電子・電気材料特集Ⅱ

耐熱性電気絶縁材料の機器への応用

吉 岡 浩

1. はじめに

電気・電子機器(以下機器)の小型軽量化, 高性能長寿命化, 高信頼性化は必然的にそれに使用される電気絶縁材料(以下絶縁材料)に対してより厳しい特性を要求するようになった。特に, 運転温度の上昇に伴って耐熱性の向上が不可欠になり, これに対応するため新しい耐熱性高分子を用いた各種の耐熱性絶縁材料が次々と開発され, 実用化されてきた。絶縁材料の耐熱性の良否は直接機器の寿命や信頼性に影響するので, これらの優秀な耐熱性絶縁材料の出現が今日の機器の著しい進歩, 発達をもたらした大きな要因の一つと言っても差し支えないであろう。一方, 宇宙開発, 海洋開発, 新エネルギー開発その他の新技術開発に関連して従来になく苛酷な環境で機器が使用されることが多くなるが, これに対しても耐熱性絶縁材料が大きな役割を果たしつつある。

また, 我々の日常生活に密接な関係を有する家電機器にもその安全性を確保するため耐熱性絶縁材料がいろいろと取り入れられており, 電気用品に使用する絶縁物の使用温度の上限値の設定は絶縁材料の耐熱性に対する大方の認識を新たなものになっている。

耐熱性絶縁材料の範疇をどの辺に置くかは若干議論の余地はあるが, 現状では155°C (F種)乃至180°C (H種)あるいは180°C以上(C種)の高温で長時間連続運転に耐える機器の絶縁構成に使用できる絶縁材料と考えてよいであろう。なお, 連続使用の時間は2万時間あるいは4万時間が基準とされることが多い。

絶縁材料はその種類や形態がきわめて多種多様で, しかも大抵の場合用途に応じて2種類以上を組合わせて絶縁組織として機器に適用される。従って, 個々の耐熱性絶縁材料の機器に対する応用状況を明確に説明すること

はなかなか難しい。そこで, いくつかの分野の機器についてその概要を御紹介させて頂くこととする。

2. 耐熱性絶縁材料の所要特性

絶縁材料の耐熱性は耐熱軟化性, 耐熱衝撃性のような短時間高温にさらされた場合の物理的变化に起因する耐熱性と耐熱劣化性のように化学的变化にもとづく経時的耐熱性とに分れるが, 後者が特に重要視される。

この耐熱劣化性の良否が耐熱性絶縁材料の性能を決定する最大のポイントになるが, 絶縁材料としての機能を十分に発揮するためにはこの他幾多の特性が要求される。

(1) 耐熱劣化性(熱安定性)がすぐれていること

高分子材料を長時間高温で加熱すると側鎖や主鎖の切断, 分解が起って厚さや重量が減少し, 絶縁耐力や機械強度が低下し, 絶縁破壊をもたらす。一般に機器が使用される空気中では熱酸化劣化によってこれが促進され, また, 高温になる程この傾向が著しいので, 耐熱劣化性のすぐれた絶縁材料の開発が現在なお重要な研究課題の一つとなっている。

(2) 熱軟化, 熱変形を起しにくいこと

熱軟化や熱変形による絶縁材料の溶出や変形は絶縁耐力の低下を招き, 絶縁組織の性能を損うのでガラス転移点, 軟化点, 融点が高く 熱変形温度の高いことが要求される。ガラス繊維強化や充填剤配合によって熱変形温度は相当程度上昇させることができる。

(3) 耐熱衝撃性に富むこと

電気機器の運転-停止の繰り返しあるいは昼夜の温度差などによって絶縁組織が加熱-冷却サイクリング効果を受けきれつを生ずることがある。殊に, 絶縁層の厚い注形材料ではこの傾向が著しいので, 低膨張, 低収縮樹脂や可とう性樹脂の利用, 可とう性付与剤や充填剤の配合が必要になる。

