

環保平版紫外線印墨 於聚氯乙烯被印材料 耐摩擦性之研究

陳忠輝、胡順華

摘要

平版印刷利用紫外線（UV）印墨能兼顧環保與品質，近來得到蓬勃發展。本研究針對聚氯乙烯（PVC）的表面處理狀況與平版UV印墨於此被印材料硬化情形進行探討，並對於印刷條件如印刷膜厚、燈管照射強度等於印刷PVC產生的耐摩擦性影響進行實驗分析。結果顯示，當材質本身表面處理在超過38達因值以上時，有相當好的硬化效果；在PVC被印材料表面處理良好（40達因），且UV照射強度足夠（160w/Cm²）的情形下，洋紅（M）、青（C）、黃（Y）、黑（B）及白（W）五種基本色其硬化效果為M>Y>C>W>K；最大膜厚0.175cc的展色PVC膠片在超強燈管照射強度照射下內部完全硬化反應之後有極佳的耐摩擦性。

關鍵詞

平版（offset）；紫外線（ultraviolet；UV）；聚氯乙烯（polyvinylchloride；PVC）；被印材料（substrate）；耐摩擦性（rub resistance）

壹、緒論

第一節、研究動機

雖然國內印刷業目前在平版（offset）印刷方面仍就以出版印刷為主流，但包裝印刷亦佔有一席之地。以往談到包裝印刷總讓人不由自主地聯想到凹版（gravure）或是彈性凸版（flexography）印刷，但現在情況不同了。那是由於近十年來平版印刷於紫外線（ultraviolet;UV）印墨市場蓬勃發展，不斷的研究及改良，開拓了許多適用材質的領域使然(1)。包括如聚氯乙烯（polyvinyl chloride；PVC）、聚乙烯（polyethylene；PE）、聚丙烯（polypropylene；PP）、聚苯乙烯（polystyrene；PS）、聚酯（polyethylene terephthalate；PET）、壓克力、鐵弗龍、玻璃、陶瓷、電子零件及電路板等(2-4)。

眼看著各項不同的適用材質佔有越來越多的印刷市場，接踵而來的便是印刷技術上的挑戰(5)。上述提到的適用被印材料（substrate）主要以塑膠類材質為主，這類材質的共通性是都擁有光滑及堅硬的表面，若要將UV印墨牢固地附著於其上具有相當的難度，因此儘管印刷的品質再好，若印刷品本身耐摩擦性（rub resistance）差，印紋部分易隨外力脫落仍舊難逃遭到退貨的下場(6)。雖然平版傳統印墨印刷於紙上也有耐摩擦性的問題，但顯然當被印材料為塑膠材質時情況更為明顯。當被印材料從

紙張轉變為各式塑膠材料後，主要的差異之處在於印墨成分與乾燥方式的不同(7)。

平版傳統印墨主要成份為顏料（pigment）、樹脂（resin）、溶劑（solvent），以及添加劑（additives）等。其乾燥的原理是靠印墨中的溶劑部份在空氣中揮發部份被印物所吸收而達到乾燥的效果。然而這種乾燥方式不但因溶劑散播導致空氣受到污染，而且乾燥時間較長(8-9)。

UV印墨主要成份則為顏料(pigment)、預聚物(oligomer)、單體(monomer)及添加劑(additives)和助劑等。它的特性(10)是：

- （一）乾燥快，只需短短0.3～0.5秒便可，印刷生產率亦相對提高。
- （二）UV印墨與被印刷物表面能起化學作用，因此貼合力特佳。
- （三）印紋部分抗水性和抗化學藥性好。
- （四）降低空氣的污染，揮發性有機化合物（volatile organic compounds; VOCs）含量幾乎等於零。

基於以上UV印墨的優點，除了希望業界多多推廣這種環保印墨，也為了能夠解決日後有關平版UV印墨在各種塑膠材質的耐摩擦性問題(11)，於是本研究特選用市場上運用最廣的PVC材質及大日本油墨公司生產的UV RT-7系列，並針對一般印刷界使用的標準四原色，包括洋紅（Magenta）、青（Cyan）、黃（Yellow）、黑（Black）及

白（White）五種印墨，以其印刷膜厚及UV光源照射強度分析其表面耐摩擦性優劣，找出最適印刷條件與模式，以提供印刷學界與相關從業人員參考。

第二節、研究目的

UV乾燥方式最早為世人採用大約是在1950年代，當時是用於汽車工業的塗料(2)，1960年代它被運用於平版印刷及網版印刷(4)，自此之後印刷方面被印材料的不斷更新，擴展了UV印墨印刷更寬廣的領域，雖然以UV印墨印刷於PVC等塑膠類印刷材質已經有很長時間，印墨與被印材料之間的關係探討仍舊扮演著相當重要的角色，要知道傳統印墨要印刷於PVC上面幾乎是不可能的，甚至使用UV印墨也無法保證百分之百完全無瑕疵地附著於其上，相關印刷條件的配合，印墨本身的特性，被印材料材質本身的表面處理等因素在在影響了印刷的完美性。

