

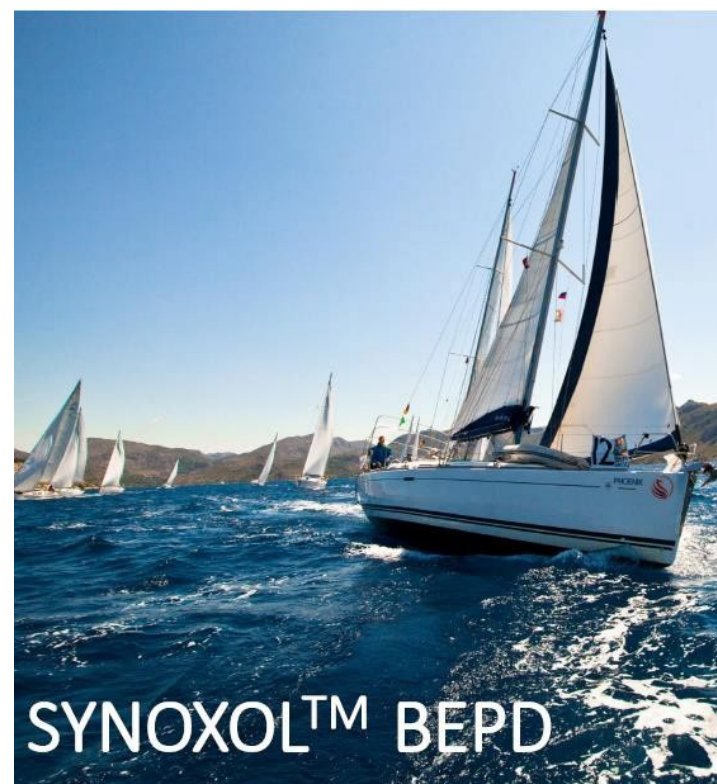


イソフタル酸ベースゲルコート向けのSynoxol™ BEPD

イソフタル酸ベースゲルコート向けのSynoxol™ BEPD 内容



- Synoxol BEPDとは？
- 全世界 vs. 米州の販売台数
- UPR複合材とゲルコート - 樹脂タイプ別
- BEPD用ゲルコートのターゲットアプリケーション
- ゲルコートにおけるBEPD技術のポジショニング
- 価値提案
- 技術データ
- 概要
- 商業的課題



Your glycol of choice for high performance polyester and polyurethane systems

- Improves the hydrolytic stability
- Reduces crystallinity and brittleness
- Improves yellowing resistance and gloss retention
- Increases compatibility



Polyester, Unsaturated Polyester and Polyurethane Resin Synthesis

GLOBAL

Available in all countries across all continents without any legislative or regulatory restrictions.

INNOVATIVE

A solution provider challenging status-quo to deliver above and beyond expectations.

DURABLE

Series of diols and polymer blocks with distinctively higher performance against conventional technologies.

LEADING

Setting the pace in unleashing technical benefits and commercial feasibility across many industries.

VERSATILE

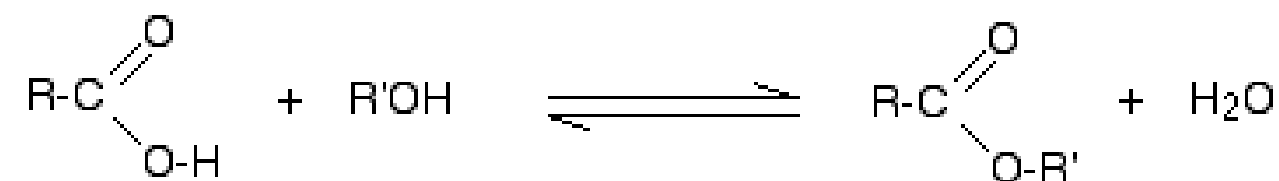
Delivering for the needs of multiple markets from coatings, adhesives, sealants and elastomers to textiles and accessories.



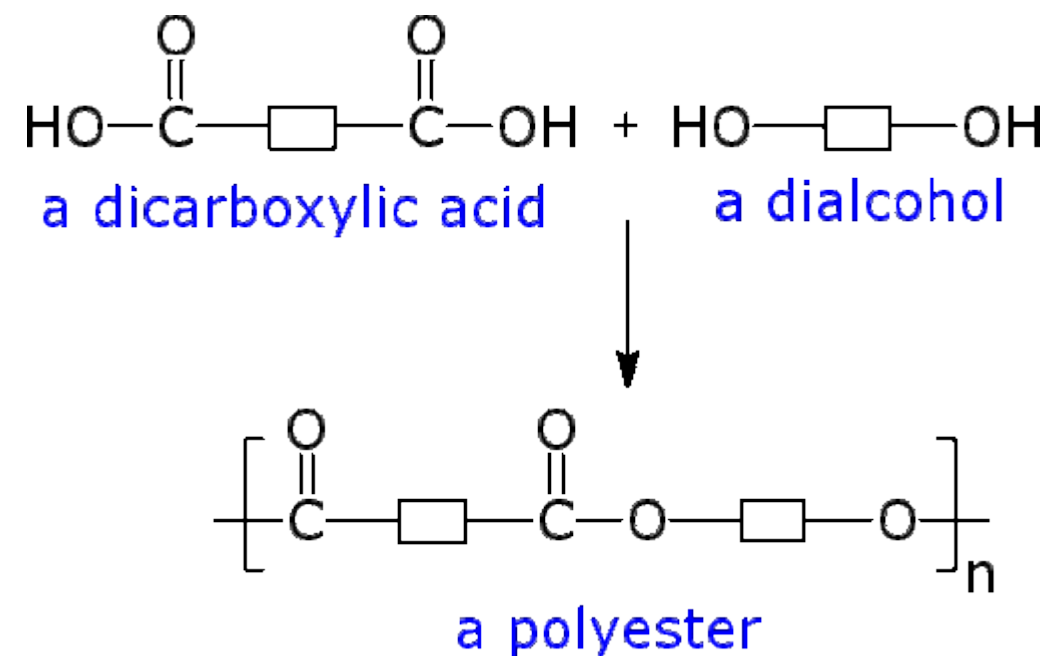
PES樹脂反応

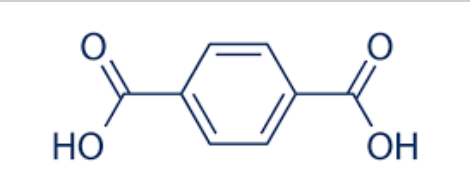
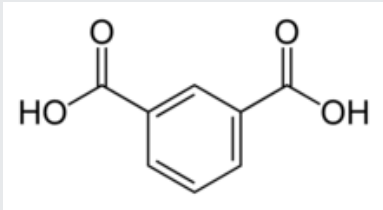
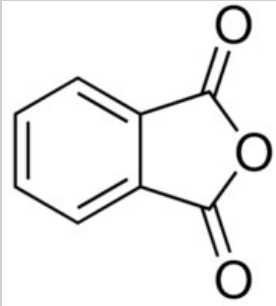
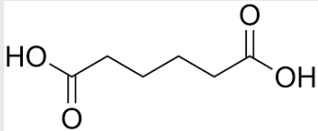


エステルは、酸とアルコールが反応して生成される生成物です。



したがって、ポリエステルは、ジカルボン酸とジヒドロキシアルコール (ジオールまたはグリコールとも呼ばれる) が反応して生成される生成物です。



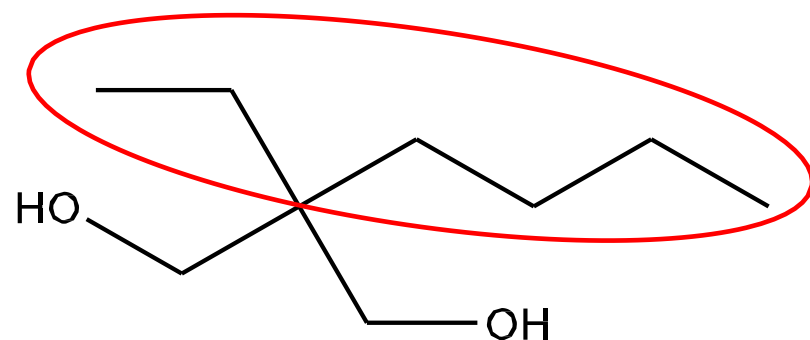
フル名称	別名	構造	特徴
テレフタル酸	TPA (or PTA)		優れた硬度、良好な耐候性と柔軟性
イソフタル酸	IPA (or PIA)		優れた耐候性と硬度
フタル酸無水物	PA		良好な柔軟性と硬度
アジピン酸	ADA (or AA)		良好な柔軟性、粘度を低減



