

小型モータ関係者必読の書。小型モータ産業の歴史と現状を知り、今後を予見する!

# 小型モータを材料で科学する

カーボンブラシ、整流子、エナメル線(マグネットワイヤ)、  
軸受、磁石材料、接着剤、樹脂材料など主要材料の特長を詳説!

S&amp;T出版 小型モータ 検索

2012年6月28日発刊	A4判上製本 301頁	価格 本体 60,000円+税 (STbook会員:56,952円+税)	STbook会員とは当社ホームページの登録会員(ログイン機能)です。(無料)
ISBN978-4-86428-051-8 C3058			

監修

秋山 勇治 (台湾国立成功大学)

## 発刊にあたって

小型モータ、アクチュエータ生産大国・日本を再度実現したいものである。各種の小型モータは共通点が多くある。また、全体の約80%は共通部品である。しかし、モータの目的、用途、機種によりそれぞれの部品の技術的意味合いはまったくの別物となる。各々のケースで技術的に高度なノウハウが要求され、技術のボトルネックとなっている場合が非常に多い。そこで、多くの優秀なモータ技術者、材料技術者、科学者の協力を得て、このたび新たに小型モータ材料技術に関する本書が出版された。各執筆者に解説いただいた材料の役割と特性を正しく知り、ボトルネックとなっている問題解決の糸口としていただければ幸いである。ご協力いただきました方々に監修者として厚くお礼申し上げます。

また、これまで小型モータに関する研究・開発・試作品商品が多く国内外で発表されている。筆者はそれらの原理・構造・現物を多数調査して分解写真を撮り、長所・短所・製造面や経済性などにつきエンジニアの立場から改良案を検討してきた。その結果をもとに日本電気学会内の精密小形電動機調査委員会が定義した小型モータ(出力1kw以下)の条件にあった各種モータにつき、運転特性、機能、性能、経済性、安全性評価など多角的に調査・検討しながら、近未来の小型モータに要求される産業界要望や、イメージを考えてみた。

今後、小型モータの用途は自動車電装部品が全体の50%、家電品用・ポンプ(DIY)が20~30%、その他産業用が20~30%と想定される。この想定に基づき小型モータ産業の発展、品質向上対策や国際競争力の強化策、生産性向上や新技術、新材料に関する有用な情報などにつき調査した内容を記述した。

とくにSMMA(Small Motor Manufacturing Association、北米小型モータ製造組合)による研究・調査報告や先端技術情報(新材料)およびモータ無人化製造工場を有するBaldor社に関する情報など、通常的手法では入手不可能な先端情報も多く取り入れてあるので、多分満足いただけるものと期待している。(まえがきより)

## 著者

■秋山 勇治 台湾国立成功大学	■町田 進一 ミネベア(株)	■井上 直樹 ナガセケムテックス(株)
■馬場 悟 オープバック(株)	■兼崎 昇 (株)ダイヤモンド	■野口 俊治 アセック(株)
■芦村 伸哉 オープバック(株)	■清水 輝夫 (株)ダイヤモンド	■湯浅 倫幸 住友ベークライト(株)
■石渡 勉 (株)杉山製作所	■三田 正裕 NEOMAXエンジニアリング(株)	■植田 隆憲 ポリプラスチックス(株)
■坂口 理 田中貴金属工業(株)	■山下 文敏 ミネベア(株)	
■杉本 栄一 (株)デンギケン	■原賀 康介 (株)原賀接着技術コンサルタント	

## 目次

第1章 小型モータとは	第7節 小型モータで使用される永久磁石材料(フェライト磁石、ネオジム磁石)
第2章 小型モータ主要材料の役割と特性	第8節 プラスチック磁石
第1節 カーボンブラシ、整流子	第9節 小型モータの接着・接着剤技術
第2節 小型モータの貴金属電気接点材料について	第10節 小型モータ用エポキシ接着剤
第3節 エナメル線(マグネットワイヤ)	第11節 嫌気性接着剤の小型モータへの適用
第4節 絶縁材料	第12節 フェノール樹脂成形材料
第5節 小型モータ用転がり軸受	第13節 LCP、PPS樹脂成形材料
第6節 小型モータ用 焼結含油軸受	

