

巻線事業部

Magnet Wire Business Division

概況

巻線事業部は様々な電気機器・電子機器用コイル、電装部品、変圧器等に用いられる巻線を製造している。当社における巻線製造は1885年神田淡路町にて綿・絹巻線の製造を開始、1923年に深川工場に移転、その後1962年に沼津工場に移転し、現在に至っている。

主な製品は紙巻線、転位紙巻線を中心とした横巻線と0.5mm以上の太物エナメル線で、0.5mm未満の中細線、極細エナメル線は礎電線(株)等の協力工場に委託生産する生産形態を取っている。

この間、1979年には当社で初めての海外工場であるFujikura Singapore PTE. LTD. をスタートさせたほか、1988年以降、アメリカ市場ではRea Magnet Wire Companyに委託生産させた製品を供給、さらに1993年にはマレーシアにFujikura Malaysia Sdn Bhdをスタートさせる等、グローバル化も積極的に進めて来た。

一方、製品では1978年に接着型転位紙巻線(PST MTケーブル)、1989年にはガス絶縁用転位紙巻線を市場に供給する等、紙巻線、転位紙巻線では新製品の開発、市場のシェアとともに業界をリードして来た。

また、エナメル線でも電装部品用として耐熱フュージングエナメル線(FLSW)を1971年に開発、1979年にはボイスコイル、HDD用極細平角エナメル線(銅線、CA線、AL線)の製造を開始、1982年には電装部品、原子力発電所等で使われるセラミック線(フジサーモ線)の開発、冷媒用自己融着エナメル線の開発、および1985年にはこれの自己潤滑化(SLB-FT)など業界初の特徴ある製品を世に送り出して来た。

さらに、最近のエレクトロニクス市場の拡大とともに、当事業部ではCRTディスプレイ用として従来品を改善した高性能リッツ線を1994年に生産開始、1999年にはHDDやページャモータ用として銀入り銅極細線を生産する等、常に特徴ある事業スタンスを保っている。

海外工場では、耐冷媒エナメル線が生産の主力であることと、AL導体エナメル線の大量生産が特徴であるが、リード線など巻線以外の品種も生産し、多角化をはかっている。

1. 製品紹介

1.1 横巻線

当事業部の横巻線には紙巻線、複合紙巻線、転位紙巻線、各種テープ巻線があり、その用途は主に変圧器、高圧モータ、車輛用モータ、車輛用変圧器等で、特に信頼性が要求される機器に使用されるケースが多い。

紙巻線にはクラフト紙、アミン添加紙、高伸度紙、クレープ紙、高密度紙等の当社主導の絶縁紙が使用され、主に油入変圧器に使用されている。複合紙巻線、転位紙巻線は大容量の変圧器に使用されているが、ロス率低減のために導体が年々細分化される傾向があり、同時に短絡時の機械強度向上のための接着型複合紙巻線、接着型転位紙巻線も増加する傾向にある。各種テープ巻線にはノーマックス紙、PET、PEN、ポリイミドフィルム等が用いられ、乾式変圧器、モールド変圧器、ガス絶縁変圧器、車輛用のモータや変圧器に使用されている。さらに近年ではマイカ巻線等、複合材料を用いたテープ巻線が高圧モータ等の分野で使用されるケースも増えてきている。

これらの中で、接着型転位紙巻線、ガス絶縁用転位紙巻線は、当事業部が業界に先駆けて量産を開始したものであり、特に接着型転位紙巻線は、その強固な固着力により優れた曲げ強度を発揮し、変圧器の小型軽量化に役立っている。