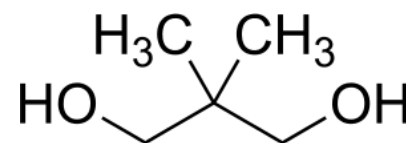
フル名称	別名	構造	特徴
ネオペンチルグリコール	NPG		硬度、耐候性
1,6-ヘキサンジオール	HDO		柔軟性
モノエチレングリコール	MEG		粘度とコストの低減
ジエチレングリコール	DEG		粘度とコストの低減
1,4-シクロヘキサンジメタノール	CHDM		硬度
2-ブチル-2-エチル-1,3プロパンジオール	Synoxol™ BEPD		柔軟性、硬度向上、 耐候性

Synoxol™ BEPDとは？

ポリエステル、不飽和ポリエステル、ポリエステルポリオール合成に使用される高性能グリコール(ジオール)
構造的にネオペンチルグリコール(NPG)に似ている



Synoxol™ BEPD



NPG

この2つの分子間の最も明白な違いは、プロパンジオール骨格の2位における鎖長の増加

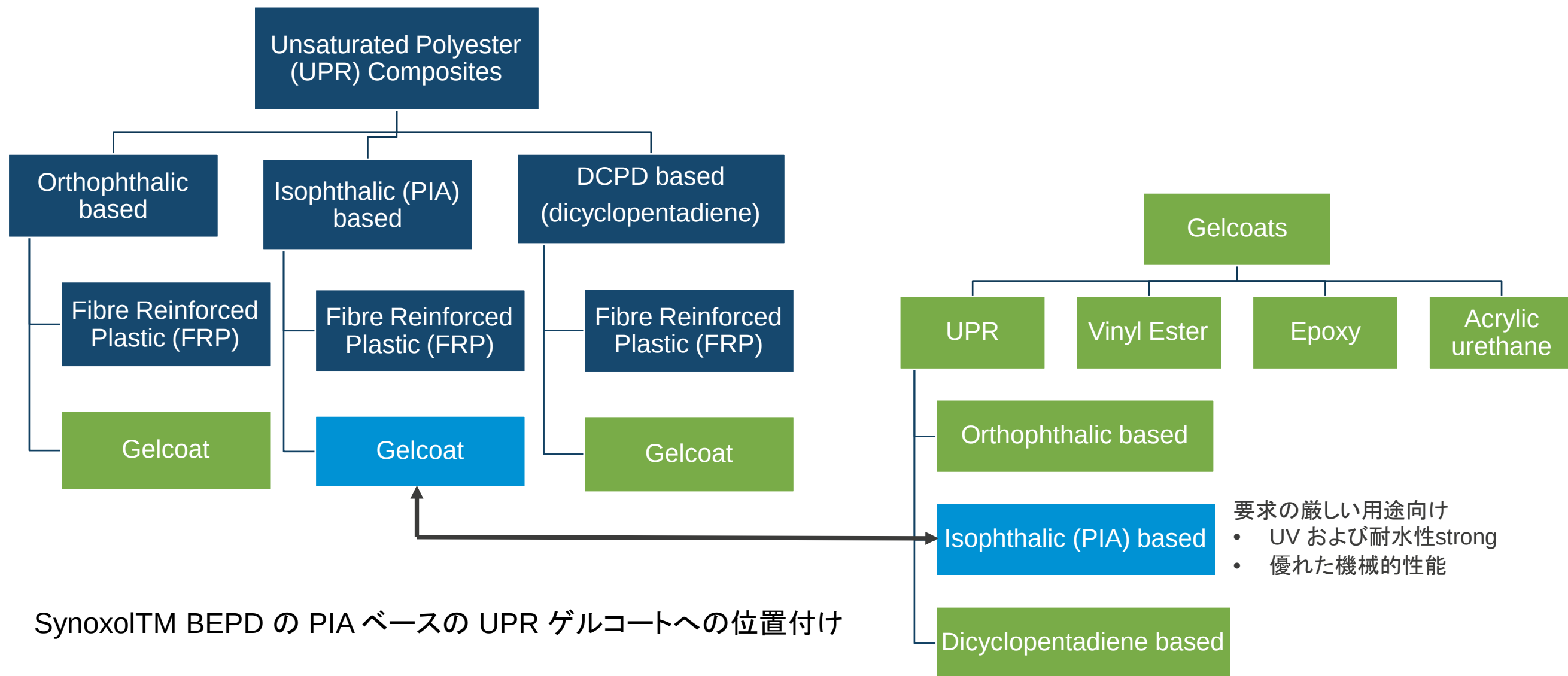
2-Butyl-2-Ethyl-1,3-Propanediol

CAS number: 25265-77-4

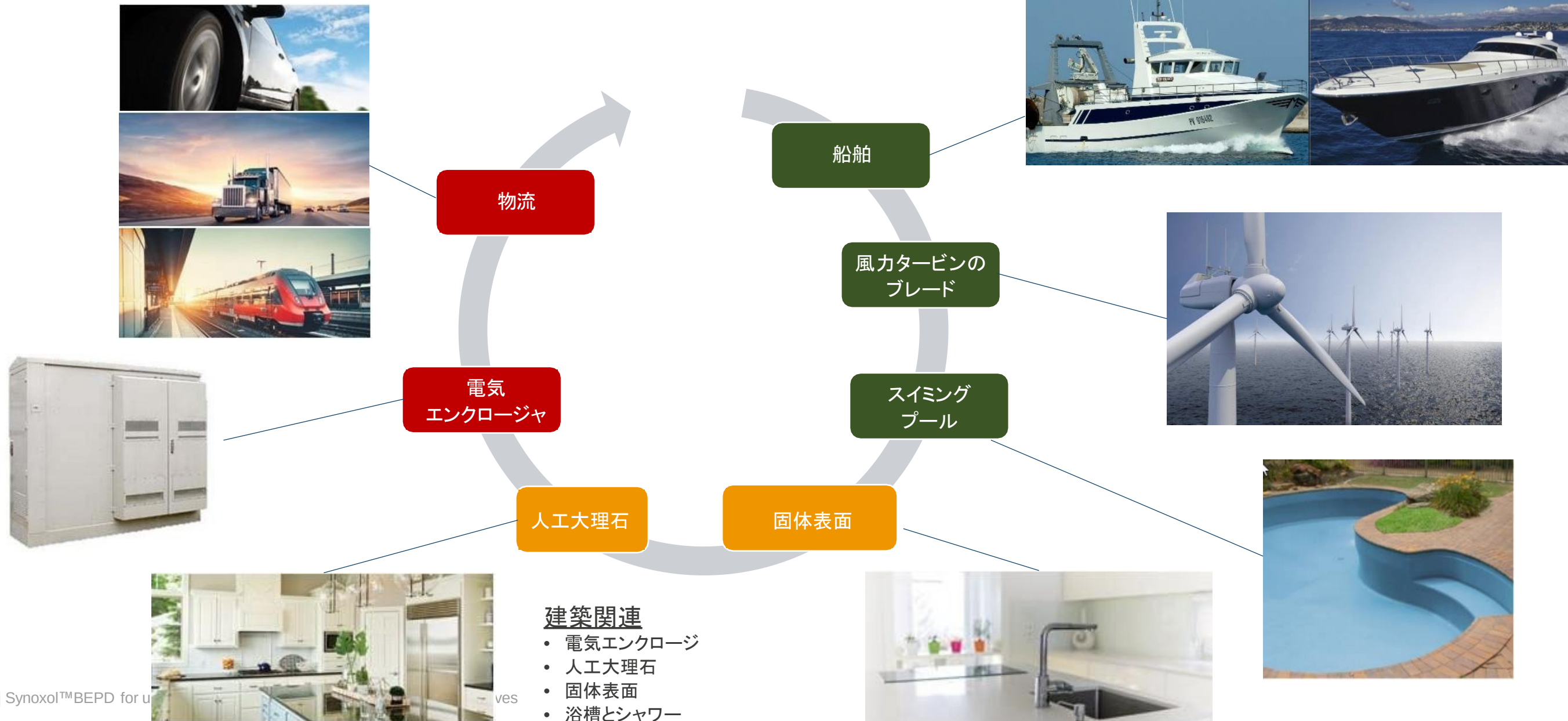
EC (EINECS) number: 204-1-117

HS number: 2905 39

イソフタル酸ベースゲルコートでのSynoxol™ BEPD



イソフタル酸ベースゲルコート向けのSynoxol™ BEPD ターゲット用途

