

廢紙纖維水泥板用塗料之耐候性 與耐光性之研究*

鄒哲宗^{1,2)} 夏滄琪¹⁾ 尹華文¹⁾ 顧文君¹⁾

摘 要

本試驗針對廢紙纖維水泥板塗裝試材進行耐候及耐光性質測定：於所測試塗料中，氟碳類塗膜擁有較穩定之顏色及光澤度變化，其接觸角角度維持最高；然而抗剝離性能較差。塗膜附着性能以PE塗膜較佳，然而其戶外曝露下之塗膜光澤度衰減顯著。白色之PU及環氧樹脂塗膜之變色和光澤度衰減較透明塗膜顯著。以掃描式電子顯微鏡觀察可發現，透明塗膜多呈現龜裂破壞，白色塗膜則多呈現表面粗糙或白堊化之破壞現象。

關鍵詞：廢紙纖維水泥板、耐候性、耐光性。

鄒哲宗、夏滄琪、尹華文、顧文君 1997 廢紙纖維水泥板用塗料耐候性之研究。台灣林業科學 12(3) : 363-368。

Study on Coating Weatherability and Lightfastness of Wastepaper Cement Fiberboard

Che-Tsung Tsou,^{1,2)} Tsang-Chyi Shiah,¹⁾ Hwa-Wen Yin¹⁾ and Wen-Jun Ku¹⁾

【 Summary 】

To Promote increased use of waste recycling and reuse, this study investigates the weatherability and lightfastness of coatings applied on wastepaper cement fiberboard. Six kinds of commercial coatings, including unsaturated polyester, polyurethane, epoxy resin coatings, and fluorocarbon coatings were examined. The following conclusions can be drawn:

1. Experimental results indicate that the fluorocarbon coating shows the most stable color difference value and gloss variation, and maintains the largest contact angle among the finishes studied, except for the adhesion characteristics of the film.
2. The unsaturated polyester coating has better adhesion, but the gloss of the coated surface showed a remarkable deteriorating trend during the outdoors exposure test.
3. The trend of discoloration and gloss deterioration of white polyurethane and epoxy resin coatings was remarkably greater than for the clear coatings.
4. It was observed from the SEM images of coated surfaces, that clear coatings showed a cracking phenomenon, while white coatings showed roughness and/or check failure.

Key words: wastepaper cement fiberboard, weatherability, lightfastness.

Tsou, C. T., T. C. Shiah, H. W. Yin, and W. J. Ku. 1997. Study on coating weatherability and lightfastness of wastepaper cement fiberboard. Taiwan J. For. Sci. 12(3) : 363-368.

1) 台灣省林業試驗所森林化學系，台北市南海路 53 號 Division of Forest Chemistry, Taiwan Forestry Research Institute. 53 Nan-Hai Rd., Taipei, Taiwan, ROC.

2) 通訊作者 Corresponding author

1997 年 3 月送審 1997 年 5 月通過 Received March 1997, Accepted May 1997.

* 本研究承行政院農業委員會 85 科技-2.11-林-17 研究計畫經費補助，特予致謝。

一、緒言

有鑑於全世界木材產量急劇降低，加以環保意識的高漲，使得傳統的優良建材—木材的來源日益匱乏，對於新木質材料的開發與應用，成為今日林產業的重要課題。

林業試驗所近年研製各種水泥組合板類(鄒哲宗等, 1992)，水泥組合板具有耐腐朽、耐蟲、耐潮濕功能，可應用在室內、外，是一種良好的建材。然而建材在使用上往往必須加以塗裝以增加其附加價值，且可延長本身的使用期限。

塗料應用在木材上的塗裝技術已有長久歷史(Feist, 1984)，而對於水泥組合板之使用及研究則比較闕如(鄒哲宗等, 1994; Sorfa, 1984; Dwight *et al.*, 1993)。