図1に接着型転位紙巻線の構造を、図2に曲げ試験の特性例を示す。

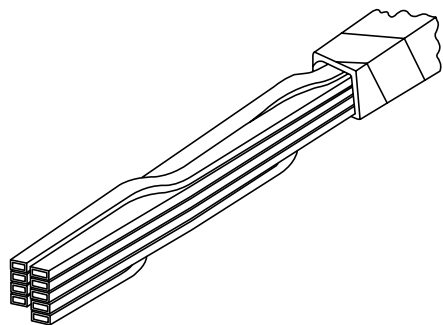
巻線事業部関連年表

| | |
|-------|----------------------------------------------------------------|
| 1885年 | 神田淡路町で綿・絹巻線の製造を開始 |
| 1923年 | 深川工場に移転 |
| 1941年 | アルマイト電線の製造開始 |
| 1950年 | 合成樹脂を使用した最初のエナメル線(ホルマール線)の製造開始 |
| 1957年 | テレビ偏向ヨーク用自己融着エナメル線の製造開始 |
| 1962年 | 沼津工場に移転 |
| 1965年 | 転位紙巻線の製造開始 |
| 1971年 | 耐熱フュージングエナメル線(FLSW線)の開発、製造 |
| 1978年 | 接着型転位紙巻線の開発、製造 |
| 1979年 | Fujikura Singapore PTE. LTD. 社を設立 極細平角エナメル線(銅、CA、AL導体)の製造開始 |
| 1982年 | 超耐熱セラミック線(フジサーモ線)の開発、製造 冷媒用自己融着エナメル線の開発、製造 |
| 1985年 | 冷媒用自己潤滑自己融着エナメル線の開発、製造 |
| 1988年 | Rea Magnet Wire Company 社でのエナメル線の委託生産開始 |
| 1989年 | 磁気ヘッド用銀入り導体2心並行極細接着エナメル線の開発、製造 |
| 1993年 | Fujikura Malaysia Sdn Bhd 社を設立 |
| 1994年 | CRTディスプレイ用高性能リッツ線の開発、製造 |
| 1999年 | ハイテンション極細エナメル線(銀入り合金銅線)の開発、製造 |

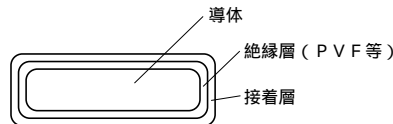
1.2 エナメル線

1.2.1 汎用エナメル線

一般に、エナメル線はポリウレタン、ポリビニルホルマール、ポリエステル等各種の絶縁材料を使用し、その皮膜性能の特徴によって耐熱性、耐摩耗性、作業性などを考慮した各種用途に供される。さらには使用される各種環境(油中、冷媒中、湿熱中、沿岸地仕様、化学雰囲気



(a) 外観



(b) 素線の断面図

図1 接着型転位導体

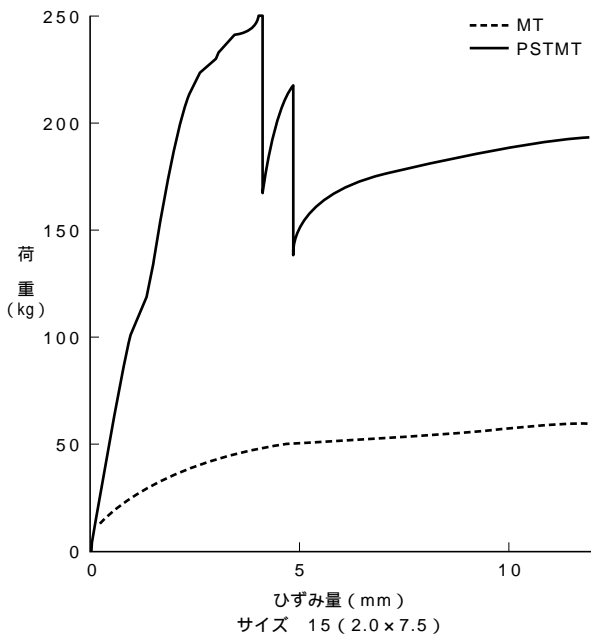


図2 曲げ剛性試験の例

表1 高密着高潤滑エナメル線 (FTWA) の特性

| 項目 | FTWA | | FTWH(CY従来品) |
|-----------|-------|------|-------------|
| | 皮膜構成 | 下層 | EI |
| | 上層 | 潤滑AI | AI |
| 導体径 (mm) | 1.000 | | 1.000 |
| 仕上り径 (mm) | 1.070 | | 1.070 |
| 皮膜厚さ (mm) | 0.035 | | 0.035 |
| 静摩擦係数 | 0.04 | | 0.14 |
| 捻回性 (回) | 82 | | 63 |
| 往復摩耗 (回) | 308 | | 135 |
| 一方向摩耗 (N) | 18 | | 16 |

表2 SLB・FTの特性

| 項目 | SLB・FT | FTWH(CY比較用) |
|-----------|--------|-------------|
| 導体径 (mm) | 1.000 | 1.000 |
| 仕上り径 (mm) | 1.090 | 1.070 |
| 絶縁皮膜 (mm) | 0.035 | 0.035 |
| 融着皮膜 (mm) | 0.010 | |
| 耐熱指数 () | 200 | 200 |
| 静摩擦係数 | 0.09 | 0.14 |
| 一方向摩耗 (N) | 15 | 16 |
| *接着力 (N) | 133 | |

