

●ポリフェニレンサルファイドにおける新グレードの開発

高分子材料研究所 モールドグループ 春成 武

1. はじめに

ポリフェニレンサルフィド (PPS) 樹脂は、高温環境下での長期使用に耐える卓越した耐熱性 (UL 温度インデックスは 200 ~ 240°C)、フッ素樹脂に匹敵する耐薬品性、耐熱水性、難燃剤を必要としない自己難燃性など、多くの優れた特性を有する熱可塑性エンジニアリングプラスチックである^{1, 2)}。これらの特長から、PPS 樹脂は金属または熱硬化性樹脂の代替材料として、耐熱性や信頼性の求められる自動車部品、電気・電子部品、水廻り・住設機器などに使用されてきた。

PPS 樹脂のグレードはガラス繊維や無機フィラーが配合された強化タイプが一般的であるが、これらグレードにエラストマー等を配合した高靱性グレード、高熱伝導フィラーを配合した高熱伝導グレード、フッ素樹脂等を配合した高摺動グレードなどの特殊グレードも上市されている。

東ソー(株)は顧客の新たな要求に応えるべく、高機能グレードの開発に取り組んできた。本稿では、当社の PPS 樹脂<サスティール>の中から、射出成形により金属と PPS 樹脂との複合化を可能とする金属接合 PPS グレード、および耐トラッキング PPS グレードについて紹介する。

2. 金属接合 PPS グレード

[1] 射出接合

近年、自動車部品、電気・電子部品などでは、金属と樹脂との複合化、あるいは複数の部品を一体化したモジュール化が進展している。また、スマートフォンに代表されるモバイル機器では薄型・軽量化や意匠性が強く求められており、本分野においても、金属と樹脂との複合化に対する要求が非常に高まっている。

金属と樹脂との複合化については、ネジ等による機械式接合、接着剤による接合等が古くから知られるが、最近、射出成形を利用した複合化手法である射出接合が注目されている。射出接合は熔融樹脂と接合させるため表面処理を行った金属を用いてインサート成形する手法であり、生産性が高く、機械式接合のようなネジ

が不要であることから部品点数が削減され、設計自由度が高いという特長がある。射出接合の手法としては、大成プラスの NMT (Nano Molding Technology)³⁻⁵⁾、東亜電化の TRI システム^{6, 7)} 等があり、各種部品への適用が進められている。

[2] NMT (Nano Molding Technology)

代表的な射出接手法である NMT について概略を説明する。金属を特殊な水溶液に浸せきすることで金属表面に数十 nm の微細孔が形成される (図 1)。この表面処理した金属を金型内にセットし、射出インサート成形により金属と樹脂の一体成形を行う技術が NMT であり、樹脂と金属は主にアンカー効果により接合すると報告されている³⁻⁵⁾。また、樹脂は、金属表面に形成された数十 nm の微細孔に、隙間なく侵入することが報告されている^{8, 9)}。NMT に使用される金属には、アルミニウム、マグネシウム、銅、ステンレス、チタン、鉄などがある^{4, 5)}。以下、PPS 樹脂とアルミニウムを NMT で接合した結果を示す。

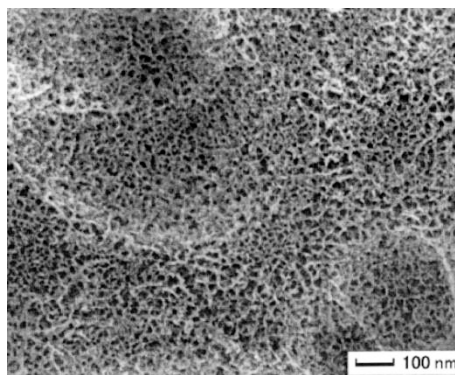


図 1 表面処理したアルミニウム (A6061)⁴⁾

[3] PPS 樹脂と金属との接合強度

PPS 樹脂は流動性に優れるため、金属表面の微細孔に流入しやすく、NMT による接合に適した樹脂である。当社は PPS 樹脂と金属との接合強度をさらに向上させるため、金属接合 PPS グレードを開発した。図 2 に金属接合 PPS グレード (SGX-120(12)) とアルミニウムとの接合強度を示す。なお、本接合強度の

評価では、表面処理したアルミニウム (A5052) を使用し、引張剪断試験により接合強度を測定した。金属接合 PPS グレードとアルミニウムとの接合強度は 44MPa に達し、PPS 樹脂の一般グレードに対し、2～3 倍の接合強度を示すことが分かる。このような高い接合強度を実現できたことにより、過酷な環境や高応力下での使用において、接合への信頼性が高まったと考える。

