

ヘレウス株式会社 ノーブルライト事業部

Noblelight Discovery

Back Number: February 2011 No. 57, pp.4-7 | August 2016

太陽光発電市場に参入する UV 硬化型ハードコート

By Gary Jorgensen, Mike DiGrazia, Kristy Wagner, and Patrick Peach

UV 硬化型のハードコートは、自動車産業において何十年もの実績を経てその性能を証明され、太陽光発電の分野に新たな市場を見出した。

太陽光発電の市場で競争が激化してきたことに伴い、太陽光発電機器のメーカーは今、機器の性能を向上させ、製品の全体的な価値を引き上げる革新的な新素材を求めて、その評価を開始している。それに対応して、エネルギー硬化型製品のフォーミュレーターや原材料メーカーは、コーティング、接着剤、その他の太陽光発電業界の厳しい要求を満たす製品の開発にチャレンジしている。

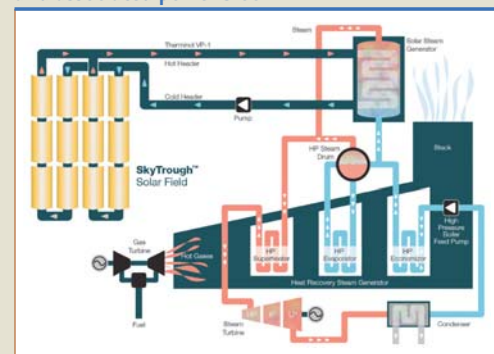
太陽光発電というと、人はたいてい、ソーラー発電や全国各地で見られる屋根の上についたガラス製の格子状パネルを思い浮かべる。しかし、これ以外にも太陽光を利用した技術がある。それが集光型太陽熱発電 (CST) だ。これは、実用的な規模の発電には申し分なく、乾燥した未開の地域で用いるのに最適な技術である。たいていの CST システムは、鏡を使って太陽エネルギーを集め、蒸気の力によって発電を行うものである (図 1 参照)。

トラフ式、タワー式、ディッシュスターリング式、フレネル式と 4 種類の CST 技術がある中で、トラフ式システム (図 2 および 3 参照) だけが 20 年もの間、運用実

績を積んできた。これは、1980 年代にカリフォルニアで発電設備に導入されたことによるものだが、とはいえ、代替エネルギーに対する政府の支援も 80 年代に終わっている。そのことを考えると、トラフ式システム技術の進歩は、最近まであまり進んでいなかったと言えるだろう。

FIGURE 1

Schematic of a SkyFuel parabolic trough solar field and associated power block



CST リフレクター技術における最近の一大革新

これまでのところ、実用発電規模で導入されているトラフ式システムはすべて、ガラス製の鏡を使用している。これは鏡の反射率の高さと 20 年に及ぶ実績を理由とするものだが、ガラス製の鏡は高価で重量が重く、強風が吹くと頻繁に破損する。また、鏡はどこか破損すると連鎖反応を引き起こし、割れた鏡の破片が、レシーバーのガラス覆いや他の鏡など、他のコンポーネントを傷つけないともかぎらない。そうした中、最近になって、銀被覆ポリマーフィルム技術の進歩により、鉛を使用しない、屋外使用が可能な鏡の製造が実現した。この鏡の性能は、ガラス製の鏡と同等もしくはそれ以上で、破損することもなく、重量とコストも大幅に削減されている。鏡面フィルムには、ガラス製の鏡を上回る大きな利点がいいくつかある。しかし市場では、鏡の表面は、通常使用されているポリマーより耐摩耗性が強くなければならないと考えられている。そのため、鏡面フィルム製造業界は、耐摩耗性の強いコーティング剤や類似の表面処理技術を導入しなければならなくなったのである。

協力研究開発協定 (CRADA : Cooperative Research and Development Agreement) とコロラド州ゴールドンにある米国エネルギー省の国立再生可能エネルギー研究所 (NREL : National Renewable Energy Laboratory) の取り組みを通じて、耐摩耗性が強く耐候性に優れたポリマーフィルムが開発された。コーティング剤のサプライヤー 7 社が、合計 13 種類のハードコーティング剤を NREL に提出し、耐摩耗性テストおよび鏡面フィルムとの相溶性テストを受けた。試験は、鏡面フィルムの試験片に評価用コーティング剤を塗布し、強力な UV を照射して、凝縮サイクルと加熱サイクルを繰り返し、様々な環境条件がコーティング剤の密着性、耐摩耗性に及ぼす影響を調べるというものであった。環境テストの結果を表 1 に示す。

環境試験が終わると、今度はテーバー摩耗試験機にかけて、鏡面フィルムの反射率を測定し、耐摩耗性を比較検査する。比較するのは、テーバー試験後のフィルム

FIGURE 2

SkyTrough® parabolic trough solar concentrator



FIGURE 3

Artist's rendition of a solar field and power block



FIGURE 4

ReflecTech® mirror film



ReflecTech® mirror film can be shipped in rolls of various widths to be affixed to aluminum panels for installation into the parabolic trough structure.