*ヘリカルコイルの折曲げ法 160×2h 加熱接着

気中等) や客先での加工中での強度 (耐加工劣化性等), 作業性等の各種性能を考慮して使用される。

当事業部でも上記の状況より耐熱クラスY種のホルマール銅線からC種のポリイミド銅線まで, 各種エナメル線を製造しているほか, AL導体のエナメル線も製造している。さらにはダブルコートやトリプルコートのエナメル線や, 皮膜を内部潤滑化した潤滑エナメル線まで幅広く製造している。

特に近年は, 客先の巻線加工条件がますます厳しくなってきたり, これに対応すべく当事業部ではワニス含浸処理性を損なわない高密着高潤滑エナメル線 (FTWA) を開発, 製造している。一例として, このエナメル線の特性を表1に示す。

1.2.2 自己融着エナメル線

自己融着エナメル線はエナメル皮膜の最外層に融着性の皮膜を設けたもので, 巻線後加熱処理, もしくは溶剤活性によりコイルを固着させて使用する。加熱処理は熱風, 通電加熱, 外部加熱等様々である。

当事業部ではFDD, HDDコイルのほか種々のコイル用として自己融着エナメル線を供給して来たが, 中でも

1957年に製造を開始した偏向ヨーク用自己融着エナメル線と, 1982年に製造を開始した耐冷媒用の耐熱自己融着エナメル線 (SB - FT) は特筆すべきものである。その後, 耐冷媒用の耐熱自己融着エナメル線は1985年に自己潤滑化し, 商品名もSLB - FTとして現在にいたっている。

このほかに, 電装部品用途として開発したアルコール接着タイプの自己融着線 (BFGW) や, 通電接着タイプのエナメル線もある。

これらの一例として表2にSLB - FTの特性を示す。

1.3 超耐熱線 (セラミック線)

当事業部ではセラミック線 (フジサーモ線) を1982年に生産開始した。

過去のセラミック線は可とう性が乏しく, コイル成型加工が不可能に近かったが, 当事業部が開発したセラミック線は従来の有機絶縁電線と同等のコイル加工性を持っており, 自動車のスタータモータ, 高温液ポンプ用キ

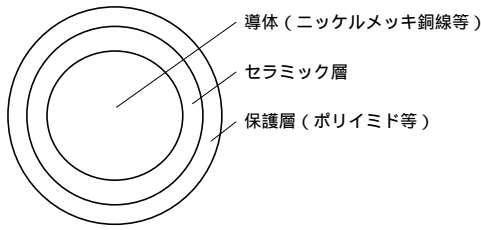


図3 セラミック線の構造

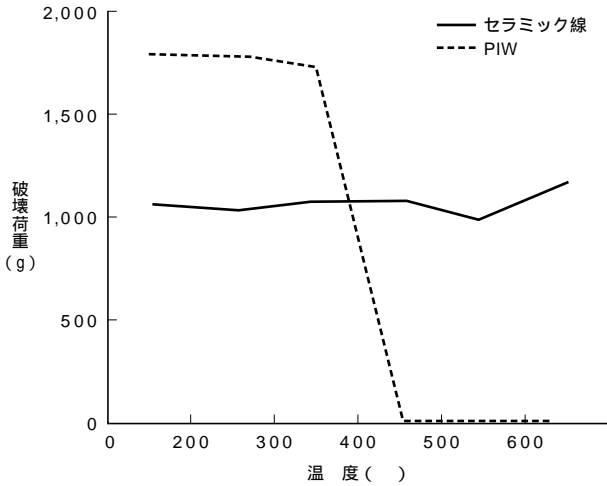


図4 高温1h加熱後の耐摩耗破壊荷重

ヤンドモータ、誘導加熱コイル等に使用されている。このセラミック線の耐熱性は、高温領域での導体の耐熱性で決まる場合が多く、一般的にはニッケルメッキ銅線が使用され、その許容温度は400程度である。また、白金、金、銀等の貴金属を使用すると、その許容温度はさらに高くなり、白金を使用した例では約650の雰囲気下で約20年の信頼性が確認されている。図3にこのセラミック線の構造を、表3にその特性を、また図4に高温加熱後の耐摩耗破壊荷重を示す。

