

スリーボンドは、自動車駆動用モータ向けに加熱硬化型膨張接着シートを開発した。液状接着剤を単にシート化するだけでなく、液状接着剤及びシート状接着剤双方の特長を活かしながら、新たに熱膨張による体積変化機能を持たせ、ロータ部の隙間を埋めながら接着量のばらつきを抑えて固定ができる加熱硬化型膨張接着シートである。取り扱いも容易で、高い信頼性を期待できる。

企業名	<b>ThreeBond</b> 株式会社スリーボンド		
研究分野	工業用接着剤などのケミカル商品を開発製造・販売する		
所在地	〒192-0398 東京都八王子市南大沢 4-3-3		
TEL	042-670-5333	URL	<a href="https://www.threebond.co.jp/">https://www.threebond.co.jp/</a>
資本金	3億円	従業員数	3,054人（2021年12月末現在） ※スリーボンドグループ在籍

【本技術の概要】

自動車の駆動用モータには、永久磁石を用いた IPM（Interior Permanent Magnet）構造のモータが用いられ、ロータ側（回転子）部に積層ケイ素鋼板と永久磁石（ネオジウム磁石）の固定に接着剤が使用されている。接着のため充填した接着剤は、積層ケイ素鋼板の鋼板間の隙間に浸透するため所定量の接着剤が永久磁石との接着面に残らず、接着量のばらつき発生が課題であった。スリーボンドは、これを解決するエポキシ樹脂に新たな機能を備えたシート状接着剤を開発した。シート状接着剤は、あらかじめ必要な寸法にカットし、永久磁石の接着面に貼り付け、接着剤の膜厚・接着面積を一定にすることで、接着剤塗布量のばらつきを改善。さらに、積層ケイ素鋼板と永久磁石の間にできる挿入隙間を埋めるシート状接着剤に加熱膨張するカプセルを配合した。反応硬化する直前にこのカプセルが膨張することでシート状接着剤の厚みが増加することにより、隙間を埋めながら接着量のばらつきを抑えて固定ができる機能を備えた加熱硬化型膨張接着シートを商品化した（TB1652）。

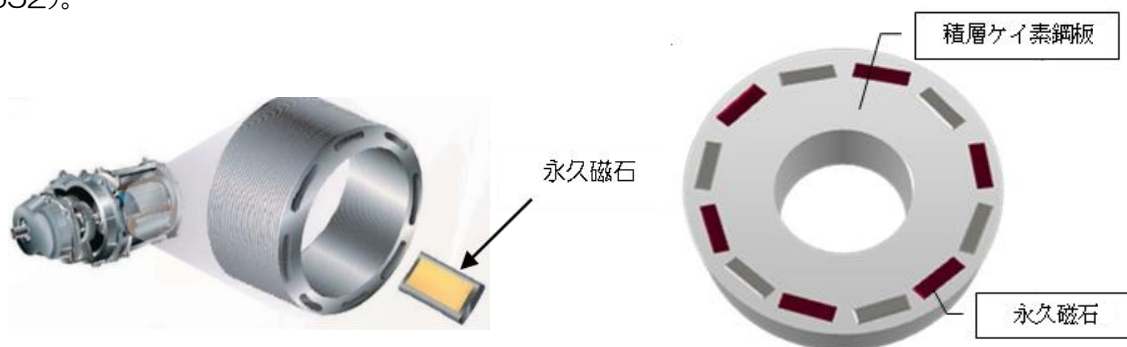


図 1. 自動車の駆動用モータ IPM（Interior Permanent Magnet）とモータ回転子形状

【開発の経緯】

自動車用の IPM 構造のモータには、回転子を構成している積層ケイ素鋼板と永久磁石（ネオジウム磁石）の固定に接着剤が使用されている。積層ケイ素鋼板は、板を重ねたカシメ構造の部品であり薄板間に隙間があるため液状接着剤は、積層ケイ素鋼板の薄板間の隙間に浸透してしまい、所定量の液状接着剤が永久磁石の接着面に残らず、接着塗布量のばらつきの原因となっていた（図4.）。この問題を解決するため、シート状接着剤を採用。シート状接着剤を必要なサイズにカットし、永久磁石の接着面に貼り付けることで、接着剤の厚み、接着面積を一定にすることができ、接着剤塗布量のばらつきを改善することができた。

