

接着剤の利用における開発, 評価と工程管理

(1)

原 賀 康 介

[三菱電機(株)材料デバイス研究所]

1. はじめに

最近の電気機器においてはシステム化, 高付加価値化, デザインや機能の多様化, 大型化や軽薄短小化, 高級化や低価格化などの傾向が著しく, このような傾向に対応するために, 高密度化, 高機能, 高性能化, 製造機種数の増加, 生産コストの低減などが要求されている。

これらの要求に対して精密・微細な加工や組み立て, 新素材の採用, 組み立ての構造や方法の見直し, 多品種少量の高速自動生産などの技術開発が盛んになされている。このような中で, 種々の機能を有する接着技術や粘着技術は, 電気機器の組み立てにおいて必要不可欠な要素技術となっており, 種々の適用がなされている。

以下に, 電気機器の組み立てに接着技術や粘着技術が用いられる目的, 新品開発・製造の要素技術としての接着設計技術, 接着剤や粘着材を適用する際にユーザーにおいてなされる開発の流れと評価試験, “ばらつき” が少なく信頼性の高い製品を製造するための工程管理の考え方などについて述べる。なお, 開発段階での検討および接着工程の管理の一例として, エレベーターの意匠パネルの接着組み立ての例を次回(2)で紹介する。

2. 電気機器における接着技術, 粘着技術の利用の目的

接着技術や粘着技術は, 溶接やネジ止めなどにはない種々の利点を有しており, これを有効に利用することにより種々の効果が得られる。電気機器において接着技術や粘着技術が用いられる目的には以下のようなものがある。

(1) 軽量化

薄板の高強度接合, 高剛性化, 耐振性向上が同時に実現できるため, 薄板化が図れ軽量化ができる。

(2) 小形化, 高密度化

接着接合を利用すれば, 部品にねじ締めや溶接, “かしめ” などの接合のためのスペースが不要となり部品の小形化や高密度化が図れる。

(3) 高精度化

溶接による部品の変形や, ねじ締めトルクによる微小な位置ずれが接着接合では生じない。また, 接着剤の充填効果を利用すれば, 高精度な3次元位置合わせなども容易に行える。

(4) 製造工程の合理化

接着剤の充填効果の利用による加工精度の低減, 穴明け・ねじ切り加工の廃止, 溶接歪み除去工程の廃止, 高精度位置合わせの簡素化, 化粧鋼板やプレコート鋼板化による塗装工程の廃止などが図れる。

(5) 部品の材料変更

溶接やろう付け, 半田付けなどの接合を行う場合は, これらの接合に適した材料や耐熱性の材料を使用せねばならないが, 接着化することにより, より高性能, 高機能化が図れる材料や安価な材料, 加工しやすい材料に変更が可能となる。

(6) その他

接着でなければ接合できないガラスやセラミック, 異種材料, 金属箔やフィルムなどの接合が容易にできる。また, 部品間の熱伝導特性の向上, 光学部品表面での反射防止などが図れる。

3. 接着設計技術

接着剤や粘着材の性能を最大限に発揮させ, 欠点をカバーして, 高性能・高機能でばらつきが少なく信頼性に優れた電気機器を開発するための技術を我々は接着設計技術と呼んでいる。

