

磁性粉用耐熱樹脂の開発

Development of Heat-resisted Polymer for Magnetic Powder Coating

石原 千生 Chio Ishihara

自動車部品事業本部 粉末冶金事業部 粉末冶金開発部

丸山 銅志 Tetsushi Maruyama

新事業本部 筑波総合研究所 基盤技術開発センタ

1 概要

近年、自動車分野や産業機器分野で、圧粉磁心は高性能モータおよびアクチュエータ等の磁性部品としての開発が進んでいる。これまで圧粉磁心用のバインダ材料として、耐熱性樹脂および無機材料等¹⁻²⁾を開発してきた。今後、これらのバインダ材料は広く適用が期待され、圧粉磁心のような軟質磁性材に限らず、樹脂ボンド磁石のような硬質磁性材にも適用が期待され、特に高負荷環境で使用できることが求められる。このため、各種磁性粉のバインダ材料として用いられる樹脂には、耐熱性・耐候性等の機能向上が求められる。本報告では、電子材料用封止材開発で培った樹脂技術を適用することで、磁性粉のバインダ材として最適であり、かつ150℃以上高温使用環境下でも、圧粉体が高強度を維持できる耐熱樹脂開発について述べる。

Recently, soft magnetic composites (SMC) have been developed as magnetic parts for high performance motors and actuators utilized in the wide field of automotive and industry. Previously, we developed several resins and inorganic materials¹⁻²⁾ as binders for SMC which can make them heat-resistant. Furthermore, these kinds of binder materials will be widely used in near future, not only for soft magnetic materials, SMC and bonded magnet, but also for hard magnetic materials used under tougher conditions.

Accordingly, it will be needed for binder resins of magnetic resins that the functional properties should be improved in heat- and weather-resistance than ever before.

In this report, we describe the further development of the heat-resistant binder resin acquired in our development of epoxy molding compounds for semiconductor packages, which can give the optimized properties, especially higher mechanical strength of green compacts, even under higher temperature more than 150 °C.

2 本製品の特徴

- ・熱硬化性樹脂の配合、硬化促進剤の選択と配合の最適化を行い、硬化後樹脂の耐熱性を大幅に改善した。
- ・本バインダ樹脂をコーティングした磁性粉を成形、硬化した磁性コアは高温域で良好な強度を示した。

3 開発の経緯

当社では長年にわたり、電子材料用封止材開発を行ってきたが、その過程で蓄積された熱硬化性樹脂の硬化挙動および硬化物に関する技術を有する。フィラ(充填材)を磁性粉に変えて見立てると、これらの技術はそのまま磁性部品の高性能化に適応可能なバインダ樹脂材料として応用できると考えた。

一般的に、樹脂ボンド磁石として、生産性、耐食性に優れる射出成形ボンド磁石用があるが、そのバインダ樹脂にはナイロン系、PPS系(ポリp-フェニルスルホン)樹脂等を使用することが多い。しかしながら、圧縮性、寸法安定性の面で課題が残る。一方で、高性能磁石への要求が高まりを見せる昨今では、圧縮性に優れ、高い磁気特性が望める圧縮成形ボンド磁石が注目されている。この圧縮成形ボンド磁石用のバインダ樹脂としては、汎用エポキシ樹脂が使用されることが多いが、寸法安定性、耐熱性、耐食性等の諸特性に関しては、改善の余地があった。当社では、樹脂組成、磁性粉へのバインダ樹脂コーティング技術、成形技術を総合的に開発可能な環境にあったため、圧縮成形ボンド磁石の課題を材料組成にまで遡って開発可能となった。今回、従来のバインダ樹脂を精査し、そのコーティング時の取扱性、硬化状態、熱分解挙動から抽出された材料上の課題を勘案し、150℃を超える高温域でも強度低下を示さず、かつ取扱性にも優れる新規樹脂組成物「HC-Re01」を開発するに至った。

磁性粉の表面にコーティングされるバインダ樹脂としては、磁性粉の取扱い温度域での不用意な硬化反応が進まないこと、磁性粉を圧縮成形する際の金型抜け性が良好なこと、成形体の硬化過程においては、短時間で硬化反応が進行すること、硬化後には強固な成形体であることなどが要求される。当社ではこれら特性を満足する熱硬化性樹脂組成物としてエポキシ樹脂硬化系を設計した。以下にその設計指針を示す。

