

車載電装デバイス向けエポキシ樹脂

はじめに

近年、CO₂ 排出量の規制強化に伴う軽量化や電動化をはじめ、安全性を考慮した先進運転支援システムの導入や自動運転など、自動車を取り巻く環境が大きく変化しており、自動車の構造や仕組みも同様に変化しつつあります。

これまでも自動車には ECU、インバーター、コンバーター、モーターをはじめとした電装部品に多くのエポキシ樹脂が使用されてきましたが、今後は自動車の電動化や自動運転による電装部品の搭載数増加、軽量化に伴う溶接代替用途、自動車の構造変化に伴う新たな部品の搭載によって自動車に使用されるエポキシ樹脂の量も増加すると予測されます。

エポキシ樹脂は自動車の中でも様々な箇所、用途に使用されており、使用される箇所や用途によって要求される特性が異なります。

このような中で私たちは、それぞれの要求特性に対して商品開発を行ってまいりました。本稿ではその商品の長特長およびコンセプトについてご紹介いたします。

目	次
はじめに.....	1
1. 要求特性について	2
2. 高耐熱エポキシ樹脂について.....	2
2-1. ThreeBond2237Jについて	2
2-2. 特性値	2
3. 低線膨張率エポキシ樹脂について.....	3
3-1. ThreeBond2235Lについて	4
3-2. 特性値	4
4. 高放熱エポキシ樹脂について.....	5
4-1. ThreeBond2270Jについて	5
4-2. 特性値	5
5. 難燃性エポキシ樹脂について.....	6
5-1. ThreeBond2272Fについて	7
5-2. 特性値	7
おわりに.....	8

1. 要求特性について

エポキシ樹脂は自動車の様々な箇所に使用されており、使用箇所の環境によって要求特性が異なります。

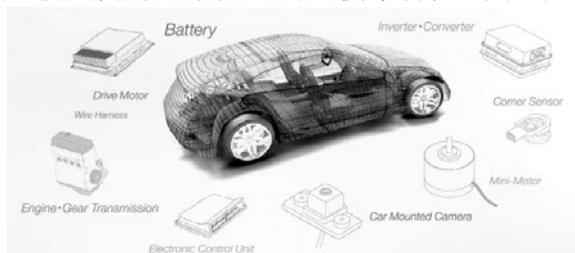


図-1 エポキシ樹脂使用部品

エンジン付近や部品の駆動によって高温にさらされるような箇所に使用される場合は、高温でも接着強さが維持できるよう、高い耐熱性が求められます。

温度変化が大きい箇所に使用される場合には、線膨張率の低い樹脂が求められます。

発熱した熱を逃がす必要がある箇所には、高い放熱特性が求められます。

また、使用される箇所によっては発火時の燃え広がりを抑制するため、難燃性が要求されることもあります。

次項以降、それぞれの特性を有する商品についてご紹介します。

2. 高耐熱エポキシ樹脂について

接着剤はガラス転移温度を境に接着強さが大きく変化し、通常ガラス転移温度以上の温度では接着強さが大きく低下してしまいます。

一般的なエポキシ樹脂のガラス転移温度が100～

120℃である中、実際に自動車に使用されるエポキシ樹脂の環境温度は120℃以上になる箇所もあります。このように接着箇所が接着剤のガラス転移温度以上の高温環境下にさらされると、剥がれ等の不具合が生じてしまう可能性があります。

そこで、高温環境下での接着強さの低下を防ぐためにガラス転移温度を高くし、高温環境下においても高い弾性率を保持して高い接着強さを維持するThreeBond2237Jを開発しました。