目前對於PVC材質平版印刷方面幾乎都使用UV印墨印刷，而面對耐摩擦性的問題一般印刷操作人員往往是抱著碰運氣的心態，印刷後從印刷機收紙部取來印刷品隨即以膠帶試黏印刷表面或是以指甲試刮方式來判斷UV印墨與PVC的密著程度，可想而知一遇到密著性較差的結果，整個印刷工程就得停了下來，接著毫無理論根據地添加一些助劑於印墨中再試印，若結果還是一樣，操作人員可能懷疑UV燈管老

舊，再不然就是PVC材質本身表面處理不好等等。

以上如此不科學的處理方式普遍存在於印刷生產單位，有鑑於此，本研究特地對於PVC材質的表面處理狀況與UV印墨密著情形進行探討，並對於印刷條件如印刷膜厚、燈管照射強度等對印刷PVC產生的耐摩擦性影響做實驗分析，裨助於日後印刷廠在印刷PVC材質時有所依循及憑據，並藉以實施。

第三節、研究問題與假設

一. 研究問題

有鑑於上述不合理現象，本研究針對PVC印刷材質印刷用UV印墨色相及印刷過程足以引起耐摩擦性差異之因素做詳細分析其問題如下：

- （一）PVC材質本身表面處理強度對於UV印墨印刷耐摩擦性的影響程度如何？
- （二）UV印墨色相不同時印刷於PVC材質上其耐摩擦性有何差異？
- （三）印刷時UV印墨膜厚不同對於耐摩擦性有何影響？
- （四）UV燈管照射強度對於UV印墨印刷後之耐摩擦性有何影響？

二. 研究假設

實驗之前對於PVC材質與UV印墨及印刷過程各項條件之影響變因所造成結果推測假設如下：

(一) PVC材質本身處理度越好其耐摩擦性越佳。

(二) 以UV印墨色相而言由於黑墨(K)表面易吸收紫外線造成內部墨層乾燥不良，而白墨(W)易反射紫外線同樣可能造成因乾燥不良，影響其耐摩擦性因此以色相而言紅(M)藍(C)黃(Y)墨較優而黑(K)白(W)墨較差。

(三) 由於印刷膜厚較薄時其印墨中光原起始劑能充分反應到硬化效果，因此墨層越厚其耐摩擦性越差。

(四) UV印墨靠UV燈管照射後達到硬化的效果，因此一般而言應該UV燈管照射強度越大其硬化效果越佳。

第四節、研究範圍與限制

本研究內容裡主要使用材料與設備特定以下對象：

- 一. 材質：聚氯乙烯(PVC)膠片表面處理度40達因。
- 二. 印墨：DIC Daicure RT-7 洋紅(magenta)、青(cyan)、黃(yellow)、黑(black)，及白(white)五種基本色。
- 三. 燈管：金屬鹵素燈。
- 四. 展色機：RI展色機及IGT展色機。
- 五. 計量器：微量天平及銅管定量器。
- 六. 學振型耐摩擦試驗機及200g法碼(用以測試表面耐摩擦性)。

藉由以上基本設備模擬印刷方式進行

實驗，主要研究範圍在於DIC Daicure

RT-7洋紅(M)、青(C)、黃(Y)、黑(B)及白(W)五種基本色對於UV印刷後附著於PVC材質尚有何差異？除此之外印刷膜厚及UV燈管強度對於UV印墨附著於PVC材質後其耐摩擦性有何差異。

本實驗以分析耐摩擦性差異為主，對於其他不影響耐摩擦性的條件因素皆不予以考慮，其研究限制如下：

- 一. 印刷速度及印刷壓力。
- 二. 水槽液的導電度及pH值。
- 三. 印墨的光澤度及疊印能力。
- 四. 印墨的TV(黏度)值及DM(流動)值。
- 五. 實驗UV燈管的種類。
- 六. 實驗現場環境溫溼度及其他干擾光源。

第五節、研究架構與流程

本實驗中分別以UV印墨中之洋紅(Magenta)、青(Cyan)、黃(Yellow)、黑(Black)及白(White)五種基本色以表面處理良好之PVC印材模擬一般印刷條件印上(1) 0.1 (2) 0.125 (3) 0.15 (4) 0.175c.c等四種不同膜厚進行耐摩擦性比較，再調整UV光源的照射強度為(1) 80W/cm² (2) 160W/cm² (3) 240W/cm²測試其耐摩擦性有何不同。如此一來除了UV印墨本身色相問題造成耐摩擦性差異之外，印刷膜厚及UV光源照射強度亦成了本實驗之變數，依實驗條件的不同，藉此分

析影響平版UV印墨印刷PVC材質耐摩擦性之原因。

貳、研究方法

本單元主要內容是敘述本實驗之方法器材程序與分析等，共分為二小節，第一節為實驗器材介紹，將依據研究目的設定相關實驗條件並將設備予以標準化，作為固定及改變實驗變數的基礎，並對實驗器材的特性做詳細介紹。第二節為實驗設計及執行，主要說明本實驗之實驗過程及實驗過程注意事項。

第一節、實驗器材

一. 實驗條件

為模擬真正印刷狀況，本實驗溫度及溼度皆與印刷現場相仿（溫度25度;相對溼度60%），採用RI展色機塗佈一固定膜厚印墨於PVC上進行實驗，由於實驗室中照明設備含有少量紫外線，為避免影響實驗結果，展色後即送入UV硬化系統中。

