
電子機器の絶縁材料特集

電子材料開発の動向 ——熱硬化プラスチックについて——	53
低膨張エポキシ樹脂コンパウンド.....	55
無電食性室温硬化形エポキシ系新注型レジン.....	59
集積回路用トランスファ成形材料.....	64
耐燃性印刷配線板用紙基材フェノール樹脂銅張積層板の特性.....	69
電子機器電線用絶縁材料に関する考察.....	79

電子材料開発の動向

——熱硬化プラスチックについて——

Trends of Developments of Thermosetting Plastics for Electronics

門 永 政 雄*
Masao Kadonaga

要 旨

未来に向けて一層の成長を予測されている材料産業は、情報化、システム化、多機能化を満足するものでなくてはならない。熱硬化プラスチックはこの要求を満たすポテンシャルを備えている。

材料開発担当者として、このポテンシャルをじゅうぶんに発揮させるために、どう対処すべきかについて次のように考える。

(1) 異質の競争者の存在を絶えず意識し、交替期の対策を講ずること。(2) その材料が用いられるより高次のシステムと密着しなければならない。特にシステムの設計段階からの参加が望ましい。(3) 必然的な多品種少量生産の傾向に対処するため、基本材料について基礎データを蓄積し、フレキシブルな応用を図ること。(4) 広い視野と洞察(どうさつ)力を持ち、他材料との複合化を考えると同時に、自らの専門知識を深く耕し開発力を養うこと。

1. 緒 言

電子機器絶縁材料に関する論文の特集に当たって、複雑化し発展を続けて止まない電子材料技術の流れの中に、これらの論文がどのような位置を占めているかを考え、また材料の研究開発に携わる者としてこの材料技術の発展の動向にどう対処し、あるいはこの発展にどのように貢献し、その流れをどう形造ってゆくかについて考察する。

新しい電子材料としては「絶縁材料」というパッシブな材料だけではなく、アクティブな機能を備えた各種の材料の登場が相次いでいるが、ここではパッシブな材料についてのみ考察の対象とする。特集論文の大部分は熱硬化プラスチックに関するものであって、本文も熱硬化プラスチックに焦点を合わせているが、その主旨はセラミックにも拡張できると考え、また電子材料以外の材料にも相通ずるところがある。

これからの成長産業の中に位付けされている材料産業は、単に一般の材料という意味ではなく、情報化、システム化、多機能化という三つの機能を具備した材料でなくてはならないといわれている。「情報化」を単に情報処理機器のハードウェアとして考えると、電子機器絶縁材料は現にこの条件に奉仕している材料であるといえようし、システム化、多機能化がますます高度に要求される材料であろう。特に熱硬化プラスチックは、樹脂原料の配合、製造条件、充填(てん)材の調整によってその性能をフレキシブルに変えることができる。この性質が、システム化、多機能化に有利であることはいうまでもなく、熱硬化プラスチックが、熱可塑プラスチックの驚異的な伸びの中に一見埋もれているように見えるにもかかわらず、根強い需要に応じて堅実な伸びを続けていることは、耐環境、長期間の高い信頼性の実績に加えて、このフレキシビリティを持っているからにほかならない。

2. システム化

いうまでもなく、電子材料はより高次のシステムである電子部品装置(以下、単にシステムと呼ぶこととする)の1要素であって、材料あるいは材料だけの成形品はそれ自体何の用もなさない。システムはそれぞれのサブシステムに特性を要求し、サブシステムの特性の総合がシステムの性能を決定する。

熱可塑プラスチックは、すでに化学反応を完結した物質として安

* 日立化成工業株式会社研究開発部

定な化学構造を持ち、その化学構造に固有な物性と成形性を持っていて、システムの要求に応じてその特性を変えることはむずかしい。したがって、それぞれの化学構造を持つ多種類のプラスチックが量産され市場に提供されて顧客の要求と選択を待っている。充填材、ブレンド技術などの採用によって幅広い特性の材料が用意されているが、システムはその使用量が特に多くないかぎり、自分の要求する特性にマッチした材料をその中から選択することができるだけである。