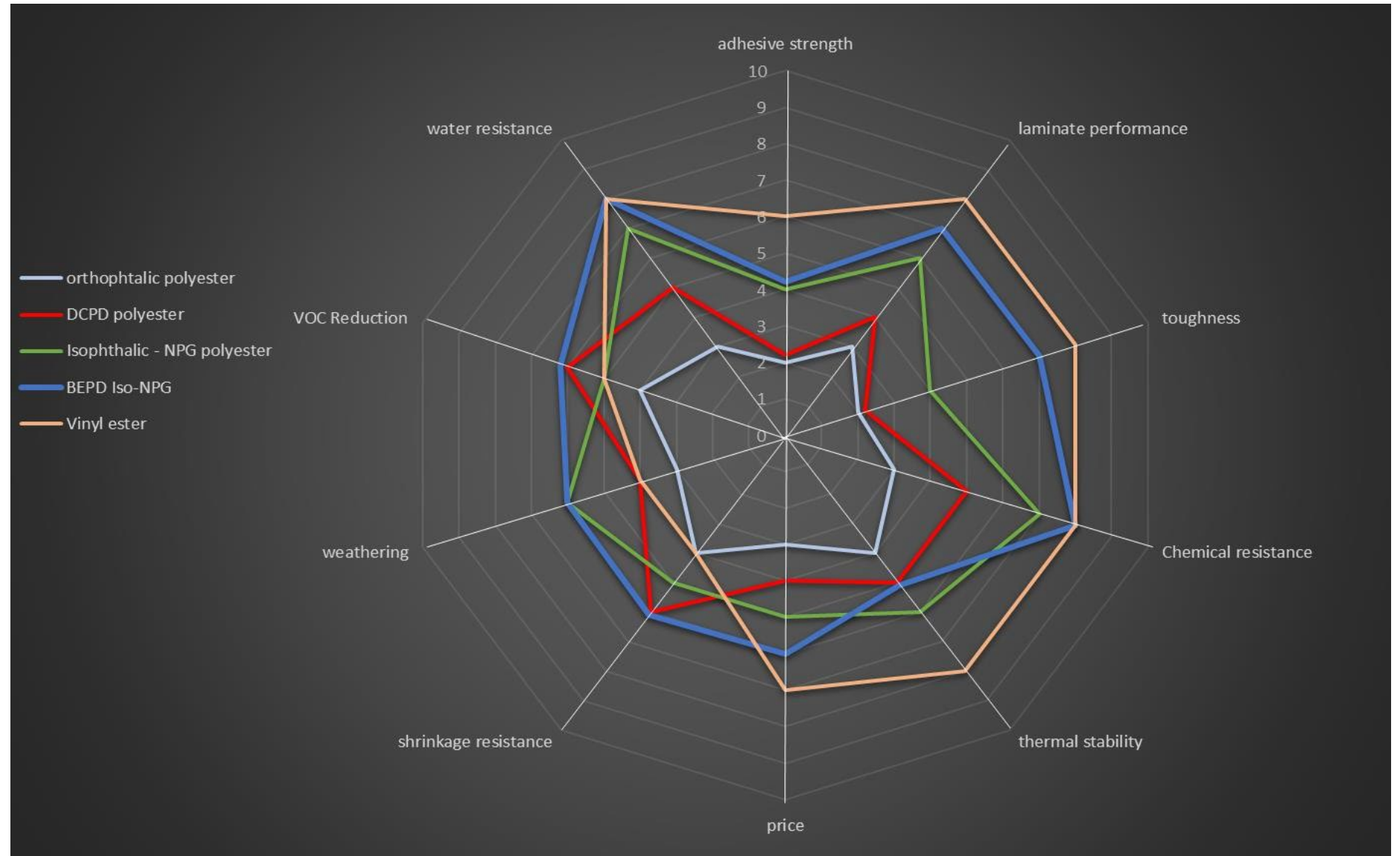


イソフタル酸ベースゲルコート向けのSynoxol™ BEPD テクノロジーのポジショニング



Synoxol™ BEPD は、以下の特性を提供します。

- 優れた耐水性
- VOC 削減への道筋
- 優れた耐候性
- DCPD 樹脂と同等の収縮率の低減



イソフタル酸ベースゲルコート向けのSynoxol™ BEPD 価値提案



DCPDなどの他のゲルコート技術に対して:

- DCPD樹脂に匹敵する低VOC、低収縮のゲルコート配合を可能にし、Iso-NPGシステムの利点を損なわない。
- ビニルエステルベースのゲルコートに迫る優れた耐水性を実現。
- DCPDおよびビニルエステルシステムよりも優れた耐候性。

他のPESゲルコートに対して:

- NPG & その他のグリコールブレンドを含むイソフタル酸樹脂ベースのベンチマークと比較して、最大20%少ない吸水性。
- 優れた外観 - 従来のOrtho & Iso-NPGゲルコートと比較して、硬化時の収縮が少ない。
- イソフタル酸ベースのUPRで、NPGアナログよりも15%高い耐候性 - 1年以上のフロリダ南部屋外曝露。
- イソフタル酸/スチレンUPRで曲げ強度が向上。
- イソフタル酸樹脂の高耐久性と機械的特性を維持しながら、DCPDベース樹脂と同様の外観とスチレン含有量を有するイソフタル酸ベースUPRを配合する機会を提供。

