壓用。印刷過程中需要極大的印壓。此型式印刷機台，構造以及操作較為簡單，可適用較多種類之印刷產品，如厚薄紙印刷、紙版印刷、信封印刷、浮凸印刷、紙盒印刷等。
2. 平版圓壓式，為平版平壓式之改良版，保留一個平版為架設印刷版用，將另一個平版加壓裝置，修改為圓筒狀，可帶動被印物通過並加壓完成油墨印刷轉移。其印版承受的印壓模式為線性接觸，改善了平版平壓式單位面積上印刷不均之問題。圓筒式所產生之印壓較平壓式高，故所獲得知印紋較為銳利清晰。
型式 1 與 2 僅適用於印量較少之印刷，一般也俗稱短版印刷(Short-run Printing)。
3. 圓版圓壓式，裝版以及加壓之裝置均為圓筒狀，此種型式為目前凸版印刷機之主要型式。前述兩型式，每印完一次必須空版倒回原位才能再次印刷，故印刷所耗費的時間相當可觀，故使用兩個圓筒設計，以獲得高速印刷。因可進行高速印刷及大量印刷，故俗稱長版印刷(Long-run Printing)。

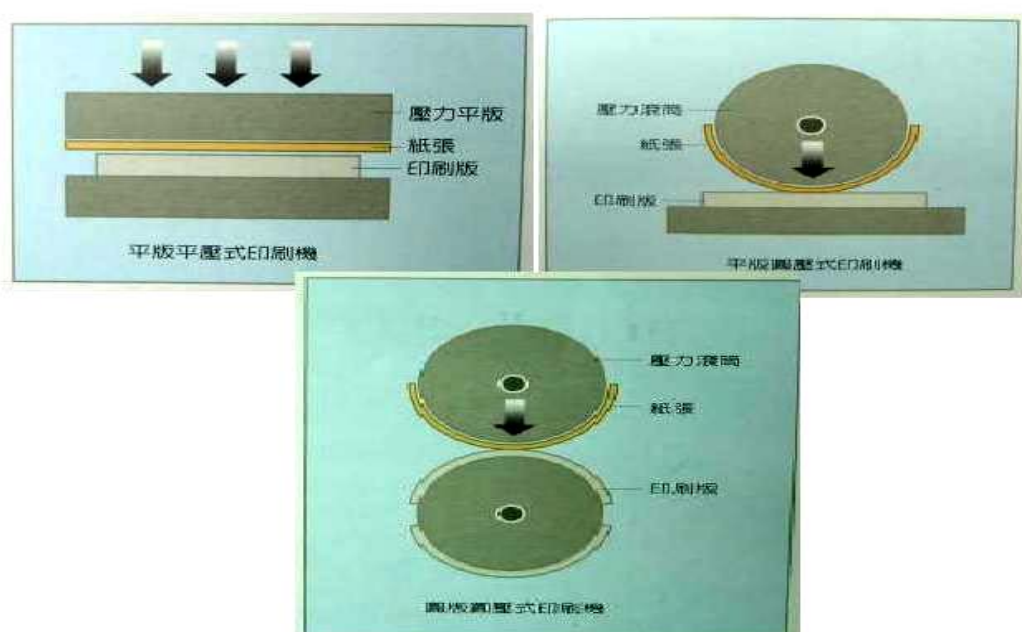


圖 2-3：平版平壓、平版圓壓、圓版圓壓三種設備形式
(羅福林、李興才，1995)

(四) 彈性凸板的優缺點，林行健(1999)說明如下：

優點：是唯一可以印製流水號碼(連續號碼)、燙金、壓裂線、壓凸的印刷型式，油墨濃厚，色調鮮豔，油墨表現力強約 80%左右，字體及線條印紋清晰有力。

並周震(2000)指出，彈性凸板具有製版速度快(30min/塊)，印刷速度高(400m/min)，一次最多可印至八色，並且一次完成正反面套色，還可與縱面分切、橫面甩切、穿孔、折頁、壓片、複膜等后加工連成一線等優點。

缺點：印刷不當時字體及線條易變粗，製版不易，費用亦高，不適合大版面印刷物，彩色印刷時成本較高。

二、印刷程序

依照印刷生產程序，可分為直接印刷與間接印刷兩種型式，如圖 2-4 所示。

(一) 直接印刷：版面印墨直接與被印刷物質接觸，而移轉印墨於其上。所有之凸版印刷機與凹版印刷機屬於此種印刷方式。

(二) 間接印刷：版面印墨係先轉印於橡皮輥筒(Cylinder)上，再由橡皮輥筒將印墨移轉於被印物質上稱之。目前平版印刷機大多為此印刷方式。

(三) 直接印刷版，印紋是反像；間接印刷版之印紋則為正像。

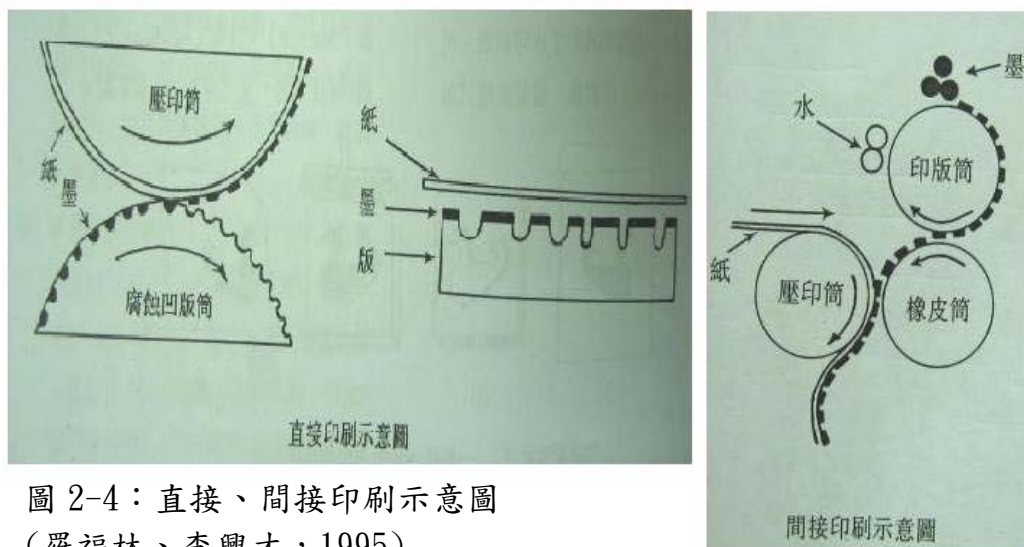


圖 2-4：直接、間接印刷示意圖
(羅福林、李興才，1995)

三、印刷版

印刷版是印刷品的依據，而原稿則為印刷版之根本。印刷所使用之原稿，概分為文字原稿、圖案原稿、以及照相原稿等類。針對凸版型式，又可分為雕刻版(Block Plate)、活字版(Movable Plate)、照相凸版(Photoengraving)、複製凸版(Duplicate Plate)及電子凸版(Electronic Engraving)。羅福林、李興才(1995)指出，凸版的特點，在印製過程中，發現錯誤，有隨時改正的機會，且墨色表現力強，大量印製或小量印刷均適宜。

(一)、照相凸版(Photoengraving)：乃利用照相所得底片，以感光方法製為線條凸版或網點凸版稱之。製作方式，將底片與感光版接著透光曝光程序，使感光版局部產生硬化，再藉由溶液(水、酸液、鹼液)去除未感光部分，獲得印紋凸起的印刷版。感光版材，通常含有穩定劑、光引發劑、紫外線感光預聚合物及紫外感光反應性稀釋劑等四種成分。此種版材所獲得知印刷版一般柔軟且有彈性。

(二)、複製凸版(Duplicate Plate)：乃利用已經製作完成之印刷原版，再翻製成其他印刷版稱之。橡皮凸版製作程序如圖 2-5 所示：

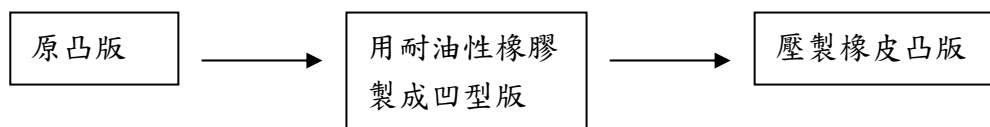


圖 2-5: 橡皮凸版製作程序

1. 複製凸版的目的：

- (1). 由一版翻製成為多數相同的印刷版，利數部機器同時印刷。
- (2). 由平床機印版改為輪轉機圓筒版印版。
- (3). 由普通印版改為特種質料印版，以適應特種印刷需要。
- (4). 由數塊小版改製為一較大面積印版印刷。

2. 橡皮凸版(感光數脂柔性凸版)的優點：

- (1). 適用粗糙、堅硬、非吸收之被印物印刷。
- (2). 壓力輕，裝版易，宜於高速捲筒紙機之印刷。
- (3). 製版簡易，成本低廉。
- (4). 印刷時，印壓較小，印版磨損極少，耐印五百萬刷以上。
- (5). 搭配使用改良之網紋墨輥(Anilox Roller)，可印 150~200 網線之經細印件。
- (6). 無水墨平衡問題，印機構造簡單、印刷控制較易、品質穩定。
- (7). 可用水基性的印墨印刷，對環保有利。

3. 目前柔性凸版之印刷版大都使用感光樹脂版，有關感光數脂版製版製程，以及製版步驟與製程要領，如表 2-1 所示。

表 2-1：感光樹脂版的製版流程（台灣 FLEXO 彩集網頁，2000）

步驟	步驟說明	製程要領
背曝光	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將裁切適當之版材，背面向著光源置於曝光機上。 2. 做全面曝光不須底片不須吸氣也不須覆蓋膠膜。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增加版對光線的感光度。 2. 增加底層厚度，限制洗版後字的深度。 3. 增加細字、網點的支撐。
主曝光	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將裁切適當之版材撕去保護層，正面向著光源。 2. 將底片之藥膜面向著版材平坦覆蓋在版材上方。 3. 蓋上吸氣膠膜然後吸氣。 4. 作正確曝光時間控制。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 吸氣必須完全密合平整。 2. 可按印紋粗細作不同曝光。 3. 製版完成後，如線劃變粗則曝光太多、線劃呈彎曲則曝光太少。字肩不穩則曝光太少，字肩過大則曝光太多。

洗版	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將版材打洞套於帶版規上。 2. 設定毛刷壓力及洗版速度。 3. 檢查洗版藥水濃度及溫度。 4. 注意保持足夠新鮮藥水。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 洗版時間與毛刷壓力、藥水溫度及濃度都有關。 2. 洗版時間不宜過長。 3. 洗版時應循環補充乾淨藥水。
烘版	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將洗版完畢之版材應清洗版面並吸乾，最好不要有藥水滴殘留於版間。 2. 再將版材放入烘版抽屜。 3. 烘版溫度為 65°C，大約 2 小時可烘乾。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將滲透在印版內的洗劑蒸發。 2. 回復印版的厚度到與原來的一樣。
完成曝光	將烘好之版材置於 UV-A 曝光機上，做全面曝光不須吸氣也不須覆蓋膠膜。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 曝光的時間至少與主曝光相同。 2. 重點在於對字肩斜角部份做定型曝光。
後處理曝光	將烘好之版材置於 UV-C 曝光機上，做全面曝光不須吸氣也不須覆蓋膠膜。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 曝光的時間愈短愈好，以能去除粘性為主。 2. 曝光時間太長會產生龜裂

(三)、電子凸版(Electronic Engraving)：屬於電子製版，使用濾色鏡和光電作用，使原稿反射或透射的光量不同產生掃描電流，經過放大管，使製版機內的刻刀，按比例在金屬或膠版上，雕刻成印刷用之凸版。此製程缺點為耗時、費工，每色版均需重複相同流程，故製作成本高。

四、電腦直接製版(Computer to Plate, CTP)

羅福林、李興才(1995)指出，目前製版的方式由於電子印前系統(EPS)及彩色DTP系統的不斷進步，再加上印版版材的改良，使得電腦直接輸出於底片更邁向電腦直接製版(Computer to Plate, CTP)，把圖形與相片變成數據，和文字一起輸出，亦可利用雷射的高速性能，不用相紙和膠片直接製版，省掉由陰片翻正片的

過程而直接曬版。CTP 即可不經再經由底片而直接將印文輸出到印版上，相較於傳統印刷版製作，簡化了印刷版之製作程序，也大幅縮減了於製作印刷版的時間(謝顯丞，2001)。傳統製版與 CTP 作業之比較表，如表 2-2 所示。

表 2-2：傳統製版作業與電腦直接製版作業之比較表 (謝顯丞，2001)

步驟	傳統作業流程	步驟	CTP 作業流程
1	類比訊號	1	類比訊號
2	分色印版處理	2	利用掃瞄機或 PostScript 分色
3	掃描輸出		
4	修改		
5	修剪和裁切		
6	網片的製作		
7	打樣		
8	繪製落大版的規劃	3	數位化組版和拼大版
9	編排網片	4	打樣
10	曝光製版	5	數位化直接製版、連線作業
11	印版處理		
12	修版		
13	上版印刷	6	上版印刷

(一) CTP 版材與優缺點

可分為陰片型印版與陽片型印版，陰片型的 CTP 印版經由曝光的部分形成字型、條件稿或是半色調網點的印紋部分；陽片型的 CTP 印版經由曝光的部分形成非印紋部分。謝顯丞(2001)說明，根據版材表面塗佈的物質，可分銀鹽版、感光數脂版、複合式印版、熱感式印版、噴墨式印版、以及電子式照相金屬版。相關優缺點比較，如表 2-3 所示。

表 2-3：CTP 印版優缺點的比較 (謝顯丞，2001)

	優點	缺點
銀鹽版	<ul style="list-style-type: none"> ■ 解析度高 ■ 感光度高 ■ 保有銀鹽的感光速度與特性 ■ 印刷適性良好 ■ 印刷過程中始終保有極小的網 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 耐印量低 ■ 價格高 ■ 需要特殊水槽液 ■ 需在紅色安全燈下作業 ■ 化學廢物需特別的處理

	點擴散率	銀轉寫過程的完整性不佳
感光樹脂版	<ul style="list-style-type: none"> ■ 看起來像是傳統印版 ■ 水洗處理 ■ 將底片與印版的觀念相結合，可烤版增加印量 ■ 適用於報業印刷 ■ 長版印刷輪轉市場 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 防止氧化層限制其解析度 ■ 需在紅色安全燈下作業 ■ 潛影不穩定
複合式印版	<ul style="list-style-type: none"> ■ 看起來和感覺上像是傳統印版 ■ 雷射感光的範圍較廣 ■ 傳統(UV)或數位(Laser)曝光 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 雙重曝光降低解析度 ■ 雙重處理作業，增加作業時間 ■ 大型廢物處理 ■ 需在紅色安全燈下作業
熱感式印版	<ul style="list-style-type: none"> ■ 解析度高 ■ 曝光範圍較廣 ■ 看起來和感覺上像是傳統印版 ■ 水洗，不需化學處理 ■ 可在明室下操作 ■ 多家系統供應商參與研發 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 價格較高 ■ 目前選擇性較少 ■ 需要特別的紅外線曝光 ■ 對溫溼度相對敏感 ■ 雷射能量與消耗多 ■ 印版開發方向分歧

(二) CTP 的優勢

電腦直接製版對於傳統業者最直接的影響即為簡化了印刷的流程，少了網片輸出的步驟，製版時間縮短，使得整體加工作業時間縮短，並節省了材料費用；可印製較厚的墨層，中間掉不會變暗，可獲得色彩飽和度佳之印刷品；可節省底片和顯影的費用，也改善了傳統製版對於環境之污染問題。

第二節 紫外光固化油墨發展與組成

不論在傳統油墨或是紫外光固化油墨(黏著劑)之印刷加工中，油墨之種類、特性對於品質有著舉足輕重的影響，直接影響了印刷產品之表面品質。但往往相同的油墨因為不同的使用習慣、印刷條件設定、承印基材、印刷設備型式等因素，造成不同的品質表現。目前主流之冷燙金印刷製程為使用紫外光固化型之UV黏著劑進行冷燙金印刷程序，故進行了以下之文獻探討。

一、紫外光固化油墨的發展與特性

自從美國 Inmont 公司於 1946 年首次發表了不飽和聚酯/苯乙烯 UV 固化油墨的技術專利，德國於 20 世紀 60 年代首次使用粒子版塗層 UV 固化商品以來，UV 固化技術的應用在發達國家和地區經歷了一段迅猛發展的階段，到 80 年代末，一直保持著每年平均 15% 以上的增長率，王德海、江檀(2001)。

UV 油墨在日本是從 1920 年代初發展起來的，並開始了工業化生產。日本不僅致力於 UV 油墨的製造，還生產 UV 油墨印刷機設備，從印刷到上光一次完成。生產的 UV 油墨主要用來印刷紙張、鋁箔、聚乙烯複合紙、塑料和金屬承印物等(閻素文、李文信，2004)。

英國、德國、法國與中國也相繼開發了 UV 油墨與印刷設備。目前在德國包裝用 UV 油墨中，UV 輪轉膠印的佔有率為 10%~14%；用於包裝印刷增長率為 100%~150%；用於標籤印刷增長率 100%~150%，閻素文、李文信(2004)。如今，全世界紫外線硬化塗料的年產量已達數十萬噸，其年產值也高達數十億美金(林瑜平，2005)。隨著環保意識與能源危機的抬頭，更讓紫外光固化型油墨有了發揮的舞台。

UV 固化和 EB(Electronic beam，電子束)固化，均統稱為輻射固化，乾燥型式方面屬於化學乾燥方法，藉由 UV 印刷化學反應的結果，王德海、江檀(2001)。與其他固化方法比較，UV 固化具有許多獨特的優勢，主要優點如下：

- (一) 瞬間硬化：製程速度快，可在相當短的時間內完成乾燥固化程序，故可縮短產品加工時程，並連帶可減少半成品堆放的空間，達到了高效率及節省成本的目的。
- (二) 低溫固化：UV 油墨屬於低溫固化，因此對於易受熱產生變形而損壞之材料，例如熱敏感性材質，也可透過此固化方式，進行印刷與相關加工。

- (三) 高品質：產品特性較佳，耐溶劑及耐藥性較佳，油墨及加工表面具光澤感。
- (四) 低公害：傳統的熱固化法需排放大量的有機溶劑 VOC(Volatile organic content)於大氣中，會形成比二氧化碳更嚴重的溫室效應。因 UV 油墨不含有有機溶劑，最為稀釋用的單體也參與固化反應，故於乾燥過程中不會釋放出會危害環境的有機溶劑。

紫外光固化油墨(Ultraviolet Curing Inks 簡稱 UV 油墨)被研發出的主要目的是為了印墨乾燥性的提昇(王素菁、林慧如、黃元佳、賴汶林，2000)。在印刷時的反印、黏貼、或其他不良現象，這些現象大都是在於油墨乾燥的問題，所以在每次油墨乾燥以及加印、套印次色之前所經過的油墨乾燥時間，對於印墨會有直接的影響。跟據王素菁等人(2000)研究，使用 UV 油墨印製產品的特點：

- (一) 由於不使用研磨的噴粉，所以可以讓工廠保持乾淨和減少機器的損壞。
- (二) 由於在 UV 油墨使在印刷機上立即乾燥，所以可減少工廠的倉儲空間。
- (三) UV 油墨不會造成結成薄膜，可減少油墨的浪費。
- (四) UV 油墨不會在印刷單元或印刷機上乾燥，只會在強大的 UV 燈管下乾燥。
- (五) UV 油墨的立即乾燥可去除噴粉的步驟，可以避免反印。
- (六) 在印刷完成後，UV 油墨和凡立水在表面乾燥，不會影響顏色的變化。
- (七) 沒有高濃度色彩和滿版反印的問題。
- (八) 印刷品的抗摩性及光澤度較佳。

二、UV 油墨組成

UV 油墨主要由單體(Monomer)、寡聚合物(Oligomer)、光起始劑(Photo initiator)、助劑(Additive)、顏料(Pigment)所組成，其主要的反應機制為光起始劑吸收了紫外光源所提供之 UV 光，引發其裂解產生了自由基或陽離子反應基，由於其具備高度反應特質，會迅速的與單體與寡聚合物產生交聯聚合反應，而使油墨乾燥硬化。針對各組成份進行下列探討：

(一) 單體(Monomer)

單體主要的功能為調整粘度並參與固化反應，並影響固化膜性能。UV 油墨組成中，單體除了具有可調節油墨的黏度之外，還會影響到固化動力學，以及聚合程度與生成聚合物的物理特質。綜觀單體開發和使用的歷史，王德海、江檣(2001)將單體區分為三個時期產品：

1. 第一代單體：基本上是簡單的丙烯酸或甲基丙烯酸的酯，可透過酯化反應來製備。單、雙官能基的單體具有出色的降低粘度的特性和良好的附著力，但是對於 UV 的影響卻較低，突出的特點是具有較高的揮發性與反應活性，所以會對於人體造成損傷。單、雙官能基的單體例如 CA(丙烯酸環己酯)、IBA(丙烯酸異冰片酯)、EGDA(縮乙二醇二丙烯酸酯)、HDDA(1,6-己二酸二丙烯酸酯)等。三官能基化合物固化速度快，但固化膜容易發脆，表現出嚴重的發皺和較差的附著力問題。此類單體有 TMPTA(三羥甲基丙烷三丙烯酸酯)、PETA(季戊四醇三丙烯酸酯)等。
2. 第二代單體：這一類單體基本上都是由乙氧基化和丙氧基化的醇類丙烯酸酯構成，特點是固化速度快，收縮比第一代丙烯酸酯單體小，毒性與刺激性偏小。例如，EOTMPTA(乙氧基化的三羥甲基丙烷三丙烯酸酯)、POTMPTA(丙氧基化的三羥甲基丙烷三丙烯酸酯)等。
3. 第三代單體：甲氧基丙烯酸酯表現出了快速的固化反應，以及低粘度、低收縮、良好附著性、低毒性、低刺激性，以及較好的溶解性質，例如 HDOMEMA(1,6-己二醇甲基氧單丙烯酸酯)。

在如何選擇適當的單體，王德海、江檣(2001)提出了以下基本原則：

1. 低粘度、稀釋能力與易溶性。
2. 低揮發性、高閃點與低氣味。
3. 無毒性。

4. 高活性、適當的聚合收縮比率。
5. 適當的 Tg(Glass Transition Temperature, 玻璃轉移溫度)。

(二) 寡聚合物(Oligomer)