つまり接着設計技術は, 接着剤や粘着材をうまく使いこなすための技術であり, 図1に示すように接着技術や粘着技術に関係する種々の個別技術で構成されて

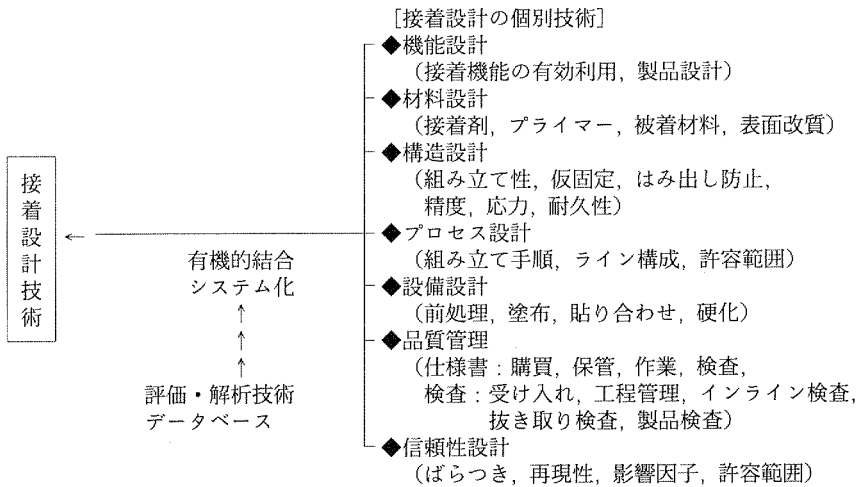


図1 接着設計技術とその個別技術

いる。これらの個別技術が有機的につながりシステム化されたものが接着設計技術である。

各個別技術について要点を示す。機能設計は接着接合が有する多くの利点、機能を製品設計にいかにかうまく生かすかであり、一つの接着で2.に示したような接着接合利用の目的をいかに多く達成させられるかが接着接合で大きな効果が得られるポイントである。

材料設計では接着剤に過大な要求を強いることが多いが、被着材料の種類の変更や簡単な表面改質で接着特性が飛躍的に改良されることが非常に多く、被着材料側の検討が非常に重要である。

構造設計といえば、通常、高強度を得るための継手設計と考えられがちであるが、接着剤を利用した組み立ては“ねじ”や溶接など従来の構造のままではうまくいかない場合が多く、接着剤に適した部品構造を考えることが大きなポイントである。例えば、接着剤の塗布がしやすい構造、塗布した接着剤がたれたり欠き取られたりしない構造、硬化までの仮固定が容易な構造、接着部のはみ出しを防止する構造などである。また、耐久性の点でも接着剤の性能に過大な要求がなされることが多いが、接着部の形状・寸法を変更するだけで要求特性を満足できることは多々ある。

プロセス設計、設備設計は、材料設計および構造設計と表裏一体の関係にあり、同時進行で検討を繰り返すことが必要である。プロセス設計では個々の作業工程における最適条件と許容範囲を明確にすることが重要であり、設備設計では常に許容範囲に入る設備を設計することが後の工程管理を容易にする基本である。

なお、材料設計および構造設計では許容範囲をできるだけ広くできるように、プロセス設計、設備設計ではできるだけ最適条件に近い条件で作業ができるように材料、構造、プロセスを改良する。

信頼性設計は“ばらつき”が少なく再現性の高い接着特性を得るための検討であり、材料設計、構造設計、プロセス設計、設備設計、品質管理のすべてに関係している。“ばらつき”をへらして高い再現性を得るための基本は、接着特性に影響を及ぼすあらゆる因子を洗いだし、各因子および主要な因子の組み合わせにおけるデータを取り、各因子に対する最適条件と許容範囲を明確にすることである。

個別技術を有機的に結合させシステム化を図るためには、各個別技術における評価・解析技術を高度化し、データベースを充実することが重要である。

図2に示すように製品の開発・製造には多くの要素技術が必要であり、接着設計技術もその一つである。製品の開発・製造と要素技術は縦糸と横糸の関係にある。接着設計技術を構成する個別技術は先に説明したように広範囲にわたっており、すべての技術がユーザーの社内にそろっていることはほとんどなく、接着剤や粘着材、被着材料などの材料メーカー、前処理、塗布、硬化などの装置メーカーなど多くのメーカーとの協力が必要である。

接着設計技術はユーザーとメーカーとをつなぐ技術でもあり、製品の開発・製造と社外メーカーとは接着設計技術という要素技術によってつながることになる。ユーザーとメーカーの連携を強化するためには、それ

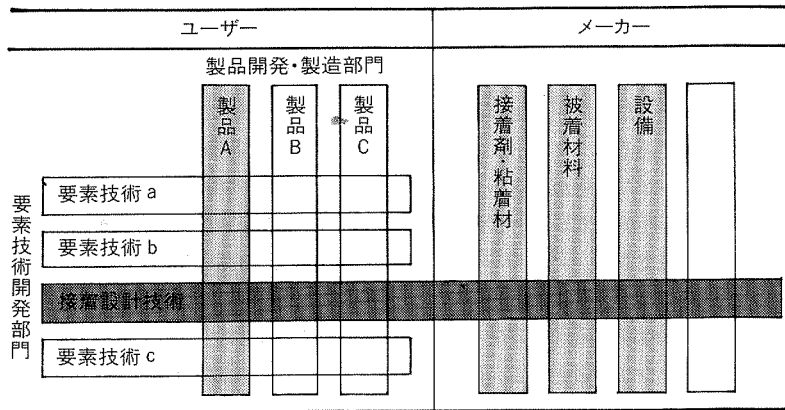


図2 接着設計技術と製品開発・製造および社外メーカーとの関係

ぞれが、接着設計技術の個別技術の中で専門とする分野を高度化するだけでなく、専門外の分野にまで技術の範囲を拡大していき、接着設計技術のレベルアップを図ることが重要であると考えられる。