SYNOXOL™BEPDは、VOC / スチレン排出量を削減

イソフタル酸ベースゲルコート向けのSynoxol™ BEPD

SYNOXOL™ BEPDは、粘度を低下させることができます。

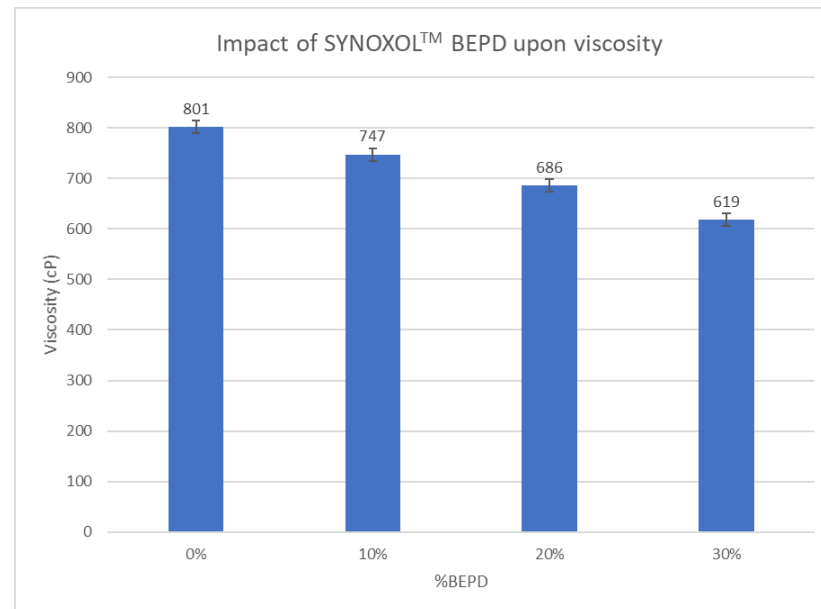


NPGをSYNOXOL™ BEPDに置き換えることで、樹脂の粘度を低下させることができます。

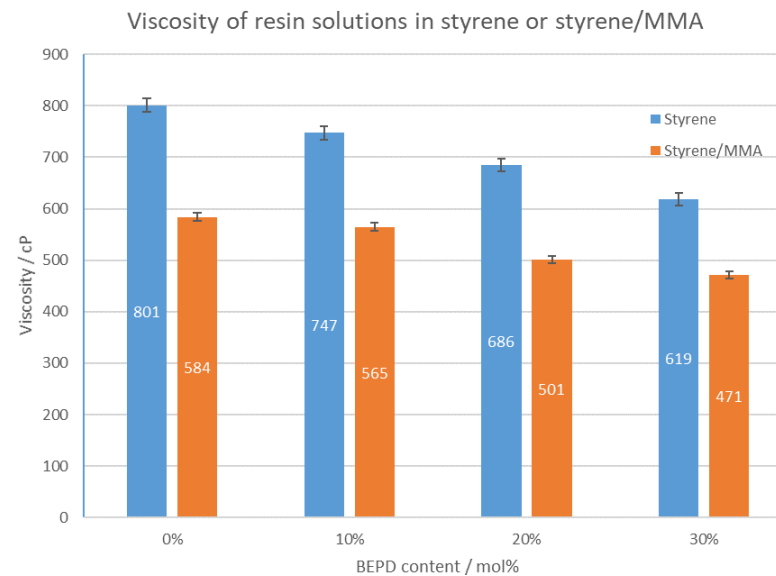
この粘度低下の効果は、スチレン/MMAブレンドでも同様に観察されます。

さらに、1,2-PGをMEGに置き換えることで、さらに粘度を低下させることができます。

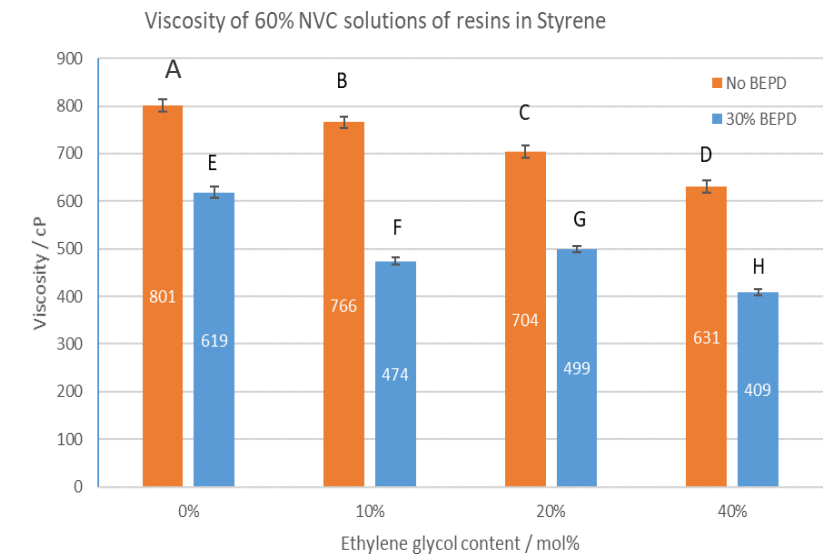
スチレンの固形分が60%



スチレンとスチレン/MMA (25%/15%) の固形分が60%



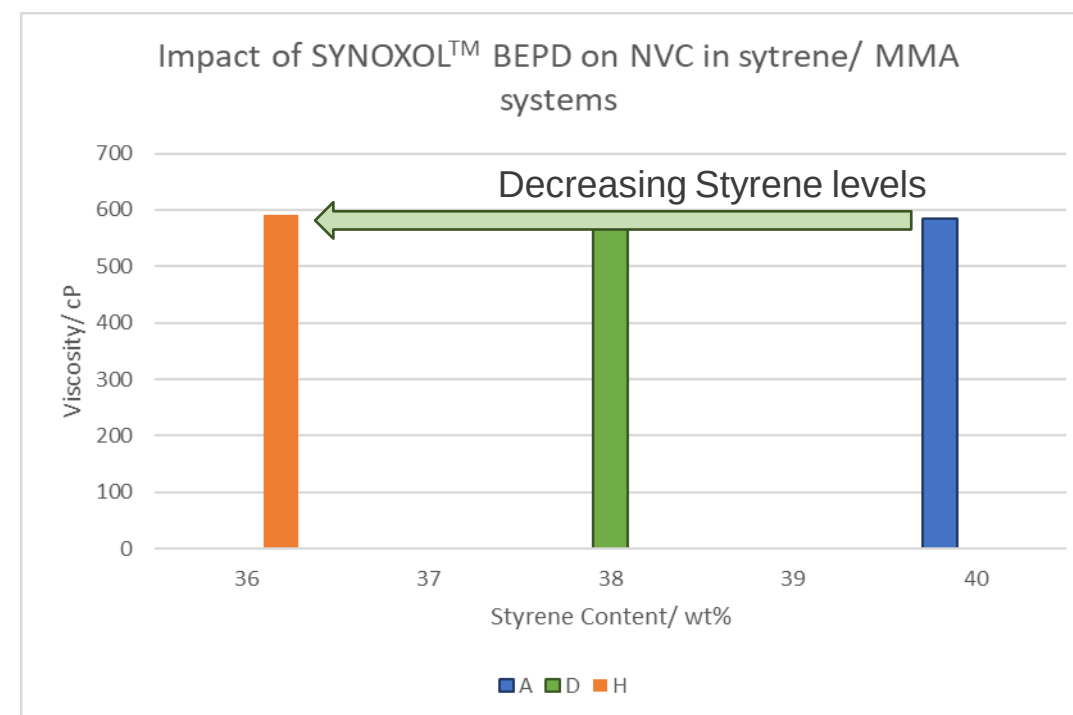
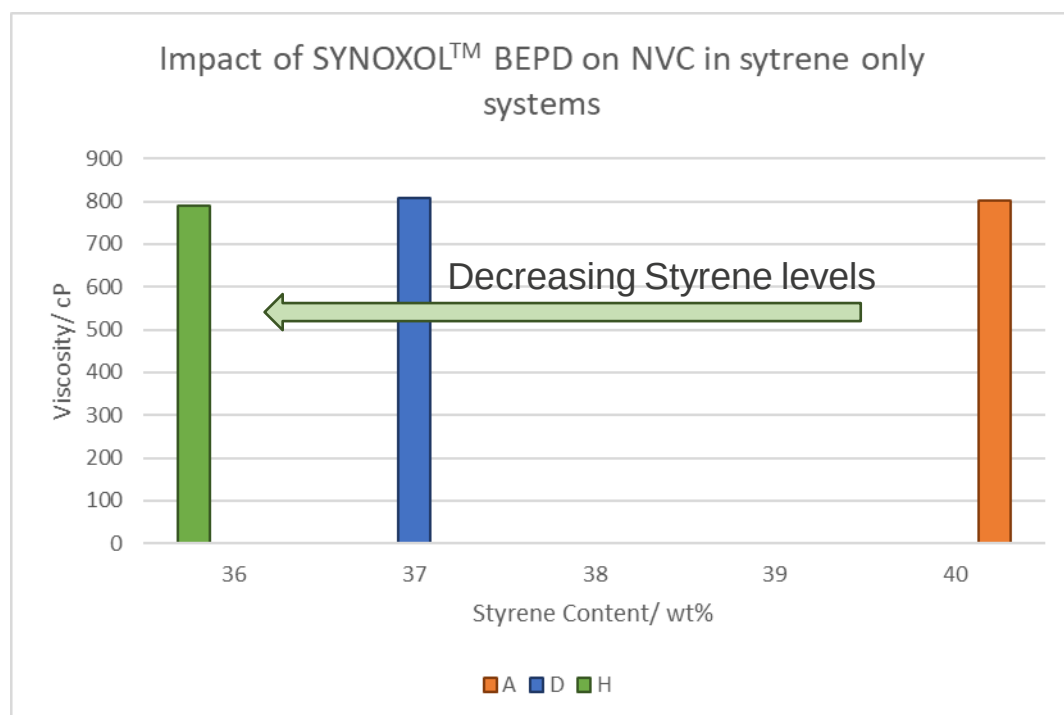
スチレンの固形分が60%