これに対して、熱硬化プラスチックはシステムの製造過程で化学反応を起こし、製造過程の条件によって安定な化学構造に落ち着く。基本的な樹脂の種類は少いが、その配合などの調整によって化学反応を制御し、システムから要求された特性に応ずることができる。この意味で、熱硬化プラスチックは本質的にシステム化に適合しているといえる。しかし、材料から成形品への変換は実験室においては試験片の成形であり、現場ではシステムの生産ラインそのものであって、この変換のための条件—成形条件による成形品の特性の差は熱可塑プラスチックよりもはるかに大きい。このために成形品の微妙な特性の実現は試験片からの類推では不可能であって、システムの生産ラインに密着してはじめて、(成形品の性能)—(材料の設計)のフィードバックサイクルが行なわれる。その結果、熱硬化プラスチックが多品種少量生産になることはやむをえないことである。

システムは、その製造が終了した段階でそのシステムの性能を満たすことを材料に要求すると同時に、システムの生産性について材料にその最適化を要求する。たとえば、半導体封止用プラスチックでは素子を破壊させないための低圧成形性、成形の自動化に適する成形性、作業の効率化のための速硬性、材料の貯蔵性などが最終封止性能のほかに要求されるが、これらの特性は熱硬化プラスチックに対してのみ受け入れられる特性であり、熱可塑プラスチックにとってそれらは材料固有の不可変の特性であり、要求すること自体意味がないのである。銅張り積層板(MCL)の例では、パッケージを部品システムの最終形態と考えると、パッケージを完成するための作業性をいかに効率化し、高信頼化するかが重要な要件である。すなわち、回路形成のためには穴明け加工性、めっき性、耐薬品性が、部品取付けのためには、はんだ耐熱性、接着性が、工程の自動化のためには寸法、形状安定性がきびしく要求される。

このように、材料の開発と設計は、システムの最終性能に奉仕するためだけではなく、それ以上にシステムの生産性の最適化のために、生産ラインと一体となって進めねばならない。

システムの最適化のために、材料、部品、回路が不可分となった IC の例はあまりに著名であるが、材料がより高次のシステムへ発展してゆく例として、絶縁板から MCL へ、さらに触媒入り MCL への路もその典型である。

3. 多 機 能 化

「電子機器絶縁材料」という名称は、単一の機能だけしか表わしていないが、現在の電子材料には改めて数えて見ると、1 種類の材料に驚くほど多くの機能が同時に要求されている。たとえば半導封止材料については、誘電特性、機械的強度はもちろんであるが、耐湿、腐食、電食、有害イオンを含まないこと、耐熱、耐熱衝撃、熱膨張、熱伝導、耐燃などの諸特性についてきびしい要求を満たさなければならない。発光素子の場合には、これに加えて光学特性が別に要求されている。

このような数多くの要求特性を同時に実現すること、相反する性質の妥協点を求めること、経済性をも含めた各特性のバランスを取ること、これらは材料が多数の設計パラメータを持ち、それを操作することによってのみ達成されるのであって、そのため熱硬化プラスチックの特長がじゅうぶんに発揮されなければならない。

4. いかに対処するか

前節までに、熱硬化プラスチックがシステム化と多機能化の要求に応じられるポテンシャルを持っていることによって、成長材料である電子材料としてきわめて有利であることを述べた。しかし、システムの要求に対応できるポテンシャルを持っていても、現実に対応し、要求を満足させることはたやすいことではない。その問題点をいくつかあげて、それにいかに対処するかを考えて見ることにする。

(1) システムは冷酷である。システムは材料がサブシステムとしての要求を満たさえすれば、材料を構成する物質の種類は全く問題にしない。たとえば、半導体封止システムの大勢を見るに、始め金属ケースによるハーメチックシールを採用し、次いでセラミックケース、現在ではプラスチック封止に移行している。次の候補として、液体インジェクション、熱可塑プラスチックケースの超音波溶接も話題に上っている。このように、物質として全く異種なものであっても半導体素子を外部環境の影響から断するという目的に適合されえれば、その物質は何であってよい。ある材料の分野では、常に同種類の競争者が互にしのぎを削っているが、その外部には全く異質の競争者が王座をねらっているのである。現在の材料提供者は、その地位を 1 材料メーカーの内部では乗り換えることのできない異種の材料に置換される事態が発生する可能性を銘記しておかねばならない。