寡聚合物又稱為預聚合物(prepolymer)，是含有不飽和的官能基團的低分子聚合物，多數為丙烯酸酯的低聚物。一般為 UV 油墨之主要成份，寡聚合物的特性決定了固化後 UV 油墨的性質。一般而言，寡聚合物的分子量大，固化後體積收縮小，乾燥固化的速度也快；但分子量大，粘度較高，則需使用更多的單體進行稀釋，王德海、江檣(2001)。

寡聚合物通常為相對分子質量較小的低聚物、或者為可溶性線性聚合物，在相對分子質量上區別於一般聚合樹脂和可聚合單體。為了得到一定粘度和合適的熔點，提高力學性能，相對分子質量一般要求在 1000~5000，閻素文、李文信(2004)。

寡聚合物的種類繁多，較常被應用於 UV 油墨的有，環氧丙烯酸酯(Epoxy Acrylate, EA)、聚氨酯丙烯酸酯(Polyurethane Acrylate, PUA)、聚酯丙烯酸酯(Polyester Acrylate, PESA)、不飽和聚酯(Unsaturated polyester, UPE)，與聚醚丙烯酸酯等種類。王德海、江檣(2001)對於此些寡聚合物比較了其特性之差異，如表 2-4 所示。

表 2-4：常用的 UV 固化預聚物結構與性能（王德海、江檣，2001）

種類 \ 特性	固化速度	抗張強度	柔性	硬度	耐化學性	抗黃變性
環氧丙烯酸酯	快	高	不好	高	極好	中至不好
聚氨酯丙烯酸酯	快	可調整	好	可調	好	可調
聚酯丙烯酸酯	可調	中	可調整	中	好	不好

聚醚丙烯酸酯	可調	低	好	低	不好	好
丙烯酸樹脂	快	低	好	低	不好	極好
不飽和聚酯	慢	高	不好	高	不好	不好

除了依據上表所列之特性選擇適用之寡聚合物，周震(2000)指出選擇寡聚合物的原則，如下：

1. 色澤要淺，透明度要好。
2. 光固化活性要高，在紫外光照射下要瞬間乾燥。
3. 固化成膜後光則要好，附著力要牢，韌性與耐衝擊性要優良。
4. 酸值不能過高(一般 20 以下)，否則再油墨儲存時易發生膠化，抗水性能也不好。
5. 與顏料的潤濕性要好。

(三) 光起始劑(Photo initiator)

任何能吸收輻射能，經過化學變化產生具有引發聚合能力的活性中間體的物質都可稱為光引發劑(photo initiator)，王德海、江糧(2001)。郭耀凱(2001)研究，在 UV 油墨組成份中，光起始劑的功能在於吸收適當之紫外光波長(200~400nm)，產生自由基，進而促使塗料中的預聚合物樹脂與單體產生聚合與架橋反應而硬化成為塗膜。

依照聚合反應方式，可將光起始劑分為自由基型與陽離子型兩類大類。

1. 自由基型光起始劑(Free radical type)，又分為分裂型與提氫型兩種：

(1) 分裂型(Photo cleavage)：

此類光起始劑包括了一些能夠發生 Norrish I 型斷裂的芳香族羰基的化合物，在吸收 UV 光能後，分子中與羰基相鄰的碳—碳鍵發生斷裂，產生自由基。

(2) 提氫型(hydrogen abstraction)：

此類光起始劑本身不會分裂成自由基，但能從氫給予體中奪取氫而引發聚

合反映的自由基。這就是所謂的 Norrish II 型機制。一般皆為芳香酮類、二苯甲酮及其衍生物。

2. 陽離子型光起始劑(Cationic type)，一般要求在低溫、無水情況下進行，藉由吸收 UV 光能，造成光起始劑產生陽離子，促進聚合反應。一般環氧丙烯酸酯多採用此類型光起始劑。此兩種類型之光起始劑各有優缺點，如表 2-5 所示：

表 2-5：陽離子固化與自由基固化的比較（王德海、江檣，2001）

類型	自由基固化	陽離子固化
樹脂	丙烯酸酯、不飽和樹脂、聚酯，高粘度	脂環族環氧化合物(EP)、乙烯基醚(VE)，低粘度
單體用料	多	少
引發劑	自由基	陽離子(超強酸)
固化速率	快	對 EP: 中等；對 VE: 高
後固化	可忽略	強
對氧的敏感性	強	無
對潮氣的敏感性	無	強
對鹼的敏感性	無	強
氣味	高	低
價格	低	高
固化膜特性	收縮率高，對金屬附著力差	收縮率低，對金屬附著力好

無論是自由基固化或是陽離子固化型態，在 UV 油墨中，一個好的光起始劑的性能要求包括了以下項目：

1. 在 UV 光源的光譜範圍內，具有較高的吸光效率。
2. 具有較高的活性體量子產率。
3. 在單體樹脂基體中具有良好的溶解度。
4. 具有長時間的儲存性能。
5. 光固化以後不能產生顏色(黃變)，也不能在老化時引起的聚合物降解。
6. 無氣味，毒性低，低成本。

(四) 助劑(Additive)、顏料(Pigment)

UV 油墨常使用的助劑主要有偶聯劑、增塑劑、增感劑、平坦劑、搖變劑、阻聚劑等，一般會依照不同印刷型式、印刷材質或是依照實際作業需求而添加。常見添加脂類助劑，以改善油墨的耐摩擦性能，降低粘度。周震(2000)。

顏料是塗料及油墨生產中不可缺少的材料，除了可提供顏色，對於顏料尚有其他的要求：

1. 郭耀凱(2001)指出，顏料需具有較佳的透射率，不吸光的特性。
2. 王德海、江權(2001)指出，顏料需具有改善塗層的強度、改善塗層的黏附力、改善塗層的耐老化性、減少光澤、以及改進流動與塗佈性能。
3. 周震(2000)指出，濃度要高、色澤要鮮豔、具有優良的分散性和足夠的著色力。

第三節 紫外光固化油墨的性質

在印刷製程中，UV 油墨特性對於品質有著舉足輕重的影響，直接影響了印刷產品之品質表面。但往往相同的油墨因為不同的使用習慣、印刷條件設定、承印基材、印刷設備型式等因素，造成不同的品質表現。羅福林、李興才(1995)認為，印墨之一般特性，須由其濃度、粘度、色度、透明度、掩蓋度、耐光性、耐酸性、耐熱性、乾燥性、光澤性、暫凝性等而定。對於冷燙金印刷製程所使用之 UV 黏著劑與 UV 油墨具有相同之特性要求，故進行了以下之文獻探討。

一、顏色：油墨之顏色主要由顏料所展現，印刷過程中顏料以微粒狀態著色，因此顏料顆粒的大小、形狀、分佈、表面性質，直接影響了油墨的性能。一般要求顏色方面色澤鮮豔、著色力強、高展色力。不同批次之油墨，色澤一致印刷油墨之基本要求。

二、著色力：油墨的著色力即為顏色之濃度，即為表現在印刷品上之色彩。油墨之著色力與顏料之種類、分散程度、含量有著密切的關係。一般而言，無機顏料之著色力較差，故需增加顏料之含量以達到需求之著色力。胡順華(2004)研究說明，著色力強的油墨印刷時用料少，印刷適應性好，可以印刷細網線的產品。另有一名詞為遮蓋力，印刷業者常將著色力與遮蓋力混淆。油墨完全蓋住基片的黑白格所需的最少顏料量稱為遮蓋力，通常以覆蓋每平方米底材所需乾顏料的克數，以 g/m^2 表示(王德海、江欽(2001))。遮蓋力越大，相同印刷面積所需使用之油墨量越少，印刷適性佳；此特性與著色力相同。

三、流動性：一般為測定油墨之濃稠的指標，稱為印刷油墨之粘度。粘度之高低直接影響了油墨在墨槽內流動的均勻性，也影響了油墨的傳遞效果，進而影響了印刷的速度與品質。

吳宗嶽(1986)指出，油墨的流動型式有，牛頓流動、擬塑性流動、塑性流動等三種型式，並印刷油墨多屬於塑性流動。即在液體中加以外力時，在不超過一定界限值範圍內，不會發生流動現象；但當超越此界限時，液體開始流動，則越過部分的力量，與剪斷速度成正比。

一般影響油墨之粘度與多種元素有關：(1)與樹脂有關，樹脂粘度越大，其油墨粘度也越大。(2)與顏料和填充料含量有關，顏料或填充料之含量越多，油墨粘度也越高。(3)與顏料和填充料之顆粒大小有關，顆粒越大，油墨粘度越低；反之，顆粒越小，油墨粘度越高。(4)與顏料和填充料之分散狀況有關，分散狀況越佳，油墨粘度越小(黃明達、王城，1993)。

四、觸變性：亦稱為搖變性(Thixotropy)，即為印刷油墨受到外來的機械壓力，產生流動性，但靜置後，流動性降低。Thixotropy 一詞，原出於希臘語，意即因接觸而發生變化，吳宗嶽(1986)。考量油墨之觸變性，

為希望油墨在墨輥上受力，能產生良好的流動特性，以確保油墨能均勻的轉移到印版與承印基材上，但一經轉移到承印基材上，流動性降低，讓油墨所呈現之圖像能維持固定形狀，從而獲得鮮明、高解析度的圖像。

伍、乾燥性：UV 油墨乾燥特性主要來自於光起始劑與 UV 光源之搭配性，若搭配性差，則乾燥性差，附帶影響膜層之附着性、耐刮性，對於冷燙金製程將會造成冷燙金金屬薄膜轉移效率差。

六、接著性：即為油墨對於承印基材表面的附著性。附著性也為印刷業所關注的一個指標特性，往往附著性差，對於印刷品之後加工會造成不良影響。接著性可分為物理吸附、化學吸附兩著類型，一般物理吸附附著性差，化學吸附則具有較強的接著程度。對於紙張承印基材一般僅有物理吸附現象，但因紙張表面具有孔洞，油墨或膠水可以產生滲透現象，故對於紙張之接著性一般均無問題。對於塑膠膜承印基材而言，平滑、無孔洞的表面無法使用一般物理吸附特性獲得良好的接著性；故必須藉由化學吸附現象，透過選擇適當的高分子聚合物、有機溶劑、促進劑讓油墨與承印基材之表面產生化學鍵結，而提供良好的接著性。

一般對於印刷接著性之品質，業者普遍應用 ASTM(American Society for Testing and Materials)定義之 D3359 膠帶牢度標準測試規範作為檢測之方式與品質認定標準，接著度等級由最差(0B)~最佳(5B)，如圖 2-6 所示：






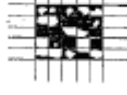
CLASSIFICATION OF ADHESION TEST RESULTS		
CLASSIFICATION	PERCENT AREA REMOVED	SURFACE OF CROSS-CUT AREA FROM WHICH FLAKING HAS OCCURRED FOR SIX PARALLEL CUTS AND ADHESION RANGE BY PERCENT
5B	0% None	
4B	Less than 5%	
3B	5 ~ 15%	
2B	15 ~ 35%	
1B	35 ~ 65%	
0B	Greater than 65%	

圖 2-6：D3359 膠帶附著度等級示意圖（博研聯盟網頁，1997）

七、耐光性：胡順華(2004)說明，耐光性是指油墨在陽光下顏色保持不變的特性。

一般耐光性能主要由顏料的組成決定，並舒展劑的組成也會影響油墨的耐光特性。若油墨的耐光性差，表示印刷品放置於陽光下，或高能量之鹵素燈，經過照射，而產生變色、退色之現象。

八、細度：油墨的細度係指顏料與填充料的顆粒粗細程度，油墨顆粒越粗，於印刷於越容易糊版，且著色力不佳，並細度高低也直接影響了油墨的粘度、流動性，與油墨轉移之效果。一般而言，油墨的細度越高，著色力越強，不僅獲得的印刷品質好，也連帶的降低了油墨的使用量，降低了製作的成本。

UV 黏著劑之特性若不適當，則易造成印刷圖像之解析度降低、圖像模糊及銳

利度不足等問題。根據台灣 FLEXO 彩集網頁(2004)指出，印刷壓力、油墨流動或滲透、紙張吸收與擴散、光線折射與反射等因素，均會影響油墨轉移，故對於成印刷品質造成影響。故除了實際印刷作業之條件設定外，選擇優良且特性適當的油墨是首要條件。

第四節 UV 光源

在 UV 油墨印刷製程中，UV 光源扮演著能量提供者的角色，藉由發射出波長範圍分佈在 200~450nm 之光源，提供足夠誘發光起始劑進行產生自由基或陽離子，進而引發寡聚合物與單體間的化學交聯作用，使 UV 油墨產生相變化，由液態外觀轉變成固態皮膜。

一般 UV 光源所發出的光線中，包含了三種波段的 UV 光，UV-A(400-320nm)，UV-B(320-290nm)，以及 UV-C(290-100nm)(光源公司，2003)。UV 光源波長，如圖 2-7 所示。其中 UV-C 通常可被大氣層中的臭氧層完全吸收，不至於穿到地球表面，人體可能接受到的 UV-C 多為人工光源如電焊或紫外線殺菌燈等。

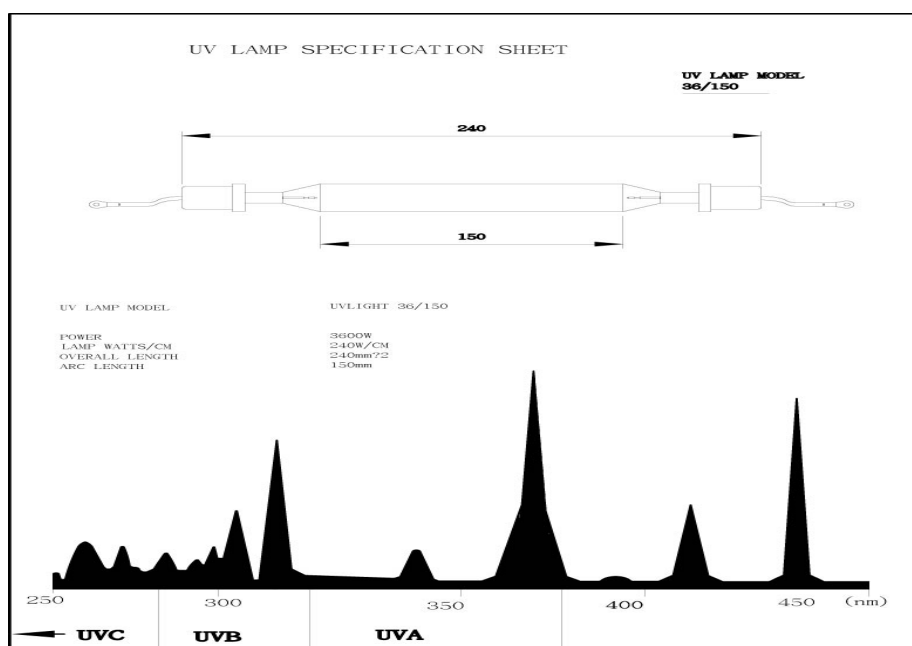


圖 2-7：UV 燈管與波長表示圖（光源公司，2003）

UV 光源之強度一般可按每厘米燈管的能量(W/cm)來分類。目前商品化之燈管強度分別為 80、100、120、150 以及 240W/cm。輸出功率越高的燈管所放射出的紫外線強度越高，其反應效率也越佳，故目前業界上為了提昇印刷速度，生產了達 400W/cm 高強度的 UV 光源。但實際上 UV 光源強度與固化速度並不是呈現線性關係，王德海、江糧(2001)指出，塗層厚度、基材種類、反射器幾何形狀、UV 燈的總效率、顏料種類以及空氣的阻聚作用燈會影響 UV 光源的效能。

早期產業界中使用之 UV 燈泡有汞燈及氙氣燈泡兩種，汞燈能提供在短波長範圍充足的能量，而氙氣燈則能連續放出高能量波長。目前加工製程中，最常見的燈源選擇則分為 H、D、V 三種。林瑜平(2005)。一般業者也稱 H 型燈泡為高壓水銀燈管，並稱 D、V 型燈泡為金屬鹵素燈管。

1. H 型燈泡：汞蒸氣燈泡，主要提供 220~320nm 波長範圍以及在波長 365nm 處。能夠供給短波長光起始劑的需要，而短波長的光源其穿透力差，因此 H 型燈泡適合應用於塗層厚度較薄，以及光起始劑的吸收波長在短波長處的 UV 油墨。
2. D 型燈泡：主要為汞蒸氣以及微量鐵添加物所構成，其中汞放射出短波長範圍之能量，而鐵則提供 320~400nm 之能量。此類型的光源適用於透明性差的 UV 油墨，因長波長的光源穿透力較佳。
3. V 型燈泡：由汞蒸氣與鎘添加物構成，其中汞提供短波長的能量，而鎘提供了 405~440nm 範圍的能量。當光起始劑的吸收在此處很強，則適用此型燈泡。

第五節 冷燙金印刷製程

所謂冷燙金印刷製程為結合了印刷、貼合兩程序，於印刷設備上進行作業，不論是凸版、柔版、或平版等印刷設備，透過印刷版材與印刷單元將 UV 黏著劑或 UV 油墨轉印到承印基材上，再將冷燙金屬薄膜材料貼合於承印基材上，再使之通過紫外光乾燥燈進行乾燥程序，待乾燥程序完成後，冷燙金屬薄膜材料上之金屬箔膜轉移到承印基材上之製程，稱為冷燙金印刷製程。

冷燙金印刷製程所必需使用之材料、裝置以及設備，共包含了冷燙金屬薄膜材料、紫外光固化黏著劑、印刷單元、印刷版、印刷設備、紫外光乾燥燈、承印基材等七大部分。在本章節中，因為上述幾項部分已經於前幾章節進行了相關文獻探討，故後續僅針對冷燙金屬薄膜材料與印墨單元進行相關文獻探討，並針對目前業界上所應用之冷燙金印刷製程，以及製程特點進行文獻之探討。

一、冷燙金屬薄膜材料

冷燙金屬薄膜使用了與熱燙金材料類似的結構，基本冷燙金屬薄膜結構如圖 2-8 所示。各結構分述如下：

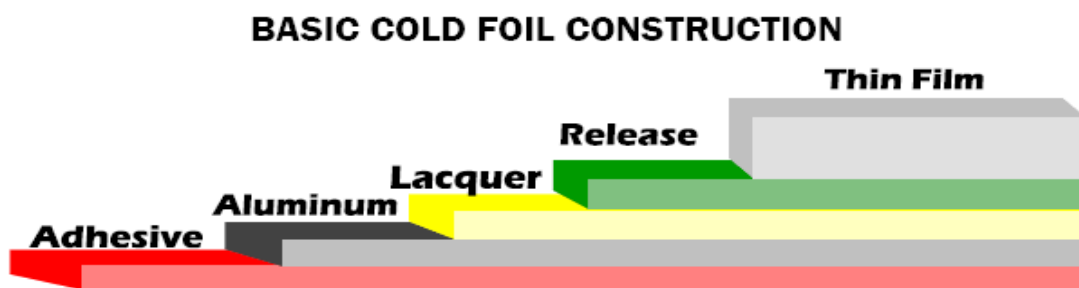


圖 2-8：冷燙金屬薄膜材料結構 (J. Michael, 2004)

- (一) Thin Film：一般常使用 PET(Poly ethylene terephthalate)作為承載主體。PET 薄膜具有相當良好的機械強度、表面平整性、耐熱性、高融點，且具有優良的化學特性，故易於進行各種後

加工程序。一般使用對苯二甲酸或其甲酯與乙二醇，進行縮合聚合製備；也可由飽和間苯二甲酸與不飽和丁烯二酐與丙二醇等二功能性醇進行聚合反應而成(謝俊雄，1998)。

(二) Release：所謂的離型層，藉由調配與 PET 薄膜不同性質之高分子聚合體，使得與 PET 薄膜間產生物理假性附著現象，只要施加力量即可將此離型層與 PET 薄膜分離。目前隨著聚合化學之發展，離型層之高分子聚合物已發展至可經準控制層間附著強度，更讓此種具有離型特性產品有著更寬廣應用。

(三) Lacquer：此層為業界俗稱的 Primer，一般具有良好的耐熱性，且可調整高分子聚合物的軟硬程度，便於相關業者於此結構層上，進行壓花成形的工藝。且此塗層並具有另一個重要功能，即需提供對於金屬物質良好的表面附著特性。

(四) Al μmin μm ：金屬鋁層，此層物質為透過真空電鍍技術，將金屬鋁於高真空環境下(3×10^{-4} torr)，透過石墨蒸鍍舟加熱金屬鋁，將金屬鋁汽化為鋁蒸氣，再附著於 Lacquer 表面。使用金屬鋁作為蒸鍍材質之理由，陳志維(2004)說明如下：

1. 鋁鍍層具有良好的遮光性；衛生，不含有毒物質。
2. 具有高光澤，與美觀效果；重量輕，約為鋁箔的 1/200。
3. 折曲時，不會產生如鋁箔之永久性摺痕。
4. 鋁鍍面使用透明塗料塗佈之，可應用為鏡面反射用途。

(五) Adhesive：此層由具有高感熱特性之高分子聚合物所組成，需具有對於金屬鋁層優良之附著強度，以及對於 UV 油墨有著極佳的附著強度，以利於冷燙金印刷製程中減少轉移不良的現象發生。

Mike et al. (2010)指出：目前冷燙金屬薄膜除了外觀功能裝飾外，已發展具有重複疊印的功能。此重複疊印功能可提供更多樣化的印刷效果，若能結合特殊防偽油墨，即可賦予印刷產品之特殊防偽功能。

二、 印墨單元(The Inking Unit)

不同型式之印刷設備，其印墨單元就有著明顯差異。彈性凸板設備的結構相較於凸版印刷、平版印刷簡易，彈性凸板設備之印刷單元如圖 1-3 所示。因目前冷燙金印刷製程主要使用彈性凸板設備進行加工，故僅以彈性凸板設備為討論對象。將油墨均勻且穩定的轉移印刷於承印基材上，是印墨單元之主要的功能。