為提升水泥板之價值及應用範圍，本試驗乃針對廢紙纖維水泥板塗裝試材進行耐候及耐光性質測定；選取廠商常用之聚酯、聚胺基甲酸酯、環氧樹脂及氟碳類等塗料，經調配後分別塗裝於廢紙纖維水泥板上；藉分析試材在天然耐候及人工加速耐光試驗條件下塗膜性質之變化，評估各種塗料應用於廢紙纖維水泥板上的實用性，以供廠商生產之參考。

二、材料與方法

(一)試驗材料

1. 試材

本試驗所採用之塗裝基材為回收之辦公室廢紙，先以磨碎機將廢紙充分分解，再配合波特蘭水泥拌合定量後，置入板模中以充氣法噴入壓力5.3 Kg/cm²之二氧化碳，加壓成板。所抄造之廢紙纖維水泥板之比重為1.2 g/cm³，其製造原料比例為廢紙纖維：水：水泥=4：2：5，板坯重325 g，板尺寸為：20 × 20 × 1 cm³。

2. 塗料

本試驗所使用塗料種類如下：

- (1)聚胺基甲酸酯底漆塗料：購自弘大油漆公司。
- (2)聚胺基甲酸酯面漆塗料：包括透明、白色之面漆(clear and white polyurethane coatings, PU)，係為弘大油漆公司所生產之雙熊牌塗料。
- (3)環氧樹脂面漆塗料：包括透明、白色面漆(clear and white epoxy coatings, Epoxy)，係為唐榮油漆公司所提供。

(4)不飽和聚酯面漆塗料：透明塗料一種(clear unsaturated polyester coating, PE)，係為東濱油漆公司所提供。

(5)氟碳類底、面漆塗料(fluorocarbon coating)：購自於永記造漆公司。

(二)試驗方法

1. 試材塗裝

試材塗裝前先以240號砂紙砂磨使基材表面平整，而後以刷塗方式將底漆多次塗裝於廢紙纖維水泥板基材上，待塗膜充份乾燥後，再以320號砂紙砂磨使底層平滑；然後調配各種面漆以噴塗方式塗裝於試材上(塗膜之乾膜平均厚度為255 μm)。

2. 戶外曝露及室內照光試驗

將塗裝完成之廢紙纖維水泥板試材分別置於戶外南向45°之耐候試驗架上，進行戶外曝露試驗，及置入室內QUV耐光試驗機中以FS-40 太陽燈管照射，進行人工加速耐光試驗。

3. 塗膜性質分析

比較、分析廢紙纖維水泥板塗膜經時劣化後塗膜之顏色變化、光澤度及塗膜附著性、接觸角之經時變化，並以掃描式電子顯微鏡觀察塗膜表面之劣化現象。

(1)塗膜表面顏色分析

塗膜表面之顏色變化，係以東京電色株式會社(Tokyo Denshoku Co., Ltd.)生產之測色色差計(color and color difference meters, model TC-3600)測量，所使用之光源為C 光源，試材直接放置於測試窗上，由色差計中可以求得X、Y、Z 三刺激值(tristimulus values)，然後依據1976年國際照明委員會(CIE)的CIE LAB色彩體系求得L*、a*、b*三個參數，並求得塗膜表面顏色的變化；明度留存率(brightness retention, %)及色差值(color difference, ΔE*)等。

$$B.R.(%) = (Y_t/Y_o) \times 100\%$$

B.R.: 明度留存率

Y_t: 經過t 時間耐候試材之明度

Y_o: 耐候前試材之明度

$$\Delta E^* = \left[(L_t^* - L_o^*)^2 + (a_t^* - a_o^*)^2 + (b_t^* - b_o^*)^2 \right]^{1/2}$$

ΔE*: 色差值

L_o*, a_o*, b_o*: 耐候前試材之L*、a*、b*值

L_t*, a_t*, b_t*: 經過t 時間耐候試材之L*、a*、b*值

(2)塗膜光澤度分析

本試驗採用DR LANGE反射式光澤度計(Labor-Reflektometer)分析塗裝水泥板試材，其塗膜之光澤度經時耐候之變化情形，本試驗測定60度光澤度。

(3)塗膜濕潤性分析

本試驗採用日本協和界面科學株式會社(Kyowa Kaimen Co, Ltd)之接觸角測定器(contact-angle meter, Model CA-D)，測定時以定量之蒸餾水滴在塗膜表面，再測量其接觸角；接觸角越小表示濕潤性越好。