2-1. ThreeBond2237J について

ThreeBond2237J (以下ThreeBondをTBと略します) は、下記のような特長を有した一液性加熱硬化型エポキシ配合樹脂です。

- ①高いガラス転移温度を有する。
- ②引張せん断接着強さ、はく離接着強さに優れる。

2-2. 特性値

TB2237Jの特性値を表-1に、各種材質への接着強さを表-2に示します。

表-2に示すとおり、TB2237Jは幅広い材質に対して高い接着強さを発現します。

TB2237Jはガラス転移温度が150℃と高く、図-2に示す通り、高温領域下にて接着強さを維持することが可能です。また、150℃環境下では2500h経過後も接着強さの低下は見られず、高い耐熱特性を有した材料と言えます(図-3)。

表-1 TB2237J 特性値

試験項目	単位	特性値	試験方法	備考
外 観	—	白色	3TS-2100-020	—
粘 度	Pa·s	115	3TS-2F00-007	せん断速度:5.0s ⁻¹
硬 化 収 縮 率	%	1.6	3TS-2600-001	—
引張せん断接着強さ	MPa	26	3TS-4100-011	Fe/Fe(SPCC-SD)
T型はく離接着強さ	kN/m	3.6	3TS-4130-021	Fe/Fe(SPCC-SD)
ガラス転移温度	℃	150		TMA
線膨張係数(α ₁)	ppm/℃	30	3TS-4740-001	20~60℃
線膨張係数(α ₂)		121		260~300℃
貯蔵弾性率(E')	GPa	25℃ 8.3	3TS-4730-001	DMA 1Hz
		200℃ 0.25		
損失弾性率(E'')ピーク	℃	177		
損失正接(tanδ)ピーク		186		
硬 化 条 件	—	120℃×60min	—	—

表-2 TB2237J 各種材質への接着強さ

試験項目	材質	単位	特性値	試験方法
引張せん断接着強さ	Fe/Fe(SPCC-SD)	MPa	26	3TS-4100-011
	Fe/Fe(SPCC-SB)		23	
	SUS/SUS(SUS304)		24	
	Cu/Cu(1100P)		18	
	Al/Al(A1050P)		15	
	PPS/PPS		5.3	
	エポキシガラス/エポキシガラス		13	
T型はく離接着強さ	Fe/Fe(SPCC-SD)	kN/m	3.6	3TS-4130-021
	Al/Al(A1050P)		2.4	