由於UV印墨保存期限較短，為確保印墨品質良好，本實驗所用印墨生產時間皆為3個月內所生產並低溫保存。

二. 材料及儀器

（一）材料：

1.印墨 採用大日本油墨公司所生產之DIC DAICURE RT-7 印墨，該印墨在台灣市場佔有率最高，品質較穩定且通過SGS (Societe Generale de Surveillance) Taiwan重

金屬安全檢驗標準。在實驗中為維持其品

表1、DIC DAICURE RT-7紅墨特性值

特性項目	印墨測試值	標準規範
TV值（粘著度）	11.8	11.0-12.0
DM（平行板粘度）	33.0	30.0-34.0
SL（斜率值）	6.6	3以上
DT（硬化時間）	合格	25m/min
GM（粒徑值）	2.0	3微米以下

表2、DIC DAICURE RT-7藍墨特性值

特性項目	印墨測試值	標準規範
TV值（粘著度）	11.4	11.0-12.0
DM（平行板粘度）	31.0	30.0-34.0
SL（斜率值）	4.1	3以上
DT（硬化時間）	合格	25m/min
GM（粒徑值）	2.0	3微米以下

表3、DIC DAICURE RT-7黃墨特性值

特性項目	印墨測試值	標準規範
TV值（粘著度）	10.4	10.0-11.0
DM（平行板粘度）	32.0	30.0-34.0
SL（斜率值）	3.3	3以上
DT（硬化時間）	合格	25m/min
GM（粒徑值）	2.5	3微米以下

表4、DIC DAICURE RT-7黑墨特性值

特性項目	印墨測試值	標準規範
TV值（粘著度）	12.6	12.0-13.0
DM（平行板粘度）	33.0	30.0-34.0
SL（斜率值）	5.0	3以上
DT（硬化時間）	合格	25m/min
GM（粒徑值）	3.0	3微米以下

表5、DIC DAICURE RT-7白墨特性值

特性項目	印墨測試值	標準規範
TV值（粘著度）	11.6	11.0-12.0
DM（平行板粘度）	34.0	32.0-35.0
SL（斜率值）	5.0	4以上
DT（硬化時間）	合格	25m/min
GM（粒徑值）	3.0	3微米以下

質穩定印墨中不再添加稀釋劑及皮膜強化劑等以免改變其原來印墨特性。其特性如下（如表1~5）：

2.PVC膠片

採用南龍公司出產之0.2mmPVC膠片，其特性如表6：

表6、PVC膠片特性值

出產廠商	南龍公司
膠片厚度	0.2mm
透明度	良好
表面處理前達因值	34
表面處理後達因值	36-40

（二）儀器：

1. 朝鯨牌UV乾燥系統（型號MH30EBC）

內設金屬鹵素燈及高壓水銀燈兩種，可依需要自行選擇（不可同時使用），另外可自行調整輸送帶速度以控制燈管照射時間（如圖1）。



圖1、朝鯨牌UV乾燥系統

2. AKIRA雙輥筒展色機（石川島產業機器株式會社）

模擬印刷方式先將定量墨圖於墨輥上，待均勻後用手動軸轉動轉印在被印材質上，該展色機特色為雙輥筒可同時做兩種相近色相展色比較，由於是手動操作因此使用該設備最好由專門操作人員執行展色，避免因施力的不同造成著墨不均的現象（如圖2）。

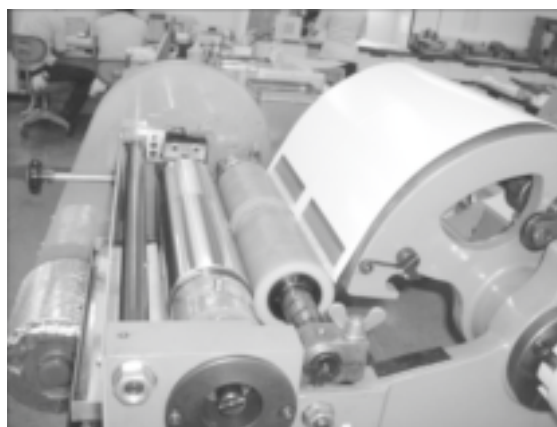


圖2、AKIRA雙輥筒展色機

3. 銅質量筒

由銅合金製成，類似針筒原理，上有刻度用來度量展色時需要之容積量，由於是合金所製成不易型變，確保筒內印墨容



圖3、銅質量筒

量的正確性。此外因展色種類較多時須注意每次使用完皆要確實將量筒清洗乾淨，以免影響下一次展色的印墨色相（如圖3）。

4.日本SUKA學振型耐摩擦試驗機

本耐摩擦試驗機主要功用在於測試塑膠印刷材料印刷後表面耐摩擦性的好壞，共設有六條測試線，可同時測試並有不同重量法碼以供不同需要測試條件。本實驗採用200g法碼外層包模造紙以增加摩擦性，開始運作後計數器可顯示已摩擦次數以供紀錄，爲了提高試驗準確性最好重複操作。詳見圖4：