(4)塗膜附著性分析

本試驗依照ASTM D3359標準方法，以棋盤試驗法(cross cut)測定塗膜經耐候試驗後，其附著性之變化情形。評定方法依塗膜被破壞面積百分比分為：

- 5B 級：塗膜破壞面積---- 0%
- 4B 級：塗膜破壞面積---- < 5%
- 3B 級：塗膜破壞面積---- 5%~15%
- 2B 級：塗膜破壞面積---- 15%~35%
- 1B 級：塗膜破壞面積---- 35%~65%
- 0B 級：塗膜破壞面積---- > 65%

(5)塗膜表面微細結構之觀察

採取經戶外曝露及照光處理之塗膜，經乾燥、鍍金膜等處理後，放入HITACH SP2400型掃描式電子顯微鏡中，以15 kV之加速電壓下進行觀察，以研判塗膜在經時變化下表面之劣化情形。

三、結果與討論

(一)戶外曝露試驗部分

經戶外曝露16週後，各種塗膜之色差值皆呈現增加趨勢，白色塗料之變色程度較透明塗料為顯著；由Table 1可知氟碳類塗料塗膜之色差值由0.14增高為3.04為6種試驗塗料中最輕微者。16週曝露後，白色PU塗膜之色差值為11.99最為顯著。

塗膜之明度留存率則由Table 2可發現，透明塗料塗膜之戶外曝露16週後之明度留存率較白色塗膜及氟碳類塗膜為高，而透明Epoxy之96.5%及白色Epoxy之93.4%為試驗塗膜中保持較高者。

塗膜60度光澤度隨曝露時間增長而呈衰減趨勢，透明PE塗膜光澤度由90.3%降為48.3%其衰減趨勢最為顯著；白色PU塗膜之光澤度降低趨勢較透明塗膜為顯著。塗膜之抗剝離性質經測試後發現，PE塗膜經戶外曝露16週後，其棋盤目刻劃呈現5B級(破

壞面積0%)之破壞為附著性最佳者，而氟碳類塗膜、白色PU塗膜及Epoxy塗膜則破壞面積達5%~15%，附著性較差。

(二)室內照光試驗部分

經耐光試驗機照光64天後可知，白色塗膜之變色程度較透明塗膜為顯著，尤以白色Epoxy最為顯著(色差值由4.37增為17.85)，透明PE塗膜次之(色差值由7.73增為14.42)，氟碳類塗料最為穩定(色差值由0.15增為2.01)；色差值之經時變化如Table 3所示。

室內照光後塗膜之明度留存率經時變化如Table 4所示，除透明PE及PU塗膜有明顯提升現象(103.2%增為114.7%)，其餘數種塗膜則有衰減之情形。塗膜60度光澤度，白色塗膜隨照光處理呈現明顯衰減之趨勢，尤以白色Epoxy衰減最為顯著(由90.3%

Table 1. Changes in color difference (ΔE^*) of coated waste-paper cement fiberboard exposed to the outdoors

Coating	Exposure time (wk)			
	1	4	8	16
Clear coatings				
PU	1.64	1.89	2.72	4.65
Epoxy	6.36	7.29	9.10	10.27
PE	4.04	6.27	8.18	8.27
White coatings				
PU	4.75	8.83	11.36	11.99
Epoxy	0.72	1.03	3.08	8.52
Fluorocarbon coating	0.14	0.66	1.16	3.04

Table 2. Changes in brightness retention of coated waste-paper cement fiberboard exposed to the outdoors