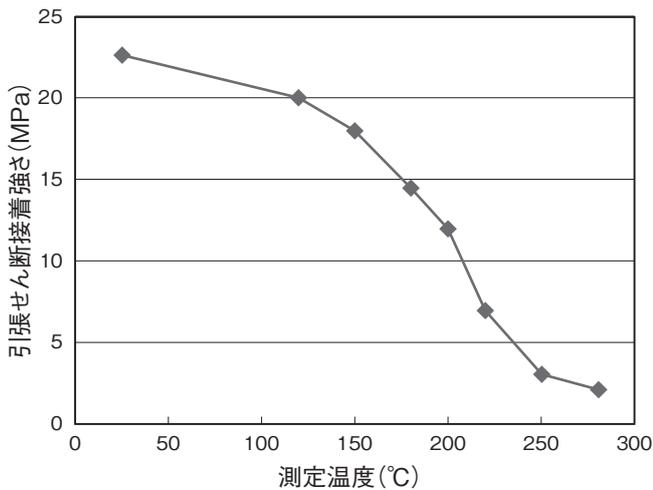


図-2 TB2237J熱時引張せん断接着強さ

硬化条件：120°C×60min
試験片材質：SPCC-SD/SPCC-SD

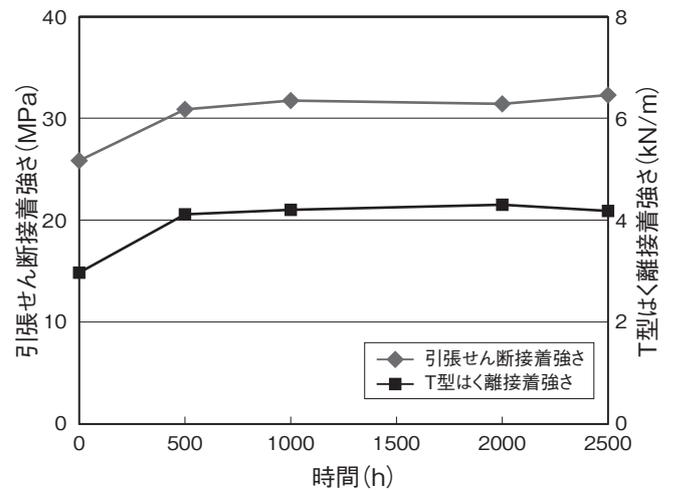


図-3 TB2237J耐熱性

硬化条件：120°C×60min
環境条件：150°C
測定条件：3TS-4100-011, 3TS-4130-021
試験片材質：SPCC-SD/SPCC-SD

3.低線膨張率エポキシ樹脂について

物質は温度の上昇によって体積が膨張します。その時の温度当たりの膨張する割合を線膨張率といいます。

エポキシ樹脂は有機物の中では比較的線膨張率が低い材料ですが、金属と比較すると線膨張率は大きいと言えます(表-3)。

被着体と接着剤の線膨張率の差が大きいほど、ヒートサイクル時の膨張と収縮による応力が大きくなり、繰

り返しかかるこの応力がクラックや剥がれなど不具合の原因となります。

自動車には停止時と駆動時で温度差が大きい箇所もあり、このような部分ではヒートサイクルが繰り返されるため、膨張時と収縮時の体積差が小さい線膨張率の低い材料が求められます。そのため、耐ヒートサイクル特性を考慮したTB2235Lを開発しました。

表-3 各種材質の線膨張率

材質		線膨張率	材質		線膨張率
金属 無機物	アルミニウム	23	有機物	エポキシ	45~65
	鉄	12		アクリル	50~90
	マグネシウム合金	27		ポリプロピレン	58~100
	ステンレス	17		ポリエチレン	120~140
	硬質硝子	9		ポリカーボネート	66

3-1. TB2235L について

TB2235Lは下記のような長を有した一液性加熱硬化型エポキシ配合樹脂です。

- ①低い線膨張率を有する。
- ②高いガラス転移温度を有する。

3-2. 特性値

TB2235Lの特性値を表-4に、熱時引張せん断接着強さを図-4に、耐熱性を図-5に、ヒートサイクルを図-6に示します。

TB2235Lは線膨張率が低いだけではなく、ガラス転移温度も高いため、高温環境下での接着強さも高く(図-4)、150℃での耐熱性にも優れています(図-5)。

ヒートサイクル特性については図-6に示すとおり、

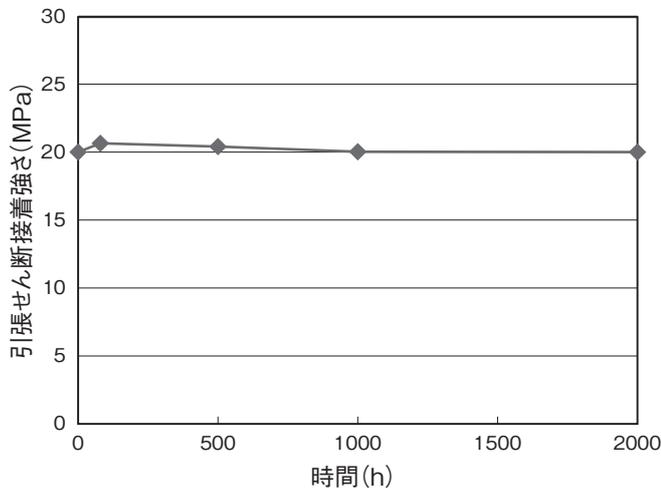


図-5 TB2235L耐熱性

硬化条件：140℃×30min 測定条件：3TS-4100-011
環境条件：150℃ 試験片材質：SUS/SUS (SUS304)