イソフタル酸ベースゲルコート向けのSynoxol™ BEPD 低粘度はVOC排出量の低減につながります。



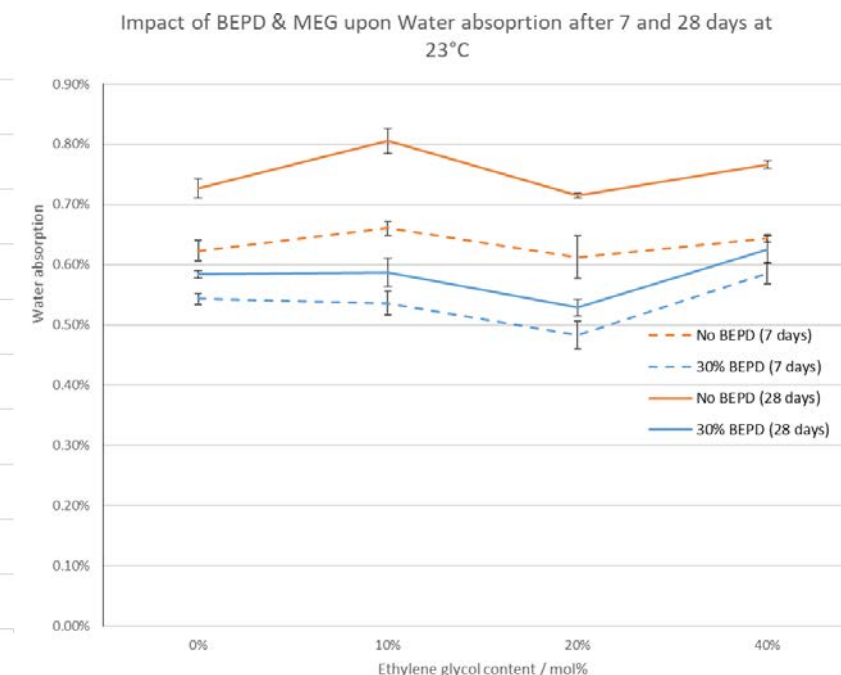
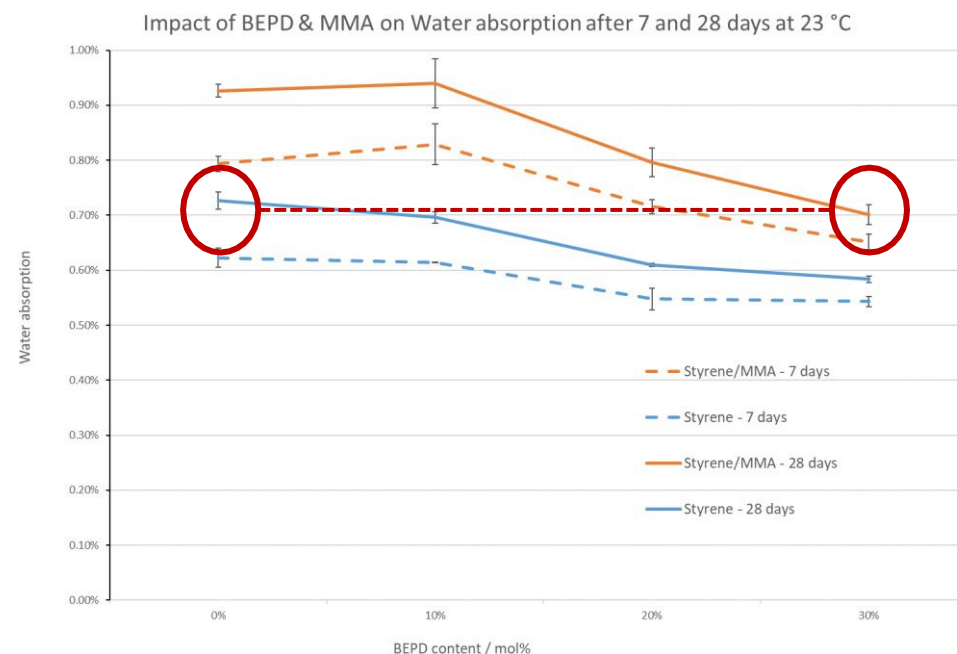
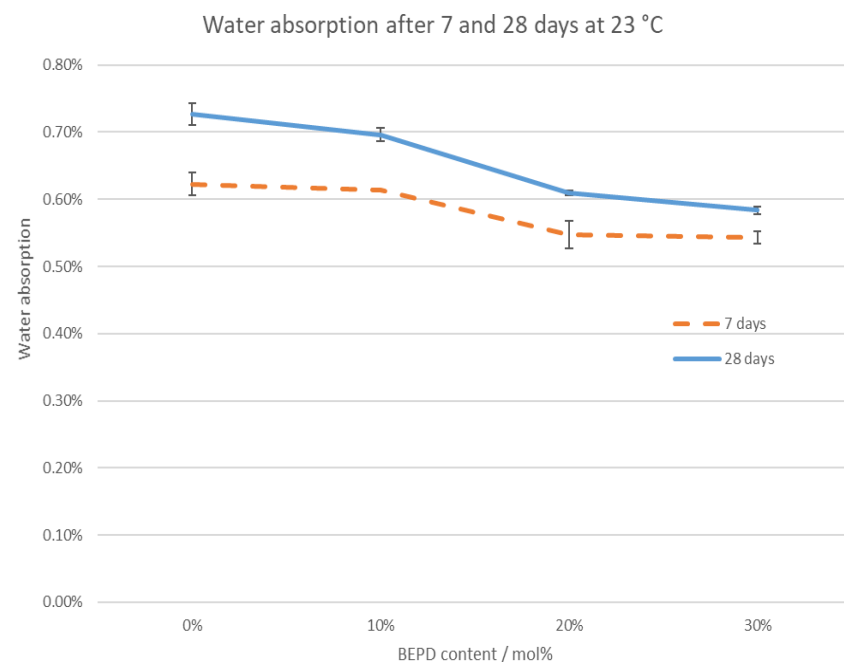
	monomers	resin/ wt %	styrene/ wt%	MMA/ wt%	Viscosity/ cP	% styrene reduction	% VOC reduction
A	0%BEPD, 0%MEG	60	40	0	801	0	0
D	30% BEPD, 0% MEG	63	37	0	809	7.5	7.5
H	30%BEPD, 40%MEG	64	36	0	790	10	10
A	0%BEPD, 0%MEG	60	25	15	584	37.5	0
D	30% BEPD, 0% MEG	62	24	14	595	40	5
H	30%BEPD, 40%MEG	64	23	13	590	42.5	10



SYNOXOL™BEPDは耐水性を向上させます

イソフタル酸ベースゲルコート向けのSynoxol™ BEPD

SYNOXOL™BEPDは耐水性を向上させます。



SYNOXOL™BEPDは、添加量が20mol%を超えると統計的に吸水率を低下させることが証明されています。

- 30mol%のSYNOXOL™BEPDは、吸水率を20%低減させます。
- 30mol%のSYNOXOL™BEPDは、MMAの使用によって生じる吸水率の増加を緩和するのに十分です。
- SYNOXOL™BEPDを使用すれば、1,2-PGをMEGに置換しても吸水率に影響はありません。

SYNOXOL™BEPDは、塗料や接着剤などの外観を向上させます

SYNOXOL™BEPDの添加は、統計的に有意な収縮率の低下をもたらします。

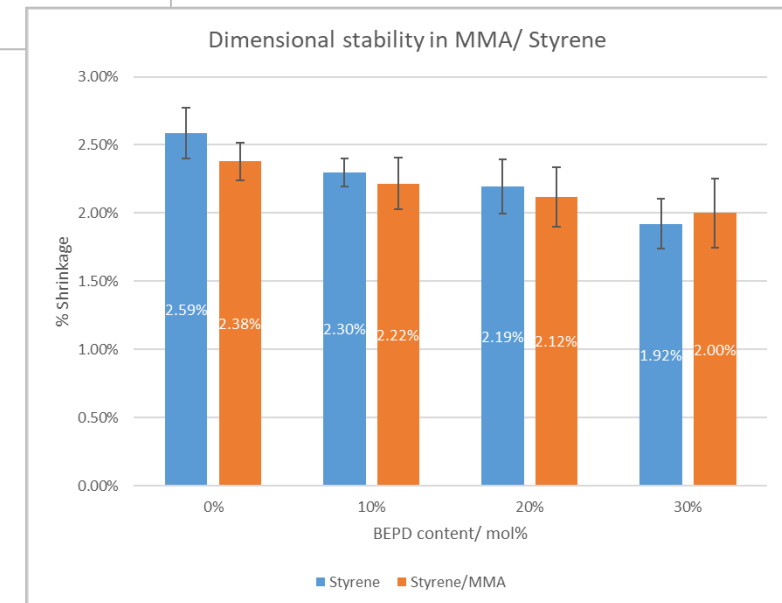
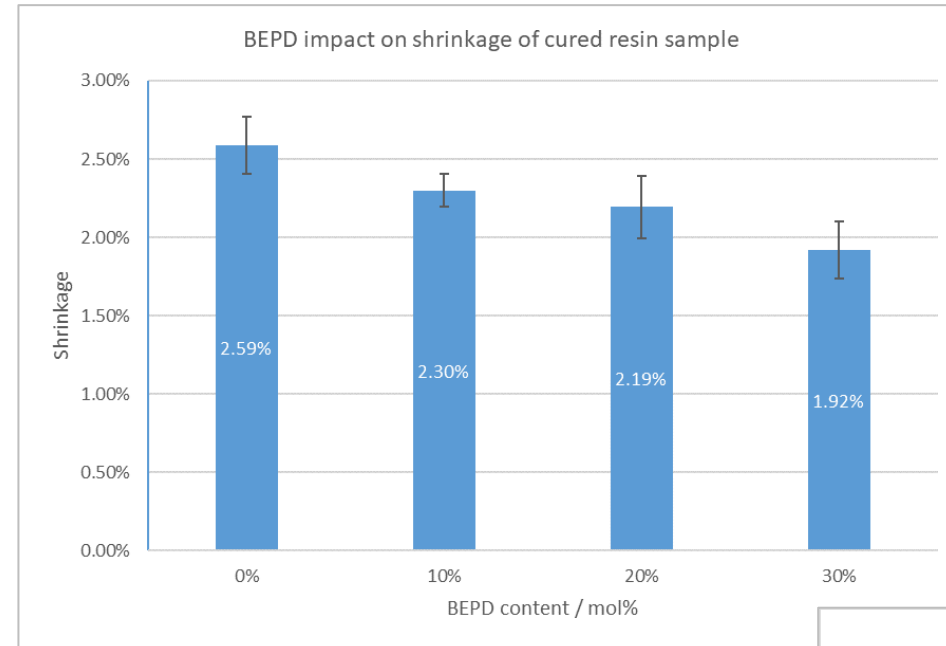
- 30mol%のSYNOXOL™BEPD添加により、収縮率は25%低減します。