(4) 難燃性, 不燃性を有すること

機器の安全性の点から絶縁材料の難燃化は非常に重要で, 少なくとも自己消火性であることが要求される。

一般に, 耐熱性のすぐれた絶縁材料は熱分解を起し難いため耐燃性の良好なものが多い。特性の低下や腐食性

The Application of Heat Resistant Insulating Materials for Electric/Electronic Apparatuses
HIROSHI YOSHIOKA

Nuclear Energy Group, Applied Metallurgy and Chemist Department, Toshiba Corporation
東芝原子力材料化学技術部

を伴わない難燃化手法の開発が望まれる。

(5) 電気特性の良好なこと

絶縁材料本来の目的から当然絶縁抵抗、絶縁破壊電圧、誘電特性などの基本的電気特性がすぐれ、かつ、これを高温まで保持することが要求される。また、耐アーク性、耐コロナ性、耐トラッキング性などの環境的電気特性(耐放電劣化性)も良好でなくてはならない。

絶縁抵抗と絶縁破壊電圧は高分子を利用した絶縁材料では殆どが一定水準以上の値を有しており、一方、誘電特性は分子構造に依存するところが大きい。これに対して耐放電劣化性は高分子の弱点の一つで、現用の耐熱性絶縁材料はこの点はまだ非常に不満足と言えよう。

この改良には水和アルミナなどの無機質充填剤の配合やマイカとの組み合わせが行なわれている。

(6) 成形性、加工性の良いこと

耐熱性高分子の剛直な環状構造や極性の高い分子構造に基づく高融点、高軟化点や不溶性が成形、加工の面では逆に欠点となることが多い。即ち、シリコン樹脂、ポリイミド、ポリテトラフロロエチレンなどにみられるように硬化温度が高かったり、成形性に劣ったりする。

最近では機器のコストダウンや生産性向上の見地から成形性の良い、加工性(切削、切断、穿孔など)のすぐれた耐熱性絶縁材料が強く要望されるようになっており、上記の材料も他の高分子とのブレンドや化学的変性によって成形性、加工性の改善が計られている。

(7) 適合性

絶縁材料は殆どの場合数種類が組合わされて絶縁組織として使用される。それ故、組合わせ方によっては相互作用で熱劣化が促進されることもあるので実用段階では材料間の適合性を十分に評価することが必要である。

3. 耐熱性絶縁材料の概要

耐熱性絶縁材料の範疇をF種以上と考えると古くから使用されてきたシリコン樹脂をはじめ、ふっ素樹脂、ポリイミドを代表とする芳香族・複素環耐熱樹脂およびポリスルホンなど一連の芳香族耐熱性熱可塑性樹脂があげられる。これらの樹脂はそれぞれ多種多様の製品が開発され、市販されており、耐熱性絶縁材料として多方面の用途に重用され、成果をあげている。

(1) ふっ素樹脂

ポリテトラフロロエチレン(PTFE)を主体とする各種ふっ素樹脂は耐熱性電線の絶縁被覆に最適な材料として重用されており、すぐれた誘電特性を活用して高周波ケーブル、同軸ケーブル コンピュータ用フラットケーブルの絶縁にも利用される。ポリエチレンーテトラフロロエチレン(ETFE)、ポリエチレンークロロトリフロロエ

チレン(ECTFE)などの開発によって成形性が改善され、絶縁部品としての用途も広がりつつある。

(2) 芳香族・複素環耐熱樹脂

ポリイミド樹脂を中心としたこの系統の耐熱樹脂は既に機器のH種絶縁構成に必要不可欠な材料となっており、特に、ポリイミドフィルム(カプトン)、ポリイミドワニスおよび芳香族ポリアミド(アラミッド紙、ノーマックス)は著しい発展をみせている。また、ポリイミドエステルとポリアミドイミドは耐熱性エナメル線ワニスとして利用価値が大きく、使用量も漸増しつつある。