Coating	Exposure time (wk)			
	1	4	8	16
Clear coatings				
PU	100.3	106.6	103.4	89.1
Epoxy	95.3	100.3	83.4	96.5
PE	104.0	105.5	115.2	89.8
White coatings				
PU	96.6	92.3	91.2	86.0
Epoxy	99.3	98.5	97.2	93.4
Fluorocarbon coating	99.7	98.1	96.7	90.9

units : %

降至3.9%)，氟碳類塗料由78.9%降為74.2%僅3%之差距為最輕微者；而透明PU塗膜之最終光澤度維持90.6%為最高者。PE塗膜經照光64天後之抗剝離最佳，擁有較佳之塗膜附著性。

(三)塗膜濕潤性之測定

纖維水泥板為多孔隙材質具吸濕之特性，採用表面塗裝可使之具保護材面及防止潮濕的功能；而光照處理或戶外曝露劣化將使塗裝表面逐漸喪失抗潮、防濕之性能，使塗膜濕潤性增加而產生材面缺點。

塗膜表面濕潤性常藉接觸角之測定而加以評估；亦即表示液體在固體表面濕潤及擴散的程度(黃金城，1996)。Table 5 為廢紙纖維水泥板塗裝之6種塗膜接觸角之經時變化情形。

由接觸角測定可知無論室內光照處理或戶外曝露劣化皆將導致表面之接觸角呈現降低之趨勢；尤以

Table 3. Changes in color difference (ΔE^*) of coated waste-paper cement fiberboard exposed to QUV aging

Coating	QUV exposure time (d)					
	1	4	8	16	32	64
Clear coatings						
PU	4.82	7.33	9.95	11.13	11.40	13.18
Epoxy	7.73	9.53	10.46	12.28	13.86	14.42
PE	3.01	4.53	7.44	9.00	9.91	12.29
White coatings						
PU	9.22	11.51	12.32	13.64	13.86	14.42
Epoxy	4.37	9.54	10.16	12.46	14.79	17.85
Fluorocarbon coating	0.15	0.23	0.37	0.63	1.56	2.01

Table 4. Changes in brightness retention of coated waste-paper cement fiberboard exposed to QUV aging

Coating	QUV exposure time (d)					
	1	4	8	16	32	64
Clear coatings						
PU	99.9	102.9	104.9	105.9	105.2	100.3
Epoxy	93.8	92.3	85.8	87.5	92.9	93.5
PE	103.2	105.3	107.2	110.2	110.8	114.7
White coatings						
PU	94.0	93.4	92.8	92.6	92.9	93.5
Epoxy	97.3	96.1	92.1	93.1	94.2	94.0
Fluorocarbon coating	99.8	99.3	99.1	98.7	97.8	97.0

units : %

Table 5. Changes in contact angle of coated waste-paper cement fiberboard (by $1/2\theta$ method)

Coating	Clear PU	White PU	Clear Epoxy	White Epoxy	Fluoro-Carbon	Clear PE
QUV						
0 day	68.7	61.5	72.2	75.4	85.0	72.1
4 day	29.1	51.5	40.1	59.4	68.9	57.3
32day	17.7	30.1	31.9	48.0	63.6	42.7
64day	5.7	18.0	26.8	41.9	59.2	36.1
Outdoor						
1 week	67.6	58.5	63.7	70.0	72.5	70.7
8 week	62.6	54.8	55.8	65.5	69.3	63.7
16 week	51.6	52.4	50.5	50.9	55.0	50.7

units : degrees.

室內照光劣化後塗膜接觸角之減低情形遠較戶外曝露為顯著。經室內照光64天後，透明PU塗膜之接觸角由68.7度降為5.7度衰減最顯著，次為白色PU(由61.5度降為18度)及透明Epoxy(由72.2度降為26.8度)；氟碳類塗料則由85度降為59.2度，係為受測塗料中最安定者。戶外曝露16週後，白色Epoxy(由75.4度降為50.9度)及透明PE塗膜(由72.1度降至50.7)接觸角之衰減最為顯著，白色PU塗膜接觸角之變化差距僅為9.1度(由61.5度降至52.4度)最為穩定，而氟碳類塗料則維持最高之接觸角，即塗膜之濕潤性較低。