羅福林、李興才(1995)指出，印墨單元之主要功能有以下幾項：

- (1) 儲存適量印墨。
- (2) 於印刷時供應定量之印墨。
- (3) 將墨槽內印墨運轉於墨輥。
- (4) 由墨輥之輾轉調煉使成均勻之墨層。
- (5) 使均勻之墨層平均分佈於印版之印紋部份。

(一) 供墨系統

早期的彈性凸板機其油墨供應系統都採用「雙輥輪」，由橡皮輥將墨盤的油墨傳遞給花紋網目輪，同時利用橡皮輥與花紋網目輪之間的壓力刮去多餘的油墨。採用「雙輥輪」的缺點為如下，台灣 FLEXO 彩集網頁(2005)。

1. 輥輪轉動有偏離問題容易造成刮墨壓力不穩定。
2. 印刷速度提高輥輪產生離心力大，刮墨壓力減低帶墨過多。
3. 橡皮輥有彈性使雙輥輪間的壓力變得敏感，操作者很難控制網目輪的實際帶墨量。
4. 無法使用較高粘度的油墨。
5. 無法印刷精細的網點，因為無法完全刮除墨穴間的油墨。

由於雙輥輪之缺點與操作上之限制，故目前彈性凸板設備之供墨方式已改良為，墨滾控墨方式、刮刀控墨方式、墨槽控墨方式等三種型式(圖 2-9)，台灣 FLEXO 彩集網頁(2001)並說明，此三種型式之優缺點簡列如下：

1. 墨滾控墨，優點：

- (1) 投資省、維護費低。
- (2) 不須更換零件如刮刀。
- (3) 不容易損傷花紋滾輪。

缺點：

- (1) 不易控制帶墨量，由於印刷速度變更。
- (2) 不易控制帶墨量，由於油墨粘度變更。
- (3) 不易控制帶墨量，由於墨滾壓力變更。

2. 刮刀控墨，優點：

- (1) 控制墨量較穩定，較不受速度變更影響。
- (2) 控制墨量較穩定，由刮刀壓力控制墨量。
- (3) 投資較低、維護費不高。

缺點：

- (1) 墨盤溶劑蒸發快，影響油墨粘度變更。
- (2) 刮刀與墨盤影響供墨的環境較髒。

3. 墨槽控墨，優點：

- (1) 控制墨量非常穩定，不受速度變更影響。
- (2) 控制墨量非常穩定，調整刮刀控制墨量。
- (3) 控制墨量非常穩定，密閉式溶劑蒸發慢。
- (4) 印刷環境非常乾淨。

缺點：

- (1) 投資較高、必須維護且費用亦較高。
- (2) 油墨必須細膩、不含雜質以免損傷刮刀等。

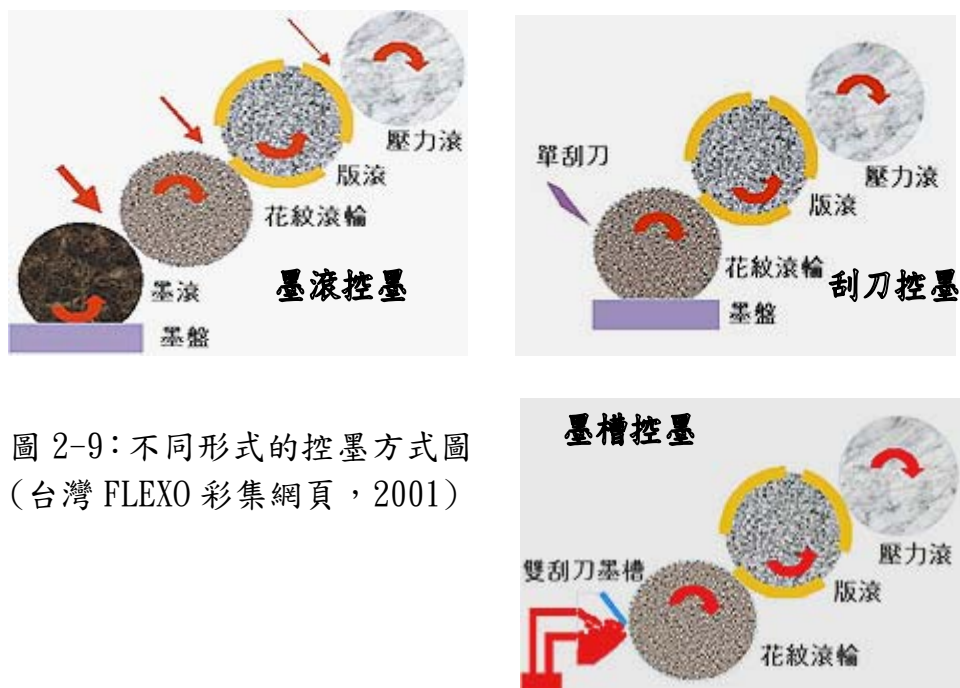


圖 2-9：不同形式的控墨方式圖
(台灣 FLEXO 彩集網頁，2001)

目前國內傳統的柔性凸版印刷機，大多還採用墨滾控墨方式，少數印刷機採刮刀控墨方式。於歐美地區，大都採用密閉墨槽控墨方式(雙刮刀系統)。當然就演進的順序可以知道墨槽控墨絕對優於墨滾控墨；然而以設備的製造成本而言，墨滾控墨系統的成本最為低廉。如果只是印刷一些粗線條文字，似乎沒有必要投資較貴的墨槽控墨系統。這也是墨滾控墨仍然被許多印刷業採用的原因。

(二) 雕花滾輪(Anilox Roller)

印墨單元主要的功能為能均勻地將 UV 油墨轉移印刷到承印基材上。為了達到此目的，需要有能精準控制 UV 油墨量之裝置，這個裝置即為雕花滾輪(Anilox Roller)，也稱為網目滾輪、花紋滾輪等。一般由金屬鋼或是陶瓷材質製成，表面具有許多凹孔(圖 2-10)，能夠均勻地轉移多少數量的油墨到印刷版上，才是雕花滾輪在印刷中的重要功能。因雕花滾輪為透過雷射光在表面雕刻所製作而成，故可獲得穩定以及精準的孔洞深度，並透過刮刀控制固定數量之油墨或膠水附著於表面，再藉由與印刷版之接觸，將油墨或膠水轉移到印刷版上。

採用花紋網目輪來傳送油墨也是 Flexo 印刷特有的方式。台灣 FLEXO 彩集網頁(2003)指出，花紋網目輪肩負著油墨轉移的任務，能夠均勻地轉移正確的油墨量到版面，才是花紋網目輪在印刷中最重要的功能。慎選網紋輥不僅有助提昇印刷品質，亦可使印墨量移轉得到較好的控制(謝東憲，2002)。挑選花紋網目輪必須注意它的穩定度、均勻度、油墨轉移能力、及使用壽命。雷射彫刻設備。獨特的塗佈技術及高超的單點雷射、多點雷射以及 YAG 高線數、高帶墨量的彫刻技術，使得今日的 Flexo 印刷能夠邁向 175 線/吋或 200 線/吋高品質印刷。

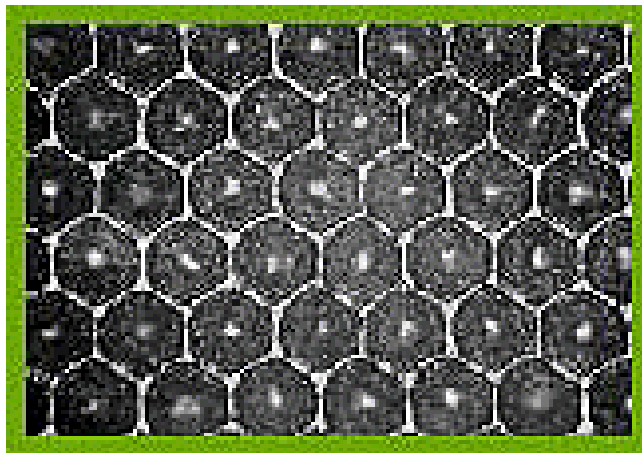


圖 2-10：100 倍放大下之陶瓷雕花滾輪
(台灣 FLEXO 彩集網頁，2004)

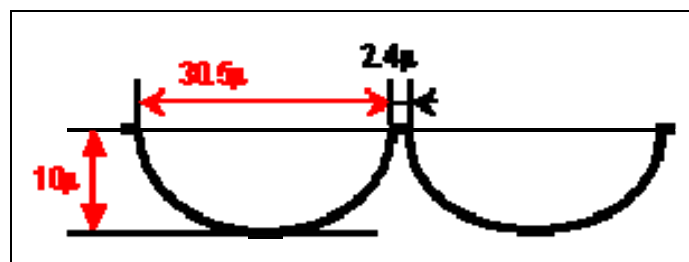


圖 2-11：油墨轉移能力之關鍵：孔深比
(台灣 FLEXO 彩集網頁，2004)

選擇花紋網目輪的基本要素為網目線數、雕刻形狀、帶墨量。但是網目輪的品質卻要看滾輪品質、塗佈狀況、及雕刻的形狀而定。不良的塗佈會有針孔的發生、網輪表面的陶瓷塗佈層會發生隆起或剝離。台灣 FLEXO 彩集網頁(2001)指出，彫刻的技術更是決定油墨轉移的墨量、均勻度的重要因素，一般油墨轉移能力之

判定，可由雕花滾輪之網目孔深比決定(圖 2-11)，孔深比為孔洞深度與孔洞寬度之比值，業界上常以孔深比介於 0.23~0.33 為最適當之範圍。謝東憲(2002)指出，墨穴的深淺與數量對印刷色調的表現亦有一定的影響。

不正確的帶墨量是無法獲得良好的印刷品質，對於不同產品類型以及印刷效果，需慎選雕花滾輪與帶墨量；表 2-6 為瑞士 PRAXAIR 公司的雕花滾輪各線數之帶墨量之產品規格表。

表 2-6：PRAXAIR 公司之雕花滾輪規格表（台灣 FLEXO 彩集網頁，2001）

LPI	Cyan Series Engravings		Magenta Series Engravings		Yellow Series Engravings	
	Min BCM	Max BCM	Min BCM	Max BCM	Min BCM	Max BCM
200	5.2	14.5	-	-	-	-
220	4.7	12.5	-	-	-	-
250	3.8	11.5	-	-	-	-
300	3.5	8.5	3.5	8.5	-	-
330	3.3	7.5	3.3	7.5	-	-
360	2.8	6.5	2.8	6.5	-	-
400	2.0	5.2	2.0	5.2	-	-
440	1.9	4.3	1.9	4.3	-	-
500	1.2	4.2	1.2	4.2	4.2	7.2
550	1.2	3.5	1.2	3.5	3.5	6.5
600	1.2	3.4	1.2	3.4	3.4	5.5
650	1.1	2.8	1.1	2.8	2.8	5.0
700	1.0	2.6	1.0	2.6	2.6	4.5
750	1.0	2.4	1.0	2.4	2.4	4.0
800	1.0	2.2	1.0	2.2	2.2	3.6
900	1.0	1.4	1.0	1.4	1.4	2.8
1000	-	-	1.0	1.2	1.2	2.7

三、應用製程

目前冷燙金印刷有兩種製程，濕式製程(Wet Lamination)與乾式製程(Dry Lamination)。濕式製程雖其印刷作業速度有限制(15~60M/min)，相較於乾式製程(60~120M/min)有著明顯差異，且乾式製程之冷燙金印刷品質更佳；但乾式製程所需之技術層次較高，所以目前業界主要以濕式製程進行冷燙金印刷產品之製作。光群雷射科技公司(2006)對於兩製程之原理與特點簡述如下：

(一) 濕式製程(Wet Lamination)，如圖 2-12 所示：

將圖像印刷在基材上→以壓輪將冷燙膜與基材貼合→用 UV 燈將基材上之 UV

黏著劑乾燥，使圖像變粘→將多餘冷燙膜移除→完成濕式製程，其特點如下：

1. UV 黏著劑可印刷在水性溶劑型及 UV 油墨表面。
2. 有印刷速度之限制。
3. 冷燙膜與基材之張力控制很重要。
4. 必須安裝於 UV 燈前後方硬度較高之壓輪。
5. 可印刷出細線、網點、細字及鏤空等圖案。

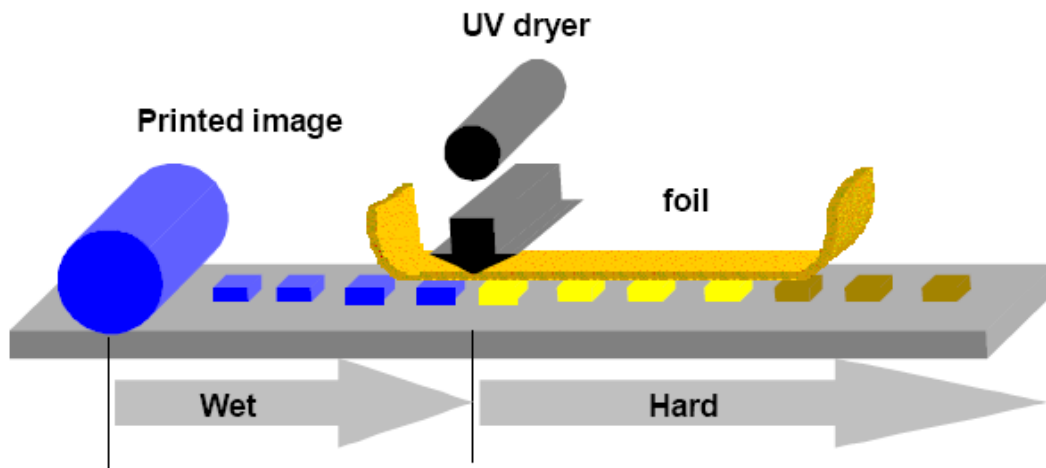


圖 2-12：濕式製程(Wet Lamination) 示意圖 (J.Michael, 2004)

(二) 乾式製程(Dry Lamination)，如圖 2-13 所示：

將圖像印刷在基材上→用 UV 燈將基材上的 UV 黏著劑乾燥，使圖像變粘→立即以壓輪將冷燙膜與基材貼合→多餘冷燙膜移除→完成乾式製程，其特點如下：

1. UV 黏著劑不可印刷在未乾燥之水性或溶劑型油墨表面。
2. UV 黏著劑不得過於乾燥或乾燥不足。
3. 要在 UV 燈後方約 5" 以內距離處貼合。
4. 冷燙膜與基材貼合時，需使用更高硬度之壓輪與高壓力。

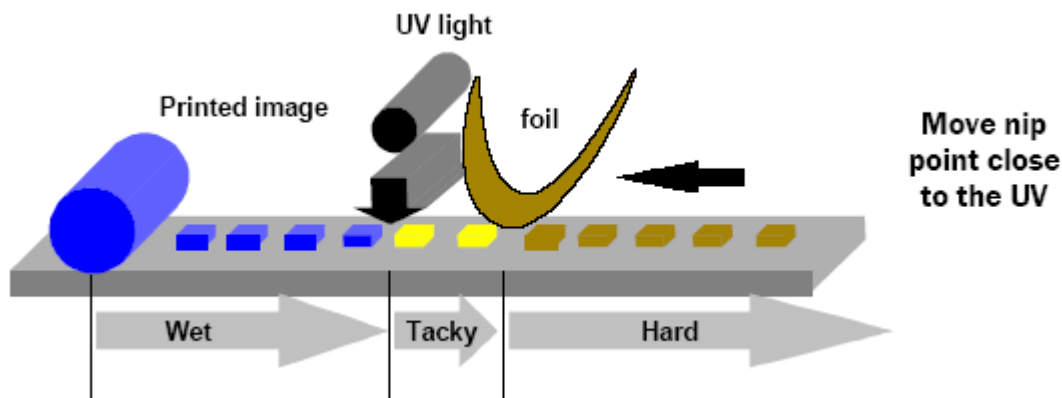


圖 2-13：乾式製程(Dry Lamination) 示意圖 (J.Michael, 2004)

如何選擇乾式製程或濕式製程之冷燙金印刷製程。可根據印刷所需效果以及基材進行選擇，如表 2-7 所示：

表 2-7：冷燙金印刷兩製程之品質差異表 (光群雷射公司, 2006)

乾式製程(Dry Lamination)	濕式製程(Wet Lamination)
1. 網點	1. 印製中~大面積之圖像
2. 細線&細字	2. 可在水性及 UV 油墨表面作冷燙印刷
3. 於 UV 印墨表面冷燙印刷	3. 適用各類型基材
4. 僅適用紙張類基材	4. 不需後乾燥
5. 需要後乾燥	5. 印刷速度有限制
6. 需使用正確之印刷速度	

四、冷燙金印刷製程與產品特點

光群雷射科技公司(2006)，對於冷燙金印刷製程提出了以下的看法：

- (一) 熱敏性材料：冷燙印刷其低溫作業環境(約 40~50°C)，故對於 PVC/PE/PP 等熱敏感性材料，可在不造成材料變形溫度下完成冷燙金印刷作業。此點為熱燙金技術上無法突破之重要關卡。
- (二) 漸層網點特殊效果：使用光感柔性樹脂版，並搭配適當之 UV 黏著劑 or UV 油墨，目前可獲得 175 線之細緻度效果，經由印刷美工設計者之巧思，可製

作出經由冷燙金印刷製程之藝術品。

- (三) 大中小面積表現：傳統熱燙較適用於小~中面積之燙印表現，對於極細或大面積之燙印，熱燙金技術仍無法滿足此需求；冷燙金印刷製程對於此需求，則提供了更理想的解決方法，於同一樹脂柔版上，可將所有設計囊括合併，且不受於燙印面積之限制。
- (四) 高產能、低成本：一般熱燙金須約 5 個工作天完成之訂單，冷燙金印刷加工約 1~2 工作天即可完成，相對地對於生產成本有著顯著之優勢。並對於小量訂單，冷燙金印刷更具優勢，因樹脂柔版價格低，且專業製版廠一般於接獲客戶訂單，1 個工作天即可完成版的製作，並可立即投入生產作業；反觀熱燙金製程，金屬燙頭價格明顯較樹脂柔版高，且製作工時長，若僅用於小量訂單生產，則硬體設備成本必定加諸於產品價格。
- (伍) 使用印刷對位，對位精度高：冷燙金印刷製程可於印刷設備上聯線作業，使用色墨印刷對位之方式，藉由印刷十字線進行精準之對位作業，不需額外附加雷射電眼即可達到對位目的。且不需考慮如熱燙金燙印跳位問題，即無燙印不準之問題。
- (六) 特殊防偽應用：使用全像雷射熱燙金材料，可獲得相當防偽效果。但冷燙金印刷產品更可配合客制化全像雷射圖案，使用雷射透明材料，結合特殊功能性 UV 黏著劑或 UV 油墨，呈現出特殊之防偽效果。例如 XSYS 所推出應用於商標識別的防偽的新型油墨(HIP-Holographic Ink process)，適用範圍廣，可應用於不同材料上，且特殊的印刷效果，使產品無法被複製，從而能夠達到保護產品品牌的作用(印科印網，2006)。

為獲得最佳之冷燙金印刷效果，在實際作業時，印刷業者應注意 UV 燈之強度是否足夠、收捲裝置之設定張力適當否、UV 黏著劑塗佈量足夠否，承印基材種類是否適當、並注意貼合壓輪之硬度是否符合 80~90 Shore A，因為壓輪為直接影響冷燙印刷質量之關鍵。目前冷燙印刷有著下列之限制，可供印刷業者於冷燙印刷適用與否之參考：

- (一) 冷燙印刷之品質取決於黏著劑印刷於基材上的品質，故印刷經驗極為重要。
- (二) 冷燙印刷目前僅能應用於平滑之基材表面，對於表面粗糙之材質，如皮革，目前尚未能完成良好之冷燙印刷；並冷燙印刷不可使用於吸水性的基材 (Kurz 網頁資料, 2010)
- (三) 並對於吸墨量高之基材，UV 黏著劑將被表面吸收，以至於基材表面將無足夠黏著劑作冷燙印刷。
- (四) 目前僅能使用於捲狀基材之印刷。隨著冷燙金印刷技術的不斷演進，Mike et al. (2010)指出，冷燙金印刷已可應用於平板印刷設備(Off-set press)。

五、冷燙金印刷製程相關專利

目前國內外尚無針對冷燙金印刷製程提出發明專利，僅搜尋到兩篇類似冷燙金印刷製程中之濕式製程之發明專利文獻，分別為立體浮凸之雷射裝飾印刷品(黃敏宗，2010)、以及柔版印刷系統的全息印刷方法(李偉波、陳亮，2003)。此兩篇專利與本研究之冷燙金印刷製程之差異比較，如表2-8所示：

表 2-8：冷燙金印刷製程之專利差異比較表 (資料來源：本研究整理)

專利名稱	立體浮凸之雷射裝飾印刷品	柔版印刷系統的全息印刷方法	冷燙金印刷製程
專利摘要	一種立體浮凸之雷射裝飾印刷品，設有一基材層，並於基材層表面設置一印刷油墨層，而印刷油墨層表面設有一個以上的雷射油墨層，其特徵在於：印刷油墨層設有一平面圖案，並於平面圖案至少一預定圖案的位置形成一浮凸於平面圖案的立體圖案，使基材層表面形成一具有立體感的裝飾圖案，而雷射油墨層設有一位於立體圖案表面的透明油墨，此透明油墨內部具有一感應成型的雷射花紋，讓裝飾	一種柔版印刷系統的全息印刷方法，包括以下步驟：製作全息透明膜；將所述全息透明膜安裝于柔印設備的複合、剝離裝置上，並讓所述全息膜的模壓面朝向柔印承印材料；利用柔版印刷單元將UV(紫外光)乾燥光油或UV油墨印刷於所述柔印承印材料上；所述全息透明膜與所述印刷有UV乾燥光油或UV油墨的柔印承印材料借助所述複合、剝離裝置的複膜單元複合後，接受UV紫外光照射，直至承印材料上的UV乾燥光油或UV油墨固化；所述複合、剝	無

	圖案表面形成一雷射反光裝飾花紋。	離裝置的剝離單元將所述全息透明膜與柔印承印材料剝離而獲得印有全息圖文的承印物。	
製程內容	油墨印刷+複合貼膜+乾燥成型+撕膜	油墨印刷+複合貼膜+乾燥成型+撕膜	油墨印刷+複合貼膜+乾燥成型+撕膜
印刷種類	無限制	柔版印刷	柔版印刷
乾燥方式	無限制	UV照射乾燥	UV照射乾燥
圖像成型方式	藉油墨印刷轉印複製圖像於承印基材上	藉油墨印刷轉印複製圖像於承印基材上	藉印刷油墨乾燥將冷燙金屬薄膜轉移至承印基材上