2000サイクル後も初期の接着強さから大きな低下は見られず、耐ヒートサイクル性に優れたエポキシ樹脂と言えます。

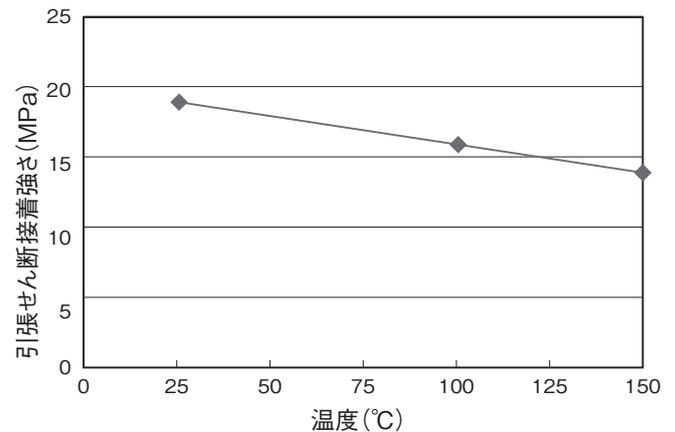


図-4 TB2235L熱時引張せん断接着強さ

硬化条件：140℃×30min 試験片材質：SUS/SUS (SUS304)
測定条件：3TS-4100-011

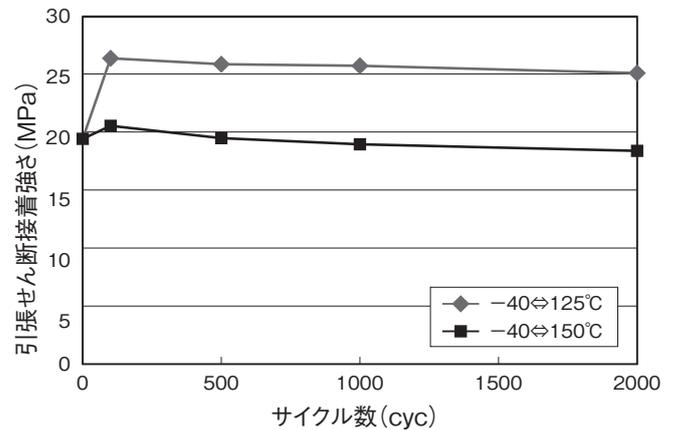


図-6 TB2235Lヒートサイクル

硬化条件：140℃×30min 測定条件：3TS-4100-011
1 サイクル：
(-40℃×30min+125℃×30min)
(-40℃×30min+150℃×30min)
試験片材質：SUS/SUS(SUS304)

表-4 TB2235L 特性値

項目	単位	特性値	試験方法	備考
外観	—	黒色	3TS-2100-020	—
粘度	Pa·s	80	3TS-2F00-007	せん断速度:10.0s-1
硬化収縮率	%	1.7	3TS-2600-001	—
引張せん断接着強さ	MPa	23	3TS-4100-011	Fe/Fe(SPCC-SD)
T型はく離接着強さ	kN/m	2.0	3TS-4130-021	Fe/Fe(SPCC-SD)
ガラス転移温度	°C	149	3TS-4740-001	TMA
線膨張係数 (a ₁)	ppm/°C	16		20~40°C
線膨張係数 (a ₂)		24		160~200°C
貯蔵弾性率(E')	25°C	GPa	3TS-4730-001	DMA 1Hz
損失弾性率(E'')ピーク	°C	154		
損失正接(tanδ)ピーク		170		
硬化条件	—	140℃×30min	—	—

4. 高放熱エポキシ樹脂について

近年、電装部品の小型化・高出力化に伴い、電装部品の発熱量が大きくなってきています。この発熱は実装部品の動作、性能に影響を及ぼすため、この問題を解決する必要があり、放熱特性を有する接着剤の需要が増えています。弊社にはシリコン系のゴム状の放熱特性を有する接着剤はありますが、シリコン系の放熱剤は接着強さが低いため、高い接着強さ及び耐熱性を兼ね備えた放熱剤の要求があり、エポキシ樹脂系の放熱エポキシ樹脂TB2270Jを開発しました。

