

新型光安定劑在PVC應用之探討

The Study of Novel Light Stabilizer for PVC

朱孝培 S. P. Chu¹、顏盟晃 M. H. Yen²、黃耀興 Y. H. Huang³

永光化學工業股份有限公司(Everlight Chemicals Ind. Corp.)

特用化學事業處 ¹技術課長、²經理、³處長

摘要/Abstract

本研究針對透明PVC和白色PVC在高UV阻隔和耐候性作一系列的探討。在透明PVC常用的UV-531和UV-P無法完全阻隔400 nm以下的紫外光，本研究開發的Eversorb[®] 732FD能有效地完全阻隔紫外光。在解決透明PVC的黃變問題可使用Eversorb[®] 762，能將透明PVC黃變值由53.36下降至1.48，有效地保護透明PVC在耐候過程不易黃變。本研究也開發出適用於白色PVC用的光安定劑Eversorb[®] VL2，其耐候效能與UV-531和UV-P相比更加地優異，增加Eversorb[®] VL2濃度能有效增加白色PVC的耐候性。

Polyvinylchloride (PVC) is one of the most commonly used thermoplastic material in transparent sheet, waterproof membrane, window frame, shutters, which would gradually become yellowing under long-term light exposure. The present study evaluates the effectiveness of different light stabilizers on protecting PVC from yellowing and UV cut-off filters. Our results show that Eversorb[®] 732FD have a higher UV cut-off filter and Eversorb[®] 762 enhance weatherability on transparent PVC. Moreover, the data also indicates that the weatherability of white-colored PVC could be significantly enhanced respectively by using novel light stabilizer Eversorb[®] VL2.

關鍵字/Keywords

聚氯乙烯(Polyvinyl Chloride; PVC)、耐候性(Weatherability)、光安定劑(Light Stabilizer)、紫外光吸收劑(UV Absorber)、黃變(Yellowish)、白色(White Color)、裂解(Degradation)、UV阻隔(UV Cut-off Filter)



簡介

聚氯乙炔(Polyvinyl Chloride; PVC)為第三大樹脂，其應用層面十分廣泛。根據GlobalData調查公司預測，到2024年，全球PVC產能還將大幅增加。將從2019年的5,613萬噸/年增至2024年的6,560萬噸/年，年增幅率達17%⁽¹⁾。在透明級和白色PVC部份，透明PVC可用於遮罩、帳篷、帆布、遊艇遮陽棚等戶外應用；白色PVC則可用於屋頂防水膜、窗框以及百葉窗等應用。而聚氯乙炔於戶外使用，在陽光照射下，會發生降解和交聯現象，進而產生共軛多烯和氯化氫(HCl)，如圖一所示。聚氯乙炔光裂化會產生HCl，HCl對於聚氯乙炔的光降解有加速作用，尤其在共軛雙鍵存在的情況，一般要使聚合物顏色變黃，至少需要連續七個共軛雙鍵的結構⁽²⁾。因PVC具有多樣化的裂解(Degradation)路徑，造成PVC在戶外使用變黃和發黏現象更加明顯與難以防範，故一般會添加紫外光吸收劑(UV Absorber)來降低聚氯乙炔的光降解問題。

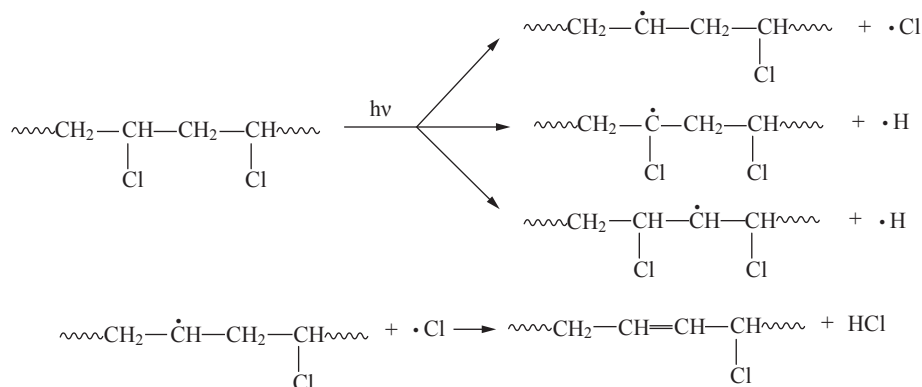
改善高分子在戶外的耐候性質(Weatherability)，能延長塑膠的生命週期，故發展出了紫外光吸收劑(Ultraviolet Absorber; UVA)。PVC主要常使用的是二苯基甲酮類(Benzophenone)、苯並三唑類(Benzotriazole)兩種，紫外線吸收劑的穩定機理是能利用分子結構的苯環上鄰位羥基，通過氫鍵的作用以及分子重排的可逆變化，將所吸收的紫外光能量轉變為熱能散發掉，從而保護聚合物分子。其作用機制如圖二所示。