此兩篇發明專利與冷燙金印刷製程之濕式製程雷同，主要製程也相似，均為油墨印刷(UV膠水)+複合貼膜+乾燥成型+撕膜，但最大差異為圖像成型之方式。此兩篇專利均為僅藉乾燥之油墨印刷層複製圖像於承印基材上，而冷燙金印刷製程為將冷燙金金屬薄膜上之圖像轉移至承印基材上，轉移之部份包含了Lacquer、Aluminum、Adhesive等(參考圖2-8)。

第六節 承印基材及前處理方式

一、承印基材種類

承印基材之種類，根據羅福林、李興才(1995)著述說明可分為普通被印材料、以及特殊被印材料。普通被印材料係指各種紙類承印基材，特殊被印材料則為非紙類承印基材為之。

隨著冷燙金印刷製程的蓬勃發展，早期仍以紙張為主要應用，目前業者已使用越來越多種類的承印基材，除了紙張材質，隨著環保意識、木漿價格的飛漲，各式各樣的塑膠材質、及軟性塑膠薄膜逐一被業者使用。目前已大量被使用於冷燙金印刷製程之塑膠薄膜類基材約有PET(聚酯)、PE(聚乙烯)、PP(聚丙烯)、PVC(聚氯乙烯)等材質。

(一) 紙類材料：

紙是印刷界中重要的被印物之一，是承啟人類知識，傳播文化運用最廣的媒介物。紙張緣起於東漢和帝元興元年，蔡倫以樹皮、麻頭、破布、漁網等素材發

明出人類第一張纖維紙(魏尚敬, 1992)。為了提高紙張之印刷適性, 於紙張抄造過程中加膠、壓光、塗佈為主要改質之方式。目前主要印用於冷燙金製程的紙類材料為銅版紙、特銅紙、鏡銅紙。

銅版紙、特銅紙、鏡銅紙: 均為高級美術印刷用紙, 銅版紙(Art paper)乃將非塗料紙採用塗佈機塗佈約 $15\sim 20\text{g}/\text{m}^2$ 之塗層, 塗佈物為白土(Clay)、鈦白、碳酸鈣為顏料、使用澱粉、酪膠、PVA 為糊劑。經乾燥後進行壓光作業, 使指面具有強烈之光澤, 平滑度甚高。隨著塗佈物質、量之不同, 如經特別處理較一般銅版紙印刷效果更好之銅版紙, 則稱為特級銅版紙(Super fine coated art paper), 如具有更明亮光澤的銅版紙, 則稱為超光銅版紙(Super gloss art paper), 一般稱為鏡銅紙。

(二) 塑膠薄膜材料:

根據冷燙金製程業者實際應用塑膠薄膜材料主要為 PE、PP、PVC、PET 等四大類型, 故以下將對此四種塑膠薄膜進行文獻探討以增加對此些基材之瞭解。

1. 聚乙烯(Polyethylene): 依其聚合條件由低密度(0.91)~高密度(0.96), 可區分為低密度聚乙烯、中密度聚乙烯、高密度聚乙烯、以及線性低密度聚乙烯, 高密度聚乙烯比低密度聚乙烯有更好耐濕性、硬度、耐熱耐寒性、低伸縮比, 較能獲得優良的印刷效果, 故一般用於印刷用途為高密度聚乙烯。聚乙烯的結構近似石蠟, 表面呈不活性, 印墨或其他皆着劑均難以密著, 因此於印刷加工前應先施以表面活性化處理。
2. 聚丙烯(Polypropylene): 與聚乙烯屬於同類型化合物, 表面物性也近似。聚丙烯分為兩軸延伸以及無延伸軟膜, 其抗濕性、透明性均優, 具有優異機械強度。另外聚丙烯可透過發泡處理而使表面具有珍珠光澤, 有獨特的印刷效果, 一般業界所稱珠光合成紙及為發泡聚丙烯。因聚丙烯與聚乙烯表面物性相似, 故印墨也不易接着, 因此於印刷加工前應先施以表面活性化處理。
3. PVC(Poly vinyl chloride): 一般俗稱為氯乙烯或聚氯乙烯, 透明性優良。聚氯乙烯表面具有高活性, 對於印墨具有良好接着性。依據其可塑劑的含量,

可分為硬質聚氯乙烯、以及軟質聚氯乙烯。一般印刷業界常用軟質聚氯乙烯作為印刷用材料，但因組成份中之可塑劑、安定劑、潤滑劑會隨時間移至表面，妨害印墨的接着，所以前處理之施行仍有其必要性。

4. PET(Poly ethylene terephthalate)：全名為聚對苯二甲酸乙烯，俗稱為聚酯。目前大多為雙軸延伸聚酯膜，具有有優良耐熱、耐寒、耐油、耐氣體通過、抗濕、尺寸安定性、高透明性等優良特性，故普遍應用於印刷產品。但因其優良化學特性，會妨害印墨之接着，故印刷前必需施行前處理以增加表面活性，提高印刷適性。

二、 前處理方式

具有吸收性的紙類承印基材，於印刷實務上沒有與油墨親合性的問題，但對於在沒有吸收性、平滑表面之塑膠薄膜類承印基材上進行印刷，最大的問題為塑膠薄膜對於印刷油墨附着性、親合能力的問題。承印基材對於油墨之印刷適性優良與否，直接影響到印刷品之品質，故對於此類形承印基材有前處理之必要性。故於此章節將討論目前印刷業界對於印刷材料之前處理方式。

根據蕭耀輝(1983)指出，良好的印墨接着為印刷最基本條件之一，目前對於塑膠薄膜類承印基材之前處理方式有以下方式：

(一) Chrocon 液法：

也稱為混酸液氧化法，使用重鉻酸鉀、濃硫酸調配出固定比例之酸液，透過酸液將承印材質活性化，達到改質之目的。

(二) 火焰處理法：

於承印基材表面施以 2000~5000°F之火焰，將承印基材表面進行活性化處理。

(三) 臭氧處理法：

利用臭氧對塑膠材料吹噴，使表面氧化；但臭氧易對於其他機械氧化，並且臭氧具有刺激性味道，需注意臭氧之排氣。

(四) 底塗處理：

於承印基材表面塗以反應性單量體或聚合物或良接着樹脂，以達到材料表面活性化的處理

(五) 電暈處理：

在兩電極間作高週波、高電壓之放電，將帶電離子打擊承印基材表面，使材料表面活性化。

目前冷燙金印刷製程為搭配彈性凸板設備印行冷燙金加工，本研究選擇實驗之印刷設備為搭配電暈處理器之設備，另根據研究者實務經驗，目前電暈處理為業界主流之前處理方式。另底塗前處理方式方面，本研究計畫承印基材於冷燙金製程前，於承印基材上印刷一層油墨，主要目的為針對吸收型材料表面孔洞進行填滿，減少UV黏著劑被承印基材吸收，達到提升冷燙金印刷之品質。因此種印刷油墨之處理方式，與一般UV油墨印刷相同，故於此章節中將僅對電暈前處理方式進行相關探討。

三、電暈處理原理

電暈處理是一種電擊的處理，它造成被印體的表面具有更高的附著性(陳忠輝、黎定南，2008)。電暈處理是被用來改變被印體表面的附著能量，以配合接受或符合印刷油墨的附著或塗佈(台灣FLEXO彩集網頁，2006)。

電暈處理是廣泛用於對塑膠材質以提高表面能來改進油墨、油漆、連接劑及塗料的附著力。它被廣泛採用的原因是效果好、能控制及便於掌握。一般印刷業者以Corona來稱呼電暈處理，作用原理為利用高電壓高周波，將帶有高能量的游離電子加速衝向承印基材表面，這些離子藉由電擊和滲透進入被印體的表面破壞其分子結構，進而將被處理的表面分子氧化和極化，藉著離子電擊侵蝕表面，以

至於增加被印體表面的附著能力。

四、電暈處理效果之判定

印刷業界皆以達因筆來做表面達因數數值之檢測；達因筆是用來測試塑膠薄膜的表面張力，讓使用者清楚了解薄膜是否適合於印刷、複合或真空鍍鋁…等，因而有效地控制質量，減少因材質不合格所造成的損失(永寬化學，2007)。業界多以達因數(dynes/cm^2)數值來表示表面張力值之大小，達因數越高表示印墨與承印基材間之附著性能越好。例使用達因數為 38 的達因筆做測試，若承印基材表面達因數為 36dynes/cm^2 ，承印基材之表面達因數低於達因筆墨水，則達因筆墨水因內聚力大於基材表面張力，則達因筆之墨水會結成水珠狀；反之，若承印基材表面達因數大於 38dynes/cm^2 時，則達因筆墨水內聚力小於承印基材表面張力，則達因筆墨水可均勻的展延於承印基材上，如圖 2-14 所示。

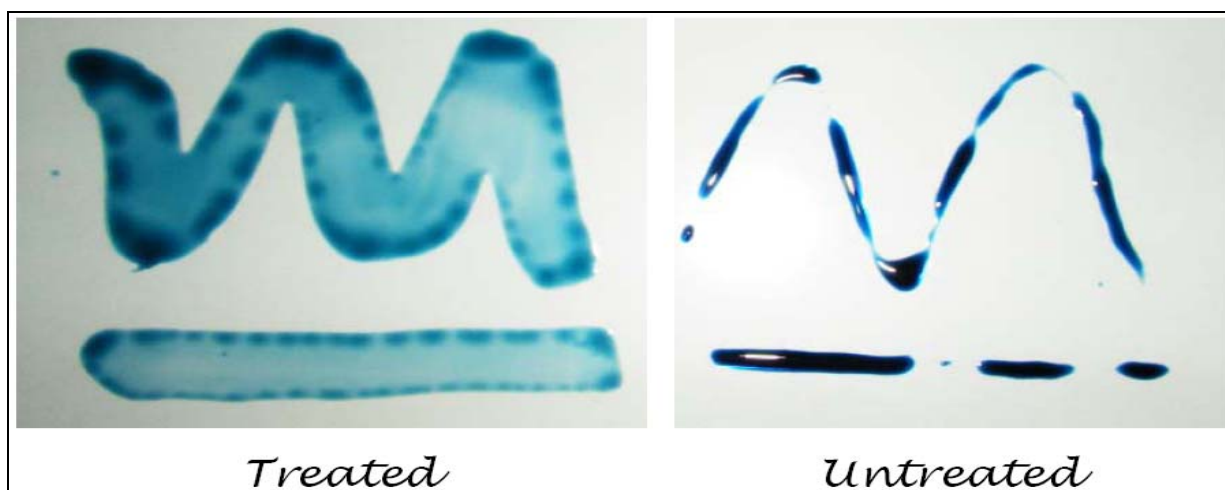


圖 2-14：達因筆測試之示意圖（資料來源:本研究拍製）

塑膠薄膜經過電暈處理後，達因數越高，則表示承印基材表面張力越高，則越容易與油墨親合產生良好之附着性。根據台灣 FLEXO 彩集網頁(2006)說明，為了有效附著油墨、塗佈或上光，被印體表面能量必須高過 UV 油墨 10 個達因，例

如一般 PE 膜的表面自然狀況下有 31 個達因，UV 油墨的表面能量約有 32~34 個達因數，也就是說必須將薄膜表面處理到 42 個達因數以上，始能得到良好的油墨附著與均勻的印刷效果，因此電暈表面處理在薄膜印刷或塗佈扮演相當重要的角色。

第參章 研究方法

此章節主要描述本研究所使用的實驗方法、實驗設計、實驗工具、品質量測儀器、樣本取樣、分析方法與信效度檢測等內容，共分為七章節，內容包含：

第一節 實驗方法，旨在說明本研究之實驗方法與研究架構

第二節 實驗設計，說明本研究之實驗變相與實驗流程

第三節 實驗工具，說明本研究所使用各項材料、器具，以及實驗版面說明

第四節 實驗儀器，說明冷燙金製程之品質檢測儀器，及對品質相進行定義

第五節 研究假設，說明依據研究問題，提出變項之間關係的假設

第六節 研究取樣與資料統計分析，說明數據收集方式與統計分析方法

第七節 實驗信效度分析，說明本研究檢測儀器與前處理的信效度分析

第一節 實驗方法

本研究主要探討承印基材之表面特性對於冷燙金製程品質之影響，分別探究兩種不同種類承印基材，透過不同之前處理方式改變表面特性對於品質應變項之影響，屬於因果關係之研究，故使用實驗法作為本研究之研究方法。所謂實驗法(Experimental method)，是指在控制混淆變項(confounding variable)下，操弄自變項(independent variable)，以觀察、測量依變項(dependent variable)隨自變項變化之情況的歷程(周文欽，2004)。

當包含兩種或以上自變數的分析研究稱為因素分析(factorial design)，而每項自變項稱為因素(factor)，這種方法節省時間、金錢和資源，而且研究者可以找出自變數彼此間的作用關係(黃振家等，2003)。本研究為探討改變承印基材之表面特性對於冷燙金製程品質之影響，包含了兩個因素，故將使用兩因子實驗設計，進行各個因子對於品質應變項之實驗，對於獲得品質應變項之變異，再進行結果分析，以獲得相關結論。

實驗方式將採用實驗法進行相關研究測試，藉由控制自變項以獲得應變項之對應結果。研究架構如圖 3-1 所示。

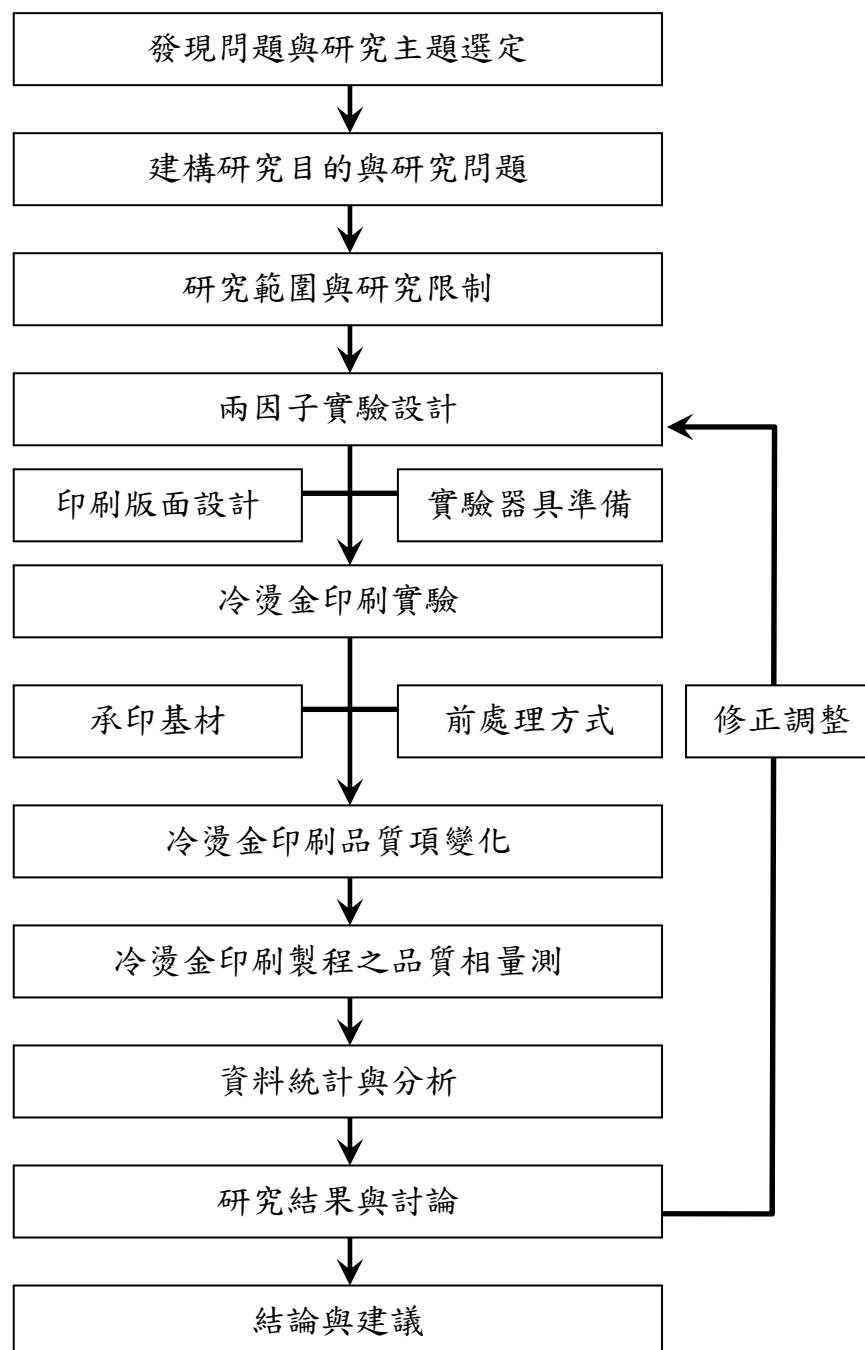


圖 3-1：研究架構圖

第二節 實驗設計

一、兩因子實驗設計

本研究採用兩因子實驗設計，針對不同承印基材，透過前處理方式改變承印基材表面特性，包含電暈處理、以及底塗處理兩種方式，研究對於品質應變項之影響。故將以承印基材種類、前處理方式作為自變項，進行冷燙金印刷實驗，以觀察對於品質項之影響，品質項細分為轉移率、圖像清晰度、牢度、耐刮性等四個項目。

研究選定兩種承印基材分為 PET 與 PVC 兩種，對於電暈處理設定四種水準，即藉由控制電暈電壓值輸出四種不同電壓(0、5、10、15kv)，改變承印基材之表面達因數(研究設定表面達因數為 34、38、40、42dynes/cm²)，進行冷燙金印刷實驗；再透過白色油墨作底塗處理，依據實務經驗，柔版印刷業者常採用之底塗處理厚度約 2~3 μ m，故本研究對於白墨底圖處理僅設定一種水準為 3 μ m，進行冷燙金印刷實驗。本研究為 5*2 兩因子實驗設計，共 10 個處理組合，如表 3-1 所示

表 3-1：本研究 5*2 兩因子實驗設計

自變項 2		前處理方式(pretreatment)				
		電暈處理(電壓輸出值)				底塗處理
自變項 1		0kv	5kv	10kv	15kv	3 μ m
承印	PET	組別 1	組別 2	組別 3	組別 4	組別 5
基材	PVC	組別 6	組別 7	組別 8	組別 9	組別 10
備註		1. 前處理方式 (A)：電暈處理*4 種水準+底塗處理*1 水準 2. 承印基材 (B)：PET / PVC 兩種材質 3. 採用 5*2 兩因子設計，共 10 種處理組合 4. 檢測項目：冷燙金印刷品質(轉移率、圖像清晰度、牢度、耐刮性)				

此研究雖選定電暈處理、底塗處理作為研究之自變項，但目前實際印刷程序上並無底塗處理後，再進行電暈處理之製程，僅有電暈處理後再進行底塗處理之設計。因本研究為探討不同處理方式下對於冷燙金製程品質之影響，故本研究不探討同時使用電暈、底塗兩種不同處理方式對於品質應變項影響。實驗變項整理表如表 3-2 所示。

表 3-2：實驗變項整理表

自變項	應變項	控制變項
1. 承印基材種類	冷燙金印刷品質	冷燙金印刷製程印刷過程、各項印刷參數、環境條件
2. 前處理方式		
備註：承印基材種類：分為 PET 與 PVC 兩種基材		
前處理方式：分為電暈處理與白墨處理		
冷燙金印刷品質：分為轉移率、圖像清晰度、牢度、耐刮性		

使用彈性凸板機進行影響冷燙金製程品質之研究，除了研究設定之自變項，實際上尚有許多因素會影響冷燙金印刷製程之品質，例如印刷壓力、印刷環境之溫度溼度等，故將此些因素列為控制變項。在測試過程中，各變項也控制在一定的標準下進行實驗。本實驗過程中所使用之設備、儀器、和印刷參數等控制變相之條件與控制情形如表 3-3 所示。

表 3-3：實驗過程控制變項處理表

項目	實驗控制變項	使用設備、儀器、材料	控制情形
1	冷燙金屬薄膜	離型強度為 2.5~3.0 gf/inch，真空蒸鍍鋁層厚度為 200~250Å	✓
2	承印基材	PET 以及 PVC 塑膠薄膜類自黏標籤材料，厚度均為 50 μm 之基材	實驗變項
3	彈性凸版印刷機	海德堡(Gallus-EM280)	✓
4	UV 光源	中壓金屬鹵素燈 UV 燈(11KW)	✓
5	UV 黏著劑	塗佈厚度值約 2.8~2.9 μm	✓
6	UV 黏著劑之塗佈量	雕花滾輪(400Lpi)	✓
7	印刷版材	解析度 150Lpi、厚度 1.14mm	✓

8	電暈處理	0~15kv 電壓輸出	實驗變項
9	白墨底塗處理	塗佈厚度值約 2.9~3.0 μm	實驗變項
10	白墨圖層表面物性	乾燥白墨表面達因數 42 dyne/cm ²	✓
11	電暈處理至印刷之時間	聯線作業，時間間距小於 1 分鐘	✓
12	印刷廠房溫溼度	溫度:25°C(±3);濕度:60%(±5)	✓
13	冷燙膜貼合、剝離角度	固定，貼合=60°；剝離=90°	✓
14	印刷壓力	固定印壓設定 0.015mm	✓
15	印刷速度	印刷實際生產速度(20M/MIN)	✓
16	印刷操作人員	固定人員合計 2 員	✓