(四)掃描式電子顯微鏡觀察

經由掃描式電子顯微鏡照相可觀察塗膜表面之經時劣化情形，藉以察知塗膜經人工加速耐光試驗或天然耐候處理後表面之破壞情形，由SEM之觀察可發現：室內加速照光處理後，塗膜之經時劣化較戶外曝露處理者為顯著；白色塗膜表面多呈現粗糙或白堊化(chalking)之破壞現象(如Fig. 1所示)，透明塗膜表面則多呈龜裂破壞(如Fig. 2所示)。

四、結論

本試驗選用市售透明PE塗料一種，透明、白色PU塗料各一種，透明、白色環氧樹脂塗料各一種，及氟碳類塗料一種；以上列塗料分別塗裝於廢紙纖維水泥板上，而後進行人工加速耐光及天然耐候性試驗。

經16週之戶外曝露及64天之室內照光試驗，各種塗膜性質之經時變化結論如後：

1. 氟碳類塗膜之接觸角維持最高；然而抗剝離性能較差，塗膜之顏色及光澤度變化為所測試塗料中較穩定者。

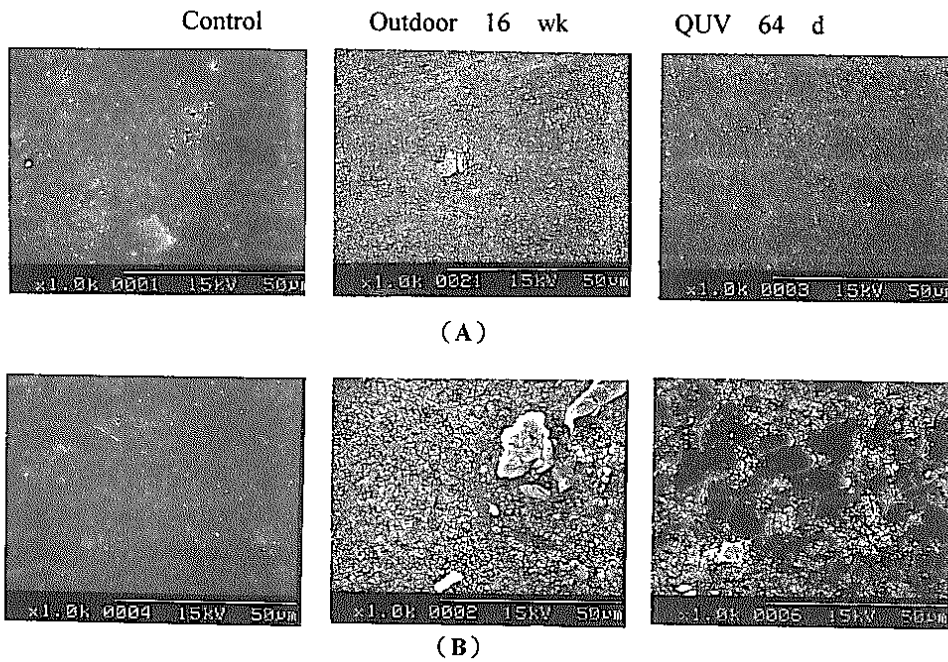


Fig. 1. SEM micrographs of white-coating-coated waste paper cement fiberboard. A:white PU. B:white epoxy.