圖4、日本SUKA學振型耐摩擦試驗機

第二節、實驗設計及執行

爲確實瞭解UV印墨印刷於PVC材質上經UV燈管照射後的密著狀況，首先依PVC材質本身處理度的差異做耐摩擦性測試。在材質表面處理度各爲（1）34（2）36（3）38（4）40達因值狀況下以UV黑墨固定膜厚0.15cc及燈管照射強度160W/cm²做分析比較繪製其耐摩擦性示意圖。然後再以UV印墨中之洋紅（Magenta）、青（Cyan）、黃

（Yellow）、黑（Black）及白（White）五種基本色，以表面處理度40達因之PVC印材模擬一般印刷條件用RI展色機於準備材質表面塗上（1）0.1（2）0.125（3）0.15（4）0.175c.c等四種不同膜厚進行耐摩擦性比較，再調整UV光源的照射強度爲（1）80W/cm²（2）160W/cm²（3）240W/cm²測試其耐摩擦性有何不同，爲了讓耐摩擦實驗數據化，本實驗採用200克金屬法碼當作摩擦器觀察其印刷表面遭到因摩擦產生破壞同時的摩擦次數爲何。藉以區別不同印刷條件的耐摩擦性好壞。

一. PVC材質本身處理度的差異分析實驗

先準備以電暈放電處理程度不同各爲（1）34（2）36（3）38（4）40達因值之PVC薄片依次裝設於RI展色機展色筒上，然後再以銅製量管裝入適量UV RT-7黑墨至刻度0.15c.c處用墨刀數次壓入印墨，避免量管中留有空氣，將量管中印墨全數均勻擠壓至RI展色機之輥筒上，啓動電源使墨輥均勻附著印墨，待印墨分佈均勻後轉動把手進行展色，完成後立即送至UV硬化系統中，以金屬鹵素燈160 W/cm²強度使其硬化。

最後將以上四種不同表面處理之PVC片同時置於學振型耐摩擦設備弧形台上，各裝上200g金屬法碼（外層包住模造紙以增加摩擦力）啓動電源後計時器會顯示金屬法碼摩擦次數，當原本表面爲黑色之印

刷物印墨層受到破壞時，立即紀錄該印刷片耐摩擦次數，逐次紀錄到最後一片時即可獲悉不同表面處理之PVC材質有何差異。

二. 色相差異比較

固定PVC表面處理度為40達因並且設定燈管照射強度為160w/Cm²單純就UV色相做耐摩擦性分析。

首先取UV洋紅（Magenta）、青（Cyan）、黃（Yellow）、黑（Black）及白（White）五種基本色，以銅製量管個別裝入0.15c.c之印墨塗於RI展色機上，再裝設已準備好之PVC（表面處理度40達因）進行展色，後即送進UV硬化系統中以金屬鹵素燈160w/Cm²強度照射使其硬化，最後再將展色片裝設於學振型耐摩擦試驗機做耐摩擦性檢測，並紀錄其表面印墨層受到破壞的摩擦次數。

三. 不同膜厚之比較

固定PVC表面處理度為40達因，並且設定燈管照射強度為（1）80W/cm²（2）160W/cm²（3）240W/cm²。取適量的UV RT-7 黑墨，分別裝入預先準備好的銅製量管，且刻度分別為（1）0.1（2）0.125（3）0.15（4）0.175c.c等四種不同容量。分別塗於RI展色機上再裝設已準備好之PVC（表面處理度40達因）進行展色後立即送進UV硬化系統中，以金屬鹵素燈160w/Cm²強度照射使其硬化，最後再將展色片裝設於學振型耐摩擦試驗機做耐摩擦性檢測，並紀

錄其表面印墨層受到破壞的摩擦次數。

四. 不同照射強度比較

首先固定PVC材質表面處理度為40達因，並且設定展色膜厚分別各為（1）0.1（2）0.125（3）0.15（4）0.175c.c等四種不同容量以交叉實驗方式分別搭配燈管照射強度為（1）80W/cm²（2）160W/cm²（3）240W/cm²進行展色比較，其作法與上項幾乎相同，其目的在於確保實驗的準確性，在完成相同步驟後同樣紀錄結果作為對照比較。

參、研究結果與討論

第一節、研究結果

一. PVC材質本身處理度影響耐摩擦性分析比較以處理程度不同各為（1）34（2）36（3）38（4）40達因值之PVC膠片，在UV黑墨固定膜厚0.15cc及燈管照射強度160W/cm²的條件下做耐摩擦性分析，得表7數據。

表7、PVC材質本身處理度影響耐摩擦性分析比較表

處理度	34達因	36達因	38達因	40達因
展色膜厚	0.15cc	0.15cc	0.15cc	0.15cc
UV燈管強度	160w/Cm ²	160w/Cm ²	160w/Cm ²	160w/Cm ²
印墨種類	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑
耐摩擦次數	58	177	429	456
評價	劣	普通	佳	佳

單以PVC材質本身而言以不同表面處理度做比較因為黑墨在色相對比上比較明顯便於觀察，因此採用黑墨此外以標準膜厚0.15c.c及160w/Cm²的照射強度的情形下

可以發現表面處理的程度不同造成相當大耐摩擦性的差異在此另繪成圖以便觀察(如圖5)