4. 開発の流れと評価

図3に、接着剤、粘着材のユーザーにおける開発の流れを示した。開発は大きく三つの段階に別れる。第1段階は、開発する製品の構想、スペックに最も適した材料、構造、プロセス、設備の構想を決定するまでの段階である。第2段階は、第1段階で決定した構想を実現するために改良や開発を行う段階で、ユーザーの社内だけでできない部分は社外の専門メーカーに依頼して行う。第3段階は、ほぼできあがった材料、構造、プロセス、設備を組み合わせ総評価試験を行い、材料、構造、プロセス、設備の最終仕様を決定し、工程管理の項目や方法も決定する。

これらの段階の中で最も重要な段階は第1段階であり、ここでは接着設計技術の技術力が問われるところである。

常々蓄積した情報やデータをもとに、構想をねり、接着特性に影響する因子を洗い出し、問題点を抽出し、改良や新たな開発が可能であるかの判断を行う。問題点の抽出のためには、取り敢えず最適と思われる既存の材料により試験片と製品のモデルを試作して評価試験を行う。新たな評価方法が必要な場合はこの段階で評価方法の開発も行う。

第2段階は最も時間のかかる段階である。改良や開発を依頼した社外メーカー(パートナー)との間で評価方法を統一し、両者のデータに再現性があることを確

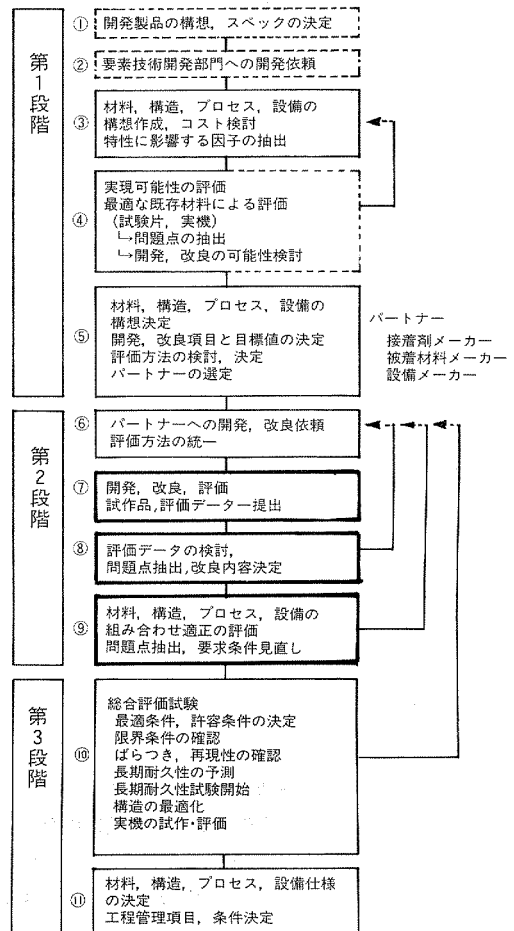


図3 ユーザーにおける開発の流れ

■ 製品開発・製造部門, □ 要素技術開発部門
□ 社外パートナー

認することは重要である。この段階では接着剤や被着材料、構造、プロセス、設備などが並行して検討されているので、改良の節目でこれらの組み合わせ適正を評価し、新たな問題点の抽出や不要となった要求項目の削除などを行うことが必要である。

この評価によって要求条件がかなり軽減できることが多い。例えば被着材料の接着性が向上していれば接着剤の改良の負担はかなり軽減できる。

第3段階での総合評価試験は材料、構造、プロセス、設備の最終仕様を決定し、工程管理の項目や方法も決定する試験であるため膨大なサンプル数となる。仕様決定は特性に影響を及ぼすあらゆる因子について、最適条件と許容範囲を求め、“ばらつき”や再現性を検討した上で決定される。また、製品の信頼性の裏付けや次の開発への基礎データとするために、長期耐久性の予測や長期間の促進耐久性試験、屋外暴露試験などもこの時点で開始される。