その他、ポリビスマレイミド(キネル・ケルイミド)ポリビスマレイミドトリアジン樹脂(BT樹脂)は成形性、加工性のすぐれた新しい耐熱性樹脂として成形材料、注形材料、積層品などの形態で絶縁材料の分野に於いても今後の発展が期待される。

(3) 耐熱性熱可塑性樹脂

ポリスルホン(PS)、ポリエーテルスルホン(PES)、ポリフェニレンサルファイド(PPS)、ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)、ポリアリレート(Uポリマ)などの比較的新しい熱可塑性の耐熱性樹脂はポリイミドに比べて耐熱劣化性の点では一歩劣るが、その優秀な成形性と加工性を利して耐熱性の絶縁部品や機構部品、プリント回路基板、耐熱性フィルムなどとして次第に実用化の方向に進んでいる。縮合型の耐熱性樹脂に見られない高度の耐湿熱性、耐熱水性を有することも大きな特徴で、耐放射線性も良好と言われる。

(4) 耐熱性薄葉絶縁材料

絶縁材料の主要分野を占める薄葉絶縁材料(フィルム、シート、紙、合成紙、不織布、ワニスクロス、テープ、チューブなど)の中、耐熱性フィルムとしては上記のポリイミドが大半を占めているがその他、ポリヒダントイン、ポリパラバン酸(PPA)、ポリアミドイミド、ポリオキサジアゾール(POD)、全芳香族ポリアミド系(Aフィルム)など多種類が開発されている。

フィルムと不織布、紙、ガラスクロス、マイカなどを貼合わせた絶縁材料は電気特性と機械強度をそれぞれの材料が分担し、単一材料よりもすぐれた特性を与える。

無機材料との貼合わせは耐熱性の向上に効果的である。

貼合わせ材料は回転機のスロットライナ、段間あるいは層間絶縁材料、ウェッジ材、変圧器の相間絶縁材料、コイルエンドの補強材などとして用途が広い。

代表的なものとしてポリエステルフィルムーアラミッド紙があるが、熱劣化における電気特性の低下を前者が、機械強度の低下を後者が防ぎ、耐熱性薄葉絶縁材料として偉力を発揮する。カプトンフィルムの片面または両面にテトラフルオロエチレンーパーフルオロアルキルビニ

ルエーテル共重合体(テフロン PFA)をコーティングして接着性を付与した耐熱性複合フィルムも製造されている。200~260℃程度の耐熱性を有する。

(5) 強化プラスチック

ガラス繊維やガラスクロス耐熱性樹脂と組合わせた強化プラスチックは寸法精度と熱変形温度が高く、耐熱性絶縁材料としての利用価値も大きい。ガラス繊維強化(GFRP)が大部分であるが、ボロン繊維強化(BFRP)、カーボン繊維強化(CFRP)、ケブラー強化(KFRP)、炭化けい素繊維強化(SFRP)、アルミナ繊維強化(ARFP)などのより高強度の強化プラスチックも開発が進められており、耐熱性の絶縁板、絶縁棒、絶縁部品などへの利用が期待できる。

ガラス強化の他アルミナ、シリカ、タルク、マイカなどの無機充填剤の配合によっても樹脂の熱変形温度は上昇する。しかし、耐熱劣化性は充填剤の添加で逆に促進される場合もある。殊に、充填剤中に銅、鉛などの金属あるいはその塩化物や酸化物が存在すると熱劣化が著しく促進されるので注意を要する。

4. 重電機器への応用

重電関係の機器では使用期間の長いこともあって古くから絶縁組織の耐熱寿命が非常に重要視されてきており、数多くの耐熱性評価試験が行なわれ、データの蓄積も多い。最近ではマイカ、ガラスクロスなどの無機絶縁材料に代って、ポリイミド、アラミッド紙など耐熱性有機絶縁材料の進出が目ざましいものがある。

(1) 回転機への応用

(i) 低圧汎用モータ: この種のモータは使用条件の多様化に伴って小型軽量化と高信頼性が要求されるとともに汎用機種種の宿命として常にコストダウンへの努力が要望される。これらの要求をバランスよく満たしながらその絶縁組織はA種(105℃)からB種(120℃)、更にB種(130℃)からF種(155℃)へと順次耐熱性の向上がはか