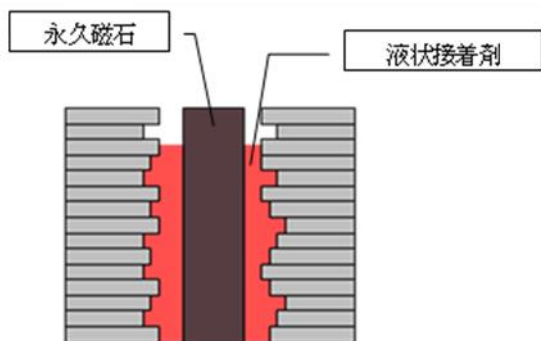


図3. 積層ケイ素鋼板 に液状接着剤を塗布した状態

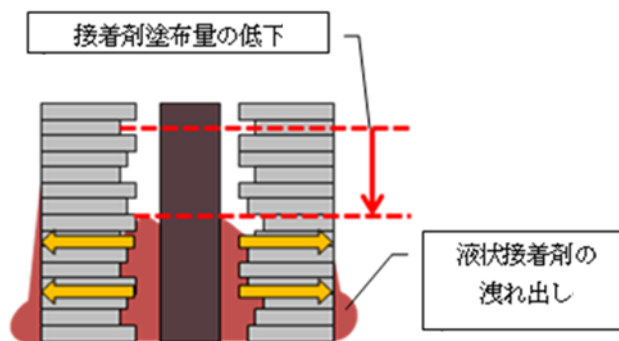


図4. 積層ケイ素鋼板（スロット穴）から洩れ出した液状接着剤

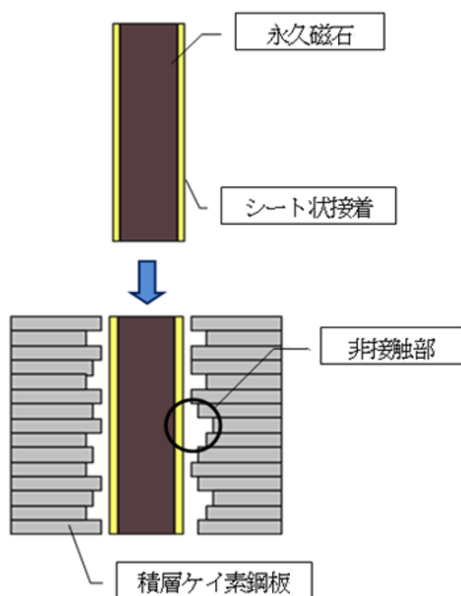


図5. シート状接着剤による積層ケイ素鋼板の接着状態

しかし、永久磁石を積層ケイ素鋼板のスロット穴に挿入するには、スロットよりもサイズ（体積）を小さくしなければならず、シート状接着剤は積層ケイ素鋼板に接することができず、接着性が十分に確保できない問題が発生した（図5.）。積層ケイ素鋼板と永久磁石の間にできる挿入隙間を埋めるために、シート状接着剤に加熱膨張するカプセルを配合した。反応硬化する直前にこのカプセルが膨張することで、シート状接着剤の厚みが体積変化し、この隙間を埋めながら接着固定ができる、これまでにない新たな機能を持った加熱硬化型膨張接着シートの商品化に成功した。この加熱硬化型膨張接着シート（以下、膨張接着シートと略す）は、エポキシ樹脂を主成分としており、耐熱性、耐薬品性、高い接着安定性を実現することが可能となった（図6. 図7.）。

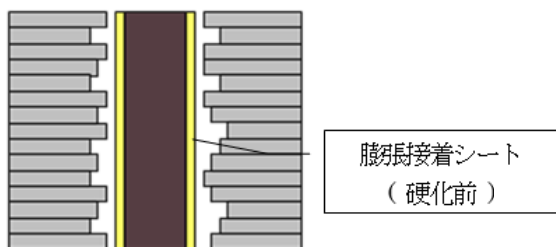


図6. 膨張接着シートが転写された  
永久磁石を積層ケイ素鋼板に挿入

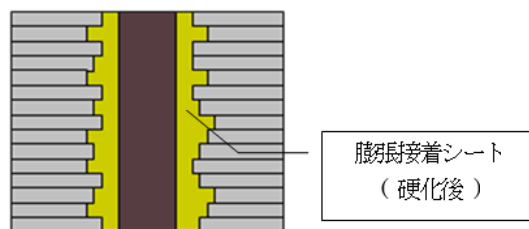


図7. 加熱硬化により、シートが膨張し積層  
ケイ素鋼板と永久磁石とを接着固定

【膨張エポキシ接着シート TB-1652 の特徴】

- ① 皮膜の厚みの4倍程度まで膨張・接着が可能である。
- ② 接着剤塗布工程と膨張接着工程の分離が可能である。
- ③ 常温固体のシート状であり、取り扱い・作業性に優れる。
- ④ シート状であるためあらかじめ必要寸法にカットできる。
- ⑤ 隙間挿入接着が可能となり、接着工程の簡素化を実現。
- ⑥ 耐熱性、耐薬品性が良好であり、高い信頼性を確保できる。