5. 接着の工程管理

接着剤で製造された製品の接着性能の良否の判定はきわめて困難である。そのため接着を用いる場合には製造工程の各プロセスにおける管理が非常に重要となる。

ところが接着プロセスの工程管理は人手に頼るところが多く、信頼性、コスト面で問題が多い。また、工程管理で最適条件に管理できるプロセスは良いが、例えば、被着材料自体の“ばらつき”が大きいために接着特性がばらつくような場合には、接着工程の管理だけでは対応できず、被着材料の全数検査により不良品を除くことが必要となり歩留りの低下につながることになる。また、日本は四季の変化が激しいために季節により接着性能が変化し、時として良品が全く得られなくなることもある。このような場合には既存工程の管理だけでは対応できず、製造プロセスや設備面の見直しをせまられることとなる。

そこで、容易な工程管理でしかも信頼性の高い製品を作るための基本を我々は次のように考えている。まず、開発段階で接着の特性や製品の特性に影響する要因を洗い出す。

次に、各要因の影響度をできるだけ小さくするように材料(被着材料、表面状態、接着剤など)、部品の構造や精度、製造工程、設備などを最適化する。さらに、製造工程内の個々のプロセスについて、最適条件と許容限界条件を明確にし、つねに許容範囲に入るように

設備的に対応する。

6. おわりに

電気機器の組み立てに接着技術や粘着技術が用いられる目的、製品開発・製造の要素技術としての接着設計技術、接着剤や粘着材を適用する際にユーザーにおいてなされる開発の流れと評価試験、“ばらつき”が少なく信頼性の高い製品を製造するための工程管理の考え方などについて述べた。

接着剤や粘着材の用途は今後ますます高度化し、ユーザーとメーカーとの協力はますます重要になると思われるが、ユーザーとメーカーが共通の土壌で開発を進めていくためには、接着設計技術という共通のことば(技術)で開発を進めることが必要であると考えられる。

なお、材料メーカーの方々へは、材料自体の物性データの充実と接着特性に関するデータベースの充実をお願いしたい。

材料自体の物性データとは、ヤング率、ポアソン比、粘弾性特性、線膨張率、体積収縮率、ガラス転移温度、硬化条件と T_g 、吸水による T_g の変化、硬化に伴うヤング率や収縮率の変化、吸水率、透湿性、拡散係数、アウトガス、未反応成分と量、電気特性、光学特性、これらの温度特性などであろう。

接着特性に関するデータベースとは、特に耐湿、耐熱、ヒートサイクル、耐薬品性、耐光性、クリープ、疲労、屋外暴露などの長期耐久性データ(これらの、応力負荷状態でのデータ、各種の被着材料・表面状態でのデータ、接着部の寸法との関係など)である。数種類の代表的なグレードでデータベースが充実していれば、ほかのグレードでの性能の予測は比較試験でも可能であり、代表的なグレードでのデータを徹底的に蓄積していただきたい。

なお、今回の表題(2)では初めに記したように、付録として“エレベーターの意匠パネルの製造”の実例を紹介する。また、本稿は日本粘着テープ工業会・技術部会が行った第13回粘着技術研究会('92年10月)での筆者講演の補筆である。末尾ながら当該関係者のご好意に改めて感謝したい。



工業所有権関係情報

特許公告(公開)・実用新案公告(粘接着・関連工法)

本会調査部

特許公告(1993年)