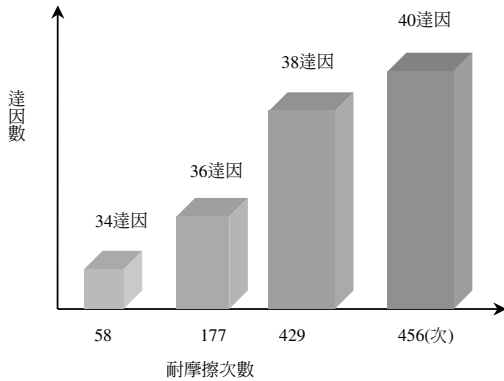


圖5、PVC材質本身處理度耐摩擦性示意圖

二. 色相差異比較

以UV洋紅、青、黃、黑及白墨五種基本色，固定PVC表面處理度為40達因，並且設定燈管照射強度為160w/Cm²做耐摩擦性分析，得五種色相差異比較如表8

表8、色相差異比較表

油墨	UV RT-7紅	UV RT-7藍	UV RT-7黃	UV RT-7黑	UV RT-7白
展色膜厚	0.15cc	0.15cc	0.15cc	0.15cc	0.15cc
UV燈管強度	160w/Cm ²	160w/Cm ²	160w/Cm ²	160w/Cm ²	160w/Cm ²
PVC達因數	40達因	40達因	40達因	40達因	40達因
耐摩擦次數	705	487	516	435	456
評價	優	佳	優	佳	佳

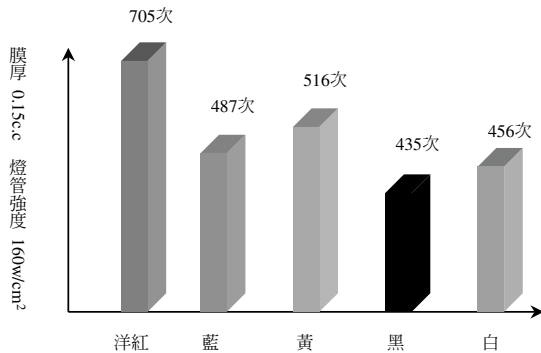


圖6、色相差異耐擦性示意圖

其示意圖如圖6：

三. 不同膜厚的比較

固定PVC表面處理度為40達因，並且設定燈管照射強度為80W/cm²，以UV RT-7黑墨（1）0.1（2）0.125（3）0.15（4）0.175c.c等四種不同容量展色做耐摩擦性分析結果如表9

表9、光源的照射強度為80W/cm²

處理度	40達因	40達因	40達因	40達因
展色膜厚	0.1cc	0.125cc	0.15cc	0.175cc
UV燈管強度	80w/Cm ²	80w/Cm ²	80w/Cm ²	80w/Cm ²
印墨種類	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑
耐摩擦次數	172	268	166	74
評價	普通	普通	普通	劣

其示意圖如圖7：

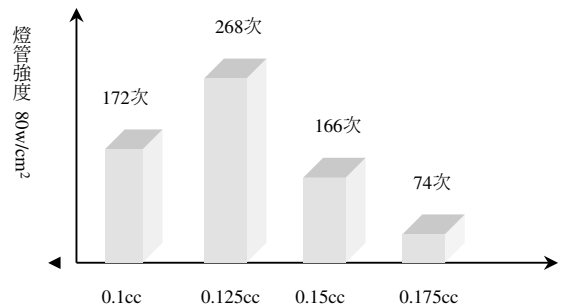


圖7、光源的照射強度為80W/cm²耐摩擦性分析示意圖

（三）光源的照射強度為160W/cm²（表20）

固定PVC表面處理度為40達因，並且設定燈管照射強度為160W/cm²，以UV RT-7

表10、光源的照射強度為160W/cm²

處理度	40達因	40達因	40達因	40達因
展色膜厚	0.1cc	0.125cc	0.15cc	0.175cc
UV燈管強度	160w/Cm ²	160w/Cm ²	160w/Cm ²	160w/Cm ²
印墨種類	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑
耐摩擦次數	353	412	422	326
評價	佳	佳	佳	普通

黑墨（1）0.1（2）0.125（3）0.15（4）0.175c.c等四種不同容量展色做耐摩擦性分析結果如表10：

其示意圖如圖8：

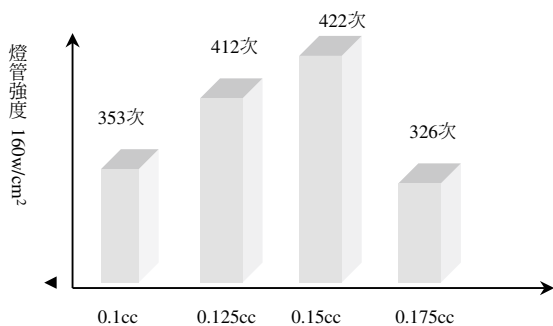


圖8、光源的照射強度為160W/cm²耐摩擦性分析示意圖

（四）光源的照射強度為240W/cm²

固定PVC表面處理度為40達因，並且設定燈管照射強度為240W/cm²，以UV RT-7黑墨（1）0.1（2）0.125（3）0.15（4）

表11、光源的照射強度為240W/cm²

處理度	40達因	40達因	40達因	40達因
展色膜厚	0.1cc	0.125cc	0.15cc	0.175cc
UV燈管強度	240w/Cm²	240w/Cm²	240w/Cm²	240w/Cm²
印墨種類	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑
耐摩擦次數	364	509	496	745
評價	佳	優	佳	優