TABLE 1

Environmental test conditions

| Test | Conditions | Apparatus |
|-------------------------|---|------------------------------------|
| Accelerated UV Exposure | 2x UV light; 60°C/60% RH | Atlas Ci5000 Xenon Weather-O-Meter |
| Condensation Cycling | 4 hours UV-A fluorescent @ 60°C/4 hours dark @ 30°C with condensation | QUV Chamber |
| Thermal Cycling | 8 hours @ 50°C/16 hours @ -5°C | Thermal Cabinet |

(環境サイクル試験後)と、元の非コーティングフィルム、ならびにコーティングした摩耗試験を行っていないフィルム(環境サイクル試験前)である。密着性は、ダイヤモンド針で引っ掻いて評価する(2mm 間隔で6x6)。テーバー摩耗試験の結果を表2に示す。

表2を見れば、UV硬化技術が全般で、摩耗試験後も環境試験前(「Pre-Cycling」のコラム参照)の反射率が維持されており、他のコーティング技術より優れていることがわかる。また、さらにデータを見ていくとUV硬化型アクリレートの「C-4」は、UV耐候性および様々な環境試験後のテーバー摩耗試験結果の組み合わせにおいて、他の試験サンプルより優れ、次の試験に進む最有力候補であることが示されている。

鏡面フィルムの耐摩耗性に及ぼすハードコートの影響を、図5および6に示す。これは、摩耗強度をいろいろ変え、2つの入射角度でフィルムの反射率を測定したものである。図5が非コーティングの鏡面フィルム、図6がハードコートの鏡面フィルムの結果をグラフにプロットしたものである。テーバー摩耗試験後の反射率損失が無視できる程度であることから、UV硬化型アクリレート剤「C-4」をコーティングすることにより、ひっかき傷に対する耐性が驚くほど向上していることがわかる。また、ハードコートは、UV耐候性、環境耐久性、鏡面フィルム試験片への密着性において非常に優れた結果を示している。さらに進んだ強化屋外暴露試験では、反射率および耐摩耗性を

FIGURE 5

The reflectance of uncoated mirror film after various numbers of abrasion cycles

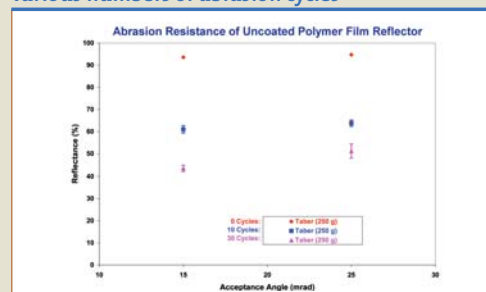
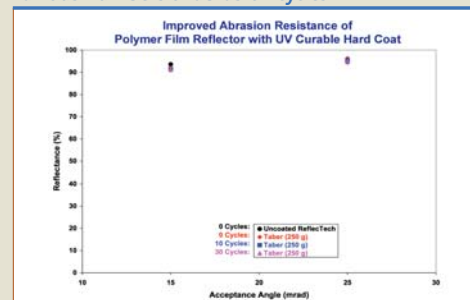


FIGURE 6

The reflectance of hard-coated mirror film after various numbers of abrasion cycles



Specular reflectance loss after 30 taber cycles (250g) as a function of weathering type