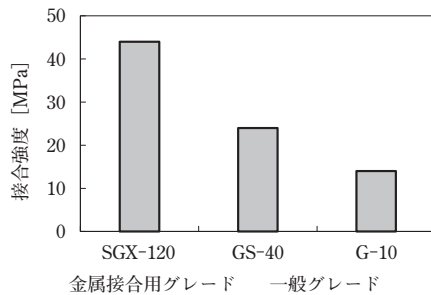


図2 アルミニウム (A5052) との接合強度

自動車用の部品などでは高温高湿下、冷熱環境下など過酷な環境下での長期にわたる品質安定性が要求されるため、接合強度の長期耐久性を調べた。1000 時間の湿熱試験後 (85℃×85% RH)、アルミニウムおよび銅と金属接合グレード (SGX-120(12)) との接合強度を評価した結果、接合強度の大きな低下は認められなかった (図3)。また、1000 サイクルの冷熱衝撃試験 (-40℃×30min ⇄ 150℃×30min) においても、アルミニウムと金属接合グレード (SGX-120(12)) との接合強度の低下は認められず (図4)、金属接合 PPS グレードは長期信頼性が要求される部品にも適用できる可能性を見出した。

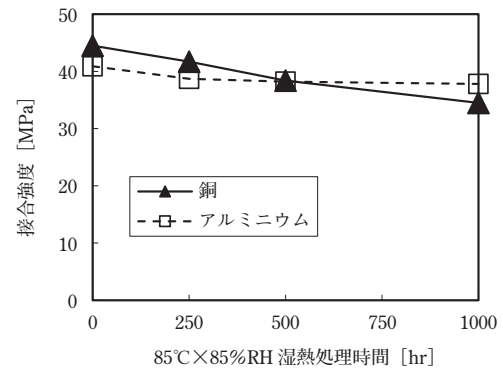


図3 接合強度の耐久性 (湿熱試験; 85℃×85%RH)

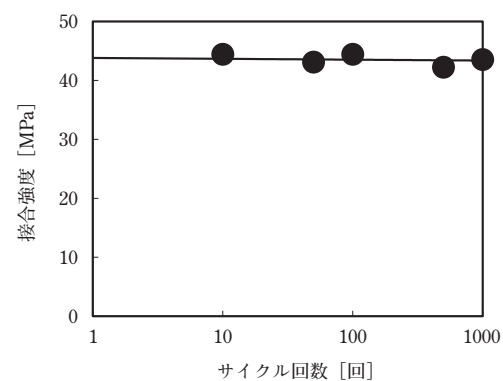


図4 接合強度の耐久性 (冷熱衝撃試験)

[4] 金属接合 PPS グレードのラインナップ

東ソー(株)は用途、目的に応じて各種の金属接合 PPS グレードをラインナップしている。表1に代表的な3種類の金属接合 PPS グレードの特性を示す。

SGX-120(12) は、金属との接合強度、薄肉流動性、韌性に優れた金属接合 PPS の標準グレードであり、薄型・軽量化への要求が強いモバイル電子機器の筐体、

表1 金属接合 PPS グレード

測定項目	試験方法	単位	SGX-120(12) GF20%強化	SGX-115(52A) GF15%強化	SGX-140(52) GF40%強化
密度	ISO 1183	[g/cm ³]	1.40	1.36	1.60
曲げ強度	ISO 178	[MPa]	170	150	235
曲げ弾性率	ISO 178	[GPa]	6.5	5.0	13.0
流動長	東ソー法 ¹⁾	[mm]	310	240	175
燃焼性	UL94	[-]	V-2 (1.0mmt)	HB (0.4mmt)	V-0 (3.0mmt)
接合強度	東ソー法 ²⁾	[MPa]	44	39	32
シャルピー衝撃強度	ISO 179-1	[kJ/m ²]	9	17	13
特長			高接合強度	高衝撃強度	低ハロゲン

注1) 金型形状; 1mm厚×10mm幅バーフロー金型

注2) 引張剪断接合強度 金属; アルミニウム (A5052)

注3) 周波数: 2GHz

ボス、枠などに採用された実績がある。SGX-115(52A)は、衝撃強度を特徴とした金属接合 PPS グレードであり、落下強度が要求されるスマートフォンの筐体として採用された。さらに近年、電気・電子分野において低ハロゲンに対する要求が高まっており、本要求と金属との接合強度を両立させたグレードを開発している。SGX-140(52) は、ハロゲン含有量が 900ppm 以下の金属接合 PPS グレードである。