この対策としては、システムの本質および他の材料分野について広い視野を持ち、自己の製品寿命を予測して危険を早く回避すること、自己の製品分野を広げて代替物をその分野に取り入れること、要求に対して急速に対応し製品化を急ぎ製品寿命を前だおしに延長すること、さらに積極的には、技術動向を予見してそのための材料をあらかじめ用意してシステムに先手を打つことなどが考えられる。

(2) 熱硬化プラスチックは、そのシステム適応性のために多品種少量生産を結果すること、および多数のパラメータを操作しやすいために多機能の成形品を提供することを前に述べた。顧客のシステムに適合する材料を開発するたびごとに、生産システムによく適応し、多機能の要求を満たすためには膨大な実験と試行錯誤を繰返さねばならないが、これは多品種少量生産傾向と重なって、到底その負担に耐え切れない。幸いに、熱硬化プラスチック

の基本樹脂の種類は多くはない。その広範囲なモディフィケーションについて多年の経験の積み上げと基礎データの蓄積から、最小の努力でそれぞれのシステムの要求に応じられるように経験と知識の体系化とその応用技術を準備しておかねばならない。一つの箱から、速座に「仏出したり、鬼出したり」する術を持たねばならないのである。

また、何種類かの異なった樹脂について、横断的な技術を集約しておくことも重要である。たとえば、難燃化技術は今やあらゆるプラスチックがその必要に迫られている。その種類、用途によってそれぞれ細かい技術的な差はあるにせよ、共通した知識、技術を集約整理しておくことは研究開発の効率化に役立つことはいうまでもない。

(3) 開発すべき材料が、システムの生産性に深く関与している場合には、生産ラインについての深い理解と生産ラインによる試作の繰返しがいじゅうぶんでないと、その開発には到底満足な結果は生まれない。これは、熱硬化プラスチックの本質からその硬化過程の動力学的な知識が浅いために、システムの生産性と材料物性とを共通に結びつける言葉と物指しに欠けているからである。熱硬化プラスチックの硬化過程における物性変化の学問的な解明は、当分期待できない現状であるが、この現状に即して「でっち上げる」ことに成功したとしても、毎回、同じ努力を重ねて、その上に幸運を期待しなければならない。システムの生産性と材料の基礎物性との間に、便宜的、経験的なものにせよ中間的な物差しを造ってそれを少しずつ進歩させ、根拠あるものとしてゆかねばならない。急げば回らなければならないのである。

評価の最終段階には、もちろん生産ラインによる成績を材料特性にフィードバックさせなければならないが、顧客の生産ラインを物差しに利用することは最小限に止めなければならないこと、同時に自ら中間的な物差しを持つことは他のシステムにも応用できるという効果の重要性を忘れてはならない。

(4) 最も理想的なケースとしては、システムの設計段階から、その中の材料担当者として参加することであり、システム設計と材料設計とのフィードバックループを持つことである。これに成功すれば、ハードウェアとしての材料の価値の上に、システムの性能向上、生産性向上というソフトウェアとしての価値を積重ねることができる。材料開発者に顧客からこのような機会が与えられることはきわめて望ましいことであるが、それには材料開発の実績と、問題の解析力総合力への信頼感を備えていることが前提である。

5. 結 言

電子材料開発の動向について、私見を述べ、繰返して材料のシステムに対する従属性と、開発のむずかしさを説いたが、材料開発担当者に消極性と卑屈感を押し付けることになったのではないかをおそれる。

しかし、高度のプリント回路板の実用化による回路システムの飛躍的な発展、プラスチック封止による IC の汎用化、プラスチック成形技術の適用による電子部品生産の合理化などの例のように、電子技術の進展は常に材料技術の進歩に支えられている。これらの輝しい実績に対し、材料技術者は大きな誇りと、責任の重さを自覚して止まることを知らない技術革新に挑戦してゆかねばならない。

最後に、本文を発表する機会を与えられたことを深く感謝するとともに、材料開発担当者としての自戒をつけ加えてむすびとする。「自分の専門に固執するあまり、大勢を見失うことのないように、広い視野と洞察力を養い、諸分野の総合化を常に考えること。

専門を深く耕し、豊かな発想と困難に挑戦する勇気を持つこと。この 2 律背反に対して常に冷い眼と熱い血を持ち続けること。」