◆8103/バッチ形成用材料構造体の破損部分の修理方法/イリノイ・ツール・ワークス ◆8227/接着剤組成物/東亜合成化学工業 ◆8228/水系接着剤/松栄化学工業 ◆8229/接着剤樹脂組成物/日本石油化学 ◆8230/熱可塑性耐熱性接着剤/大塚化学薬品 ◆8752/接着剤樹脂組成物/日本石油化学 ◆8946/アクリル官能性シリコン樹脂組成物/ゼネラル・E LC ◆8951/ α -シアノアクリレート系接着剤組成物/アルファ技研 ◆8952/水中粘接着剤組成物/ニチバン ◆8953/ポリオレフィン用ホットメルト接着剤/東亜合成化学工業 ◆8954/ホットメルト接着剤組成物/東亜合成化学工業 ◆8955/ホットメルト接着剤組成物/東亜合成化学工業 ◆8956/ホットメルト接着剤組成物/東亜合成化学工業 ◆8957/低収縮性水膨潤性シーラント/旭電化工業 ◆9265/モール貼付装置/関東自動車工業 ◆9467/有機物質を熱膨張性を低下させる方法/東洋紡績 ◆9649/接着固定ファスナー/シーオドア・ジェイ・スウィーニィ ◆10220/段ボールシートの糊付け装置/森紙業 ◆10988/容器入りプライマー/東亜合成化学工業 ◆11155/安定性の良好な嫌気硬化性組成物/スリーボンド ◆11156/基材レス両面テープ/日東電工 ◆11157/テープ用下塗剤組成物/日東電工 ◆11364/導電性樹脂ペースト/住友ベークライト ◆11365/導電性樹脂ペースト/住友ベークライト ◆11538/抵抗溶接性に優れた制振複合鋼板の製造方法/神戸製鋼所 ◆11546/セラミック基板と金属との接合体の製造方法/同和鋳業 ◆11577/壁面タイル等の剥離状態計測方法/鹿島建設 ◆12379/表面処理液/内山工業 ◆12380/表面処理液/内山工業 ◆12381/表面処理液/内山工業 ◆12468/洗濯剤組成物およびその製造法/大同化成工業 ◆13058/複合構造の引布およびその接着方法/東洋ゴム工業 ◆13060/ナイロン積層フィルム/ダイセル化学工業 ◆13121/防蟻剤, 防蟻合板用接着剤および防蟻合板/武田薬品工業 ◆13123/歯科用接着剤組成物/松風 ◆13185/封止

用樹脂組成物/東芝ケミカル ◆13191/耐水性エマルジョン接着剤/ホーネンコーポレーション ◆13195/接着剤組成物/徳山曹達

特許公開(1992年)

◆294734/剥離紙の剥離方法/ブラザー工業 ◆294778/フレックスタックの貼合せ構造/横浜ゴム ◆294839/鋳物砂用粘着剤およびその製造方法/岡崎鋳産物 ◆295623/粘着性磁性シート/東京磁気印刷 ◆296333/透水型弾性蓋部材の製造方法/横浜ゴム ◆296377/光ファイバーテープ用紫外線硬化型バインダー樹脂/大日本インキ化学工業 ◆296378/光ディスクの組立方法/セメダイン ◆296379/シート状接着剤/スリーボンド ◆296380/耐熱断熱材および耐熱断熱材成形体/東芝シリコン ◆296381/FLパネル封止用粘着剤および該粘着剤を使用した有機分散型FLパネル/日立化成工業 ◆296382/膨張黒鉛型パッキンおよびその製造方法/日本バルカー工業 ◆296536/接着方法/日本製鋼所 ◆298339/医療用貼付剤/東レ ◆298536/2支持体表面を弾性接着する方法/アルファ・クレープスタッフエー・AG ◆298582/ウレタン系粘着剤および表面保護シート/日東電工 ◆298583/貼り合わせ構造および貼り合わせ方法/シャープ ◆298584/建築部品の接合法/ミサワホーム ◆298585/転写塗工が可能な再剥離型粘着剤組成物/昭和高分子 ◆298586/粘着シート/神崎製紙 ◆298587/粘着シート/神崎製紙 ◆298588/粘着シート/神崎製紙 ◆298589/マスキングフィルム/東レ ◆298590/溶剤型接着剤/東リ ◆298591/接着剤組成物/コニシ ◆298592/接着剤組成物/積水化学工業 ◆298593/接着剤組成物/住友デュレズ ◆298594/接着剤組成物/豊田合成 ◆299140/ラミネート金属板の製造方法/新日本製鉄 ◆299141/装飾シート/凸版印刷 ◆299381/ラベル/凸版印刷 ◆300387/剥離紙/興人 ◆300394/オンマシン貼合装置/神崎製紙 ◆300668/接着剤を物品の密封領域に塗布する装置/オスカー・メイヤー・フッツ ◆300669/接着剤