図1 電動機規格の変遷と絶縁階級適用の推移

られてきている。コイル巻きに使用されるエナメル線はホルマル線やポリエステル線からポリイミドエステル線やポリアミドイミド線など高価ではあるが耐熱性のすぐれたものへと移りつつあり、これと併用するコイル含浸ワニスにも耐熱性の良いポリエステルイミドワニスやポリイミド系無溶剤ワニスなどが使われ始めている。無溶剤ワニスの場合は滴下含浸処理によりモータの生産性向上が可能になる。なお、エナメル線と含浸ワニスの組み合わせ方を誤ると耐熱性が低下することもあるので機器に应用する場合は予め両者の適応性について十分な検討を行なうことが必要とされている。

ポリイミド粉体塗料は200℃程度の高温に於ても電気特性、機械強度、接着力が良好なため小型モータの鉄心絶縁、わたり導体の絶縁、各種コイルの対地絶縁、耐熱性接着剤などとして需要増が期待できる。

これ迄殆どポリエステルフィルムで占められていたモータのスロット絶縁や層間絶縁の材料にもポリイミドフィルムやアラミッド紙が一部で応用されるようになり上記の耐熱性エナメル線や含浸ワニスと併せてモータ絶縁組織の耐熱寿命と信頼性を格段に向上させている。

(ii) 中、小型電動機: 数十乃至数千kW、3乃至13kV級の誘導電動機や同期電動機などでは機器容量の増大、小型軽量化、運転効率の向上、高信頼化および保守の簡易化などの見地からやはり耐熱絶縁組織が採用されるようになってきている。特に、コイル絶縁では耐熱エポキシ樹脂ワニスやポリイミド系無溶剤ワニスを用いた真空含浸方式あるいは、無溶剤ポリイミド樹脂などを含浸して半硬化状態(セミキュア)にしたマイカテープをコイル導体に巻き付け加熱硬化させて耐熱性絶縁層を形成させるレジンリッチブリップレグ方式などが盛んに行なわれる。高圧電動機の絶縁テープには耐コロナ性のすぐれたマイカが重用されているが、その裏打ち材としてポリ

図2 レジンリッチ方式と真空含浸方式の製造工程

表1 高圧誘導電動機絶縁(ステータ)の絶縁構成

耐熱階級	電 線	対 地 絶 縁	含浸ワニス	処理方式
B 種	○B-DGC ○B種エナメル-DGC	○フレックマイカ ○集成マイカ	○アルキッド ○ポリエステル	○真空含浸 ○全含浸 ○レジンリッチ (プリプレグ)
F 種	○F-DGC ○F種エナメル-DGC ○マイカテープ巻線 ○フィルム巻線	○フレックマイカ ○集成マイカ	○エポキシ ○アルキッド	
H 種	○H-DGC ○H種フィルム巻線	○フレックマイカ ○集成マイカ	○シリコン ○ポリイミド ○IO	

エステルフィルムや同不織布の代りに耐熱性の良いポリアミドイミドフィルムやポリパラベン酸フィルムなどの利用も考えられる。

(Ⅲ) 直流機、産業用直流機：車輛用直流機ともF種絶縁が主流であるがH種絶縁も採用されている。

新幹線、新々幹線用などで代表される車輛モータは取付け寸法が制限され、小型軽量化が強く要求される。また、高速化や牽引力増大のため出力を上げねばならず、使用状況から当然振動や頻繁な起動・停止に曝され、屋外走行による環境劣化の問題もある。これらの障害に打ち克ってモータの機能を十分に発揮するためには高性能の耐熱絶縁組織の採用が必須になってくる。例えば、H種車輛モータのコイル巻線にはポリイミド線、ポリアミドイミド線、ポリイミドテープ巻線、ポリアミドイミドテープ巻線などが、スロット絶縁、層間絶縁用のフィルムやテープにはPTFEフィルム、ポリイミドフィルム、ポリアミドイミドフィルム、アラミッド紙などが用いられる。直流機はコロナの影響が少ないので耐熱性プラスチックフィルムの活躍の場が大きく固定子の主絶縁にマイカに代えてポリイミドフィルムを使用すると絶縁層の厚さを半分にすることができるので、占積率が小さくなり、冷却効果も向上して容量の増加が計れる。