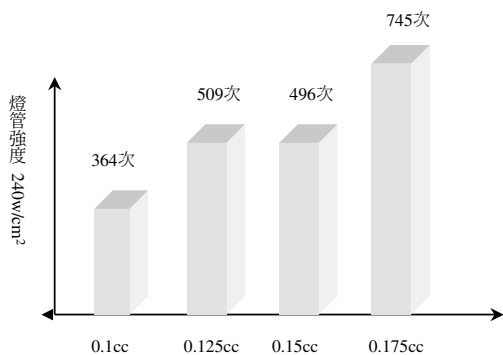


圖9、光源的照射強度為240W/cm²耐摩擦性分析示意圖

0.175c.c等四種不同容量展色做耐摩擦性分析結果如表11：

其示意圖如圖9：

四. 不同照射強度比較

（一）膜厚0.1c.c

固定PVC表面處理度為40達因且UV RT-7黑墨膜厚0.1c.c，燈管照射強度為（1）80W/cm²（2）160W/cm²（3）240W/cm²進行展色比較得結果如表12：

表12、膜厚0.1c.c

處理度	40達因	40達因	40達因
展色膜厚	0.1cc	0.1cc	0.1cc
UV燈管強度	80w/Cm²	160w/Cm²	240w/Cm²
印墨種類	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑
耐摩擦次數	156	358	370
評價	普通	佳	佳

其示意圖如圖10：

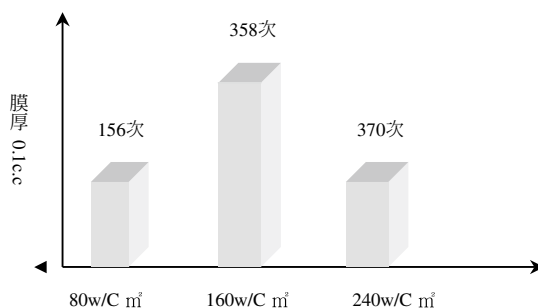


圖10、固定膜厚0.1c.c耐摩擦性分析示意圖

（二）膜厚0.125c.c

固定PVC表面處理度為40達因且UV RT-7黑墨膜厚0.125c.c，燈管照射強度為（1）80W/cm²（2）160W/cm²（3）240W/cm²進行展色比較得結果如表13：

表13、膜厚0.125c.c

處理度	40達因	40達因	40達因
展色膜厚	0.125cc	0.125cc	0.125cc
UV燈管強度	80w/Cm ²	160w/Cm ²	240w/Cm ²
印墨種類	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑
耐摩擦次數	158	417	524
評價	劣	普通	佳

其示意圖如圖11：

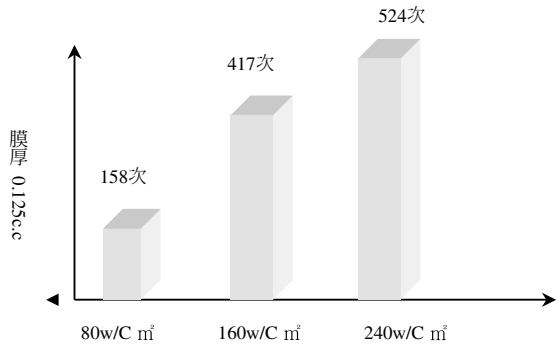


圖11、固定膜厚0.125c.c耐摩擦性分析示意圖

(三) 膜厚0.15c.c

固定PVC表面處理度為40達因且UV RT-7黑墨膜厚0.15c.c，燈管照射強度為（1）80W/cm²（2）160W/cm²（3）240W/cm²進行展色比較得結果如表14：

表14、膜厚0.15c.c

處理度	40達因	40達因	40達因
展色膜厚	0.15cc	0.15cc	0.15cc
UV燈管強度	80w/Cm ²	160w/Cm ²	240w/Cm ²
印墨種類	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑
耐摩擦次數	149	434	479
評價	劣	佳	佳

其示意圖如圖12：

(四) 膜厚0.175c.c

固定PVC表面處理度為40達因且UV RT-7黑墨膜厚0.175c.c，燈管照射強度為（1）80W/cm²（2）160W/cm²（3）240W/cm²進行展色比較得結果如表15：