## 書籍申込用紙

書籍名：A081(小型モータ材料)

購入冊数

冊

DM

会社名 団体名				※左記ご記入の上、 <b>FAX 03-3261-0238</b> までお申込みください。 ※E-mailアドレスまたはFAX番号を必ずご記入下さい。	
部署・役職				■お申込み方法 必要事項をご記入の上、FAXでお申込みください。 または当社ホームページからお申し込みください。	
ふりがな	住所	〒			
氏名	TEL		FAX	■商品の発送 お申込み日の翌営業日までに書籍、請求書、納品書を佐川急便で発送いたします。 ※未刊書籍は発刊次第お送りいたします。	
E-mail	※申込みに関する連絡に使用するため、可能な限りご記入ください。		振込予定日		■お支払 銀行振込・ゆうちょ銀行払込(郵便振替)にてお願いいたします。 クレジットカード払いは受け付けておりません。 書籍・請求書到着後、1か月以内にお振込みください。 銀行振込・ゆうちょ銀行払込(郵便振替)の手数料は、ご負担ください。 原則として領収書は発行いたしません。 ゆうちょ銀行払込取扱票(郵便振替票)は、書籍に同封しております。
STbook会員(無料)に <input type="checkbox"/> 登録する <input type="checkbox"/> 登録済み		※E-mailアドレスが必須です。 ※左に✓印をつけてご入会いただくと、この申込からSTbook会員価格で購入できます。		月 日	
今後、弊社からのご案内が不要な方は以下に✓印をつけてください。 <input type="checkbox"/> 郵送DM不要 <input type="checkbox"/> E-mail不要		通信欄			

目次

第1章 小型モータとは

1. 小型モータの歴史
  - 1.1 電磁誘導現象の発見からモータの実用化
  - 1.2 小型モータ産業の黎明期
2. 日本の小型モータ産業
  - 2.1 第二次世界大戦後の発展
  - 2.2 小型モータは「産業の米」
  - 2.3 日本小型モータ産業の海外移転、そして「冬の時代」へ
  - 2.4 日本小型モータ産業のこれから
  - 2.5 資源に頼らない国際ビジネス
  - 2.6 小が大を喰う
  - 2.7 勝ち組の条件/負け組の条件
    - 2.7.1 勝ち組の条件:イノベーションのある会社(技術/経営方式/経営者の質)
    - 2.7.2 負け組の条件:強いリーダーシップ、国際性・先見性のない会社
  - 2.8 米国の実力を甘く見るな(技術/国際政治力) SMMA会議に参加して
3. 国内外の小型モータの協会組織と認識
  - 3.1 世界の関連団体
  - 3.2 日本の協会組織
4. 小型モータの定義
  - 4.1 定義の前提
  - 4.2 定義までの道程
  - 4.3 学術的見地から考える
5. 分類と特徴
  - 5.1 使用モータを決める要因
  - 5.2 代表的な各種モータの構造図と動作原理
  - 5.3 機能・用途による分類
  - 5.4 それでも統一されない「小型モータ」の規格
6. 小型モータのキーワード
  - 6.1 製造技術Top10
  - 6.2 材料技術Top10
  - 6.3 小型モータ業界の受け入れ検査の代表的な評価関数事例

第2章 小型モータ主要材料の役割と特性

第1節 カーボンブラシ、整流子

1. はじめに
  - 1.1 カーボンブラシの基本
  - 1.2 カーボンブラシの開発動向
  - 1.3 最新技術
  - 1.4 カーボンブラシの製品検査項目と材料仕様取り決めの要点
  - 1.5 今後の展望
  - 1.6 むすび
2. 整流子について
  - 2.1 概要
  - 2.2 開発動向
  - 2.3 最新技術
  - 2.4 展望