図3 固定子コイル断面図

コイルの含浸処理にはシリコンワニス、ポリイミドワニス、ポリジフェニルエーテルワニスなどが使用されるが、更に、固定子コイルをエポキシ樹脂の代りに無溶剤ポリイミド樹脂でモールドすることによって完全H種の高温用電動機が得られる。

この他、回転機関係では高速回転、高負荷モータの整流子絶縁材料としてポリアミノビスマレイミド樹脂が好適と言われる。フェノール樹脂と同様成形加工性に富み圧縮成形、トランスファ成形、射出成形、押出成形が可能で、成形品は寸法安定性と機械的強度が大きく、200～250℃で常時使用に耐える。耐熱衝撃性も良い。

アラミッド紙は高圧電動機や発電機の導体絶縁、コイル絶縁、スロットライナ、Uリング、半硬化プリプレグテープ基材などとして広く応用されており、耐熱性に富んだ薄い絶縁層を形成することによって機器の熱放散を容易にし、機器の小型軽量化に大きく寄与している。

耐熱エナメル線関係では一般にH種の機器にはポリイミド線、ポリイミダゾピロロン線、ポリアミドイミド線などが、F種の機器には主としてポリイミドエステル線が使用されている。ポリエステルの上にポリイミドエステル、ポリアミドイミド、ポリイミドなどを二重に塗布したダブルコート線は耐熱性が良好でかつ、経済的でもあるため、耐熱冷凍機器などに需要が増えつつある。

コイルのワニス含浸処理を省くため自己融着エナメル線が一部で利用されている。フェノキシ系、ポリスルホン系、ポリイミド系など数種類の製品があるが、融着温度が高く、固着力、塗膜特性にまだ不十分な点があり、更に、高性能の新製品の開発が待たれる。

(2) 静止器への応用

油絶縁変圧器では熱の放散が良好で運転温度の上昇も少ないが、乾式変圧器あるいはレジンモールド変圧器では熱伝導が悪くなるため絶縁組織の耐熱性向上が求められ耐熱性絶縁材料もある程度利用されている。

油絶縁変圧器でもシリコン油絶縁変圧器には油浸アラミッド紙やその成形品が絶縁構成に応用される。

(i) 乾式変圧器：六ふっ化硫黄(SF_6)ガス絶縁変圧器やH種乾式絶縁変圧器では層間絶縁、バリア絶縁、リードおよびタップ絶縁などにアラミッド紙を、また、絶縁筒、絶縁棒には耐熱性の良いGFRPを使用する。

(ii) レジンモールド変圧器：機器の設置面積の縮小、火災事故防止、安全確保、低騒音化などの見地から高層

図4 モールド変圧器の巻線支持

ビル用を始め屋内用変圧器にはエポキシ樹脂でコイル全体を注形したレジンモールドタイプが多くなっている。

この機種も縮小化、高電圧、大容量化に伴って運転温度の上昇が避けられなくなっており、現在のエポキシ樹脂より耐熱劣化性と耐熱衝撃性のすぐれた、作業性の良い注形樹脂が要望される状況にある。エポキシ樹脂の耐熱性の向上をはかったものとしてはエポキシ/イソシアネート樹脂(MIレジン)、エポキシ/BTレジンなどがあるが実機への応用に必要なデータがまだ得られていない。ポリイミド系無溶剤ワニスには熱変形温度が高く、耐熱劣化性も大きい、その反面硬化収縮が大きく、脆くて密着性に乏しい欠点を有するので改良が望まれる。