【マイクロカプセルの体積膨張メカニズム】

熱膨張性マイクロカプセルの一例（構造および外観）を図8.に示した。マイクロカプセルは、ポリ塩化ビニルもしくはアクリル樹脂のシェルで構成され、内部に液状炭化水素を充填。80℃まで加熱すると内部圧力が上昇し、かつシェルが軟化するため膨張を開始する。温度の上昇とともにその体積も増加し、大気圧下で最終的に体積が70倍まで増加する。このマイクロカプセルをエポキシ樹脂に50 wt %混入し、室温で十分に硬化しバルクとし、これを100℃に加熱した様子を写真1.に示した。硬質のエポキシ樹脂でも、マイクロカプセルの膨張により大きく膨らむことがわかった。

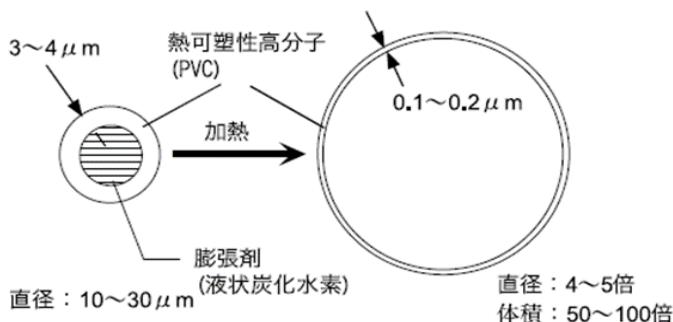
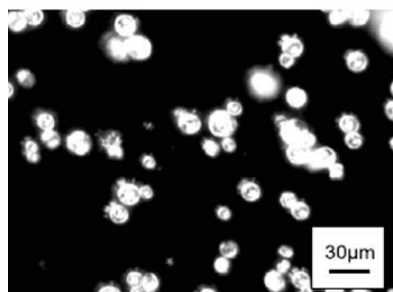
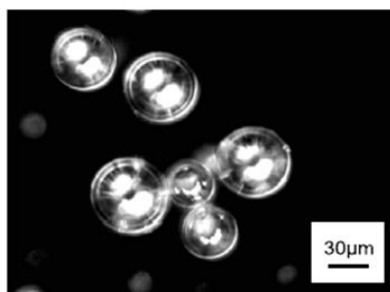


図8. 熱膨張性マイクロカプセルの構造概略



膨張前



膨張後

写真1. 熱膨張性マイクロカプセルの膨張前後比較



写真2. 熱膨張マイクロカプセル  
前後の体積変化

出典：佐藤千明 「解体性接着剤の最近の技術動向」 J. Jpn. Soc. Colour Mater., 87 [7] (2014)

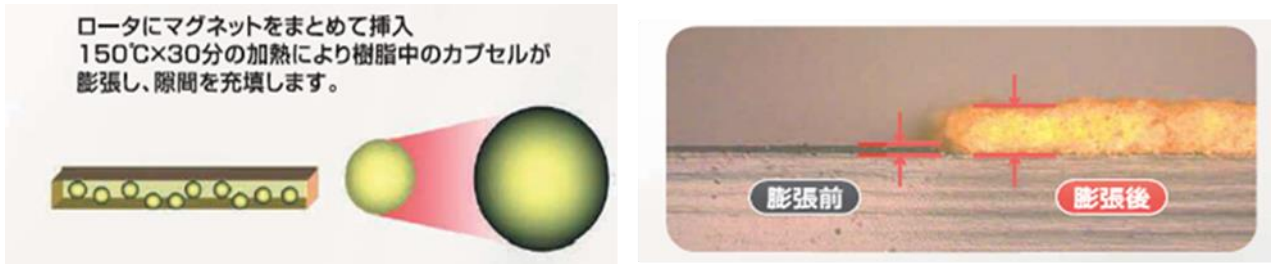


図9. マイクロカプセルの体積膨張の様子

[https://www.threebond.satori.site/exhibition\\_panel](https://www.threebond.satori.site/exhibition_panel)

【膨張エポキシ樹脂接着剤 TB1652 の基本特性】

表 1. TB1652 の基本特性

	単位	TB1652	試験方法	備考
引張せん断接着強さ	MPa	11	3TS-301-21	Fe/Fe
		2.4		PPS/PPS (ガラス粉40%含有)
		3.0		PBT/PBT (ガラス粉30%含有)
嵌合接着強さ	MPa	39	3TS-305-01	SUS304製ピン、カラー (接着面積 φ6×15mm、クリアランス1/10mm)
ガラス転移温度	℃	165	3TS-504-01	DMA (動的熱機械分析) E'ピークトッ プ、周波数:1Hz
貯蔵弾性率	Pa	$2.8 \times 10^8$	3TS-504-01	膨張接着シート4倍膨張時のDMA E' 25℃、周波数:1Hz
表面抵抗率	Ω	$3.0 \times 10^{16}$	3TS-402-01	
体積抵抗率	Ω・m	$4.8 \times 10^{15}$	3TS-401-01	
膨張倍率	倍	4	3TS-261-01	オープン状態で、昇温速度 5℃/分で 硬化させた場合の膨張倍率