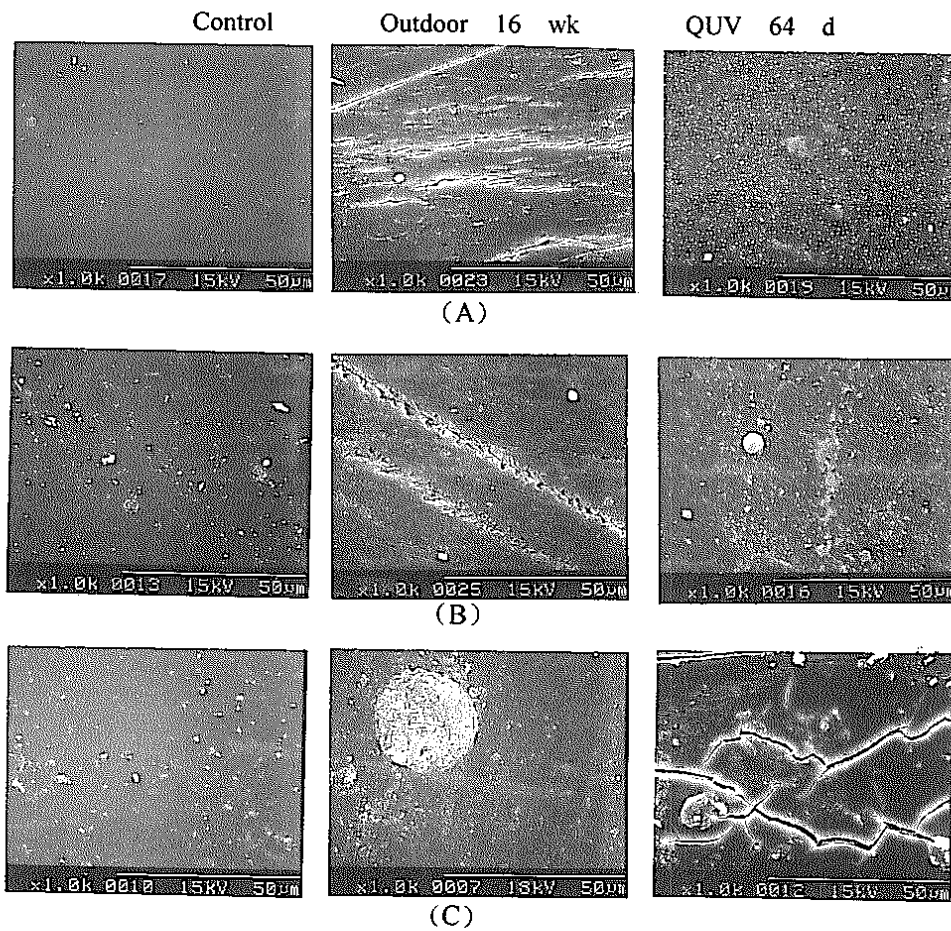


Fig. 2. SEM micrographs of clear-coating-coated waste paper cement fiberboard. A:clear PU, B:clear epoxy, C:PE.

2. PE塗膜之附著性能較佳，然而其戶外曝露下塗膜光澤度衰減顯著。
3. 白色PU及環氧樹脂塗膜之變色和光澤度衰減較透明塗膜顯著。
4. 藉掃描式電子顯微鏡觀察塗膜之表面劣化可發現，透明塗膜多呈現龜裂破壞，白色塗膜則多呈現表面粗糙或白堊化之破壞現象。

謝誌

本研究承農委會【85科技-2.11-林-17】計畫經費補助，謹此誌謝。

引用文獻

- 鄒哲宗、黃彥三、尹華文、陳欣欣 1992 潛熱性礦渣水泥粒片板之研製。林業試驗所研究報告季刊 7(4): 347-385。
- 鄒哲宗、李鴻麟、夏滄琪 1994 水泥粒片板之紫外光硬化塗裝之研究。改進林產物加工利用技術之

研究論文發表及技術轉移研討會論文集。林產事業協會。175-182 頁。

鄒哲宗、夏滄琪、尹華文、陳啓榮、顧文君 1996 纖維水泥板用塗料耐候性之研究。台灣林業科學 11(4): 361-366。

黃金城 1996 環保塗料流動性之改善。木材塗裝技術研討會。67-82 頁。

Feist, W. C. 1984. Painting and finishing wood for use outdoors. Proceedings of Seventh Annual Educational Conference, New Ideas Materials Procedures. A1-A27.

Sorfa, P. 1984. Properties of wood cement composites. J. Appl. Polym. Sci. Appl. Polym. Symp. 40: 209-216.

Dwight, A. E., Y. Imamura, S. Kawai, and H. Sasaki. 1993. Isocyanate-inorganic bonded composites I. Tensile strength and scanning electron microscope observation of isocyanate-cement mixtures. Mokuzai Gakkaishi 39(1): 31-39.