二、實驗步驟、流程圖：

- (一) 由印刷廠專業人員依據經驗，完成印刷設備各參數之調整，包含印刷速度、印刷壓力、刮刀壓力、貼合壓力、UV 光強度等，確認冷燙金印刷之品質達可接受的狀況(依據版面設計目視判別區域)，即停機，更換實驗的承印基材。
- (二) 由印刷廠作業人員將印刷各參數控制於固定條件下，先更換研究使用的 PET 承印基材，透過控制電暈處理器輸出四種不同電壓(0、5、10、15kv)，對於 PET 承印基材可獲得四種不同之表面特性(研究設定表面達因數分別為 34、38、40、42dynes/cm²)，進行冷燙金印刷實驗，待達穩定狀態後，各印製 100 份樣張。樣品組別編號，對於 PET 承印基材，於電暈電壓輸出值 0kv 給予編號 1，5kv 編號 2，10kv 編號 3，15kv 編號 4。
- (三) 固定電暈電壓值 15kv(表面達因數為 42dynes/cm²)，進行白墨底塗之處理，底塗處理厚度固定為 3 μm ，進行冷燙金印刷實驗，達穩定狀態後，印製 100 份樣張，樣品組別編號為 5。
- (四) 步驟三完成後，再更換 PVC 承印基材，重複實驗步驟二對於 PVC 承印材質進行不同電暈處理程度之冷燙金印刷實驗，達穩定狀態後，各印製 100 份樣張。樣品組別編號，對於 PVC 承印基材，於電暈電壓輸出值 0kv 給予編號 6，5kv 編號 7，10kv 編號 8，15kv 編號 9。
- (五) 於步驟四完成後，重複步驟三，對於 PVC 承印材質施以 UV 油墨底塗處理，

底塗處理厚度固定為 $3\mu\text{m}$ 進行冷燙金印刷實驗，達穩定狀態後，印製 100 份樣張，樣品組別編號為 10。

(六) 實驗完成，依據組別編號 1~10，分別進行取樣以及品質應變項之統計與分析。實驗流程圖如圖 3-2 所示：

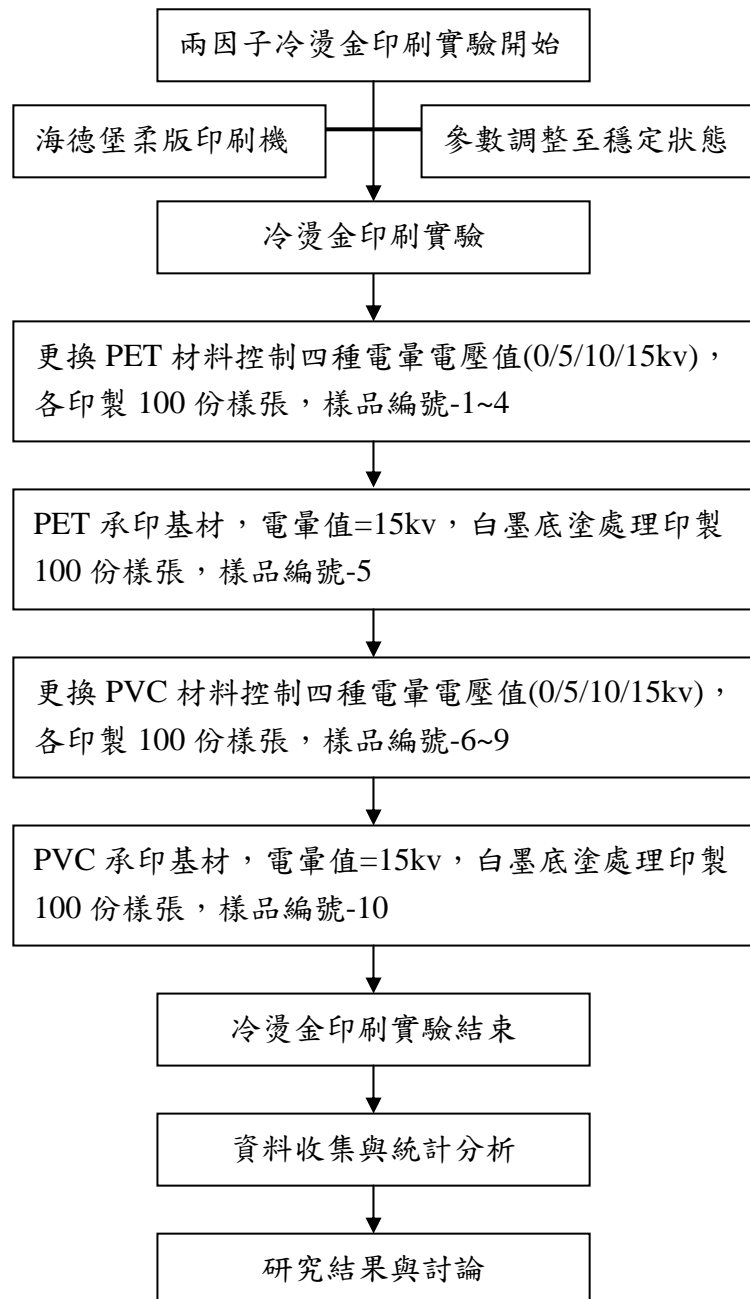


圖 3-2：實驗流程圖

第三節 實驗工具

本章節為對研究所使用之重要工具、材料與其狀況進行定義說明，利於控制自變相、與混淆變相，目的為獲得穩定且正確的研究結果。

一、實驗用材料

- (一) 冷燙金屬薄膜材料：為使用 PET 薄膜製作而成的材料，材料上具有離型層、Primer 層、金屬鋁層以及 Adhesive 等塗層；具有固定離型特性、均勻的光穿透率、均勻厚度的金屬鋁層以及與良好的平整性。材料為光群雷射公司所生產之材料，材料之離型強度為 2.5~3.0 gf/inch，使用真空蒸鍍鋁層附着厚度為 200~250Å，並具有固定且穩定之塗層厚度的 Primer、Adhesive 塗層。
- (二) 承印基材：以國內冠郝公司所生產製造之 PET、以及 PVC 塑膠薄膜類自黏標籤材料，厚度均為 50 μm 之基材，作為實驗之承印基材。此兩種不同種類的材料，各材料均有其表面特性(達因數)，故選用廠商相同批號之材料，減少不同批次間品質上之差異，避免影響研究結果的準確性。
- (三) 紫外光乾燥強度：此研究所使用之 UV 光源，選擇中壓金屬鹵素燈，紫外光乾燥強度為-海德堡印刷機搭配之 UV 燈(11KW。實驗前使用美國 EITIC 公司製造的 MircoCure UV 量表，確認 UV 光源照射出之光照能量值)。理論照度為=392W/cm. sec，實際量測照度值為 375~385W/cm. sec。依照研究者實際經驗，冷燙金印刷製程所需之照度值達 250w/cm. sec 以上，即足以使 UV 黏著劑達到將近完全乾燥的程度。
- (四) 紫外光固化黏著劑(UV 黏著劑)：選擇光群雷射公司生產製造之 UV 黏著劑，並為同一批次的 UV 黏著劑，作為實驗工具。選用同批次之 UV 粘著劑，避免誤差發生的可能。
- (五) UV 黏著劑之塗佈量：以印刷設備上所配備的雕花滾輪之 400Lpi 線數所

對應之塗佈厚度作為對 UV 黏著劑之塗佈控制量，研究設定 UV 黏著劑塗佈厚度為 $3\mu\text{m}$ 。透過厚薄規進行厚度量測，藉以確認及校正印刷設備之塗佈量。實際量測厚度值約 $2.8\sim 2.9\mu\text{m}$ ，符合研究之要求。

- (六) 印刷版材：以信華製版行所製作解析度為 150Lpi、厚度為 1.14mm 印刷版材為實驗工具。製版行依照實驗版面設計進行製版製作，假設版材之製作程序、版材品質為穩定且符合研究需求。印刷版材搭配 Tesa 泡棉式有效厚度 $500\mu\text{m}$ 型貼板膠帶。
- (七) 印刷設備：選擇彈性凸板型式之印刷設備-海德堡(Gallus-EM280)為實驗工具，控制相同印刷條件下進行實驗。
- (八) 印刷速度：以印刷設備所顯示之速度作為設定值，在實驗前先使用手提式測速器，對設備之速度值進行校正，減少影響實驗結果的正確性。印刷設備顯示 20M/MIN，測速器量測顯示速度值為 20M/MIN，符合研究要求。
- (九) 電暈處理：對於印刷設備上裝設之電暈處理器，控制其輸出電壓值，並以達因筆測試，並於實驗前對於電暈處理效果進行效度分析。
- (十) 底塗(Primer)處理：使用 XSYS 製造之 FLEXOCURE GAMINI - UFG90091-408 WHITE-之油墨，作為底塗物質，塗佈厚度控制於 $3\mu\text{m}$ 。透過厚薄規量測白墨塗層厚度，實際量測厚度值約 $2.9\sim 3.0\mu\text{m}$ ，符合研究之要求。

二、實驗版面設計與說明

實驗版面的設計圖稿由研究者提供，版面實際尺寸為長 29.0cm，寬 20.3cm。版面設計如圖 3-3 所示。此版面上包含了滿版、字體、線條、網點等部份，透過滿版部分，判斷轉移率品質；透過 0.25~10point 之線條與 2~14pt 之文字部份，以利判斷圖像清晰度，版面規劃對應品質檢測說明如表 3-4 所示。

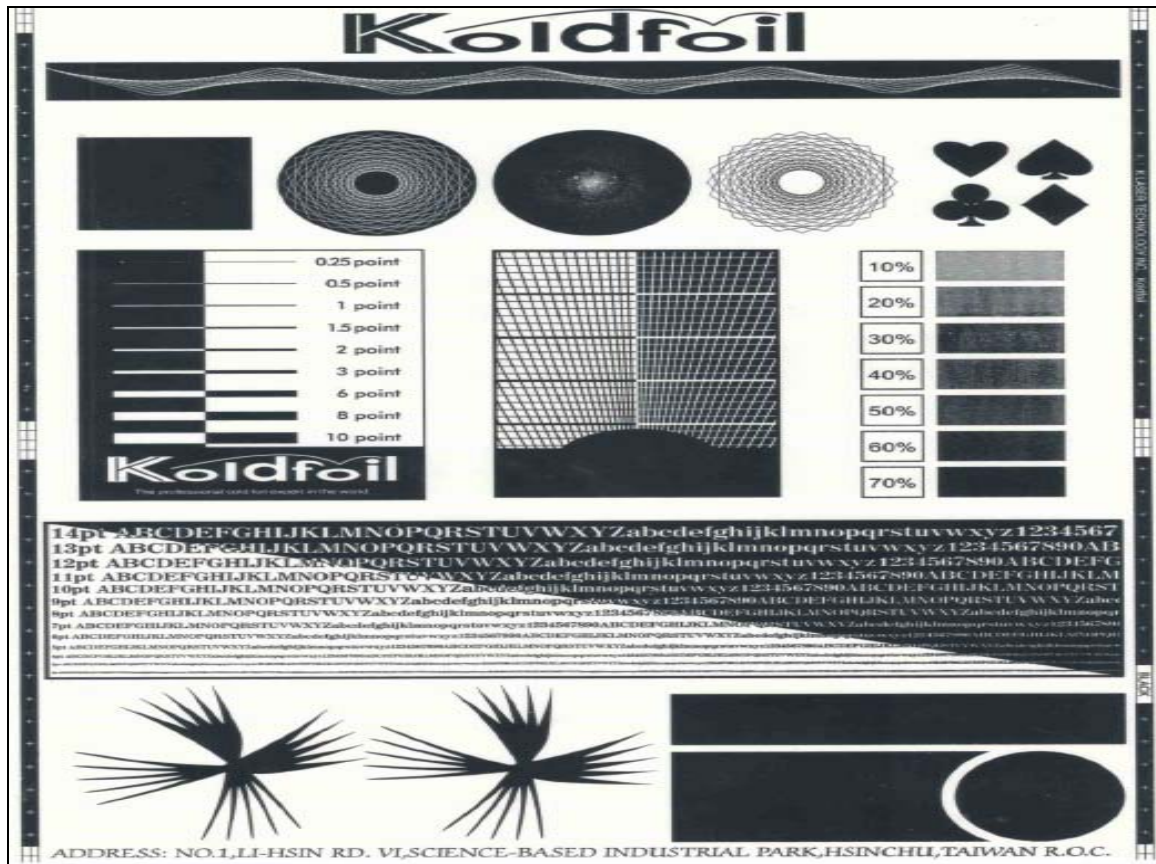
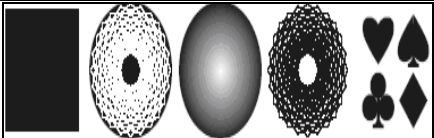
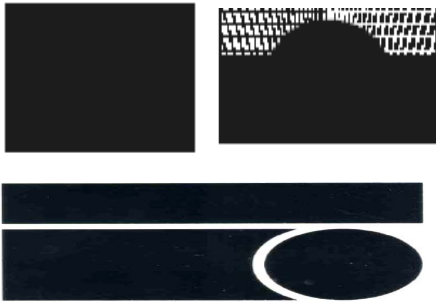
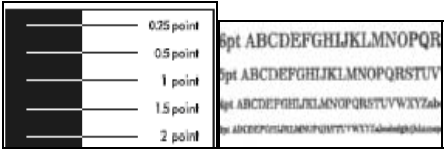


圖 3-3：實驗工具-印刷版-版面設計圖

表 3-4：實驗版面對應品質檢測項說明

影像	量測項目	說明
	轉移率、清晰度	供印刷人員肉眼判定整體品質
	轉移率 牢度 耐刮性	量測冷燙金印刷轉移率 量測冷燙金印刷之牢度 量測冷燙金印刷之耐刮性
	圖像清晰度	量測冷燙金印刷之圖像清晰度

第四節 實驗儀器

本節主要說明針對冷燙金製程之品質檢測儀器進行說明，並針對品質涵義進行定義。此研究定義之冷燙金印刷品質包含了以下幾項目，除了對於判定品質之界線進行說明，也對相對應之品質檢測儀器進行說明，並對於印刷業界對於冷燙金印刷品之品質要求也作參考說明。

一、品質之定義與評分標準

- (一) 轉移率：指稱為冷燙金屬薄膜材料經過冷燙金印刷製程加工，透過印刷單元進行 UV 黏著劑塗佈，並於 UV 光照射乾燥後，實際轉移於承印基材上所冷燙區域，小~大面積區域之完整性、飽和度。針對此轉移率品質，採用利克特量表將品質作五層次的區分，以放大鏡觀測之單位面積內，將轉移之完整性、飽和度以百分比方式表示，分別為極差(<70%)/差(70~80%)/中等(80~90%)/佳(90~95%)/極佳(>95%)，最高 5 分，最低 1 分。
- (二) 圖像清晰度：透過 0.25~10.0point 之線條與 2~14pt 之文字部份，作為轉移之圖像清晰程度之檢測區域。也採用利克特量表將品質作五層次的區分，分別為極差/差/中等/佳/極佳。採用評分標準，如表 3-5 所示：

表 3-5：圖像清晰度品質評分量表

評分等級	線條區域(Point)	字體區域(pt)	得分
極佳	0.25~0.5	2~3	5
佳	1.0	4~5	4
中等	1.5	6~7	3
差	2.0	8~9	2
極差	3.0~10	10~14	1

備註 線條：連續不斷線，邊緣整齊；字體：完整清晰為合格

(三) 牢度：針對大面積區域進行檢測，進行膠帶黏貼測試，檢驗牢度品質。採用利克特量表將品質作五層次的區分，分別為極差/差/中等/佳/極佳。評分標準使用 ASTM D3359-97 規範，將品級區分最佳 5B，最差 0B。等級定義如圖 2-6(膠帶附著度等級示意圖)所規定之等級，0B 得 1 分，1B 得 2 分依此類推，4B 以上(含 5B)得 5 分。

(四) 耐刮性：針對大面積區域進行檢測，使用硬度鉛筆作為檢測工具，應用 ASTM D3363 規範，進行耐刮性品質之檢測。採用利克特量表將品質作五層次的區分，分別為極差/差/中等/佳/極佳。定義等級如表 3-6 所示：

表 3-6：耐刮性品質評分量表

評分等級	鉛筆硬度	得分
極佳	2H(含)以上	5
佳	H	4
中等	F	3
差	HB	2
極差	B(含)以下	1

備註：硬度鉛筆之筆尖完全不會刮傷表面為合格；一般印刷業者常使用指甲對於塗層耐刮特性進行檢測，實際量測五個人之指甲硬度，為 H~2H，故以 2H 硬度以上為極佳。

二、品質測量儀器

(一) 30 倍放大鏡(30X Light Scope)：使用日本 SUNRISE 製造之 30 倍放大鏡，利用此 30 倍放大鏡，作為檢測轉移率、圖像清晰度品質之檢測儀器。

(二) 3M-610-TAPE：此膠帶為業界通用檢測牢度之工具，故本研究選擇此型號膠帶作為檢測冷燙印刷品質之牢度項品質，操作方式依照 ASTM D3363 規範所定義之方式進行。

(三) 硬度鉛筆：使用瑞士 ZEHNTNER 牌 ZSH2090 鉛筆式硬度計，進行耐刮性品質之檢測。需注意硬度鉛筆筆尖需為平面，並依照硬度由硬到軟逐步測試，以是否劃傷表面作為判定方式。

(四) 厚薄規：使用日本 TECLOCK 製造的厚薄規，用以檢測 UV 黏著劑、以及底塗白墨之塗層厚度。此厚薄規最小有效檢測厚度為 0.001mm，即 1 μ m 厚度。

(五) 達因筆：使用美國 Diversified 製造的達因筆，量測範圍自 30、32、...、至 44 dynes/cm²，用以檢測承印材質經過電暈處理後之表面特性質(達因數)。

三、印刷業界對冷燙金印刷品質之要求

本研究選定的轉移率、清晰度、牢度、抗刮性等品質應變項，為依據印刷業界一般對於冷燙金印刷品之品質要求而選定。印刷業者對於印刷品之品質要求，主要著重於外觀是否轉移完全、線條與文字是否清晰無斷線、印刷圖像邊緣是否完整、冷燙印刷牢度是否良好、抗刮性是否良好等，作為判定冷燙金印刷品之品質質量是否符合要求。研究者依據實務經驗將上述印刷業界對於品質之要求與本研究品質項結合，提出印刷業界普遍性可以接受之冷燙金印刷品質，如表 3-7 所示。

表 3-7：印刷業界可接受之冷燙金印刷品質列表

品質項	轉移率	圖像清晰度	牢度	抗刮性	合計
評分	4	4	4	4	16

本研究為探討承印基材與前處理方式、處理程度對於冷燙金印刷製程品質之影響與變化狀況，若能研究結果與業界品質項要求相比較，則能為提升此研究對於產業界於應用冷燙金印刷製程之參考價值，故於結果討論章節部份，亦將表 3-7 之品質分數作為結果判定之項目。

第五節 研究假設

本研究聚焦在透過不同前處理方式以改變承印基材之表面特性對於冷燙金印刷製程之品質之變異性，主要在探討承印基材與前處理兩個自變相對於品質硬變項之因果關係。故本研究之兩因子變異數分析模式如下所示：

$$Y = \text{總平均} + A \text{ 因素主效應} + B \text{ 因素主效應} + \text{交互作用} + \text{誤差項}$$

$$Y_{ij} = \mu \dots + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ij} = \mu_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

其中， α 、 β 分別代表前處理與承印基材種類兩因子

$\alpha\beta$ 代表前處理與承印基材種類兩因子之交互作用

Y_{ij} 代表實驗處理與個別差異的函數

i 、 j 分別為兩個因子的水準($i=1, 2, 3, 4, 5$; $j=1, 2$)

μ_{ij} 代表實驗處理之平均數

ε_{ij} 代表實驗隨機誤差變異

本研究假設在相同冷燙金金屬薄膜、UV 黏著劑、印刷設備、印刷參數、印刷環境及其他控制變項下，以驗證透過前處理方式對於不同承印基材獲得不同表面特性對於冷燙金印刷品質項之變異程度，故本研究之研究假設如下：

假設一：不同種類之承印基材於未施以前處理下，其表面特性對於冷燙金印刷品質沒有顯著影響。

$$H_0: \mu_j = \mu$$

$$H_1: \mu_j \neq \mu$$

假設二：不同種類之承印基材，施以相同之前處理，對於冷燙金印刷品質沒有顯著影響。

$$H_0: \mu_{ij} = \mu$$

$$H_1: \mu_{ij} \neq \mu$$

假設三：相同種類之承印基材，施以不同之前處理，對於冷燙金印刷品質沒有顯著影響。

$$H_0: \mu_{i\beta 1} = \mu_{\beta 1} (i=1, 2, 3, 4, 5) ; \mu_{i\beta 2} = \mu_{\beta 2} (i=1, 2, 3, 4, 5)$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu$$

假設四：相同種類之承印基材，施以不同程度之電暈處理，對於冷燙金印刷品質沒有顯著影響。

$$H_0: \mu_{i\beta 1} = \mu_{\beta 1} (i=1, 2, 3, 4) ; \mu_{i\beta 2} = \mu_{\beta 2} (i=1, 2, 3, 4)$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu$$

假設五：各品質應變項間具有相關性。

第六節 研究取樣與資料統計分析

一、實驗樣本取樣

本研究使用 UV 黏著劑進行實驗，UV 黏著劑於照射紫外光後已經是完全乾燥，理論上可立即進行樣本取樣以及量測；郭耀凱(2001)研究指出，UV 油墨在乾燥聚合時體積會縮小，在乾燥皮膜表面會殘留一些收縮力存在，需經過 24 小時放置以確保油墨聚合反應之完全。故實驗樣本於冷燙金印刷實驗完成 24 小時之後才進行取樣。

本研究採用兩因子實驗設計，依據表 3-1 之冷燙金印刷的兩因子實驗設計，總共可區分為 10 種組合。對於正式實驗前，待印刷設備均須達到穩定狀態後，再進行樣品印製，因受限材料、時間及成本等因素限制，本研究之每個處理組合各將印製 100 份樣張，故總共可獲得 1000 份數量之樣張。

因受限人力、時間限制，本研究採用系統抽樣方式，於每組樣品 100 份樣本中每隔 10 份抽樣一份樣本，將可得各組合數量各 10 份之樣本。故最終選擇之樣本總數量為 100 份，於此 100 份樣品數，再針對品質應變項進行檢測。

二、實驗數據之收集與量測

本研究為透過電暈處理、以及底塗處理等方式改變承印基材之表面特性，對

於冷燙金印刷製程之品質變異進行分析。品質屬於量的資料，並屬於間斷資料 (discrete data)，本研究定義之品質變項為轉移率、圖像清晰度、牢度、耐刮性等四項目，故以順序尺度對各品質變項單項進行評分，最低 1 分、最高 5 分給分，分數越高表示單項品質越好；再對於各因子所獲得之數據進行分數加總，各最高分數為 20 分，最低 4 分，分數越高代表整體品質越好。