第2節 小型モータの貴金属電気接点材料について

1. 概説
  - 1.1 電気接点材料について
  - 1.2 摺動接点材料に起きる諸現象
2. 貴金属摺動接点材料
  - 2.1 接点材料の製造方法と金属材料の強化方法
  - 2.2 ブラシに使用される接点材料
  - 2.3 コミテータに使用される接点材料
3. 貴金属ブラシおよびコミテータの種類
  - 3.1 グラッド材の種類
  - 3.2 めっき
4. 今後の材料開発動向
  - 4.1 接点材料の開発動向
  - 4.2 工法の開発動向

第3節 エナメル線(マグネットワイヤ)

1. 主な芯線(導電)材料
2. 銅とアルミの特長
3. 各エナメル線の特性
  - 3.1 油性エナメル線(EW)
  - 3.2 ホルマール線(PVF)
  - 3.3 ポリウレタン線(UEW)
  - 3.4 ポリエステル線(PEW)
  - 3.5 最近のエナメル線
4. エナメル線の安全規格

第4節 絶縁材料

1. 各論
  - 1.1 電線用ワニス
  - 1.2 コイル含浸用ワニス
  - 1.3 薄葉電気絶縁材料
  - 1.4 耐熱フィルム
  - 1.5 複合材料
  - 1.6 電気絶縁用粘着テープ

第5節 小型モータ用転がり軸受

1. はじめに(小型モータに使われる軸受)
  - 1.1 転がり軸受と滑り軸受(スリップ)
  - 1.2 軸受の歴史
    - 1.3 超極小軸受
2. ミニチュア深溝玉軸受の構造
  - 2.1 深溝玉軸受の構造と作り方
  - 2.2 軸受の各構成部品の役割
  - 2.3 予圧
  - 2.4 嵌め合い
  - 2.5 軸受の理想的な状態
3. 各種用途
  - 3.1 今まで軸受業界を発展させてきた用途
  - 3.2 市場からの性能要求
  - 3.3 各用途の特徴
4. 軸受の取り扱い
  - 4.1 軸受の清浄度とは
  - 4.2 軸受の精度
  - 4.3 軸受不良の判断
5. 市場の動向と今後の課題
  - 5.1 極小軸受の物性的な違い(大型軸受=金属疲労寿命/極小軸受=音響寿命)
  - 5.2 Failure mode(寿命予測,適切な加速試験,Acoustic Emission)
  - 5.3 超精密軸受は要らない 安価な軸受に満足できる品質を求めて
  - 5.4 超精密軸受が必要な用途
6. まとめ

第6節 小型モータ用 焼結含油軸受

1. 焼結含油軸受の製造工程
  - 1.1 混合工程(mixing)
  - 1.2 成形工程(compacting)
  - 1.3 焼結工程(sintering)
  - 1.4 矯正工程(repressing, sizing, coining)
  - 1.5 浸油工程(impregnation)
2. 焼結含油軸受の潤滑機構
  - 2.1 自己潤滑
  - 2.2 理論とPV- $\mu$  曲線
  - 2.3 摩擦面状態とクリアランス
3. 焼結含油軸受の代表的な形状と特徴
  - 3.1 外径形状による分類
  - 3.2 内径形状による分類
4. 焼結含油軸受用材料と特徴
  - 4.1 材料系
    - 4.1.1 Cu系材
    - 4.1.2 Fe系材
    - 4.1.3 Fe-Cu系材
5. 潤滑油
  - 5.1 鉱物油
  - 5.2 合成油
6. 焼結含油軸受の精度
  - 6.1 一般設計公差
  - 6.2 面取り寸法公差

第7節 小型モータで使用される永久磁石材料(フェライト磁石,ネオジム磁石)