4-1. TB2270J について

TB2270Jは下記のような特長を有した一液性加熱硬化型エポキシ配合樹脂です。

- ①高い熱伝導率を有する。
- ②低い線膨張率、硬化収縮率を有する。
- ③低温硬化性、耐久性に優れる。

4-2. 特性値

TB2270Jの特性値を表-5に示します。

TB2270Jは高い貯蔵弾性率を有し、接着強さが高い熱伝導性材料です。また、耐熱性にも優れており、125℃環境下では2000h経過後も接着強さの低下は見られません(図-7)。

線膨張率も非常に低いため、ヒートサイクル特性にも優れており、2000サイクル後も初期の接着強さと同等の接着強さを維持します(図-8)。

TB2270Jのサーモグラフィーによる熱伝導性の評価

表-5 TB2270J 特性値

試験項目	単位	特性値	試験方法	備考
外 観	—	白色	3TS-2100-020	—
粘 度	Pa·s	150	3TS-2F00-007	せん断速度:1.0s ⁻¹
硬 化 収 縮 率	%	1.4	3TS-2600-001	—
引張せん断接着強さ	MPa	9	3TS-4100-011	Fe/Fe (SPCC-SD)
ガラス転移温度	℃	117	3TS-4740-001	TMA
線膨張係数(α_1)	ppm/℃	11		20~40℃
線膨張係数(α_2)		58		160~180℃
貯蔵弾性率(E')	25℃	GPa	32	DMA 1Hz
損失弾性率(E'')ピーク	℃	118	3TS-4730-001	
損失正接(tan δ)ピーク		134		
熱 伝 導 率	W/m·K	4.2	3TS-4750-002	—
硬 化 条 件	—	100℃×40min	—	—

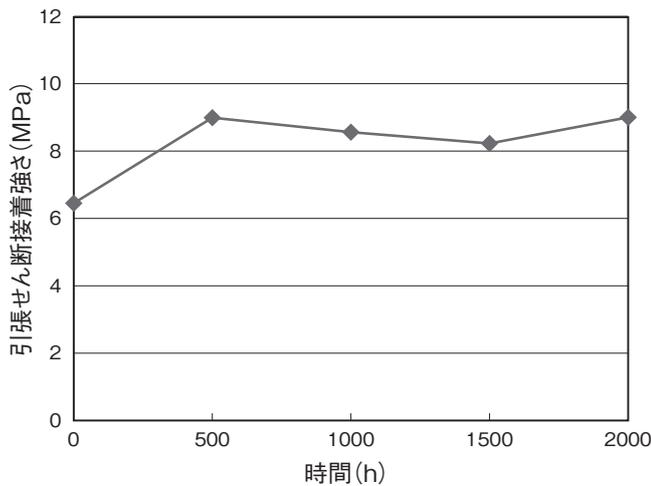


図-7 TB2270J耐熱性

硬化条件: 100℃×40min
 環境条件: 125℃
 測定条件: 3TS-4100-011
 試験片材質: Al/Al (A1050P)