巻線の層間絶縁にはアラミッド紙が用いられるが大型のモールド変圧器ではカプトンなどを使って熱応力による歪を小さくすることも行なわれる。絶縁筒、絶縁棒には耐熱性のGFRPが使用されている。

(3) コンデンサフィルム

高温用コンデンサの誘電体としてポリスルホン、カプトンなどの耐熱性フィルムが応用され始めた。

5. 家電機器への応用

テレビ、冷蔵庫、洗濯機、ルームエアコン、電子レンジ、電動工具など日常各家庭に見られる家電機器に使用されるプラスチックの約80%は構造材料(主としてハウジング・カバー類)で、これも電気絶縁性を必要とするところから広い意味で絶縁材料と言える。その他、コイルボビン、プラグ、ソケット、コネクタなどの絶縁部品、器内配線用電線などにも種々の絶縁材料が使用されている。一般に、家電機器は温度上昇が小さく、また、使用材料に対するコストパフォーマンスの厳しい機種が多い

ためもある。これまで耐熱性絶縁材料の使用範囲は限定されており、使用量も少なかった。

しかしながら、この分野でも機器の安全性と信頼性の点から、成形性、加工性にすぐれ、耐熱性の良い耐熱性絶縁材料が次第に取り入れられてゆくものと思われる。

次に使用状況の一端を述べる。

(1) 電子レンジ

使用目的上高温にさらされる機会が多いので内部には高温で電気絶縁性の良い耐熱部品が用いられている。これらの部品は従来ふっ素樹脂とシリコン樹脂が主体を占めていたが、次第に成形性の良いPPSなどの耐熱性熱可塑性樹脂に移行する傾向にある。一例をあげると、パネルにガラス強化ポリエチレンテレフタレート、スターシャフトやローラにふっ素樹脂あるいはポリフェニレンオキサ이드(PPO、ノリル)、パッキング材にシリコンゴムなどが使用されている。

駆動ギヤ、回転ギヤ、伝達シャフトにはPPSが応用されるようになり、家電機器の中では耐熱絶縁材料の多い部類に属する。

(2) 電熱器具

電気ストーブ、電気炬燵、ホットプレート、天火、アイロン、温水器などの発熱体周辺の絶縁材料には特別に高度の耐熱性が要求される。現状ではマイカ、ガラスクロスなどの無機絶縁材料がこの大役を果たしている。

(3) 電動工具

過負荷のかかることが多いのでH種絶縁のモータが装備される。巻線にはポリイミド線、ポリアミドイミド線が使用され苛酷な運転に十分耐えられるよう設計されている。ハンドルやハウジングには軽量化ガラス繊維強化ABS樹脂やポリカーボネートなどが用いられる。

(4) テレビ受像機、VTR

ポリアセタール、ポリブチレンテレフタレート、ノリルなどのエンジニアリングプラスチックが主体で、耐熱性絶縁材料の使用箇所はあまり見受けられない。

(5) 音響機器(ステレオ、レコードプレーヤ)

機構部品、絶縁部品にはポリアセタール、ノリルなどが使用されているが端子板やコイルボビンには寸法安定性の大きなポリスルホンなども採用される。

(6) ルームエアコン

最近人気を集めているオールシーズンタイプのルームエアコンでは補助ヒータの輻射熱などで100℃近くまで昇温することもあるのでファン類には耐熱性、耐燃性の良好なガラス繊維強化プラスチックが使用される。

一般に、家電機器はハウジングや部品のプラスチック化によって軽量化されるとともに、低騒音化、低振動化が計られ、防錆にも寄与する。製造工程の削減もできる

ので今後各方面に低コストの耐熱性熱可塑性樹脂の利用が期待される。また、冷凍機用コンプレッサモータの巻線には耐熱性と耐冷媒性が要求されるところからポリエステルイミド線、ポリアミドイミド線などの耐熱性エナメル線が使用されるようになった。