これらグレード以外にも、低異方性、薄肉高流動性、高摺動性、低誘電率、カラーグレードなどの金属接合グレードをラインナップしており、顧客の要望に合わせ、グレードの充実化を図っている。

[5] 用途開発

金属接合 PPS グレードは、PPS 本来の特長である耐熱性、耐薬品性等に加え、金属との高い接合強度を有し、プロジェクト、携帯音楽機器、スマートフォンなどのモバイル電子機器などとして採用されており(図5, 6)、薄型・軽量化が求められる薄型テレビ、ノートパソコン等の筐体などでも開発が進められている。また、接合強度の長期信頼性を活かし、金属との気密性が要求されるリチウムイオン電池の封口板での開発

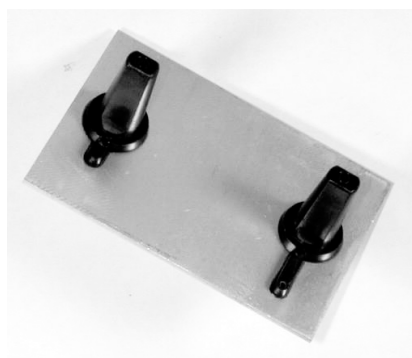


図5 アルミニウム板に射出接合した PPS 製ボス (大成プラス(株)殿提供)

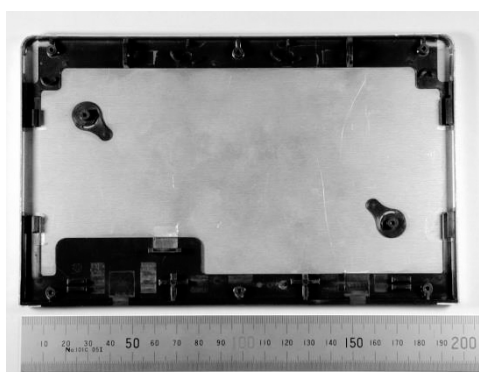


図6 電子機器筐体への適用事例 (大成プラス(株)殿提供)

が進められている^{4, 5, 10)}。

3. 耐トラッキング PPS グレード

[1] 耐トラッキング性

電力変換装置に用いられているパワーデバイスの主要素子である Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) は、大容量化、高耐電圧化が進展しており、これら IGBT パワーモジュールに使用される材料には CTI600V 以上という高い耐トラッキング性が要求される場合がある¹¹⁾。

トラッキングとは、有機絶縁体表面が湿気や塩分、埃などで汚染された状態で電圧が印加された際に、微小放電が生じ、絶縁体表面が発熱により分解あるいは燃焼することで、炭化物導電路が形成されることである。トラッキングに対する耐性、すなわち耐トラッキング性は、IEC 法におけるトラッキング指数 (CTI) により評価されることが多く、CTI600V 以上は、耐トラッキング指数の最も高い区分に位置づけられる。PPS 樹脂は優れた特長をもつ材料であるが、分子鎖中にベンゼン環を含むため、耐トラッキング性に乏しく¹²⁾、一般グレードの CTI は 175V 程度である。そこで、東ソー(株)は CTI600V 以上の耐トラッキング PPS グレードの開発に取り組み、現在、市場評価を進めている。

[2] 耐トラッキング PPS グレードの開発

PPS 樹脂の耐トラッキング性を改良する方法として、熱分解時に吸熱し、放電の熱を吸収する無機フィラー (分解吸熱フィラー)、あるいは耐トラッキング性に優れた脂肪族系有機化合物を配合する方法が知られるが、多量のフィラーの配合を必要とするため、流動性、機械特性等が損なわれる問題がある。当社は、PPS 樹脂の炭化を抑制する効果をもつ新たな炭化抑制剤を見出し、これを分解吸熱フィラーと組み合わせた。その結果、一定の無機フィラー配合量にて、PPS 樹脂の耐トラッキング性を著しく向上させることに成功した(図7)。表2に代表的な耐トラッキング PPS グレードとして、標準タイプ、低ガスタイプ、高伸びタイプの特性を示す。

[3] 高強度耐トラッキング PPS グレード

耐トラッキング PPS グレードは一般の PPS グレードと比較して強度に劣るため、CTI600V を保持し、かつ強度に優れた耐トラッキング PPS グレードの開発に取り組んでいる。強度の評価方法には、部品の実用物性がイメージできるように、ボルト締付強度を採用