1.4 その他の巻線

1.4.1 リッツ線

近年、電気・電子機器類の一部に高周波化の動きがあり、これにともない、これらの機器に使われるエナメル線も、細サイズのエナメル線を複数本撚り合わせたリッツ線の需要が増大しつつある。当事業部でも、通常のエナメル線を撚り合わせたもの、自己融着エナメル線を撚り合わせたもの、絶縁皮膜もウレタン、ソルダブルEI、通常のエI等、多岐にわたって製造している。中でも、CRTディスプレイ、ハイビジョンTV等に使われる偏向ヨーク用リッツ線は、その優れたコンバージェンス特性が必要とされ、これらの問題をクリアした優れたリッツ線を大量に生産している。

このリッツ線の特性を表4に示す。またその外観と断面写真を図5に示す。

このリッツ線の主な特徴は次の3点である。

- (1) 通電接着時の接着特性に優れ、コイルの常温での変形が小さい。

表3 セラミック線（フジサーモ線）の特性

| 項目 | セラミック線 | ポリイミド線 | |
|---------------|-----------|-----------------------|---------------------|
| 寸法 (mm) | 導体径 | 1.000 | 1.000 |
| | 仕上り径 | 1.090 | 1.080 |
| | 皮膜厚 | 0.045 | 0.040 |
| ピンホール | 0 | 0 | |
| 可とう性 (×1巻付) | 良 | 良 | |
| 絶縁破壊電圧 (kV) | 3.6 ~ 4.7 | 9.5 ~ 10.0 | |
| 高温中線間絶縁抵抗 () | 20 | 10 ¹⁰ | 10 ¹⁰ |
| | 200 | 10 ¹⁰ | 10 ¹⁰ |
| | 400 | 2.5 × 10 ⁸ | 3 × 10 ⁷ |
| | 500 | 3.7 × 10 ⁷ | 3 × 10 ⁶ |
| | 600 | 2.3 × 10 ⁷ | 0 |
| バーンアウト テスト | 600 2h 良 | 600 15min 焼損 | |

表4 高性能リッツ線の特性例

| 項目 | 開発品 | 従来品 |
|-------------|-------------|------------|
| 導体径 (mm) | 0.14 | 0.14 |
| 絶縁皮膜厚 (mm) | 0.015 | 0.015 |
| 接着皮膜厚 (mm) | 0.010 | 0.010 |
| 接着力 (g) | 98 | 95 |
| 静摩擦係数 | 0.05 ~ 0.07 | 0.1 ~ 0.15 |
| コイル歪み量 (mm) | 1以下 | 2 ~ 3 |

- (2) 摩擦係数が小さく、耐摩耗性に優れるとともに、巻線性も向上する。
- (3) 柔軟性に優れているので、巻線性が向上する。

1.4.2 特殊導体エナメル線

(1) 銅クラッドアルミ導体エナメル線

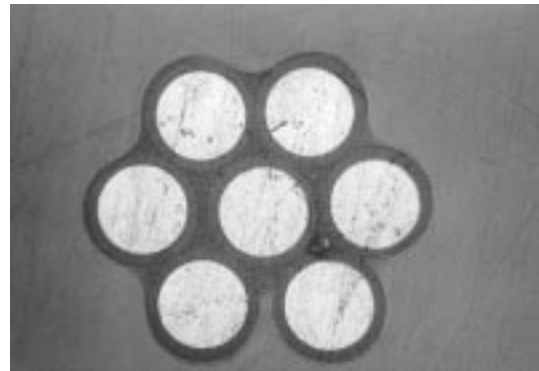
銅クラッドアルミ線（以下、CA線）は、銅に比べて軽い、導電率がアルミ線よりも高い、表面が銅に覆われているためはんだ付けが容易、信頼性が高い等の長所がある。このため、この導体を用いたエナメル線は従来からムービングモータやスピーカコイルに使われるほか、HDD用VCM（キャリアッジ）コイルに使われる等、各種エレクトロニクス用途への適用が拡大している。ここでは、その一例としてVCM用コイルに用いたCA導体自己融着ポリエステルイミド線の特性を表5に示す。この表から、当エナメル線は軽さ、導電率、引張強さ等のバランスに優れていることがわかる。

(2) 銀入り合金銅導体極細エナメル線

最近のエレクトロ用途部品の多様化には著しいものがある。銀入り合金銅を用いたハイテンション極細エナメル線もその中の一つである。アセンブリ時の断線防止や実使用時の耐機械ストレス性の向上などを目的としたもので、HDDヘッド用リード線、FDDコイル、ページャ用コイル等にも使用されるケースが増えている。当事業部では、このハイテンション極細エナメル線を30μサイズまで製造している。表6はこのエナメル線の特性の一部を示したものである。この表からハイテンション極細線