三、資料分析方法

本研究所使用之資料分析將利用 SPSS 17.0 for Windows 軟體工具，選擇的統計方法如下：

- (一) 敘述性統計分析：對於個別因子實驗部份，進行敘述性統計方式，將各量測獲得之數據資料利用統計表、或統計圖方式呈現，再分別根據研究假設、問題分析不同自變項對於品質應變項之變異。
- (二) 兩因子變異數分析(Two-way ANOVA)：透過變異數分析了解自變項與品質應變相間之變異關係，再測度此些不同變易來源，可瞭解各變異間是否有顯著差異。
- (三) 相關分析(correlation analysis)：針對各品質應變項之間的相關程度及相關方向進行分析，確認是否具有相關性。

第七節 實驗信效度分析

正式實驗前進行品質檢測儀器的信度檢測、以及前處理設備的效度分析，目的為獲得穩定且正確的實驗結果。因此研究主要探討透過電暈處理以及底塗處理對於品質項之影響，但白墨底塗處理僅設有一水準，故僅對電暈處理進行效度檢測。信、效度檢測結果說明如下：

一、品質檢測儀器之信度檢測

所謂信度指測量結果的穩定程度，即對於同一事物進行兩次或兩次以上的量測，若測量結果的相似程度越高，即代表信度越高。本研究所使用品質檢測儀器有日本 SUNRISE 製造之 30 倍放大鏡、3M-610-TAPE 及硬度鉛筆；雖使用了測量儀器，但品質之界定均由人加以判定，故對於品質檢測儀器本身不進行信度測試，僅對於負責判定品質之人員於實驗前，進行人員對於品質依變項之信度檢測。

由印刷廠專業人員依據研究定義的品質標準，選擇轉移率、圖像清晰度、牢度、耐刮性品質良好與不良的樣品各一張，樣品給予編號 1~8，由研究者以放大鏡、3M 膠帶、硬度鉛筆量測，判定結果作成紀錄，再與印刷廠專業人員判定結果進行比較。檢測結果如表 3-8 所示；由表 3-8 結果顯示，印刷廠專業人員與研究者之判定結果均符合，即相似程度高，亦表示品質檢測之信度高。

表 3-8：檢測品質人員之信度檢測表

樣品編號	檢測項目	印刷廠人員判定	研究者判定	品質判定符合度
樣品一	轉移率 佳	5	5	符合
樣品二	轉移率 差	2	2	符合
樣品三	清晰度 佳	4	4	符合
樣品四	清晰度 差	1	1	符合
樣品五	牢度 佳	5	5	符合
樣品六	牢度 差	2	2	符合
樣品七	抗刮性 佳	4	4	符合
樣品八	抗刮性 差	1	1	符合

二、電暈處理之效度檢測

於 PVC 承印基材上，控制不同電暈電壓輸出值進行電暈處理。因人力、材料限制下，研究選擇兩種電暈電壓輸出值進行電暈處理之效度檢測，電暈電壓值設定於 5kv、15kv，研究設定此兩電壓值所對應之達因數為 38dynes/cm^2 、 42dynes/cm^2 。於此兩電壓值下各取樣(30 張)，並使用達因筆檢測承印基材之表面

達因數；5kv 之檢測結果如表 3-9，15kv 之檢測結果如表 3-10，檢測結果並以次數統計圖顯示，如圖 3-4、圖 3-5。

表 3-9：5kv 電暈電壓-表面達因值

38	38	38	38	38	38
38	38	40	38	38	38
38	38	38	38	38	38
38	38	38	38	38	40
38	38	38	38	38	38

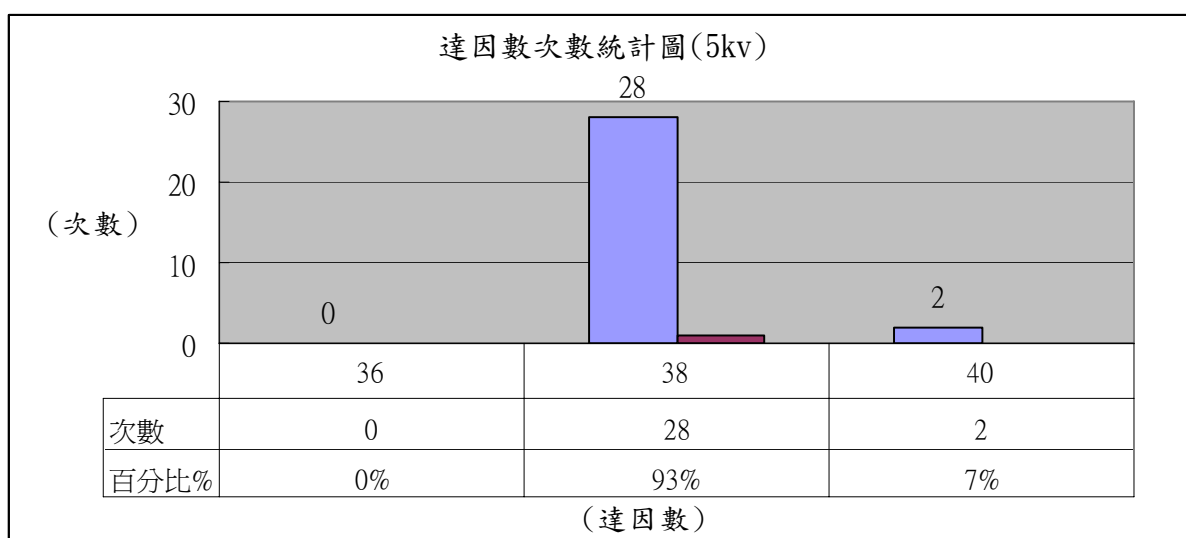


圖 3-4：達因數次數統計圖(5kv)

表 3-10：15kv 電暈電壓-表面達因值

42	42	42	42	42	42
42	42	42	42	42	42
42	42	44	42	42	42
42	42	42	42	42	42
42	42	42	44	42	42

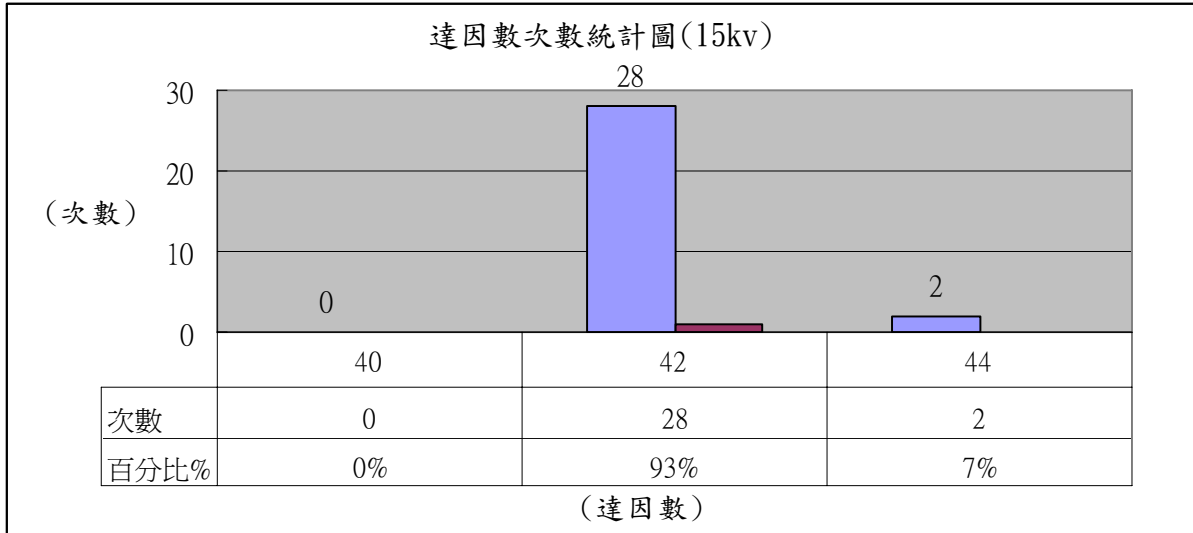


圖 3-5：達因數次數統計圖(15kv)

由檢測結果，PVC 承印基材分別經過 5kv、15kv 電壓值處理後，承印基材之表面達因數均達到研究設定之 3 dynes/cm²、與 42dynes/cm²，並透過次數統計圖與次數百分比率，達 93%比例之檢測樣品符合研究之設定值，顯示電暈處理之效度良好。

第四章 研究結果與討論

本章節主要針對研究所得之數據資料作統計彙整與分析，共分為三節。第一節為依據研究假設對於實驗數據進行一般敘述性統計，第二節為兩因子變異數分析，第三節為進行各品質應變相間之相關性討論。

第一節 實驗數據與一般敘述性統計

本研究共分為 10 種實驗組合，每個實驗組別各印製 100 份樣張，總共可獲得 1000 份數量之樣張。採用系統抽樣方式，於每組樣品 100 份樣本中每隔 10 份抽樣一份樣本，將可得各組合數量各 10 份之樣本，最終選擇之樣本總數量為 100 份，於此 100 份樣品數，再針對品質應變項進行檢測。各實驗組別之品質應變項結果記錄如表 4-1 所示，並將各品質項之評分對照圖片整理如圖 4-1 所示。

表 4-1：冷燙金印刷測試各組別品質應變項統計

實驗組別	自變相			品質應變相(平均值)					
	材質	電暈處理		底塗 (μm)	轉移率	圖像 清晰度	牢度	抗刮性	總分
		電暈值 (kv)	達因數 (dynes/cm ²)						
1	PET	0	34	無	2	1	1	1	5
2	PET	5	38	無	2	1	2	1	6
3	PET	10	40	無	4	3	3	2	12
4	PET	15	42	無	5	5	5	5	20
5	PET	15	42	2.9~3.0	5	5	5	5	20
6	PVC	0	34	無	3	2	2	2	9
7	PVC	5	38	無	4	3	4	4	15
8	PVC	10	40	無	4	4	5	5	18
9	PVC	15	42	無	4	4	5	5	18
10	PVC	15	42	2.9~3.0	5	5	5	5	20

由表 4-1 之實驗結果，可發現各實驗組別之品質應變相具有不同之結果，後續將依照本研究之各項研究假設，對於實驗結果進行敘述性統計與分析。

品質項 評分	轉移率	圖像清晰度 (線條 & 細字)	牢度	抗刮性
5分				
4分				
3分				
2分				
1分				

圖 4-1：冷燙金各品質項之評分對照圖片（資料來源：本研究拍攝）

一、不同種類之承印基材，具有不同之冷燙金印刷品質

本研究選擇兩種不同種類之承印基材 PET 與 PVC 進行冷燙金印刷之研究，此兩種承印基材之印刷適性於第二章進行了相關的文獻探討。此兩種承印基材之化學組成份不同，具有不同之表面特性。PET 具有優良化學特性，但不利於印墨之接着；而 PVC 表面具有高活性，對於印墨具有良好接着性。

控制相同之印刷參數，並控制電壓輸出值為 0kv，比較 PET 與 PVC 兩種不同表面特性之基材對於冷燙金印刷之品質影響。此研究假設以實驗組別 1 與組別 6 進行比較，此兩組別之實驗數據如表 4-2 所示，由表 4-2 之品質應變相結果可得知，雖 PET 與 PVC 兩承印基材之冷燙金印刷品質均不佳，但可發現未施以任何前處理之 PET 承印基材之轉移率、圖像清晰度、牢度、抗刮性均較 PVC 承印基材差。

表 4-2：不同種類基材之品質應變相統計表

實驗組別	自變相			品質應變相(平均值)					
	材質	電暈處理		底塗 (μm)	轉移率	圖像 清晰度	牢度	抗刮性	總分
		電暈值 (kv)	達因數 (dynes/cm ²)						
1	PET	0	34	無	2	1	1	1	5
6	PVC	0	34	無	3	2	2	2	9

品質結果之差異主要來自承印基材本身表面特性之差異，因 PVC 具有較高活性與較佳之接著性。依據實務經驗顯示印刷牢度較佳者，其整體品質較印刷牢度差者佳，故 PVC 承印基材能獲得較佳之冷燙金印刷品質。故於不同種類特性之承印基材具有不同之冷燙金印刷品質，此項研究假設獲得驗證，具有較佳的印刷牢度之表面特性具有較佳的冷燙金印刷品質。

二、不同種類之承印基材，施以相同之前處理，對品質項有影響

於此項目為對於 PET 與 PVC 兩種不同表面特性之承印基材，研究討論施以相同之前處理，對於冷燙金印刷的品質是否有影響。此研究之前處理分為電暈處理、底塗處理。

(一) 電暈前處理

控制相同之印刷參數，以及控制電壓輸出值為 15kv，比較 PET 與 PVC 兩種不同表面特性之基材對於冷燙金印刷之品質影響。此研究假設以實驗組別 4 與組別 9 進行比較，此兩組別之實驗數據如表 4-3 所示，由表 4-3 之品質應變相結果可得知，對於 PET 與 PVC 承印基材同樣施以 15kv 電暈處理，品質相之牢度與抗刮性均達到平均分數為 5 之最佳品質，但 PET 承印基材之轉移率與圖像清晰度平均分數為 5 分，而 PVC 承印基材的平均分數為 4 分。

表 4-3：不同表面特性施以相同電暈前處理之品質應變相統計表

實驗組別	自變相			品質應變相(平均值)					
	材質	電暈處理		底塗 (μm)	轉移率	圖像 清晰度	牢度	抗刮性	總分
		電暈值 (kv)	達因數 (dynes/cm ²)						
4	PET	15	42	無	5	5	5	5	20
9	PVC	15	42	無	4	4	5	5	18

由表 4-3 可得知，PET 承印基材具有較佳的轉移率與圖像清晰度，此組別之實驗結果與前章節承印基材於電暈處理 0kv(未施以電暈處理)，PVC 具有較佳的轉移率、圖像清晰度之結果不同。分析主要因 PVC 具有較高活性與較佳之接著性，故於較低表面達因數之表面特性下能獲得較佳之冷燙金印刷品質；然而此實驗組別對承印基材進行了 15kv 的電暈處理(承印基材之表面達因數均達到 42dynes/cm²)，無論是 PET 或是 PVC 承印基材，均能達到本研究最佳之牢度品質，但兩種承印基材之轉移率、與圖像清晰度品質並非一致，表示轉移率與圖像清晰度此兩品質相與承印基材之其他特性有相關。

PET 承印基材於製作過程中經過雙軸延伸，而 PVC 承印基材僅單軸擠壓成型，故 PET 承印基材具有較佳的表面平整性。經實際透過表面粗度計量測 5 份承印基材之表面平整性，粗度值單位為 μm ，代表量測距離內表面高低差之變化值，粗度值越高，表示表面高低差越大；反之粗度值越小，表示表面高低差越小，即承印基材表面越平整。PET 之表面粗度範圍值為 0.2~0.4 μm ，PVC 之表面粗度範圍值為 0.7~0.9 μm ，即表示 PET 承印基材具有較佳的表面平整性，故於此實驗組別中，PET 承印基材獲得了較佳之轉移率、圖像清晰度。

故對於不同表面特性之承印基材，施以相同之電暈前處理，對於冷燙金印刷的品質有影響之假設獲得驗證。另發現冷燙金印刷之品質並非僅與承印基材之表面達因數特性相關，承印基材之平整性也可能是影響冷燙金印刷品質的因素。因平整性非本研究之研究應變變項，故不將承印基材之平整性列為研究發現項目。

(二) 底塗前處理

控制相同之印刷參數，設定電壓輸出值為 15kv，以及控制固定之白墨底塗處理為 2.9~30 μm ，比較 PET 與 PVC 兩種不同表面特性之承印基材對於冷燙金印刷之品質影響。此研究假設以實驗組別 5 與組別 10 進行比較，此兩組別之實驗數據如表 4-4 所示，由表 4-4 之品質應變相結果可得知，對於 PET 與 PVC 承印基材同樣施以 3 μm 底塗前處理，品質相之轉移率、圖像清晰度、牢度、抗刮性等品質相均達最佳的品質，平均分數均為 5。

表 4-4：不同表面特性施以相同白墨前處理之品質應變相統計表

實驗組別	自變相			品質應變相(平均值)					
	材質	電暈處理		底塗(μm)	轉移率	圖像清晰度	牢度	抗刮性	總分
		電暈值(kv)	達因數(dynes/cm^2)						
5	PET	15	42	2.9~3.0	5	5	5	5	20
10	PVC	15	42	2.9~3.0	5	5	5	5	20

不同表面特性之承印基材同時施以白墨處理，兩種承印基材之冷燙金印刷品質相同，各品質項平均分數均為 5，均達到本研究之最佳品質，無法由此兩實驗組別中獲知是否存在差異。故對於不同表面特性之承印基材，施以相同之白墨底塗前處理，無法證明對於冷燙金印刷的品質具有影響，但可得知對於白墨底塗處理，可提高冷燙金印刷之品質。

依據處理之方式與結構而言，底塗前處理為於承印基材上覆蓋了一層 2.9~30 μm 厚度的白墨，白墨本身亦具有其表面特性，故對於兩種不同表面特性之 PET 與 PVC 承印基材而言，當施以白墨處理時，此兩種承印基材之表面特性則被白墨塗層取代，此兩種不同承印基材施以白墨塗層處理後，可視為具有相同表面特性之基材，故此條件下可獲得相同之冷燙金印刷品質。

三、相同種類之承印基材，施以不同前處理，對於冷燙金印刷的品質有影響

於此項目為分別對於 PET 與 PVC 兩種承印基材，研究討論施以不同之前處理，對於冷燙金印刷的品質是否有影響。此研究所稱之前處理為電暈處理與底塗處理。

(一) PET 承印基材施以不同前處理

此研究假設以實驗組別 4 與組別 5 進行比較，此兩組別之實驗數據如表 4-5 所示，由表 4-5 之品質應變相結果可得知，分別對於 PET 承印基材施以電暈處理 15kv 與 3 μ m 白墨塗層處理，均獲得最佳的冷燙金品質，各品質相平均分數均達 5。故研究者無法藉由此兩組別之實驗結果驗證此兩種不同之前處理方式對於冷燙金印刷品質相具有影響。

表 4-5：相同 PET 基材各施以電暈處理與白墨處理之品質應變相統計表

實驗組別	自變相				品質應變相(平均值)				
	材質	電暈處理		底塗 (μ m)	轉移率	圖像 清晰度	牢度	抗刮性	總分
		電暈值 (kv)	達因數 (dynes/cm ²)						
4	PET	15	42	無	5	5	5	5	20
5	PET	15	42	2.9~3.0	5	5	5	5	20

雖對於 PET 基材無法驗證 15kv 電暈處理與 3 μ m 白墨底塗處理對於冷燙金印刷品質之影響，但不代表電暈處理與白墨底塗處理不會影響冷燙金印刷之品質。

再比較相同 PET 承印基材於電暈處理與白墨處理之結果，以實驗組別 3 與組別 5 進行比較，此兩組別之實驗數據如表 4-6 所示，由表 4-6 之品質應變相結果可得知，組別 3 為對於 PET 承印基材施以 10kv 電暈處理，組別 3 之轉移率平均分數為 4、圖像清晰度為 3、牢度為 3、抗刮性為 2，而白墨前處理各品質項平均分數均為 5，故對於 PET 承印基材當施以不同前處理方式，會影響冷燙金印刷的品質項之假設，於此實驗組別中獲得驗證，白墨底塗前處理較 10kv 電暈處理具有較佳之冷燙金印刷品質。

表 4-6：相同 PET 基材各施以電暈處理與白墨處理之品質應變相統計表

實驗組別	自變相				品質應變相(平均值)				
	材質	電暈處理		底塗 (μm)	轉移率	圖像 清晰度	牢度	抗刮性	總分
		電暈值 (kv)	達因數 (dynes/cm ²)						
3	PET	10	40	無	4	3	3	2	12
5	PET	15	42	2.9~3.0	5	5	5	5	20

由上述結果，可得知白墨底塗處理與 15kv 電暈處理品質項無明顯差異，但與 10kv 電暈處理比較，白墨底塗處理之品質明顯較電暈處理佳。由此發現不同程度之電暈處理，對於品質項有影響，對於 PET 承印基材而言，當電暈處理後承印基材表面達因數達 42dynes/cm² 以上，會較達因數為 40dynes/cm² 者具有較佳之品質。有關達因數對於品質項變化之討論與分析將於後續章節中進行討論。

(二) PVC 承印基材施以不同前處理

此研究假設以實驗組別 9 與組別 10 進行比較，此兩組別之實驗數據如表 4-7 所示，由表 4-7 之品質應變相結果可得知，對於 PVC 承印基材當施以電暈處理 15kv 後，轉移率與圖像清晰度平均分數為 4，牢度與抗刮性平均分數為 5；對於 PVC 承印基材施以 3 μm 白墨塗層處理，冷燙金印刷品質相均獲達到最佳的狀態，各品質項之平均分數均為 5。對於 PVC 承印基材經過不同前處理方式，各施以 15kv 電暈處理與 3 μm 白墨處理，對於冷燙金印刷之品質具有影響之假設獲得驗證。即對於 PVC 承印基材而言，白墨處理能較電暈處理獲得更佳之冷燙金印刷品質。

表 4-7：相同 PVC 基材各施以電暈處理與白墨處理之品質應變相統計表

實驗組別	自變相				品質應變相(平均值)				
	材質	電暈處理		底塗 (μm)	轉移率	圖像 清晰度	牢度	抗刮性	總分
		電暈值 (kv)	達因數 (dynes/cm ²)						
9	PVC	15	42	無	4	4	5	5	18
10	PVC	15	42	2.9~3.0	5	5	5	5	20

對於 PVC 承印基材於前章節已討論過其轉移率、以及圖像清晰度與承印基材之表面平整性有關聯。具有較佳平整性之承印基材表面，可獲得較佳之冷燙金印刷品質。經實際透過表面粗度計量測，PVC 之平均表面粗度值為 0.7~0.9 μm ，對於經過白墨底塗處理之表面粗度值為 0.3~0.4 μm ，即表示白墨底塗處理可增加 PVC 承印基材之表面平整性，同時提高了冷燙金印刷之品質。