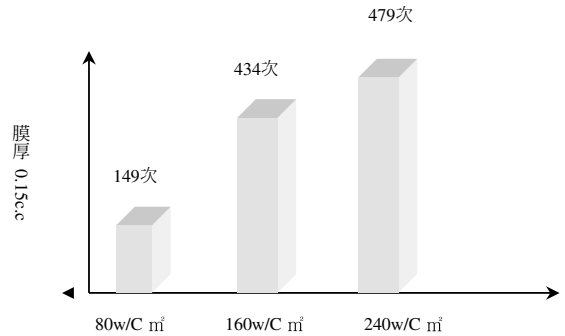


圖12、固定膜厚0.15c.c耐摩擦性分析示意圖

表15、膜厚0.175c.c

處理度	40達因	40達因	40達因
展色膜厚	0.175cc	0.175cc	0.175cc
UV燈管強度	80w/Cm ²	160w/Cm ²	240w/Cm ²
印墨種類	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑	UV RT-7 黑
耐摩擦次數	88	348	695
評價	劣	普通	優

評價標準（1）耐摩擦次數 0-150（劣）（2）耐摩擦次數 151-350（普通）（3）耐摩擦次數 351-500（佳）（4）耐摩擦次數 500以上（優）

其示意圖如圖13：

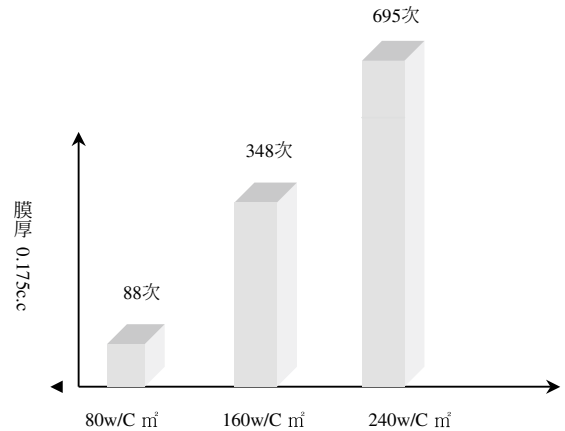


圖13、固定膜厚0.175c.c耐摩擦性分析示意圖

第二節 討論

一.PVC材質本身處理度：

尚未實驗之前對於PVC材質表面處理程度只有概略印象，當然表面處理度值越

高越好，但是其間的差距非用實驗測試無法了解，本實驗就表面處理度達因值34—38進行測試，結果在表面處理度未達38達因之前其耐摩擦性與標準耐摩擦性佳有很大差距，而在跨越38達因之後其耐摩擦性已到達一定水準，耐摩擦性次數增加幅度相當有限。

二. UV印墨色相差比較：

在受測印墨項目中，屬於可見光譜波長最長（能量最低）的洋紅色有最好的硬化效果，而波長次之的黃色則排第二，另外若黑色與白色不列入考慮的話，可見光譜中波長最短（能量最高）的藍色耐摩擦性最差，依此推測其吸收紫外線能量而硬化的效果與其本身光線波長有關，至於黑墨與白墨因本身對於光線的吸收與反射特性，造成硬化效果的障礙，由此可知，印刷時不同色相印墨有不同硬化效果，從印刷設計的改變也可以避免印墨硬化不良，導致耐摩擦性不佳的情形。

三. 在不同膜厚之比較方面：

一般認為UV印墨膜厚越薄，硬化效果越好的觀念在這裡遭到推翻，實驗結果顯示，過份的太厚與太薄都會使硬化效果大打折扣，膜厚過厚不但耗印墨也造成硬化不完全，而印刷膜厚過薄不但控墨不易（水墨平衡），而且易導致硬化不良，是印刷業者所必須留意的。

四. 在不同UV燈強度照射條件耐摩擦性差

異問題：

UV燈管發射強度與燈源種類、發射UV光譜分佈、對色相及燈管數目在印墨硬化上有密切關係。在此實驗中固定金屬鹵素燈及DIC UV RT-7黑墨，在表面處理度為40達因的PVC材質上做耐摩擦性實驗，發現雖然黑墨因易吸收光線造成硬化不良，但是在燈管強度為160w/Cm²以上時仍有相當好的耐摩擦性，以此條件，其他顏色印墨應該有更好的耐摩擦性，當然UV燈管能量越高，UV印墨硬化的效果越好，但是為成本考量，適量的照射強度才是印刷業者所需要的。

肆、結論與建議

本單元主要針對實驗結果歸納出UV印墨、PVC材質處理度、UV燈管照射強度與印刷膜厚之間影響其印刷品耐摩擦性的程度及結果。並針對實驗結果分析提供建議在面對印刷時遇到耐摩擦性困擾時能有正確的因應之道。此外，對於UV印墨未來發展方向亦提供意見，作為可能研究之參考。

第一節、結論

本實驗為了實地探討UV平版印刷於PVC材質耐摩擦性，特地選用了學振型耐摩擦試驗機作為檢測工具，雖然影響實驗準確度的因素很多，以固定多樣變數的方法合重複多次的操作，希望能得到最準確的結果。

實驗中耐摩擦次數 N 在相同條件的試驗下幾乎可以維持在 $N \pm 10$ 的水準，表示實驗結果具有相當的穩定性。以下就各個實驗步驟及所得結果進行分析：

一.就PVC材質本身處理度影響耐摩擦性分析而言，實驗結果顯示當材質本身未經過處理表面達因值為34時完全不適合印刷，從這裡可以看出表面處理的重要性，另一方面從實驗結果可以得知，表面處理在超過38達因值以上時即有相當好的密著效果，因此在使用相同材質的PVC及相同印墨時，材質表面處理度38達因可視為理想印刷的門檻值，也就是說當生產單位以PVC為材料進行UV印刷時，若材質本身處理度未達此門檻值，則無必要考慮印刷，藉此可降低印刷失敗的風險，減少被客戶退貨的機會。