(a) 外 観



(b) 断 面

図5 偏向ヨーク用リッツ線

表5 CA導体自己融着ポリエステルイミド線の特徴

| 項 目 | SBSFEIW | | |
|--------------|---------|---------|---------|
| | 紹介品 | 比較品 | |
| | CA導体 | AL導体 | Cu導体 |
| 導体径 (mm) | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 仕上り径 (mm) | 0.27 | 0.27 | 0.27 |
| 可とう性 | 良 | 良 | 良 |
| 密着性 | 良 | 良 | 良 |
| ピンホール | 0 | 0 | 0 |
| B. D. V (kV) | 3.9~4.4 | 3.8~4.2 | 4.0~4.4 |
| はんだ性 | 400 *2s | 不可 | 400 *2s |
| 引張強度 (kg/mm) | 10.8 | 7.5 | 25.1 |
| 伸 び (%) | 22 | 19 | 36 |
| 導電率 (%) | 66 | 62 | 100 |
| 比 重 | 3.32 | 2.70 | 8.89 |

が通常の銅導体品よりも優れた破断強度を保持していることがわかる。

1.5 リード線

リード線はエアコンや冷蔵庫のコンプレッサ内で使用されるハーマチックモータ用で、1978年に開発、製造されたものであり、現在はFujikura Singapore PTE. LTD.で製造されている。当リード線は密閉されたコンプレッサ内で冷媒と冷凍機油に浸り、モータの発する磁歪振動の中で使用されるため、絶縁材料の化学的安定性と可とう性が重要な要求品質となる。さらに最近ではオゾン層に優しい新冷媒仕様が增加しており、冷媒中で凝集固化する微量な物質を除去したリード線の比率が高まっている。Fujikura Singapore PTE. LTD.では、これらの要求品質をクリアした製品を製造し、東南アジア地域市場での高いシェアを保有している。

2. 今後の展望

エネルギー変換に必要な巻線は、電気機器、電子機器等には必要欠くべからざるものであり、今後もこの必要性は継続するものであるが、家電業界に代表されるような“より低廉な加工費を求めた地域への移転(海外展開、国内の空洞化)”の傾向は今後も続くものと思われる。こ

表6 ハイテンション極細ポリウレタン線の特徴

| 項 目 | 紹介品 | | 比較銅線 |
|--------------|---------|---------|---------|
| 導体 (銀含有率%) | 0.15 | 0.9 | 0 (軟銅) |
| 導体径 (mm) | 0.050 | 0.050 | 0.050 |
| 仕上り径 (mm) | 0.062 | 0.062 | 0.062 |
| 伸 び (%) | 15 | 12 | 25 |
| 破断荷重 (g) | 55~65 | 65~75 | 40~50 |
| 導電率 (%) | 97~99 | 94~97 | 100~102 |
| B. D. V (kV) | 4.0~5.0 | 4.0~5.0 | 4.0~5.0 |

れにともない、国内での巻線需要の伸び悩みと価格の低下、海外(特にアジア地域)での需要増の傾向はますます増大するものと思われる。

従って海外工場では、生産性の向上を含めた生産量の増大化とコストダウン、および品質管理の強化を含めた製品の信頼性の向上が重要となる一方、国内では高技術力を必要とする高付加価値品、環境に優しい巻線等、現在の日本の実状に即した製品への転換が必要になるとともに、ユーザ側でのコストダウンの必要性からの高作業性、耐加工ストレス性、高信頼性の巻線等、これまでとは異なる市場ニーズが出ており、開発のベースが日本であるということも実態である。当事業部では上記の状況に鑑み、高密着高潤滑エナメル線(FTWA)の量産化を始めとして、環境に優しい巻線としては自己融着エナメル線(含浸ワニス処理が不要のため環境に優しい)、高付加価値品としては細・極細平角エナメル線、特殊導体巻線、リッツ線等があり、これらの生産増大化と拡販が必要と考えている。

自己融着線としては従来から広く使われている電子分野の中細線はむろんのこと、エアコン用SB線やクラッチ用SB線ばかりでなく、変圧器用の複合紙巻線、自動車分野にも用途を広げ、拡大する考えである。また近年のエレクトロニクス分野では、エネルギー効率化や小型化を目的として平角エナメル線が使用されるケースが増えているが、電装部品、家電品でも一部平角線化の動きもあり、今後細・極細平角エナメル線の開発と実用化が重要であり、当事業部も積極的に対応する考えである。