スチレン/MMA系では、スチレン系の場合よりも収縮率が小さくなります。

- SYNOXOL™BEPDは、収縮率を20%低減させる効果があります。

MEGの添加は、SYNOXOL™BEPDの寸法安定性への影響に一切影響を与えません。

これにより、スチレン含有量が減少しても、高光沢で裏抜けの少ない塗膜が得られます。



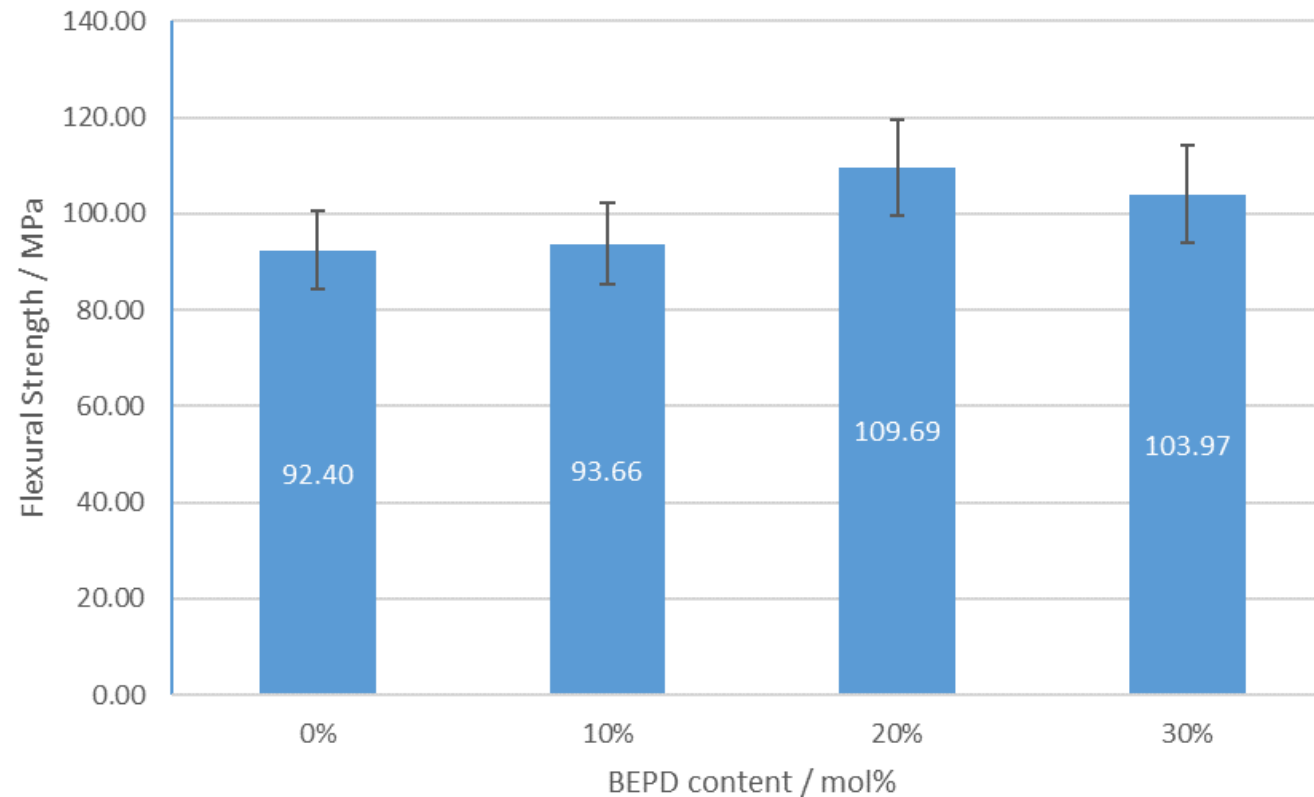
SYNOXOL™BEPDは、曲げ強度を向上させます

イソフタル酸ベースゲルコート向けのSynoxol™ BEPD

SYNOXOL™BEPDは、曲げ強度を向上させます。



Impact of BEPD upon Flexural Strength



NPGをSynoxol™BEPDに20mol%以上で置き換えると、曲げ強さが14%統計的に有意に上昇します。

さらに、MMAやMEGを使用した系でも追加の変化は観察されませんでした。

SYNOXOL™BEPDは、耐候性を向上させます

イソフタル酸ベースゲルコート向けのSynoxol™ BEPD

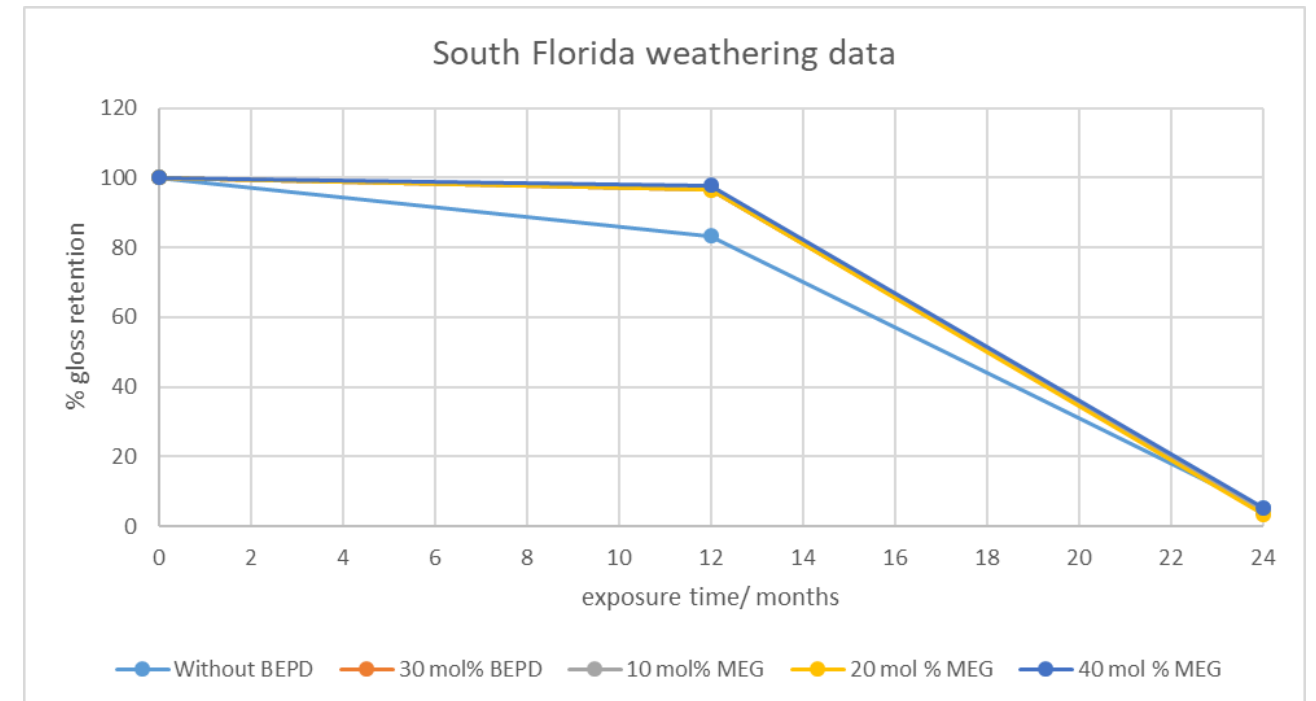
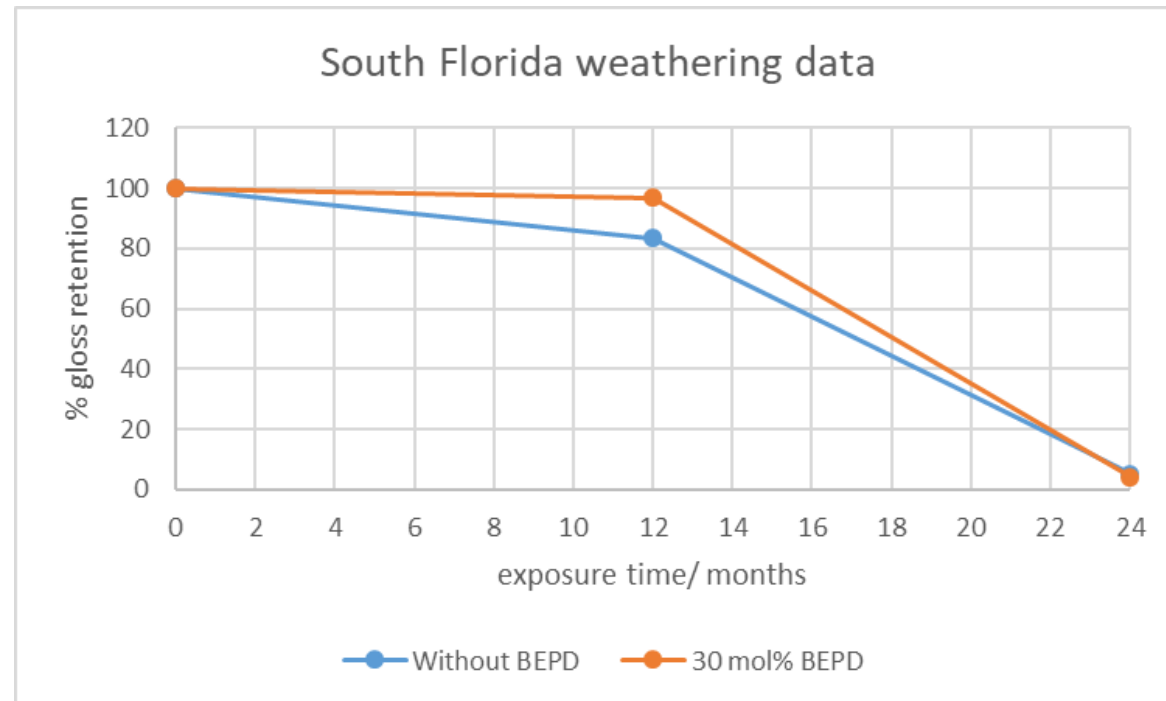
SYNOXOL™BEPDは、耐候性を向上させます。