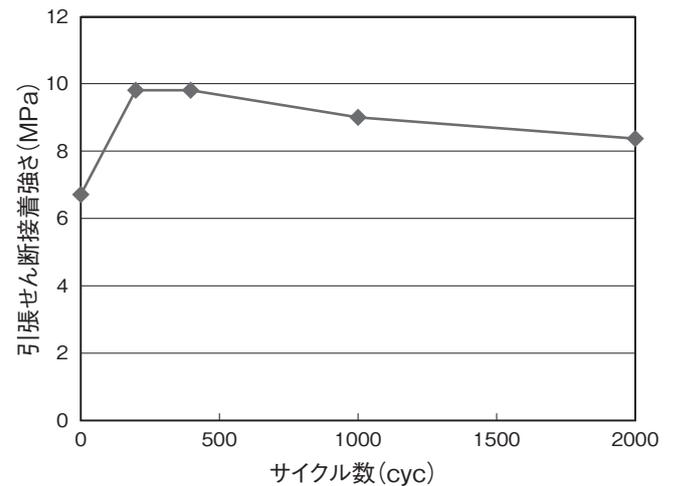


図-8 TB2270Jヒートサイクル

硬化条件: 100℃×40min
 1サイクル: (-40℃×30min+125℃×30min)
 測定条件: 3TS-4100-011
 試験片材質: Al/Al (A1050P)

結果を図-10、図-11に示します。

【測定方法】

φ20×長さ50mmのアルミの丸棒を2本用意し、この丸棒の間にTB2270Jを厚さ0.1mmで塗布して接続します。この両端にペルチェ素子を密着させ、上側のペルチェ素子を45℃に設定して温度勾配を与えています(図-9)。

【測定結果】

図-10はサーモグラフィーの映像です。左側がTB2270Jを厚さ0.1mmで塗布したもの、右側が放熱剤を塗布せずにアルミの丸棒を接触させたものです。この中央のラインを測温してグラフ化したものが図-11です。

この結果からTB2270Jを塗布していないと丸棒接合部で熱の移動が生じていないのに対し、放熱特性を有するTB2270Jを使用したものは丸棒接合部(TB2270J塗布部)でほとんど温度差がなく、熱がよく伝わっていることがわかります。

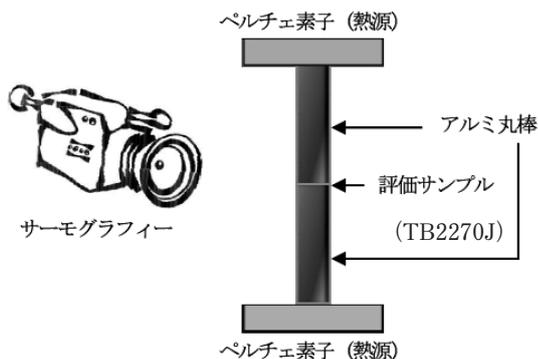


図-9 サーモグラフィーによる観測モデル



図-10 サーモグラフィーによる観測図

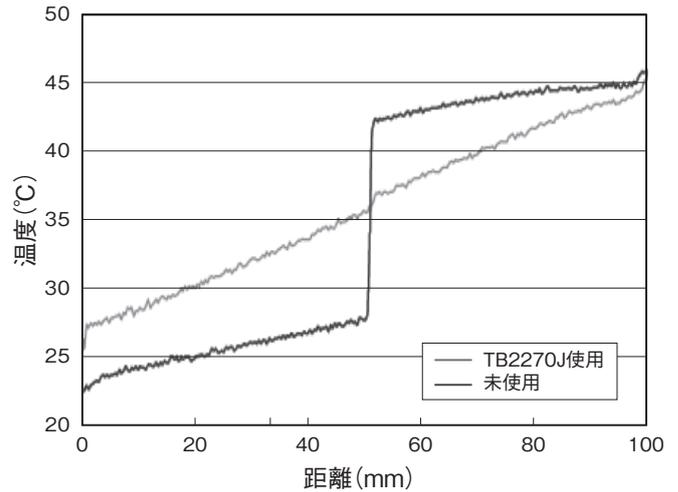


図-11 アルミ棒の温度分布

5. 難燃性エポキシ樹脂

自動車に搭載される電子部品の搭載数の増加、更に小型化、軽量化に伴う電子部品の発熱による発火や、電気自動車などの次世代自動車には高電圧・大電流のバッテリーやモーターなどのパワートレインが導入され、自動車は発火の原因となる部分がますます増加しています。発火すると可燃性を有する材料へ着火し、延焼による火災へとつながるため、発火の可能性がある部分の付近に使用される材料にも難燃性が要求されます。接着剤は可燃性を有するため、このような箇所に使用される場合には難燃性を有するエポキシ樹脂が要求されるため、TB2272Fを開発しました。