1. BHカーブ, MHカーブの読み方
  - 1.2 「不可逆減磁」と不可逆減磁判定でのMHカーブの使い方
2. 各磁石の特性
3. 温度係数( $\alpha$ と $\beta$ ),高温減磁と低温減磁
4. フェライト磁石の特性と開発動向
5. ネオジム系焼結磁石
6. 最新技術
  - 6.1 希土類資源の偏在と高騰
  - 6.2 Dy拡散による保磁力向上
  - 6.3 希土類リサイクル技術
7. 今後の展望
  - 7.1 FeN系を代表とする次世代磁石
  - 7.2 それ自体で高い磁束密度の材料をベースとする:FeN系磁石
  - 7.3 交換スプリング磁石

第8節 プラスチック磁石

1. 概説
  - 1.1 プラスチック磁石の構成要素と磁粉の充填限界
  - 1.2 フェライト系,およびSm-Co系プラスチック磁石
  - 1.3 等方性Nd-Fe-B系,ナノコンポジット系プラスチック磁石
  - 1.4 異方性Nd-Fe-B系,Sm-Fe-N系プラスチック磁石
2. レオロジーで異方性を連続方向制御したプラスチック磁石
3. プラスチック磁石の磁気安定性
  - 3.1 熱減磁の分類
  - 3.2 ナノコンポジット系プラスチック磁石の熱安定性
4. プラスチック磁石の今後の展望

第9節 小型モータの接着・接着剤技術

1. 小型モータにおける接着箇所と接着剤
  - 1.1 永久磁石の固定
  - 1.2 ベアリングの固定
  - 1.3 スリップリングの固定
  - 1.4 エンコーダーと軸の固定
  - 1.5 接着鉄心
  - 1.6 ステータとハウジングの嵌合
  - 1.7 ハウジングとブラケット間のシール
2. 部品の接着性能に影響を及ぼす諸因子
  - 2.1 部品の表面状態と材質
  - 2.2 接着剤の物性
  - 2.3 接着のプロセス
  - 2.4 構造的要因
3. 高信頼性接着のための基本条件
  - 3.1 凝集破壊率と接着強度の変動係数
  - 3.2 凝集破壊率の向上策
4. 2液室温硬化型変性アクリル系接着剤による永久磁石の高信頼性接着
5. 耐用年数経過後の接着強度の安全率の定量的評価方法
  - 5.1 接着強度の経年変化の概念
  - 5.2 耐用年数経過後の安全率の算出法
  - 5.3 耐用年数経過後の安全率の算出事例

第10節 小型モータ用エポキシ接着剤

1. エポキシ接着剤
2. 部材との接着について
3. 接着剤の選定について
4. モータへの適用と事例
5. 今後のエポキシ接着剤に求められるもの
  - 5.1 熱伝導性接着剤
  - 5.2 低ハロゲン低温速硬化型-液エポキシ接着剤

第11節 嫌気性接着剤の小型モータへの適用

1. 嫌気性接着剤とは
2. 小型モータへの適用
  - 2.1 軸嵌め合い
  - 2.2 面接着

第12節 フェノール樹脂成形材料

1. フェノール樹脂成形材料の概要
  - 1.1 熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂の差異
  - 1.2 フェノール樹脂成形材料
  - 1.3 フェノール樹脂成形材料の開発指向
2. モータ周辺部品に使用されるフェノール樹脂成形材料
  - 2.1 コンミテータ用フェノール樹脂成形材料
  - 2.2 ブラシホルダ用フェノール樹脂成形材料
  - 2.3 その他モータ周辺部品用フェノール樹脂成形材料

第13節 LCP, PPS樹脂成形材料

1. LCP, PPS樹脂の特徴
  - 1.1 エンジンアリングプラスチックにおけるLCP, PPS樹脂の位置づけ
  - 1.2 PPS樹脂
  - 1.3 LCP樹脂
2. モータ構造と成形樹脂材料の適用
  - 2.1 自動車分野
  - 2.2 家電分野
3. LCP, PPS樹脂の最近の動向