由此研究組別結果中發現承印基材之平整性也可能是影響冷燙金印刷品質的因素。但因平整性非本研究之研究應變變項，故不將承印基材之平整性列為本研究之研究發現項目。

四、相同種類之承印基材，施以不同程度之電暈處理，對於品質項有影響

於此項目為分別對於 PET 與 PVC 兩種承印基材，研究討論施以不同程度之電暈處理對於冷燙金印刷之品質影響。本研究電暈處理分為 0、5、10、15kv 四種，其表面達因值各為 34、38、40、42dynes/cm²。後續將分別對於 PET 與 PVC 承印基材進行實驗結果之敘述與分析。

(一) PET 承印基材

此研究假設以實驗組別 1、組別 2、組別 3、組別 4 進行比較，此四組別之實驗數據如表 4-8 所示，由表 4-8 之品質應變相結果可得知，組別 4 施以 15kv 電暈處理所獲得之冷燙金印刷品質最佳，各品質相之平均分數均為 5；而組別 3 施以 10kv 電暈處理之品質相之轉移率為 4、圖像清晰度為 3、牢度為 3、抗刮性為 2，10kv 電暈處理的品質項明顯較 15kv 者差；而組別 1 與組別 2，為各施以 0kv 與 5kv 兩實驗組別的品質項之各平均分數均小於 2，品質更較 10KV 者差。

表 4-8：相同 PET 基材施以不同程度電暈處理之品質應變相統計表

實驗組別	自變相			品質應變相(平均值)					
	材質	電暈處理		底塗 (μm)	轉移率	圖像 清晰度	牢度	抗刮性	總分
		電暈值 (kv)	達因數 (dynes/cm ²)						

1	PET	0	34	無	2	1	1	1	5
2	PET	5	38	無	2	1	2	1	6
3	PET	10	40	無	4	3	3	2	12
4	PET	15	42	無	5	5	5	5	20

由上述結果，可得知對於 PET 承印基材施以不同程度電暈處理，其品質項會隨著電暈處理的程度產生變化，故此項研究假設於此研究組別中獲得驗證。

由相關文獻可得知達因數為影響一般印刷製程之印刷品質之因素，由此組實驗結果中發現，承印基材表面之達因數高低也對於冷燙金印刷製程品質有影響。

於此實驗組別結果，可得知對於 PET 承印基材之冷燙金印刷品質與電暈處理程度成正比關係，越高之電暈處理程度，冷燙金印刷品質越好；越高之電暈處理程度，也代表承印基材具有越高之表面達因數，故也可得知冷燙金印刷品質與承印基材之表面達因數成正比關係。並於此實驗組別中發現對於 PET 承印基材，表面達因數 42dynes/cm^2 為冷燙金印刷品質之分界點，達因數小於 42 dynes/cm^2 以下者，達因數越低者，其冷燙金印刷品質則越差。

(二) PVC 承印基材

此研究假設以實驗組別 6、組別 7、組別 8、組別 9 進行比較，此四組別之實驗數據如表 4-9 所示，由表 4-9 之品質應變相結果可得知，組別 8 與組別 9 各施以 10kv 與 15kv 電暈處理，所獲得之冷燙金印刷品質最佳，品質相之轉移率、清晰度平均分數為 4，牢度與抗刮性平均分數為 5；而組別 7 施以 5kv 電暈處理之品質相之轉移率為 4、圖像清晰度為 3、牢度為 4、抗刮性為 4；組別 6 為施以 0kv 電暈處理之品質項轉移率為 3、圖像清晰度為 2、牢度為 2、抗刮性為 2。由此實驗中發現，0kv 電暈處理品質最差，隨著電暈處理程度提高，品質相也隨之提升。

表 4-9：相同 PVC 基材施以不同程度電暈處理之品質應變相統計表

實驗組別	自變相				品質應變相(平均值)				
	材質	電暈處理		底塗 (μm)	轉移率	圖像 清晰度	牢度	抗刮性	總分
		電暈值 (kv)	達因數 (dynes/cm^2)						
6	PVC	0	34	無	3	2	2	2	9

7	PVC	5	38	無	4	3	4	4	15
8	PVC	10	40	無	4	4	5	5	18
9	PVC	15	42	無	4	4	5	5	18

由上述結果，可得知對於 PVC 承印基材施以不同程度電暈處理，其品質項會隨著電暈處理的程度產生變化，故此項研究假設於此研究組別中獲得驗證。

於此實驗組別結果，也可得知對於 PVC 承印基材之冷燙金印刷品質變化趨勢與 PET 承印基材類似。故可得知 PVC 承印基材之品質相也與電暈處理程度以及表面達因數成正比關係，越高之電暈處理程度，冷燙金印刷品質越好。但於此實驗組別中發現對於 PVC 承印基材，經過電暈處理之表面達因數達 40dynes/cm² 以上，其品質相狀況與達因數為 42dynes/cm² 組別相同，品質相並未因施以更高電暈處理達到更高之達因數而有變化。故藉由此實驗結果得知，對於 PVC 承印基材，40dynes/cm² 為冷燙金印刷品質之分界點，達因數小於 40dynes/cm² 以下者，達因數越低者，其冷燙金印刷品質則越差。

第二節 兩因子變異數分析

本節主要探討承印基材種類與前處理方式兩個自變相，對於響冷燙金印刷品質是否具有顯著差異。使用 SPSS 17.0 統計軟體進行兩因子變異數分析，以檢定依變項在各種處理組合之下所產生的結果是否相等，是否具有顯著差異。本研究所設定之顯著水準 α 值均為 0.05。

假設一：不同種類之承印基材於未施以前處理下，其表面特性對於冷燙金印刷品質沒有顯著影響。

$$H_0: \mu_j = \mu \quad ; \quad H_1: \mu_j \neq \mu$$

此假設檢定的目的是對未經過任何前處理的承印基材種類對於冷燙金印刷品質做檢定分析，以了解承印基材種類對於冷燙金印刷品質變化是否具有顯著影響。本研究使用兩種承印基材，利用 SPSS 17.0 統計軟體的比較平均數法 (Compare Means) 選單下的單因子變異數分析 (One-way ANOVA) 功能進行檢定。以承印基材作為因子，冷燙金印刷品質做為依變數，進行單因子變異數分析，經過

統計軟體分析結果如表 4-10 所示。

表 4-10：不同種類承印基材之變異數分析

冷燙金品質

	平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性
組間	54.450	1	54.450	97.040	.000
組內	10.100	18	.561		
總和	64.550	19			

由表 4-10 分析結果顯示，此兩不同種類之承印基材檢定之 F 值為 97.040，P 值為 0.000，小於 α 值 0.05，由此可知，假設檢定已達顯著水準，所以拒絕虛無假設 H_0 ，接受對立假設 H_1 。表示不同種類之承印基材對於冷燙金印刷品質有顯著影響，即 PET 與 PVC 此兩種承印基材在未經過前處理前，是具有不同之冷燙金印刷品質。

另藉由描述性統計量，統計數據中顯示 PET 承印基材之冷燙金品質平均數為 5.5，而 PVC 承印基材之冷燙金平均數為 8.8，如表 4-11 所示。表示未經過前處理之 PVC 承印基材較未經過處理之 PET 承印基材有著較佳之冷燙金印刷品質，此結果與第一節敘述性統計結論相同。

表 4-11：不同種類承印基材之描述性統計

冷燙金品質

	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的 95% 信賴區間		最小值	最大值
					下界	上界		
PET	10	5.50	.972	.307	4.80	6.20	5	8
PVC	10	8.80	.422	.133	8.50	9.10	8	9
總和	20	7.15	1.843	.412	6.29	8.01	5	9

假設二：不同種類之承印基材，施以相同前處理，對於冷燙金印刷品質沒有顯著影響。

$$H_0: \mu_{ij} = \mu; H_1: \mu_{ij} \neq \mu$$

本假設檢定的目的為對於不同種類之承印基材，當施以相同方式之前處理對於冷燙金印刷品質做檢定分析。以承印基材與前處理作為因子，冷燙金印刷品質做為依變數，因本研究所設定的前處理分為電暈處理以及白墨處理兩種方式，電暈處理有三種水準，白墨處理僅有單一水準，本研究不探討此兩種處理方式之交互作用，將對此兩種處理方式各別進行變異數分析，對於電暈處理組別使用 SPSS 17.0 統計軟體之一般線性模式 (General Linear Model) 選單下的單變量 (Univariate) 功能來做檢測；對於白墨處理組別，則採用單因子變異數分析 (One-way ANOVA) 功能進行檢定，經過統計軟體分析結果如表 4-12、與表 4-13 所示。

表 4-12：不同種類承印基材經電暈處理之變異數分析

依變數：冷燙金品質

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
校正後的模式	1244.950a	5	248.990	734.725	.000
截距	13053.750	1	13053.750	38519.262	.000
基材	260.417	1	260.417	768.443	.000
電暈	706.800	2	353.400	1042.820	.000
誤差	18.300	54	.339		
總數	14317.000	60			
校正後的總數	1263.250	59			

a. R 平方 = .986 (調過後的 R 平方 = .984)

由表 4-12 分析結果顯示，此兩不同種類之承印基材經過電暈處理檢定之 F 值

各為 768.443 及 1042.820，其 P 值均為 0.000，小於 α 值 0.05，由此可知，假設檢定已達顯著水準，所以檢定的結果是拒絕虛無假設 H_0 ，接受對立假設 H_1 。表示不同種類之承印基材經過相同的電暈處理後，對於冷燙金印刷品質有顯著影響，即 PET 與 PVC 此兩種承印基材在經過電暈處理後，是具有不同之冷燙金印刷品質。

表 4-13：不同種類承印基材經白墨處理之變異數分析

冷燙金品質

	平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性
組間	.000	1	.000	.000	1.000
組內	5.200	18	.289		
總和	5.200	19			

由表 4-13 分析結果顯示，此兩不同種類之承印基材經過白墨處理檢定之 F 值為 0.000，其 P 值為 1.000，大於 α 值 0.05，由此可知，假設檢定未達顯著水準，所以檢定的結果是接受虛無假設 H_0 。表示不同種類之承印基材經過相同的白墨處理後，對於冷燙金印刷品質無顯著影響，即 PET 與 PVC 此兩種承印基材在經過白墨處理後，冷燙金印刷之品質無明顯差異。

本研究品質總分最高 20，分數越高表示冷燙金印刷品質越好。藉由描述性統計量，如表 4-14 所示，統計數據中顯示 PET 與 PVC 承印基材之冷燙金品質平均數均為 19.8，已接近評分基準之最佳品質，表示白墨處理可提高 PET 與 PVC 此兩種承印基材之冷燙金印刷品質，此結果與第一節敘述性統計結論相同。

表 4-14：不同種類承印基材經白墨處理之描述性統計

冷燙金品質

	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的 95% 信賴區間		最小值	最大值
					下界	上界		
1	10	19.8000	.63246	.20000	19.3476	20.2524	18.00	20.00

2	10	19.8000	.42164	.13333	19.4984	20.1016	19.00	20.00
總和	20	19.8000	.52315	.11698	19.5552	20.0448	18.00	20.00

假設三：相同種類之承印基材，施以不同之前處理，對於冷燙金印刷品質沒有顯著影響。

$$H_0: \mu_{i\beta 1} = \mu_{\beta 1} (i=1, 2, 3, 4, 5) ; \mu_{i\beta 2} = \mu_{\beta 2} (i=1, 2, 3, 4, 5)$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu$$

本假設檢定的目的為對於相同種類之承印基材，個別施以不同的前處理對於冷燙金印刷之品質做檢定分析。分別以 PET 與 PVC 承印基材，搭配電暈處理及白墨處理作為因子，冷燙金印刷品質做為依變數。本假設之不同前處理指 15KV 電暈處理以及白墨處理，利用 SPSS 17.0 統計軟體的比較平均數法(Compare Means)選單下的單因子變異數分析(One-way ANOVA)功能進行檢定，經過統計軟體分析結果如表 4-15、4-16 所示。

表 4-15：PET 承印基材經不同前處理之變異數分析

冷燙金品質

	平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性
組間	.050	1	.050	.117	.736
組內	7.700	18	.428		
總和	7.750	19			

由表 4-15 分析結果顯示，相同 PET 承印基材經過不同方式之前處理檢定之 F 值為 0.117，檢定之 P 值均大於 α 值 0.05，由此可知，假設檢定未達顯著水準，所以檢定的結果是接受虛無假設 H_0 。表示對於 PET 承印基材使用 15kv 電暈處理與白墨處理後，對於冷燙金印刷品質無顯著影響。即 PET 承印基材在 15kv 電暈處理與白墨處理後，冷燙金印刷之品質無明顯差異。

表 4-16：PVC 承印基材經不同前處理之變異數分析

冷燙金品質

	平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性
組間	16.200	1	16.200	182.250	.000
組內	1.600	18	.089		
總和	17.800	19			

由表 4-16 分析結果顯示，相同 PVC 承印基材經過不同方式之前處理，檢定之 F 值為 182.250，P 值為 0.000，P 值大於 α 值 0.05，由此可知，假設檢定已達顯著水準，所以檢定的結果是拒絕虛無假設 H_0 ，接受對立假設 H_1 。表示對於 PVC 承印基材經過 15kv 電暈處理與白墨處理後，對於冷燙金印刷品質有顯著影響，即 PVC 承印基材在經過 15kv 電暈處理與白墨處理後，是具有不同之冷燙金印刷品質。

假設四：相同種類之承印基材，施以不同程度之電暈處理，對於冷燙金印刷品質沒有顯著影響。

$$H_0: \mu_{i\beta 1} = \mu_{\beta 1} (i=1, 2, 3, 4) ; \mu_{i\beta 2} = \mu_{\beta 2} (i=1, 2, 3, 4)$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu$$

本假設檢定的目的為對於相同種類之承印基材，經過不同程度之電暈處理對於冷燙金印刷之品質做檢定分析。各別於 PET 與 PVC 承印基材與不同程度之電暈處理作為因子，冷燙金印刷品質做為依變數。本研究假設所設定的電暈前處理分為四種水準，使用 SPSS 17.0 統計軟體的比較平均數法(Compare Means)選單下的單因子變異數分析(One-way ANOVA)功能進行檢定，經過統計軟體分析結果如表 4-17、4-18 所示。

表 4-17：PET 承印基材經不同程度電暈處理之變異數分析

冷燙金品質

	平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性
組間	1301.275	3	433.758	740.062	.000
組內	21.100	36	.586		
總和	1322.375	39			

表 4-18：PVC 承印基材經不同程度電暈處理之變異數分析

冷燙金品質

	平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性
組間	576.875	3	192.292	854.630	.000
組內	8.100	36	.225		
總和	584.975	39			

由表 4-17、4-18 分析結果顯示，相同承印基材經過不同程度之電暈處理，PET 承印基材檢定之 F 值 740.062 為，P 值為 0.000；PVC 承印基材檢定之 F 值為 854.630，P 值為 0.000，此兩種承印基材檢定之 P 值均大於 α 值 0.05，由此可知，假設檢定已達顯著水準，所以檢定的結果是拒絕虛無假設 H_0 ，接受對立假設 H_1 。表示對於 PET 與 PVC 這兩種承印基材，於分別經過不同程度之電暈處理後，對於冷燙金印刷品質有顯著影響，即 PET 與 PVC 承印基材在經過不同程度電暈處理後，是具有不同之冷燙金印刷品質。

第三節 相關性分析

相關分析主探討各變數之間的相關程度及相關方向(方世榮，2005)。本研究將採用皮爾森(Pearson)相關係數進行各變數間之相關性分析。於本研究中聚焦於承印基材種類、前處理方式以及前處理程度進行冷燙金印刷品質之研究，於此章節中，將對各品質應變相進行相關性分析，藉以驗證各品質應變相間是否具有相關性、以及其相關程度與相關方向。

皮爾森相關係數(γ)越高則代表兩變數關係越密切，越低則表示不相關，一般 γ 值介於-1至+1之間。皮爾森相關係數與相關程度對應關係，如表4-19所示。

表4-19：皮爾森相關係數與相關程度之對照表(陳景堂，1999)

相關係數(γ)	相關程度
0.8以上	極高
0.6~0.8	高
0.4~0.6	普通
0.2~0.4	低
0.2以下	極低

本相關分析使用 SPSS 17.0 的相關(Correlate)選單下的雙變數(Bivariate)功能進行統計，顯著水準 α 值 0.05。冷燙金各品質項間之 Pearson 相關分析結果，如表 4-20 所示。由表 4-20 分析結果，對於品質項之相關性分析如下：

1. 各品質項間之檢定顯著性 P 值均為 0.000，於顯著水準為 0.01 時，各品質項間之相關性顯著。
2. 對於轉移率而言，分別與品質項度、牢度、抗刮性之相關係數分別為 0.912、0.776、0.792。轉移率與清晰度關聯強度為極高度正相關，亦即轉移率越高則清晰度越高。另轉移率與牢度及抗刮性之關聯強度為高度正相關，也就是說轉移率越好，牢度與抗刮性也越好。
3. 對於清晰度而言，分別與品質項牢度、抗刮性之相關係數分別為 0.842、0.856。清晰度與牢度、抗刮性之關聯強度均為極高度正相關，亦即清晰度越好，牢度與抗刮性也越好。
4. 對於牢度與抗刮性之相關係數為 0.92。牢度與抗刮性也為極高度正相關，亦即牢度越好，抗刮性也越好。

表 4-20：冷燙金品質項之 Pearson' 相關分析

	轉移率	清晰度	牢度	抗刮性
轉移率 Pearson 相關	1.000	.912**	.776**	.792**

	顯著性 (雙尾)	.	.000	.000	.000
	個數	100	100	100	100
清晰度	Pearson 相關	.912**	1.000	.842**	.856**
	顯著性 (雙尾)	.000	.	.000	.000
	個數	100	100	100	100
牢度	Pearson 相關	.776**	.842**	1.000	.920**
	顯著性 (雙尾)	.000	.000	.	.000
	個數	100	100	100	100
抗刮性	Pearson 相關	.792**	.856**	.920**	1.000
	顯著性 (雙尾)	.000	.000	.000	.
	個數	100	100	100	100

** 在顯著水準為0.01時 (雙尾)，相關顯著。

由以上相關分析顯示，轉移率與清晰度間之相關係數，較轉移率與牢度及抗刮性之相關係數高，亦即轉移率與清晰度之關聯強度比牢度及抗刮性高。而牢度與抗刮性間之相關係數，較牢度與轉移率及清晰度之相關係數高，即牢度與抗刮性之關聯強度比轉移率及清晰度高。

據方世榮(2005)著述指出，所觀察的二個變數依同一方向變動，並不隱含它們之間存在直接關係，這可能是透第三個變數所引起的，此種相關稱為假性相關(spurious correlation)。於第一節敘述性統計中對於轉移率與圖像清晰度進行了探討，由實驗結果獲得一推論：當承印基材於較低之表面達因數狀態下，轉移率與清晰度品質項受牢度項影響；但於承印基材於較高之表面達因數狀態下時，承印基材之表面平整度為影響轉移率與清晰度之主要因素。也就是說承印基材之表面平整度就是第三個變數，而表面平整度之影響會發生於當承印基材具有較高表面達因數狀況下。因平整性非本研究之研究應變變項，故不將承印基材之平整性列為研究發現項目。

第五章 結論與建議

本研究的前四章分別為緒論、文獻探討、研究方法及結果與討論，本章先提出研發重要之發現，並總結前四章作一整合性的結論，並提出後續相關研究之建議，內容包括：

第一節 研究發現

第二節 研究結果整合

第三節 後續研究建議

第一節 研究發現

目前冷燙金印刷製程除了應用於一般裝飾性的用途外，也朝向具有防偽功能特性方向發展，如防偽商標、射頻天線(RFID)、漸層網點等。但無論何種應用，前提仍是需要擁有良好的冷燙金印刷品質。研究結果發現承印基材與前處理方式與前處理強度是對於冷燙金印刷品質是具有顯著影響的，以下為本研究之發現：

一、不同種類之承印基材，會對於冷燙金印刷之品質產生影響。

(一) 研究結果顯示具有較高化學活性之承印基材，例如本研究中的 PVC 承印基材，具有較佳的冷燙金印刷品質。

(二) 研究結果顯示除了表面達因數外會影響冷燙金印刷品質外，承印基材之平整性也可能影響了冷燙金印刷品質；因平整性並非本研究所設定研究之項目，故平整性不列為本研究之研究結果。

二、不同前處理方式、不同前處理之強度，會對於冷燙金印刷之品質產生影響。

(一) 對於不同之承印基材，無論是電暈處理與白墨處理，均能提升冷燙金印刷之品質表現。

(二) 冷燙金印刷品質與電暈處理程度成正比關係。並發現對於 PET 承印基材，當電暈處理後基材表面達因數達 42dynes/cm^2 以上，會較達因數為

40dynes/cm² 者具有較佳之品質。對於 PVC 承印基材，表面達因數 40dynes/cm² 為冷燙金印刷品質之分界點，達因數小於 40dynes/cm² 以下者，達因數越低者，其冷燙金印刷品質則越差。

- (三) 相較於電暈處理，白墨處理可以更有效的提升冷燙金印刷之品質，且白墨處理不受限承印基材種類，均能擁有良好的冷燙金印刷品質。

三、各品質項之相關特性

- (一) 各品質項間於顯著水準為 0.01 時，各品質項間具有高度之正向相關，即轉移率、清晰度、牢度、抗刮性等品質項間具有顯著相關性。
- (二) 轉移率與清晰度之關聯強度比牢度及抗刮性高，即轉移率之品質提高，則清晰度品質也隨之提高；但牢度、抗刮性提高之程度不若清晰度高。
- (三) 牢度與抗刮性之關聯強度比轉移率及清晰度高，也就是說牢度與抗刮性為顯著相關，牢度品質提高，則抗刮性也會提高，但轉移率、清晰度提高之程度較低。
- (四) 承印基材之表面平整度為第三個變數，而表面平整度之影響會發生於當承印基材具有較高表面達因數狀況下。

第二節 研究結果整合

本研究主要在探討冷燙金印刷製程中，承印基材之表面特性對於冷燙金製程品質之影響，本研究的主要目的是：

- 一、探討塑膠承印基材之表面特性對於冷燙金印刷製程品質之影響。
- 二、探討改變塑膠承印基材之表面特性對於冷燙金印刷製程品質之影響。
- 三、探討品質應變項間之相關特性。
- 四、研究之結果，可提供業者了解材料表面特性對於冷燙金製程品質之影響，並做為業界對於冷燙金印刷製程參數調整之參考。