フロリダでの24ヶ月間の曝露に耐えるジェルコート製造に使用された特定の樹脂:

フッ素系界面活性剤であるBEPDを30mol%添加すると、フロリダでの曝露12ヶ月後に光沢保持率が15%増加しました。

モノエチレングリコール(MEG)を最大40mol%添加しても、光沢保持率に悪影響はありませんでした。



イソフタル酸ベースゲルコート向けのSynoxol™ BEPD まとめ



NPGをSYNOXOL™ BEPDに置き換えることで、性能や機械的特性に悪影響を与えることなく、分子量が高く、粘度が低く、高溶解性のジェルコートの配合が可能になります。

これらの特性は、以下の利点を生み出します：

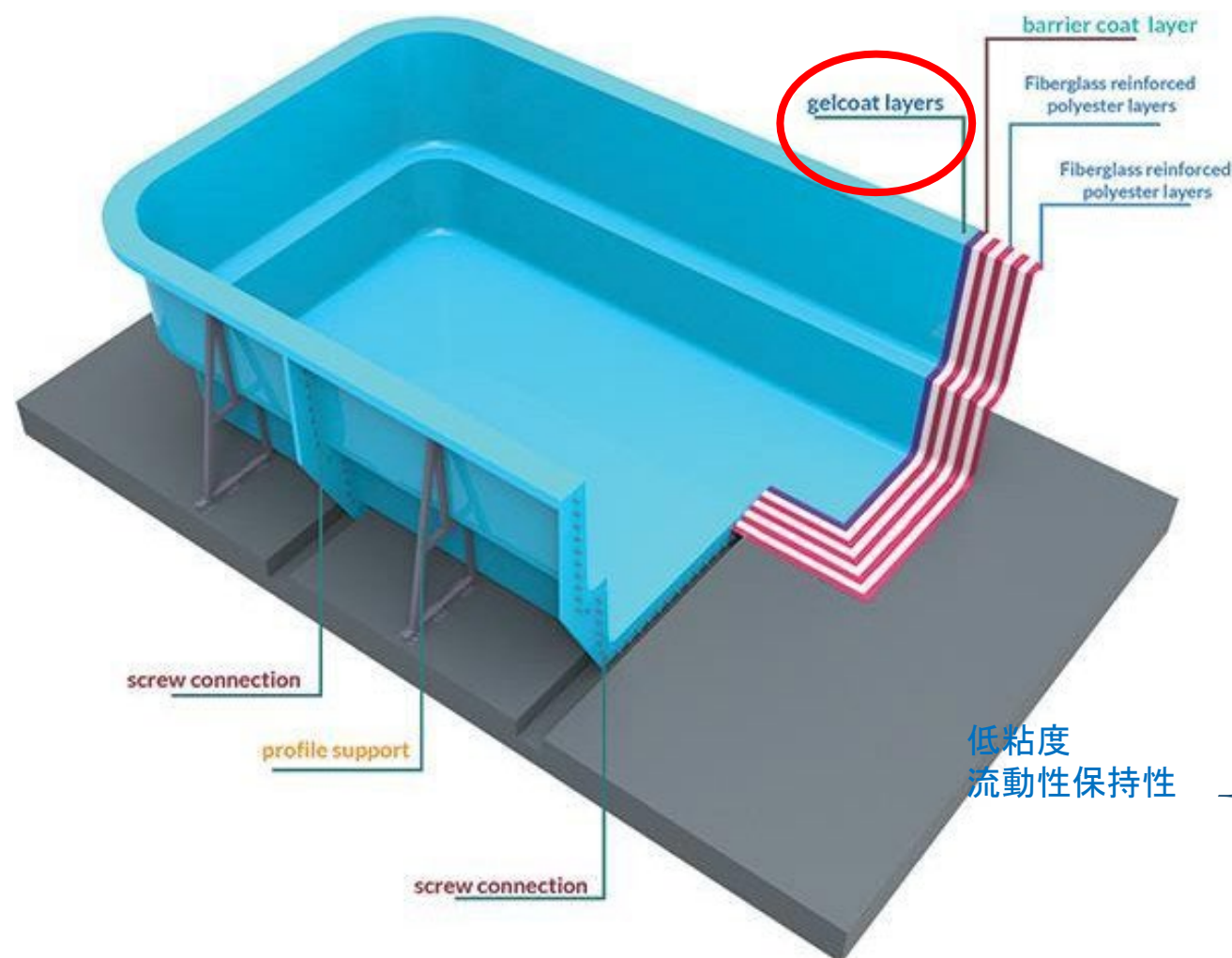
スチレン排出量と全体的なVOC (揮発性有機化合物) 含有量を削減: 環境への負荷を低減しつつ、高性能を維持できます。

モノエチレングリコール (MEG) の添加で樹脂の粘度をさらに低下: スチレン添加量をさらに減らすことが可能となります。

MEGはSynoxol™ BEPD導入によるコスト上昇の一部を相殺: 材料コストの最適化に貢献します。

当社は、この技術を支持する社内データを多数保有しており、また期限切れとなったINEOS特許 (EP1131372) で議論された詳細情報も活用しています。

ゲルコートにおけるBEPDの商業用途



低粘度樹脂は、過剰な溶剤の使用を不要にします。
代わりに、流動性保持剤を使用して垂れ下がり/保持を実現します。

特徴:

- 優れた流動性/平滑性: 均一で滑らかな塗膜形成を実現します。
- 優れた霧化とスプレー特性: 細かい粒子でムラなく塗布が可能です。
- 速いエアリリース: 塗膜内に閉じ込められた空気を素早く排出します。
- 高いプレリリース耐性: 塗布直後の垂れ落ちや流れ出しを防ぎます。
- 優れた垂れ止め性: 塗膜の厚みを均一に保ちます。
- 高いトリッピング/しわ耐性: 表面に凹凸やシワが発生しにくくなります。
- 優れた層間接着性: 複数の塗膜層がしっかりと密着します。
- 優れた耐紫外線性: 日光による色褪せや劣化を防ぎます。
- 良好な光沢保持: 塗膜の光沢が長期間維持されます。

利点:

- 塗膜厚さの容易な制御: 必要な厚みを正確に塗布できます。
- 業界標準のスプレー機器で簡単に塗布: 施工の手間やコストを削減できます。
- 微小な空気の巻き込み: 塗膜内の気泡による品質低下を防ぎます。
- 塗布条件のバラつきに対する耐性向上: 安定した品質を確保できます。
- より一貫性のある塗膜厚: 仕上がりの美しさを向上させます。
- 部品品質の向上、塗布条件のバラつきに対する耐性向上: さまざまな環境下でも安定した性能を発揮します。
- 塗布条件のバラつきに対する耐性向上: 作業ミスによる失敗リスクを低減します。
- 層剥離の発生率を低減: 長期間にわたって塗膜の性能を維持します。
- 塗布物の色褪せ防止: 見た目を美しく保ちます。
- 優れた長期耐候性: 塗膜の劣化を防ぎ、製品寿命を延長します。

低粘度
流動性保持性

収縮耐性
耐紫外線性
耐水性



製造および応用の利点

低VOC – 低スチレン含有量

欠陥のない成形

曲げ強度

硬化時の収縮が低い

低粘度

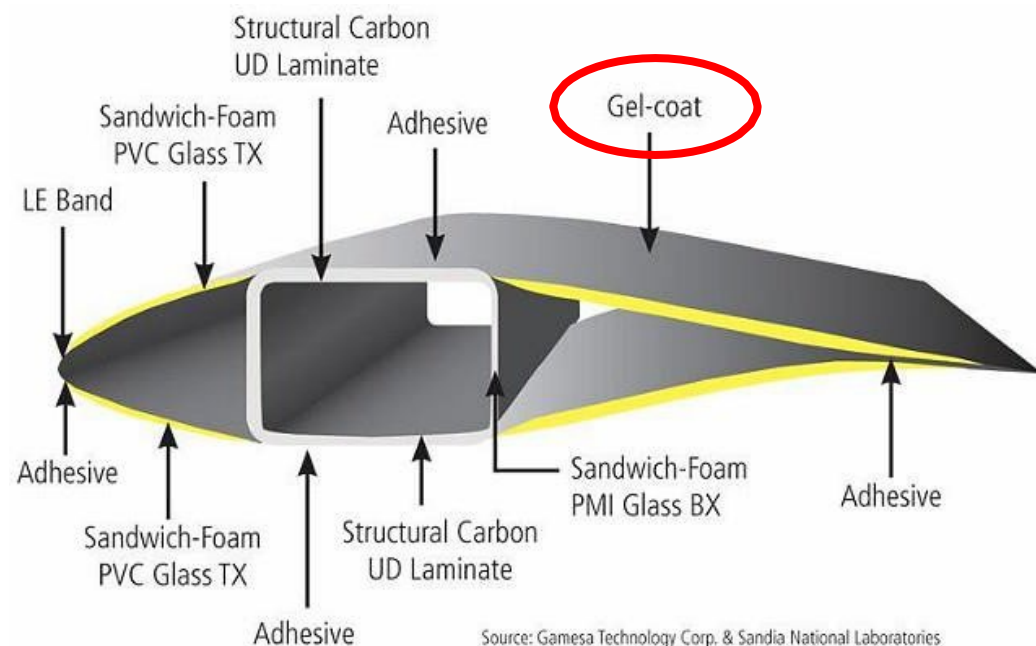
注入の容易さ

応用の容易さ(修理および新築)

性能の利点

耐水性

UV耐性 耐候性



雨侵食性能

柔軟性 + 硬度 → 衝撃抵抗性

欠陥のない成形

曲げ強度

硬化時の収縮が低い

低粘度

注入の容易さ – 高い処理速度

Water resistance & Weatherability

Materials for Wind Turbine Blades: An Overview

Leon Mishnaevsky Jr. ^{*}, Kim Branner, Helga Nørgaard Petersen, Justine Beauson, Malcolm McGugan and Bent F. Sørensen

Department of Wind Energy, Technical University of Denmark, 4000 Roskilde, Denmark; kibr@dtu.dk (K.B.); hnpe@dtu.dk (H.N.P.); jube@dtu.dk (J.B.); mamc@dtu.dk (M.M.); bsqr@dtu.dk (B.F.S.)

^{*} Correspondence: lemi@dtu.dk; Tel.: +45-4677-5729

Received: 23 August 2017; Accepted: 13 October 2017; Published: 9 November 2017

熱硬化性コンポジットは、強化ポリマー市場の約80%を占めています。熱硬化性の利点は、低温硬化が可能であり、粘度が低いこと(これにより注入が容易になり、したがって高い処理速度が可能となります)。

最初は、コンポジットブレードにはポリエステル樹脂が使用されていました。しかし、大型および特大風力タービンの開発とともに、エポキシ樹脂がポリエステルに取って代わり、現在では風力タービンのコンポジットの主要な基材として使用されています。

ただし、最近の研究(例: DSM Composite Resinsによるもの)では、速いサイクルタイムや生産のエネルギー効率向上など、未飽和ポリエステル樹脂への回帰を支持する論拠が示されています。これらの研究によれば、新たに開発されたポリエステルは、大型風力タービンのブレードに必要なすべての強度と耐久性の要件を満たしていると述べています。

補足情報

Synoxol™ BEPD – イソフタル酸ベースゲルコート

UPR formulations



Unsaturated Polyester Resin	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Neopentyl glycol (NPG) / g	332.6	335.1	337.6	342.8	152.6	153.7	154.7	156.9	269.1	209.2
SYNOXOL™ BEPD / g	-	-	-	-	234.8	236.5	238.1	241.5	82.8	161.0
Propylene Glycol (PG) / g	162.0	122.4	82.2	-	148.7	112.2	75.4	-	157.3	152.8
Mono Ethylene Glycol (MEG) / g	-	33.3	67.1	136.2	-	30.5	61.5	124.7	-	-
Isophthalic acid (PIA) / g	368.4	371.1	374.0	379.8	338.2	340.5	342.8	347.7	357.8	347.7
Maleic Anhydride (MA) / g	265.8	267.7	269.8	273.9	243.9	245.6	247.3	250.7	258.1	250.8
Total charge / g	1129	1130	1130	1133	1118	1119	1120	1121	1125	1122
Reaction water / g	129	130	130	133	118	119	120	121	125	122
Theoretical properties at acid value = 18 mgKOH g ⁻¹										
Hydroxyl number / mgKOH g ⁻¹	44	45	45	46	40	41	41	42	42	42
Hydroxyl excess / %	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Molecular weight (M _n) / Da	1200	1200	1200	1200	1200	1250	1200	1200	1200	1200
Molecular weight (M _w) / Da	1600	1600	1600	1600	1900	1500	1600	1600	1600	1600
Polydispersity	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
Functionality	1.3	1.3	1.3	1.2	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.4
Practical data										
Acid value / mgKOH g ⁻¹	16.8	17.3	15.7	17.4	19.1	18.1	17.8	19.8	20	18
Hydroxyl number / mgKOH g ⁻¹	41.5	43.5	43.4	44	40	40.8	39.9	40.5	42	42
Molecular weight (M _n) / Da	1900	2000	2100	2100	2000	1900	1900	2100	1900	2100
Molecular weight (M _w) / Da	4400	5000	5100	4900	4700	4500	4400	4800	4800	4800
Polydispersity	2.3	2.5	2.5	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
T _g (onset) / °C	20	20	19	18	19	15	11	11	18	19

Synoxol™ BEPD – イソフタル酸ベースゲルコート UPR formulations



Table 4 - Summary of diol content as a percentage of diols present

Resins	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
NPG / mol%	60	60	60	60	30	30	30	30	50	40
SYNOXOL™ BEPD / mol%	0	0	0	0	30	30	30	30	10	20
PG / mol %	40	30	20	0	40	30	20	0	40	40
MEG / mol%	0	10	20	40	0	10	20	40	0	0

Synoxol™ BEPD – イソフタル酸ベースゲルコート

Gelcoat formulation



	Weight %
Polyester, 60 % in styrene	63.2
Thixotropic additive, HDK N20 ⁵	5.20
Talc, Finntalc M05	5.20
Styrene	6.20
TiO ₂ , Kemira 650	15.60
BYK 501 ⁶	0.21
Grind for 20 min at 2000 rpm at T = max. 45° C	
Styrene	7.30
Promoter, Co-octoate 10%	0.12
Co-promoter, DMAA (Dimethylacetoacetamide)	0.1
Inhibitor, THQ 10%	0.07

Mix properly and add 2% MEK-Peroxide-50 as initiator just shortly before use.

⁵ Wacker Chemical

⁶ BYK-Chemie