本研究分別針對透明和白色的PVC進行一系列的UV阻隔和耐候研究，提供給業界快速耐候解決方案，降低產品開發的時程。

實驗

1. 主要原料與實驗流程

聚氯乙炔(PVC)使用總上企業(型號30-00)，透明PVC添加市場上常見的紫外光吸收劑和配方產品，如表一所示，而白色PVC則另外添加TiO₂(科幕R-103)，經由



▲圖一 PVC光裂化機制⁽²⁾

震雄射出機射出成型，製作出1.6 mm和3.2 mm的PVC試片。本研究將1.6 mm試片利用紫外光-可見光光譜儀(Shimadzu型號：UV-2600)量測PVC試片的UV阻隔(UV Cut-off Filter)能力。另外將3.2 mm試片利用加速老化試驗QUV Q-Panel，依照ASTM G154-16 Cycle 1加速老化測試進行耐候實驗(340 nm, 0.89 W/m²/nm)，再利用色差儀(KONICA MINOLTA CM-5)量測色差值(Difference Color, ΔE)，其計算式如公式(1)所示。色差值愈大表示試片顏色變化愈大，利用色差值可觀察未添加紫外線吸收劑的黃變(Yellowish)現象以及添加紫外線吸收劑的黃

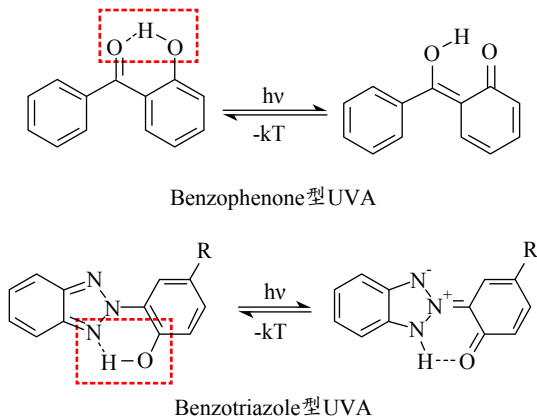
變現象是否有所差異。

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)} \quad (1)$$

實驗結果

1. 高UV阻隔PVC解決方案

PVC透明材可使用在戶外遮罩/篷布和遊艇窗戶等應用上，透明PVC的紫外光阻隔率愈高，表示能有效防止下層物被紫外光破壞的可能性。本研究將不同的光安定劑(Light Stabilizer)添加在透明PVC，利用紫外光-可見光光譜儀量測不同波段的穿透率，藉此了解光安定劑在材料的阻隔能力，其結果如表二和圖三所示。



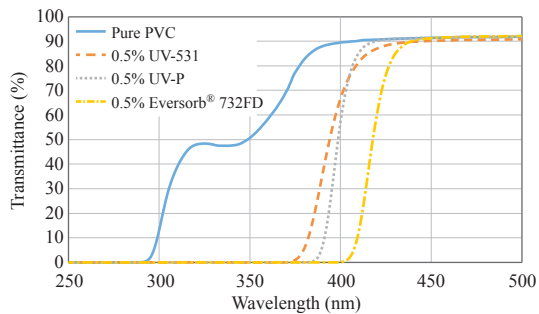
▲圖二 紫外光吸收劑作用機制⁽³⁾

▼表一 本實驗使用光安定劑的類型

產品名稱	類型
UV-531	Benzophenone型UVA (Cas no. 1843-05-6)
UV-P	Benzotriazole型UVA (Cas no. 2440-22-4)
Eversorb [®] 732FD	高UV阻隔配方產品
Eversorb [®] 762	透明PVC長效耐候配方產品
Eversorb [®] VL2	白色PVC長效耐候配方產品

▼表二 透明PVC添加不同光安定劑的紫外光-可見光穿透率(厚度1.6 mm)

穿透率(%)	Pure PVC	UV-531	UV-P	Eversorb [®] 732FD
450 nm	91.35	90.13	91.39	90.23
400 nm	89.46	66.79	57.32	0.13
380 nm	82.66	5.67	0.03	0.01
365 nm	63.28	0.01	0.00	0.00
400~250 nm平均穿透率(%)	39.31	4.87	2.07	0.00



▲圖三 PVC添加不同紫外光吸收劑的紫外-可見光光譜圖(厚度1.6mm)(彩圖請見材料世界網)

PVC在紫外光波段380 nm和365 nm分別有82.66%和63.28%的穿透率，表示紫外光能穿透PVC來破壞下層物。本研究添加市場上常見的UV-531和UV-P紫外光吸收劑，其365 nm皆能完全阻隔，但在400 nm則還是有66.79%和57.32%穿透率，表示對於紫外光無法達到完全阻隔。而添加Eversorb® 732FD在相同條件下，則能阻隔400 nm以下的紫外光，表示能有效防止紫外光穿透。