表2 耐トラッキング PPS グレード

測定項目	単位	試験方法	標準タイプ	低ガスタイプ	高伸びタイプ
比重	[-]	ISO 1183	1.88	1.89	1.69
引張強度	[MPa]	ISO 527	90	90	81
引張伸び	[%]	ISO 527	0.5	0.5	1.5
引張ウェルド強度	[MPa]	ASTM D638	31	32	25
曲げ強度	[MPa]	ISO 178	150	150	120
曲げ弾性率	[GPa]	ISO 178	18	18	9
シャルピー衝撃強度(ノッチ側)	[kJ/m ²]	ISO 179	6	5	6
溶融流動長	[mm]	TOSOH 法 ¹⁾	123	110	120
耐トラッキング指数 (CTI)	[V]	IEC60112	600	600	600

注1) 金型形状；1mm厚×10mm幅バーフロー金型

表3 高強度耐トラッキング PPS グレード

測定項目	単位	試験方法	標準タイプ	高強度タイプ
引張強度	[MPa]	ISO 527	90	99
引張伸び	[%]	ISO 527	0.5	2.1
耐トラッキング指数 (CTI)	[V]	IEC60112	600	600
ボルト締付強度	[N・m]	TOSOH 法	1.6	2.8

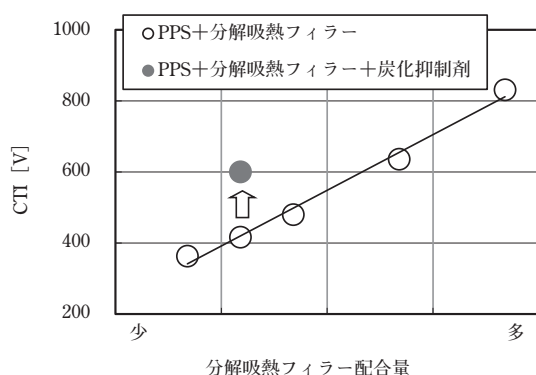


図7 分解吸熱フィラーの配合量とCTIの関係

した。試験方法の概略として、4Mサイズの六角穴を設けた試験片を射出成形により作製し、トルクレンチで六角穴を締め付け、六角穴が割れた時のトルクをボルト締付強度として計測した。表3に高強度耐トラッキング PPS グレードの特性を示す。既存の耐トラッキング PPS グレードに対し、ボルト締付強度を大幅に向上させることができた。

[4] 用途開発

東ソー(株)の耐トラッキング PPS グレードは、CTI600V以上の優れた耐トラッキング性が注目され、特に、大容量電力変換が必要な鉄道車両や、太陽光、風力発電向けの IGBT パワーモジュールケース等の部品として顧客評価が進められている。

4. おわりに

本稿では、東ソー(株)の PPS 樹脂<サスティール>のなかから、射出成形により金属と樹脂との複合化を可能とする金属接合 PPS グレード、および耐トラッキング PPS グレードについて紹介した。両グレードともに、耐熱性、耐薬品性、高流動性、難燃性といった PPS 樹脂の特長を損なうことなく、顧客の要求する金属接合性や耐トラッキング性を付与することを目指し、開発したものである。また、当社では、本稿で紹介した両グレード以外にも高熱伝導グレード(導電タイプ、絶縁タイプ)を開発し、用途開発を進めている。今後とも、これらグレードを始め、東ソー(株)の PPS 樹脂に顧客の要求を一層、反映させていきたいと考える。

参考文献

- 1) 山縣邦彦, 高野健, プラスチックス, 57, 90 (2006)
- 2) 実用プラスチック事典編集委員会 (産業調査会), 実用プラスチック事典, 418 (1993)
- 3) 安藤直樹, 成形加工, 16, 588 (2004)
- 4) 安藤直樹, 成形加工, 21, 600 (2009)
- 5) 板橋雅巳, プラスチックスエージ, 58, 45 (2012)
- 6) 佐々木秀幸ら, 高分子論文集, 55, 470 (1998)
- 7) 斎聖一ら, 成形加工, 16, 506 (2004)

- 8) 堀内伸ら, 日本接着学会第48回年次大会 講演要旨集, 160 (2010)
- 9) 堀内伸, Polyfile, 49, 46 (2012)
- 10) 日経BP社, 日経Automotive Technology, 9, 18 (2009)
- 11) 西村孝司, 高宮喜和, 中嶋修, 富士時報, 81, 6, 390 (2008)
- 12) 山形直樹, 鍵崎秀樹, 山城啓輔, 高野哲美, 前田孝夫, 電学論A, 122, 2, 164 (2002)