5-1. TB2272F について

TB2272Fは難燃規格UL94[垂直燃焼性試験]V-0認定を受けた加熱硬化型一液性エポキシ配合樹脂です。潜在的熱源部品まわりの接着やシール用途に適しています。

図-12はTB2272Fの硬化物にガスバーナーの炎を付けた際の画像です。

難燃特性をもたない通常のエポキシ樹脂は炎を付けると直後に燃え広がるのに対し、難燃性を有するTB2272Fは炎を付けても着火しづらく、すぐに炎が消えます。

5-2. 特性値

TB2272Fの特性値を表-6に示し、垂直難燃性試験の結果を表-7に示します。

【垂直難燃性試験条件】

- ・試験方法及び判定方法：3TS-2700-002に準ずる。
- ・試験環境：温度25℃、相対湿度50%
- ・炎の大きさ：20mm 青色炎

- ・サンプルコンディショニング：温度23℃、相対湿度50%の雰囲気下に48時間以上放置
- ・サンプルサイズ：125mm×13mm×3.0mm



図-12 燃焼比較

表-6 TB2272F 特性値

試験項目	単位	TB2272F	試験方法	備考
外觀	—	黒色	3TS-2100-002	—
粘度	Pa·s	75	3TS-2F00-007	せん断速度:5.0s ⁻¹
引張せん断接着強さ	MPa	21	3TS-4100-011	Fe/Fe (SPCC-SD)
ガラス転移温度	℃	117	3TS-4740-001	TMA
線膨張係数 (α ₁)	ppm/℃	29		0~40℃
線膨張係数 (α ₂)		119	160~200℃	
貯蔵弾性率(E')	25℃	GPa	12	DMA 25℃
損失弾性率(E'')ピーク	℃	118	3TS-4730-001	1Hz
損失正接(tanδ)ピーク		147		
難燃規格	—	UL94 V-0認定	—	—
硬化条件	—	100℃×60min	—	—

表-7 難燃規格 UL94 (垂直燃焼性試験) V-0 判定基準と TB2272F 試験結果

判定項目	V-0基準	TB2272F測定値
各サンプルのt1またはt2	≦10秒	≦4秒
5回(2回目の接炎含む)の離炎後の燃焼時間の合計	≦50秒	≦10秒
t2およびt3の合計時間	≦30秒	≦8秒
クランプまでに達する燃焼または火種	無	無
落下物による脱脂綿着火	無	無

t1:1回目の離炎後の燃焼時間、t2:2回目の離炎後の燃焼時間、t3:2回目の離炎後の火種時間

おわりに

本稿では、車載電装デバイス向けエポキシ樹脂へ要求される特性の中から「高耐熱」「低線膨張率」「放熱」「難燃」をキーワードに商品をご紹介します。

自動車の進化と共に、車載向け接着剤の需要拡大が予想されます。用途の幅が広がるにつれて、それぞれの用途に適した商品の開発が必要となります。

スリーボンドでは今後も市場動向に合わせた商品開発、技術開発に注力し、産業界に貢献する活動を続けてまいります。

<参考文献>

- 1) 羽原健雄「世界的な電動化の動きと我が国の対応について」『自動車技術Vol.72』p13-17
自動車技術会(2018)
- 2) 芦田正「エポキシ系接着剤の用途」『総説エポキシ樹脂 第4巻 応用編II』p88-107
エポキシ樹脂技術協会(2003)

株式会社スリーボンド 研究開発本部

開発二部 電気開発一課 安長 可奈
小野 由智



企画 株式会社 URC 編集室
編集 東京都渋谷区恵比寿1-18-15
スリーボンドビル2F
電話 03(5447)5333
発行 株式会社スリーボンド
東京都八王子市南大沢4-3-3
電話 042(670)5333 代