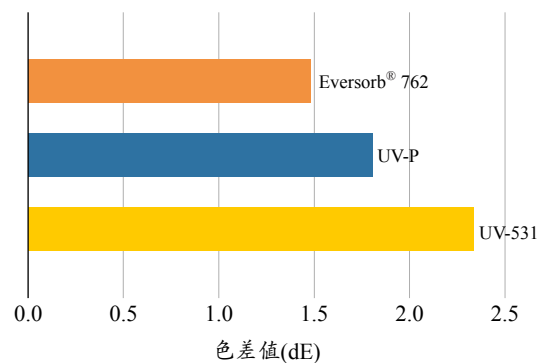
2. 透明PVC耐候解決方案

PVC在長期戶外使用或儲放，容易因照射到紫外光產生發黃和變黏，其現象都是因PVC照光後裂解產生的問題，本研究探討不同類型的光安定劑對透明PVC的保護效果。

將光安定劑添加0.5%在透明的PVC，經過耐候測試1,000小時，量測其色差值和觀測其外觀照片，其結果如表三和圖四所示，可發現空白組PVC黃變程度十分明顯，267小時色差值就已高達19.45，1,000小時

▼表三 透明PVC耐候測試前後的外觀照片(彩圖請見材料世界網)

	空白組PVC	0.5% Eversorb® 762
耐候0小時		
耐候267小時		
耐候1,000小時		

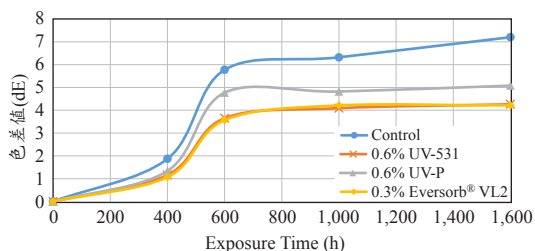


▲圖四 透明PVC添加0.5%不同類型的光安定劑(厚度3.2 mm)，照射1,000小時色差值變化

色差值約53.36。如添加0.5%光安定劑，其色差值表現分別是UV-531為2.34；UV-P為1.80；Eversorb® 762為1.48，可明顯看出使用Eversorb® 762能得到更好的耐候保護。

3. 白色PVC耐候解決方案

PVC可染成各種顏色，其中白色PVC



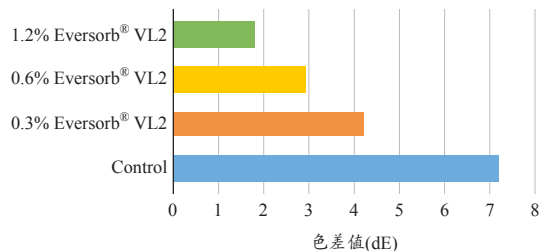
▲圖五 白色PVC添加不同類型的紫外光吸收劑，經耐候測試其色差值變化（彩圖請見材料世界網）

應用更多，可用在屋頂防水膜，防水又能反射陽光降低熱島效應，在生活上也能用在白色窗框以及百葉窗等應用。一般白色PVC使用TiO₂無機顏料著色，故本研究添加3.6% TiO₂在PVC進行著色，再添加不同類型的光安定劑探討其對耐候的影響。

經由耐候測試1,600小時後，量測其色差值，其結果如圖三和圖五所示。空白組照射1,600小時後，其色差值為7.2，添加0.6% UV-P則可降低色差值為5.08，添加0.6% UV-531則可降低色差值至4.26，如使用Eversorb® VL2添加0.3%則可使色差值和添加0.6% UV-531相當，約為4.21，表示Eversorb® VL2在低濃度下能提供良好的耐候保護。

4. Eversorb® VL2濃度效應

本研究添加不同濃度的Eversorb® VL2，探討其濃度效應，其耐候結果如圖六所示。白色PVC添加0.6% Eversorb® VL2經由耐候測試1,600小時，其色差值可以從7.2下降至2.93，有效提升耐候性59.3%；如添加到1.2% Eversorb® VL2有效量，其色差值



▲圖六 經過耐候測試1,600小時，白色PVC添加不同濃度Eversorb® VL2的耐候表現

將下降至1.8，提升耐候性75%，說明增加Eversorb® VL2濃度能明顯降低色差值。

結 論

在透明PVC的UV阻隔和耐候研究上，透明PVC使用Eversorb® 732FD能達到完全阻隔紫外光的穿透，可有效保護下層物不受到紫外光的破壞。另外，透明PVC如使用Eversorb® 762，能提供比市場上常見的紫外光吸收劑更加優異的耐候保護。

針對白色PVC耐候解決方案，本研究開發出適用於白色PVC的光安定劑產品—Eversorb® VL2。Eversorb® VL2在低添加量提供和UV-531相當的耐候表現，也比UV-P來得優異。在未來愈來愈嚴苛的耐候需求下，增加Eversorb® VL2添加量，能有效地提升白色PVC的耐候性能。☑

參考文獻

- 許江菱，2019~2020年世界塑料工業進展(1)通用塑料，塑膠工業，2021年3月，第49卷第3期，P.1~P.9。
- 鍾世雲編，聚合物降解與穩定化，化學工業出版社2004年，P.75。
- Zweifel Hans, Plastics Additives Handbook, 2001, P.141~143.