本研究採用了兩因子實驗設計，實驗設計為 5*2 兩因子設計，兩個因子分別

為(1)塑膠承印基材之種類，研究選用了 PET 與 PVC 兩種材料。(2)前處理方式，分為電暈處理以及底塗處理兩類，電暈處理分為 4 個水準，分別為 0kv、5kv、10kv、15kv，底塗處理僅選定 3 μ m 單一水準。實驗設計共有 10 種實驗處理組合，每組處理組合印刷 100 份樣張，以系統抽樣法各取樣 10 張樣本，使用 30 倍放大鏡(30X Light Scope)檢測轉移率、圖像清晰度品質；使用 3M-610-TAPE 檢測冷燙印刷品之牢度品質；使用瑞士 ZEHNTNER 牌 ZSH2090 鉛筆式硬度計檢測耐刮性品質。所測得的數據，再使用 SPSS 統計軟體進行資料的描述性與推論性統計分析。以下將就研究假設的檢定結果與發現作一彙整：

一、塑膠承印基材與冷燙金印刷品質特性之描述

(一) 承印基材種類與前處理，對於冷燙金印刷品質之影響

1. 研究顯示在未經前處理前，PVC 基材較 PET 基材具有較佳之冷燙金印刷品質表現。PVC 基材具有較高活性與較佳之接著性。研究結論為，具有較高之活性之承印基材具有較佳之冷燙金印刷品質。
2. 當施以電暈前處理後，此兩種承印基材之冷燙金印刷品質均有明顯提升，由表 4-3 可知，PET 基材之冷燙金印刷品質平均分析達 20，PVC 基材之平均分數為 18，可知對於不同之承印基材進行前處理會影響冷燙金印刷之品質。

(二) 不同前處理方式，對於冷燙金印刷品質之影響

1. 承印基材經過不同之前處理，由表 4-5 與表 4-7 所示，對於 PET 與 PVC 基材施以不同前處理方式，PET 基材於經過兩種前處理狀態下，其冷燙金印刷品質平均分析可達 20，PVC 基材施以電暈處理之平均分數為 18、施以白墨處理者平均分析達 20。由結果顯示，電暈處理與白墨處理，均能提升冷燙金印刷之品質表現。
2. 藉由不同之前處理方式，如表 4-3，可知 PET 基材之冷燙金印刷品質平均分析達 20，而 PVC 基材之平均分數為 18，即 PET 基材較 PVC 基材有較佳的品質。

3. 由表 4-7 可知，承印基材經過兩種前處理後，電暈處理者之冷燙金平均分數為 18，白墨處理之平均分數為 20，白墨處理可以更有效的提升冷燙金印刷之品質。

(三) 不同之電暈處理強度，對於冷燙金印刷品質之影響

1. 對於不同承印基材經過不同程度電暈處理後，由表 4-8，可得知越高之電暈處理強度能獲得較佳之冷燙金印刷品質，表示冷燙金印刷品質與電暈處理程度成正比關係。
2. 對於 PET 承印基材，當電暈處理後承印基材表面達因數達 42dynes/cm² 以上，會較達因數為 40dynes/cm² 者具有較佳之品質。對於 PVC 承印基材，表面達因數 40dynes/cm² 為冷燙金印刷品質之分界點，達因數小於 40dynes/cm² 以下，達因數越低者，其冷燙金印刷品質則越差。

二、假設檢定結果

本實驗為 5*2 兩因子設計，其兩因子變異數分析模式如下所示，所有檢定的顯著水準(α 值)均設定為 0.05。

$$Y_{ij} = \mu \dots + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ij} = \mu_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

< α 、 β 為前處理與承印基材種類兩因子， $\alpha\beta$ 為前處理與承印基材種類兩因子之交互作用， Y_{ij} 為實驗處理與個別差異的函數， i 、 j 分別為兩個因子的水準 ($i=1, 2, 3, 4, 5$; $j=1, 2$)， μ_{ij} 為實驗處理之平均數， ε_{ij} 為實驗隨機誤差變異>

假設一：不同種類之承印基材於未施以前處理下，其表面特性對於冷燙金印刷品質沒有顯著影響。 $H_0: \mu_j = \mu$; $H_1: \mu_j \neq \mu$

主要在檢定未經過任何前處理的承印基材，是否對於冷燙金印刷品質有顯著影響。假設檢定結果彙整如表 5-1 所示：

表 5-1：不同種類承印基材檢定結果彙整表

實驗因子	依變數	F 值	顯著性 (P 值)	檢設檢定	檢定結果
承印基材 種類	冷燙金印刷 品質	97.040	.000	拒絕 H0，接受 H1	有顯著差異
備註	承印基材種類：PET 與 PVC 承印基材				

由上述檢定結果彙整表，表示不同種類之承印基材對於冷燙金印刷品質有顯著影響，即 PET 與 PVC 此兩種承印基材在未經過前處理前，是具有不同之冷燙金印刷品質。

假設二：不同種類之承印基材，施以相同前處理，對於冷燙金印刷品質沒有顯著影響。 $H_0: \mu_{ij} = \mu$ ； $H_1: \mu_{ij} \neq \mu$

此假設檢定的目的為對於不同種類之承印基材，當各別施以相同方式之電暈及白墨前處理後，是否對於冷燙金印刷品質有顯著影響。假設檢定結果彙整如表 5-2 所示：

表 5-2：不同種類承印基材施以相同前處理之檢定結果彙整表

實驗因子	依變數	顯著性 (P 值)	檢設檢定	檢定結果
1. 承印基材種類 2. 前處理：電暈處理	冷燙金印 刷品質	.000	拒絕 H0，接受 H1	有顯著差異
1. 承印基材種類 2. 前處理：白墨處理	冷燙金印 刷品質	1.000	接受 H0	無顯著差異
備註	承印基材種類：PET 與 PVC 承印基材			

由上述檢定結果彙整表，表示此兩不同種類之承印基材經過電暈處理後對於冷燙金印刷品質有顯著影響，即 PET 與 PVC 兩種承印基材經過電暈處理後，是具

有不同之冷燙金印刷品質。

另不同之承印基材經過白墨處理後，檢定結果未達顯著水準，所以檢定的結果是接受虛無假設 H_0 ，表示 PET 與 PVC 此兩種承印基材在經過白墨處理後，冷燙金印刷之品質無明顯差異。

雖白墨處理與此檢定結果未達顯著水準，但藉由表 4-14 之描述性統計量，統計數據中顯示 PET 與 PVC 承印基材之冷燙金品質平均數均為 19.8，接近實驗中之最佳品質，表示白墨處理可提高 PET 與 PVC 此兩種承印基材之冷燙金印刷品質表現。

假設三：相同種類之承印基材，施以不同之前處理，對於冷燙金印刷品質沒有顯著影響。

$$H_0: \mu_{i\beta 1} = \mu_{\beta 1} \quad (i=1, 2, 3, 4, 5) ; \mu_{i\beta 2} = \mu_{\beta 2} \quad (i=1, 2, 3, 4, 5)$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu$$

此假設檢定的目的為對於相同承印基材，施以電暈處理與白墨處理，是否對於冷燙金印刷之品質具有顯著影響。假設檢定結果彙整如表 5-3 所示：

表 5-3：相同承印基材施以不同前處理之檢定結果彙整表

固定因子	實驗因子	依變數	顯著性 (P 值)	檢設檢定	檢定結果
承印基材 PET	前處理	冷燙金印 刷品質	.736	接受 H_0	無顯著差異
承印基材 PVC	前處理	冷燙金印 刷品質	.000	拒絕 H_0 ，接受 H_1	有顯著差異
備註	前處理：電暈處理及白墨處理				

相同 PET 承印基材經過不同方式之前處理，假設檢定未達顯著水準，表示對於 PET 承印基材使用 15kv 電暈處理與白墨處理後，對於冷燙金印刷品質無顯著影響。但另藉由表 4-5 之描述性統計表，數據表中此兩種前處理之冷燙金品質平均

數均為 20，為本實驗中之最佳品質，表示 15kv 電暈處理與白墨處理可提高 PET 承印基材之冷燙金印刷品質表現。

PVC 承印基材經過不同方式之前處理，假設檢定已達顯著水準，表示 PVC 承印基材經過 15kv 電暈處理與白墨處理後，對於冷燙金印刷品質有顯著影響，即 PVC 承印基材在經過 15kv 電暈處理與白墨處理後，是具有不同之冷燙金印刷品質。

假設四：相同種類之承印基材，施以不同程度之電暈處理，對於冷燙金印刷品質沒有顯著影響。

$$H_0: \mu_{i\beta 1} = \mu_{\beta 1} (i=1, 2, 3, 4) ; \mu_{i\beta 2} = \mu_{\beta 2} (i=1, 2, 3, 4)$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu$$

此假設檢定的目的為各別對於相同種類之承印基材，經過不同程度之電暈處理後，是否對於冷燙金印刷之品質有顯著影響。假設檢定結果彙整如表 5-4 所示：

表 5-4：相同承印基材施以不同前處理之檢定結果彙整表

固定因子	實驗因子	依變數	顯著性 (P 值)	檢設檢定	檢定結果
承印基材 PET	電暈處理	冷燙金印 刷品質	.000	拒絕 H0，接受 H1	有顯著差異
承印基材 PVC	電暈處理	冷燙金印 刷品質	.000	拒絕 H0，接受 H1	有顯著差異
備註	電暈處理：電暈電壓輸出強度為 0/5/10/15kv				

對 PET 承印基材經過不同程度之電暈處理，假設檢定達顯著水準，表示 PET 承印基材，於經過不同程度之電暈處理後，對於冷燙金印刷品質有顯著影響；即 PET 承印基材在經過不同程度電暈處理後，是具有不同之冷燙金印刷品質。由實驗結果中顯示，對於 PET 基材施以越高強度之電暈處理者，其冷燙金印刷品質越佳，電暈程度之品質表現為 15kv>10kv>5kv>0kv。

對 PVC 承印基材經過不同程度之電暈處理，假設檢定達顯著水準，表示 PVC

承印基材，於經過不同程度之電暈處理後，對於冷燙金印刷品質有顯著影響，即 PVC 承印基材在經過不同程度電暈處理後，是具有不同之冷燙金印刷品質。對 PVC 承印基材而言，當電暈處理強度達到 10kv 以上者，其冷燙金印刷品質則無明顯變化，電暈程度之品質表現為 $15\text{kv}=10\text{kv}>5\text{kv}>0\text{kv}$ 。

第三節 後續研究建議

一、給冷燙金印刷業界的建議

- (一) 研究結果發現，冷燙金印刷之品質與承印基材種類、前處理方式、前處理強度均有顯著影響。因此，於正式印刷前，須特別注意承印基材之化學特性、以及對於前處理方式與前處理強度進行調查與調整，以減少業界習慣的”試誤法”作業方式，避免造成資源浪費、工時成本之增加。
- (二) 研究結果顯示，冷燙金印刷之品質與電暈處理強有顯著關係。對於不同承印基材是需要不同程度之電暈處理。對於 PET 承印基材而言，電暈處理後基材表面達因數須達 42dynes/cm^2 ，對於 PVC 承印基材，表面達因數須達 40dynes/cm^2 以上，能獲得較佳之冷燙金印刷品質表現。
- (三) 承印基材平整度雖本研究設定之研究項目，但發現平整度對於冷燙金印刷品質也有影響。基材平整度越好，其冷燙金印刷品質也越好。若能於印刷加工前取得承印基材之平整度數據，對於冷燙金印刷之品質是有助益的。
- (四) 並藉由研究結果，白墨處理較電暈處理方式更能有效提升冷燙金印刷之品質。但對於印刷業者而言，白墨處理需額外增加印刷單元，且白色油墨也會增加冷燙金印刷製程之成本。故在使用白墨處理方式前，須評估白墨處理之成本效益。
- (五) 研究結果發現，轉移率與清晰度具有高度相關性，而牢度與抗刮性具有高度相關性。轉移率與清晰度與承印基材平整性有較大的關聯性，而牢度與抗刮性則與表面達因數有關聯性。此關聯性結果提供于業界做為後續處理

此類型品質問題之思考方向。

- (六) 此研究以承印基材種類、前處理方式與處理強度等自變相，探討對於冷燙金印刷品質之影響，不代表冷燙金印刷品質僅受此些變相影響。其它變相如 UV 黏著劑種類、UV 光照射強度、貼合壓力、貼合角度、剝離角度等，亦可能對於冷燙金印刷品質有影響。

二、 給未來研究方向的建議

- (一) 冷燙金印刷製程為結合了印刷、塗佈貼合兩種不同的製程，並與高分子材料、紫外光光固化原理有密切的關聯，所以冷燙金印刷製程所需注意的參數調整會較單純的色墨印刷製程複雜。故對於可能會影響冷燙印刷製程品質之參數，例如冷燙金金屬薄膜組成與特性、薄膜與基材之貼合角度、貼合壓力、薄膜與基材之分離角度、分離速度、UV 光照射強度與方式、UV 黏著劑種類等，或以微觀角度探討 UV 黏著劑與基材表面拉力平衡，均可作為未來的研究方向。
- (二) 本研究結果顯示承印基材之平整性也可能影響了冷燙金印刷品質。平整性越佳，所能獲得之品質越佳，但因平整性並非本研究所設定研究之項目，故承印基材之平整性對於冷燙金印刷品質之影響，也可作為後續研究之方向。
- (三) 冷燙金印刷製程除了可取代熱燙金製程，並冷燙金印刷製程能做到特殊之應用與效果。例如可應用在熱敏性材料，如聚氯乙稀(PVC)、聚乙烯(PE)、以及聚丙烯(PP)等熱敏感性材料；或是藉由漸層網點特殊效果，結合設計者的巧思，或搭配防偽油墨，達到特殊之防偽效果。此些冷燙金印刷之特殊應用也可做為未來研究方向、或印刷業界新型產品開發與應用之方向。
- (四) 本研究選定的品質變相為轉移率、圖像清晰度、牢度、耐刮性等四項，而實際作業上，尚有許多的品質問題，例如針孔、模糊的圖像、沾污、

亮度不均、魚眼、網點擴大、圖像龜裂、重影、皺折等。這些品質問題是否與本研究探討之自變相有相關、或是探討造成這些品質問題之真正因素，也是可以作為未來研究之方向。

- (五) 使用品質標準導表進行印刷品質之管控，於傳統色墨印刷相當常見，例如照相分色時用的灰色級數表(Gray Scale)、沖片時用的控制導表(Control Strip)、曬版時用的印版控制導表(Plate Control Wedge)等。但對於冷燙金印刷製程，目前並未發展出類似色墨印刷工序的控制導表。故建構出適合於冷燙金印刷的製程管制相關控制導表，也是未來值得進行研究之方向。

參考文獻：

中文部份：

王德海、江權(2001)。紫外光固化材料-理論與應用。北京：科學出版社。

王素菁、林慧如、黃元佳、賴汶林等(2000)。UV 油墨與傳統油墨在平版印刷品的品質表現之分析。世新印刷學報，第六期。

光群雷射科技公司(2006)。冷燙技術發展，印刷人雙月刊雜誌 169 期，P89. 90。台中：印刷人雜誌社出版。

光源公司(2003)。技術手冊-UV 紫外燈波長，P23。台中：未出版。

方世榮(2005)。統計學導論。台北：華泰文化事業股份有限公司出版。

林行健(1999)。印刷設計概論。台北：視傳文化事業有限公司出版。

林瑜平(2005)。精密塗佈製程之光—紫外線硬化技術之應用。工業材料雜誌，第 219 期。

吳祖銘(1999)。1930~1990 年代的台灣活版印刷發展之研究。高雄：國立科學工藝博物館。

吳宗嶽(1986)。紙張油墨印刷學。台北：徐氏基金會出版。

周文欽(2004)。研究方法-實徵性研究取向。台北：心理出版。

周震(2000)。印刷油墨。北京：化學工業出版社。

李偉波、陳亮。柔版印刷系統的全息印刷方法(P)。中國發明專利，CN1445099，2003-10-01。

胡順華(2004)。平板 UV 印刷 PVC 印材耐摩擦性之分析研究。世新大學平面傳播科技學系碩士論文。

黃振家、宗靜萍、林妙容、吳蕙芬、張書翎、錢俊豪(2003)。大眾媒體研究。台北：學富文化。

黃明達、王城(1993)。紙張油墨的印刷適性。北京：北京印刷工業出版社。

黃敏宗。立體浮凸之雷射裝飾印刷品(P)。中華民國新型專利，M384763，2010-7-21。

郭耀凱(2001)。張頁式 PVC 平版印刷 UV 光源最佳設置模式之研究。中國文化大學印刷傳播研究所碩士論文。

陳志維(2004)。燙金產品及製程介紹。新竹：未出版。

陳景堂(1999)。統計分析:SPSS for Windows 入門與應用。台北：儒林圖書有限公司。

陳忠輝、黎定南(2008)。樹脂版移印適性之探討。印刷科技，第 24 卷，第 2 期，67-68。

謝顯丞(2001)。電腦直接製版-版材之特性分析。台北：亞太圖書出版社。

謝俊雄(1998)。石油化學工業。台北：文京圖書出版。

謝東憲(2002)。影響平凸版底紋印刷品質因素之分析。台灣師範大學圖文傳播學系碩士論文。

閻素文、李文信(2004)。實用印刷技術叢書-特種印刷油墨。北京：化學工業出版社。

蕭耀輝(1984)。塑膠印刷技術。台北：五洲出版。

魏尚敬(1992)。最新印刷估價實用手冊。台北：設計家文化出版。

羅福林、李興才著(1995)。印刷工業概論上冊。台北：中國文化台北大學出版部。

羅福林、李興才著(1995)。印刷工業概論下冊。台北：中國文化台北大學出版部。

英文部分：

J. Michael, R. A. (2004). The new kid on the block: wet lamination, Cold Foil FOR DMMIES. Irvine, Wiley Publishing, Inc Press.

Mike, F. Y., Barry, H. T., Michael, H. E., Danielle, J. K., James, Q. K., Andy, T. S., (2005). Metacllic color printing, Labels & Labeling, Vol 26, issue#3, 37.

Mike, F. Y., Barry, H. T., Michael, H. E., Danielle, J. K., James, Q. K., Andy, T. S., (2010). Offset Open Day, Labels & Labeling, Vol.32, issue#3, 111.

Mike, F. Y., Barry, H. T., Michael, H. E., Danielle, J. K., James, Q. K., Andy, T. S., (2010). Fornt Cover Story, Labels & Labeling, Vol.32, issue#4, 13.

網頁部份：

台灣 FLEXO 彩集網頁(2004)。彩色印刷的控制與光譜儀/濃度計。2006 年 4 月 15 日，取自 <http://www.taiwanflexo.com/class/20040609.htm>

J. Michael Rivera(2004)。冷燙之 UV 技術。2006 年 4 月 17 日，取自大中華印藝網頁 <http://www.cgan.net/science/material/oil/04022905.htm>

台灣 FLEXO 彩集網頁(2004)。瑞士 *PRAXAIR* 花紋網目輪。2006 年 4 月 20 日，取自 <http://www.taiwanflexo.com/taiwan.htm>

台灣 FLEXO 彩集網頁(2005)。台灣的彈性凸板市場在哪裡?。2006 年 4 月 21 日，取自 <http://www.taiwanflexo.com/class/20050223.htm>

台灣 FLEXO 彩集網頁(2003)。花紋網目輪的清洗與存放。2006 年 4 月 21 日，取自 <http://www.taiwanflexo.com/class/20030328.htm>

台灣 FLEXO 彩集網頁(2005)。新一代「密閉式雙刮刀系統」，可在兩分鐘內完成更換刮刀片。2006 年 4 月 23 日，取自 <http://www.taiwanflexo.com/class/20050810.htm>

林和安(2000)。柯式印刷。2006 年 4 月 23 日，取自大中華印藝網頁-印藝書刊 <http://nc.big5.cgan.net/book/books/print/xkprint/xkpage/kj6.htm>

台灣 FLEXO 彩集網頁(2000)。簡易 Flexo 樹脂版製版過程。2006 年 4 月 24 日，取自 <http://www.taiwanflexo.com/class/20000919.htm>

台灣 FLEXO 彩集網頁(2003)。Flexo 印刷供墨系統的基本認識。2006 年 4 月 25 日，取自 <http://www.taiwanflexo.com/class/20010617.htm>

博研聯盟網頁(1997)。Standard Test Methods For Measuring Adhesion by Tape Test。2006 年 4 月 26 日，取自 <http://www.bylm.net/viewarticle.php?id=17325>

台灣 FLEXO 彩集網頁(2001)。選擇適當的 Anilox Roll 花紋滾輪。2006 年 4 月 27 日，取自 <http://www.taiwanflexo.com/class/20011121.htm>

印科印網(2005)。阿合斯印刷科技多種產品其亮相。2006 年 9 月 29 日，取自 <http://www.keyin.cn/input/Article/Html/2005-12-12/2005121259154.html>

台灣 FLEXO 彩集網頁(2006)。CORONA 電暈表面處理系統。2006 年 10 月 5 日，取自 <http://www.taiwanflexo.com/taiwan.htm/20060205.htm>

Siegwerk company(2007)。Coldfoil Printing Instead of Hot Foil Stamping: How Does Coldfoil Printing work?。2010年12月16日，取自Siegwerk公司網頁 http://www.siegwerk.com/fileadmin/user_upload/cc/Label/Siegwerk_Label_52_E.pdf

Kurz company(2010)。冷燙於窄幅輪轉機—如何運作。2010 年 12 月 19 日，取自 Kurz 公司網頁 <http://www.kurz.de/kurzweb/coldfoil/cn/tr/home.nsf/?Open&DirectURL=C125701C04CC2F9C1256A08003503C3>

Kurz company(2010)。冷燙箔應用的局限性。2010 年 12 月 20 日，取自 Kurz 公司網頁 <http://www.kurz.de/kurzweb/coldfoil/cn/tr/home.nsf/?Open&DirectURL=C125701C04CC2F9C1256A08003503C3>

永寬化學(2007)。新的設備 & 達因筆。2011 年 2 月 10 日，取自 http://www.everwide.com.tw/zh-tw/news_paper_online.php?id=5