(7) ヘアスタイラ

200℃程度の高温でも強靱で歪ず、また、絶縁性の低下が少ない材料としてPESが応用される。

6. 電子機器への応用

コンピュータ、半導体をはじめとするエレクトロニクスの発展は周知の如く実に目覚ましいものがあるが、この分野でも回路基板、封止樹脂、電子部品用材料、電線被覆などとして耐熱性絶縁材料が応用されつつある。

(1) コンピュータ

コンピュータ用回路基板にはガラス強化エポキシ樹脂とガラス強化ポリイミドが、また、高周波特性が要求される場合にはPTFEが主に用いられる。

大型コンピュータの多層配線基板にはガラス強化ポリビスマレイミドなども利用され始めたようである。

ETFEはPTFEよりも軽く、機械強度や耐カットスルー性も大きいいためコンピュータ配線の絶縁被覆に利用されるようになった。ジャック、コネクタ、スペーサなど絶縁部品にはガラス強化ポリカーボネート、ガラス強化ジアリルフタレート樹脂などが使用されている。

(2) 印刷配線基板

エレクトロニクス用にはエポキシ樹脂-ガラス積層板が主力を占めてきたが実装密度が増し、多層化、高集積化がすすむにつれて耐熱性のすぐれたシリコーン-ガラス、ポリイミド-ガラス積層板が一部で実用化され始めた。殊に、ポリイミド系の高密度多層配線用銅張積層板は熱膨張が小さく、高温で寸法安定性に富み、情報処理用コンピュータにとって不可欠な構造絶縁材料となっている。成形サイクルが長く、作業性に劣るなどの欠点は漸次改良されつつあり、スルホール信頼性の高い高密度多層基板用の新しいポリイミドも開発されている。

耐熱性印刷配線基板にはこの他にトリアジン樹脂-ガラス、フェノールアラキル樹脂(ザイロック)-ガラスなどもあり、いずれも600℃程度のハンダ耐熱性を示し、300℃に30分程度曝しても特性の変化がなく、エポキシ樹脂-ガラス基板に匹敵する機械強度を有する。

(3) フレキシブル印刷回路基板

柔軟性に富み、自由に立体配線ができるのが大きな特徴である。軽量で、配線に要する時間が短く、機器の信頼性向上に役立つ。現在ポリエステルフィルムが基材として広く利用されているが耐熱性を要する場合にはポリ

イミド、PTFE、FEPフィルムやアラミッド紙、ガラスクロス-エポキシ樹脂などが用いられる。ポリイミドフィルムは高価で、耐湿熱性に難点はあるが、耐熱性に富み、難燃性で機械強度も大きいいため計測機器、カメラ、時計、コンピュータ、電卓、オーディオ製品、ファクシミリ、トランシーバ、自動車のダッシュボードなどの多層配線基材として重用される。最近ではフロッピーディスク、プリンタヘッドケーブルなどの駆動部にも採用されており、年間40～50%の急成長をみせている。

耐エッチング性、耐メッキ性の改善が課題である。

各種の基材フィルムと適合性の良い耐熱性接着剤の開発も待たれる。

(4) 封止樹脂

現在半導体やICの封止樹脂の殆どがエポキシ樹脂で占められており、耐熱性を要するパワートランジスタや高密度実装素子に対して僅かにエポキシ-シリコーン樹脂やシリコーン樹脂が使用される状況にある。しかし、今後素子の微細化につれて封止樹脂にも耐熱性が強く要求されるものと思われポリイミド系封止樹脂の開発あるいはPPSの利用なども考えられている。プラスチックパッケージがますます小型化、薄形化する一方、封止樹脂に対するハンダ耐熱性、耐クラック性、耐湿熱性などはより厳しく求められるようになることは明らかで、近い将来現用のエポキシ樹脂の特性の限界をこえることも予想される。これに対応するためにはシリコーン-ポリイミドやラダー型シリコーン樹脂のような新規の高性能耐熱性封止樹脂の開発もすめねばならないであろう。