| Vendor Formulation | Coating Type | Change in Specular Reflectance [$\Delta\rho(\theta=12.5 \text{ mrad})$] after 30 Taber Cycles as a Function of Type of Weathering | | | |
|--------------------|---------------------------------------|---|----------------------------|---------------------|----------------|
| | | Pre-Cycling | Ci5000 | Condensation Cycles | Thermal Cycles |
| | | | (925 MJ/m ² UV) | (215 cycles) | (30 cycles) |
| B-1 | TiO ₂ | 43.9 | | | |
| C-1 | UV-Cured Acrylate | 1.1 | 2.6 | 7.2 | 2.5 |
| C-2 | UV-Cured Acrylate | 0.2 | 2.9 | 10.3 | 2.5 |
| C-3 | UV-Cured Acrylate | 1.5 | 3.2 | 4.7 | 1.7 |
| C-4 | UV-Cured Acrylate | 1.6 | 3.1 | 1.4 | 1.6 |
| D-1 | UV-Cured Acrylate | 0.8 | 0.2 ^b | 2.8 | 1.8 |
| D-2 | UV-Cured Acrylate | 3.1 | 4.1 ^b | 7.5 | 3.8 |
| E-1 | UV-Cured Thermoset Acrylate | 7.2 | 17.3 ^b | 9.1 | 4.6 |
| F-1 | PECVD SiO ₂ N _y | 13.0 ^a | | | |
| G-1 | Polyurethane | 18.5 | | | |
| G-2 | UV-Cured Acrylate | 0.0 | b | | |
| H-1 | Polyaspartic | | | | 28.3 |
| H-2 | Polyaspartic | | c | | |

a After 10 Taber cycles b Severe yellowing after UV exposure c Coating unduly degrades unweathered reflectance

全く損なうことなく、12年相当のUV暴露に耐えることがわかった。

世界レベルの結果を示した革新的なコーティング剤

CST 鏡面フィルムに用いるハードコートは、良好なUV耐候性、環境耐久性、耐摩耗性を実現すると同時に、ある程度の柔軟性が必要になる。長期間、良好なUV耐候性を維持するには、官能基数を下げたアクリレート・オリゴマーが好ましい選択肢となる。しかし、アクリレートの官能基数を下げると、鏡面フィルムに必要な耐摩耗性が実現できない。これに対して、多官能オリゴマーに反応性希釈剤と革新的な添加剤パッケージを組み合わせることによって、UV硬化型コーティング剤の耐摩耗性および環境耐久性を向上させる鍵だということが判明した。

コーティング剤メーカーが苦労したのは、オリゴマーの性質（低官能基濃度—「ソフト」でUV耐候性に優れる：高官能基濃度—「硬く」て耐摩耗性と環境耐久性に優れる）を併せ持つ画期的なコーティング剤を開発することだった。求める性質（耐摩耗性、UV耐候性、環境耐久性、およびコーティング皮膜の柔軟性）に対して最適のバランスを実現するためには、最新のオリゴマー合成技術と反応性希釈剤に、革新的なUV吸収剤、光開始剤、添加剤パッケージを加えた新しいフォーミュレーションが必要であ

った。様々な原材料メーカーと密接に連携し、厳しい選別プロセスを経て、太陽光発電用鏡面フィルムを保護するのに必要な性質を実現する、適切な組み合わせが見つかった。

太陽光発電市場におけるUV硬化型コーティング剤の将来展望

太陽光発電技術が普及し、社会が環境に与える影響および減少していく原料への依存を低減するためには、製品の品質が維持されながらも、コストが下がらなければならない。他の多くの技術と比べ、エネルギー硬化型製品が本来持つ優れた点（製造プロセスのスピード、コストおよび環境面全体での適合性）をもってすれば、太陽光発電用機器のコストを下げることは可能であり、また、それがコスト削減の重要な牽引役になるはずである。UV硬化型コーティング剤の原材料メーカーとフォーミュレーターは、より性能を向上させて、新たな機能を追加しようと、引き続き共同で革新的な製品の開発を行っている。また、太陽光発電用機器のメーカーのなかにも、UV硬化型コーティング剤の利点に目を向けるところが増えてきた。したがって、エネルギー硬化型素材の業界は、太陽光発電の市場にさらなる進歩をもたらしていけるだろう。

— Gary Jorgensen氏は、NRELの主任研究員。Mike DiGraziaは、ReflecTech, Inc. (www.ReflecTechSolar.com)のプロダクトディレクター。Kristy Wagnerは、UV上市品の上席化学者。そして、Patrick Peachは、Red Spot Paint and Varnish Co., Inc. (www.redspot.com)の太陽光発電製品担当事業マネージャーである。

RadTech Report October 9,, 10月号より許可転載

Noblelight Discovery (旧 Fusion JAPAN NEWS) No 57, February 2011, pp.4-7 より抜粋

ヘレウス株式会社
ノーブルライト事業部

〒112-0012
東京都文京区大塚2-9-3
住友不動産音羽ビル2F
Tel: (03)6902-6600
Fax: (03)6902-6625
uvp.hkk@heraeus.com
www.heraeus.co.jp