二.在PVC被印材質表面處理良好（40達因）且UV照射強度足夠（ $160\text{w}/\text{Cm}^2$ ）的情形下UV洋紅（Magenta）、青（Cyan）、黃（Yellow）、黑（Black）及白（White）五種基本色（以下各以M、C、Y、K、W稱之）其硬化效果比較如下：

$$M > Y > C > W > K$$

與原先假設情況相同，黑墨與白墨因異常的吸收及反射光線影響到本身硬化反應，造成耐摩擦性較差，印刷時須特別注意，尤其本實驗採用白墨為實驗對象，原因是塑類印刷為了顯色效果必須在透明材

質上先印一層白墨之後再將四原色（CMYK）疊印於其上，因此白墨的附著性相當重要。

三.在不同膜厚之比較方面

1.當光源的照射強度為 $80\text{W}/\text{cm}^2$ 時，很明顯因UV照射強度不足影響到油墨硬化效果，造成耐摩擦性普遍不佳，在此低強度的照射下展色膜厚為0.125c.c的PVC膠片有較好的耐摩擦性，表示在低能量照度的情形下，印刷膜厚太厚與太薄都不適合，而且不是印刷膜厚愈薄硬化效果愈好。

2.當光源的照射強度為 $160\text{W}/\text{cm}^2$ 時普遍硬化效果良好，但是膜厚為0.175cc的展色膠片因膜厚太厚導致內部硬化反應不完全，影響耐摩擦性，因此印刷時除非有超強燈管照射強度否則應盡量減少放墨量。

3.當光源的照射強度為 $240\text{W}/\text{cm}^2$ 時，由於有過度充足的燈管強度因此都有良好耐摩擦性，在0.125c.c膜厚的膠片由於已經充分硬化效果與照射強度為 $160\text{W}/\text{cm}^2$ 時差異不大，值得探討的是最大膜厚0.175cc的展色膠片在超強燈管照射強度照射下內部完全硬化反應之後反而有極佳的耐摩擦性。

第二節、建議

UV印墨硬化有其乾燥快的優點，但缺點為立體物件無法以印刷方式大量快速複製只能用噴塗方法加工。除此之外，不但各種特殊材質可以適用，甚至近年來發展

快速的防偽印刷電子產品零件印刷3D（立體）及熱感印刷等等，目前台灣已經開始量產。

在此之前塑類包裝材料印刷在平版方面主要以UV印刷方式為主，但是為了市場需求，UV印刷方式不斷擴充領域。尤其3D（立體）印刷與電腦繪圖結合未來將有無限發展空間。

除了特殊材質印刷之外一般紙張印刷有環保因素考量及後加工效率考量者也都使用UV印墨目前世界各地UV印墨及塗料年產量共計約224,400噸，可說充滿無限商機。

新用途和改進配方將繼續推動UV印刷技術的發展。在過去幾年中，觀察了業界對新的UV印刷用途的濃厚興趣—尤其是用於報紙插頁和商業網版印刷的UV印墨。在未來幾年內將可期盼UV固化設備在上述兩個領域和包裝印刷有顯著增長。由於UV印刷市場的多樣化，從事印刷業人士認為，未來一般UV印刷市場將以每年2~4%的水平成長，而一些較特殊，具有未來性如3D印刷，電子零件高科技產品將有雙位數的成長。

本研究限於時間關係無法對於每一種UV適用塑膠材料做同樣的分析比較在未來研究方向希望可以類似材料如PE、PP、PS、PET等方面做更多探討。

參考文獻

1. Samantha Oller（2002 Nov.）Printing on plastic，American printer，PP.42~45
2. 宋孝維（1995年）UV硬化塗料/印墨最新動向，高分子工業61，PP.87~P92
3. 李錦嘉（1994年4月）塑料印刷工程，北京印刷工業出版社，PP.3~P65
4. 劉建良（2003年2月）UV Curing發展簡介與應用，化工科技與商情，第41期，PP.23~24
5. 合彩公司（2000年9月）使用UV油墨應知的二、三事，台灣Flexo彩集，PP.10~14
6. Rudy Bienert（2001年11月）UV應用國際市場現況及未來展望，印刷人雜誌，PP.112~P113
7. 姬野達夫（1999）UV乾燥系統介紹，1999年DIC UV技術研究中心
8. 陳忠輝（2000年）印墨構成要素與性質之探討，印刷科技第16卷第四期，PP.26~45
9. 田素瑛（1992年）平版油墨的組成-媒質的介紹之二，印刷科技第9卷第三期，P.24
10. 陳世琮（2001年11月）平版印刷如何導入UV技術，印刷人雜誌第145期，PP.110~112

（陳忠輝／世新大學圖文傳播暨數位出版學系副教授）

（胡順華／世新大學圖文傳播暨數位出版學系研究生）