※硬化条件: 150℃×30分

※引張せん断接着強さ試験片: t2.0×25×100mm、クリアランス 50μm、シート膜厚 40μm

出典: 「加熱硬化型膨張接着シート」スリーボンドテクニカルニュース 79 平成24年1月1日発行

【TB1652 の製品構成と形状】

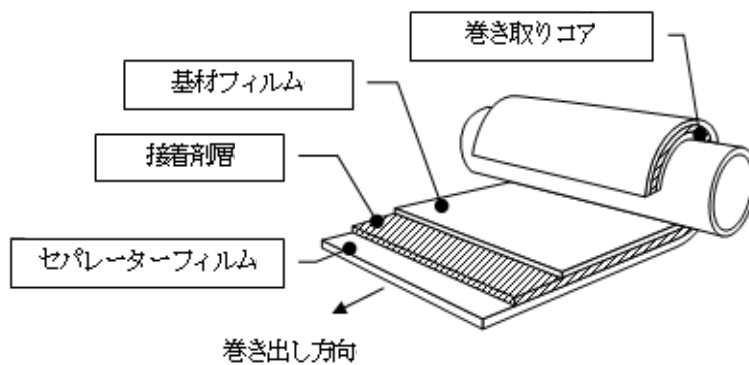


図 10. 製品構成図

表 2. TB1652 の形状

	単 位	TB1652	試験方法	備 考
外観	—	白色	3TS-201-92	
シート膜厚	μm	40	3TS-261-01	
加熱減量	%	2.0以下	3TS-216-01	80°C×30分

**【永久磁石への接着シートの転写】**

膨張接着シートの永久磁石への転写工程は、両面加熱プレス装置を用い、膨張接着シートを永久磁石の両面に熱転写する。その後、基材フィルムを剥離して、膨張接着シートが永久磁石の表面に転写される。

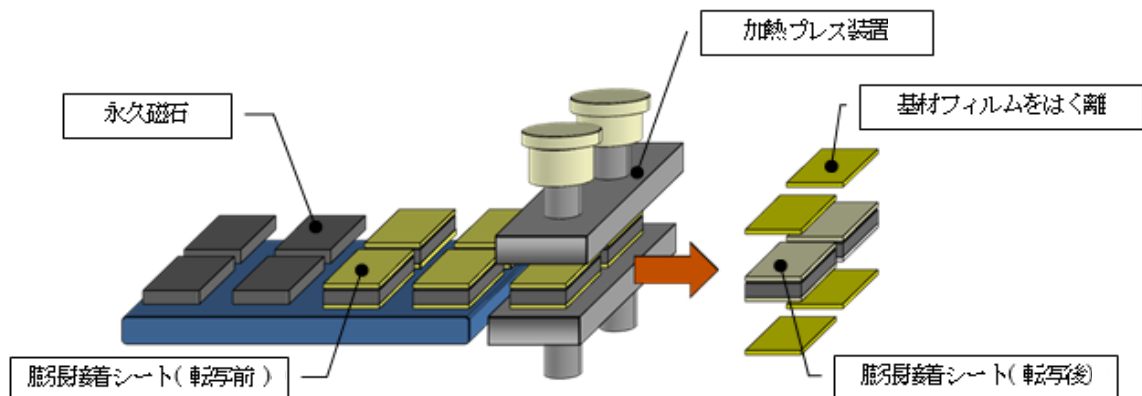


図 11. 永久磁石への転写工程

**【本技術の技術開発・事業展開】**

今後、エレクトロニクス化が進む自動車産業界では、新たな素材を用いた機能部品の増加が予測される。これらの素材には、新たな接着剤、シール剤の開発が必要となってくる。同社は、そのニーズにあわせた機能的なシート材料の開発を訴求する。今回はその第一歩として、自動車駆動モータ用の接着剤である「加熱硬化型膨張接着シート」を商品化した。今後、モータの高性能化に伴いさらなる耐熱性が求められる場合、エポキシ樹脂の耐熱性を活かすためにマイクロカプセルよりも高温で発泡する膨張黒鉛と組み合わせも視野に入れる。

**専門家による目利きコメント**

EV 車向け駆動モータの課題であったロータ部の隙間を埋める接着性と、接着量のばらつきを抑えて固定する機能の両立化を接着剤に膨張機能という新たな機能を加えた加熱硬化型膨張接着シートを開発、商品化した。本技術は工作物の仮止め、部品のリワークにも適用が期待できると思われる。

**お問い合わせ**

株式会社スリーボンド お客様相談室

TEL : 0120-56-1456

FAX : 042-678-6332