4 製品設計

強固な樹脂硬化体のためのバインダ樹脂

150℃以上の高温域でも強固な成形体(高い圧壊強度)を実現するためには、エポキシ硬化樹脂のガラス転移点を高くすることが必要となる。そのためにエポキシ樹脂および硬化剤(硬化樹脂)の選択において、分子レベルでの分岐度、多官能性(一分子当たりの反応できる部位が多い)が大きい方が有利である。つまりこれらの樹脂が分子レベルで十分に反応した際には、高い架橋度の硬化物を与えることが可能となり、結果的に強固な成形体を実現することになる。また、これらの樹脂は硬化過程(加熱過程)で迅速に反応を開始し、十分に硬化し切ることが重要となる。つまり樹脂組成が最適であっても、十分な架橋反応が進行しなければ、不完全硬化の樹脂を与えてしまい、期待したような強固な成形体とはならない。つまり、十分に硬化反応(架橋反応)を進めるには、硬化過程直前までは未反応状態を維持できる樹脂系であること、さらに硬化過程(加熱過程)が開始されれば、迅速に活性化されるように設計されていなければならない。従って、いわゆる“熱潜在性(ある温度以上で急激に反応を進行させる性質)”を有する硬化促進剤の採用が有効と考えた。当社開発のバインダ樹脂の分子設計指針の模式図(図1)とそれらを適用した磁性粉から成る圧縮熱処理体の強度特性図(図2)を以下に示す。

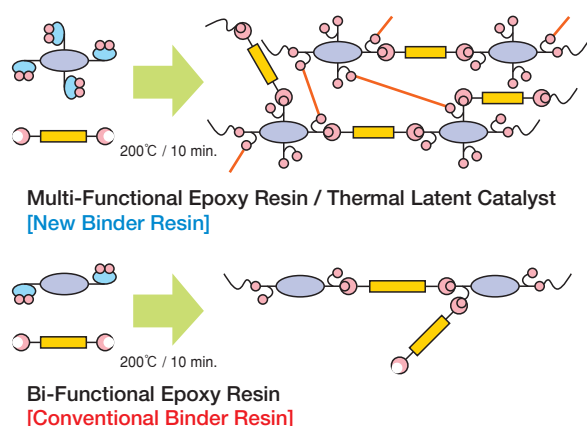


図1 バインダ樹脂の分子レベル設計

Figure 1 Designing of binder resin on the molecular level.

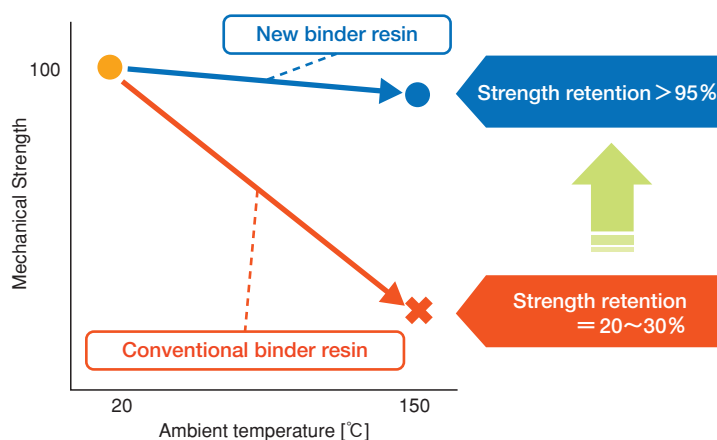


図2 新規バインダ樹脂を適用した圧縮熱処理体の強度特性

Figure 2 Strength property of cure compact applied to new binder resin.

図2に示すように、新規樹脂組成物HC-Re01を適用した磁性粉の圧縮熱処理体の機械的強度は、従来樹脂適用品では急激な低下を示すような高温域(150℃付近)でも良好に維持され、それら成形体が高温環境下で磁性部品として使用されたとしても、十分な強度安定性を発揮することが証明された。

5 今後の展開

- ・ 各種磁性粉へのバインダ樹脂としての適用検討
- ・ 高負荷領域で使用可能な本バインダ樹脂を適用した各種ステータ、ロータコアとしての拡販

【参考文献】

- 1) J.Shima, A.Hamano, C.Ishihara, H.Hamamatsu, T.Akao, 'Development of high Performance Magnetic Parts in Injectors for Common Rail Systems' Powder Metallurgy World Congress & Exhibition. 2010, vol.5, 237-243.
- 2) T.Inagaki, T.Shimoyama, C.Ishihara, T.Maruyama, 'Development of high performance powder magnetic core' Powder Metallurgy World Congress & Exhibition. 2012, 16F-T14-12.