ポリビスマレイミドは半導体に有害な不純物が少なく、高集積度LSI、高周波トランジスタ、ハイパワートランジスタなどの耐熱性封止樹脂として好適と言われる。

高純度ポリイミドを Si_3N_4 や SiO_2 に代って半導体のパシベーションに利用することも検討されている。耐熱性の点からラダー型ポリイソインドロキナゾリノンジオン(PIQ)もこの目的に注目される。これらの耐熱性樹脂を層間絶縁やパシベーション膜として半導体の一部に組入れて利用すると多層絶縁が容易になり、素子を外部応力から保護するのにも有効である。

(5) 電子機器用絶縁部品

電子機器用のコネクタ、スイッチ、コイルボビン、ブッシング、ソケット、コンデンサフィルムその他の絶縁部品にはPS、PES、PPS、PEEK、Uポリマなどの耐熱性熱可塑性樹脂の使用が見受けられる。いずれもガラス繊維で20%程度補強した材料が機械強度と耐熱性が良好で実用価値が大きい。

これらの樹脂の特徴と応用の二、三を述べるとPSは低周波から 10^6 Hzまでの広い周波数領域で誘電特性がす

ぐれておりコンピュータ部品、医療機器部品などで高周波特性を要するものに应用される。

PESはセラミック絶縁体に代ってサイリスタのシール絶縁に使用されている。射出成形による量産が可能で、高温における耐曲げ性、耐クリープ性、耐化学薬品性、耐トラッキング性も良く、水蒸気、油、溶剤、塵埃の侵入防止に大きな効果を発揮する。また、180℃程度まで連続使用が可能で、ピンの自動挿入に対応するため寸法精度が要求される集積回路用ソケットの製造に適する。

PEEKは成形品以外にも耐熱性フレキシブル印刷回路の基材、H種薄葉絶縁材料、耐熱性の電線、ケーブルの押出し絶縁被覆、耐熱、耐食性絶縁塗料など多方面への応用が考えられている。

7. 今後の動向

耐熱性絶縁材料は現在各分野の機器に広く応用されており、今後も用途と使用量が漸増する傾向にある。

これに対してその開発目標は現用の材料よりも数段すぐれた耐熱性を有する超耐熱性絶縁材料と使い勝手が良く、比較的低コストの汎用耐熱性絶縁材料の二つに置かれており、最近では後者に注力されているようである。

作業性に富み、安価なF種乃至H種絶縁用の耐熱性絶縁材料の早急な出現が大いに期待される。

一方、将来の超耐熱性絶縁材料の主成分となる新しい耐熱性高分子の研究開発にも十分留意する必要がある。

これによって、機器の性能や信頼性に飛躍的向上がもたらされると共に新製品開発にも貢献することであろう。

参考文献

電気・電子絶縁材料：電気絶縁材料工業会編

(昭和58年5月13日受理)

関西支部公開講演会報告

期 日：昭和58年6月21日(火)

場 所：大阪化繊会館地下6号室

出席者：関西支部長ほか25名

講 演：最近の欧州の合繊事情と研究開発動向

演 者：青 谷 寛

東レ(株) 研究開発企画部 主席部員

要 旨：

演者の青谷 寛氏は東レ欧州駐在員として、ロンドンに約5年間駐在され最近帰国された方で、欧州の合繊会

社の最近の動向、特に不況対策や企業合併についてスライドを使い興味深く説明された。また10年前と現在の研究開発の対象の推移の説明があり、又5年後に欧州の合繊会社が市場に出そうとしているものについての説明があった。プロセスは紡績、染色仕上のし易い糸での単純化プロセス、新品種では天然繊維ライクの易染色でComfortが求められており、High Performance 繊維としては無機繊維の紹介があり、その外SNIA社のFiber-S、ICI社のMitrelle、AKZO社のArenka、DSM社のNylon 46、Super High Tenacity P.E.、ICI社のPHBの紹介があった。(甲南女子大 渡辺正元記)