

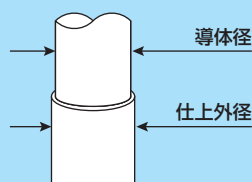
6. マグネットワイヤの試験方法

6-1. 寸 法

寸法は、仕上外径・導体径および皮膜厚さで示され、皮膜厚さにより下記の種類があります。

- 0種：皮膜が最も厚いもの
- 1種：皮膜が厚いもの
- 2種：皮膜が薄いもの
- 3種：皮膜が最も薄いもの

試験方法要約



導体軸に垂直な同一平面のほぼ等しい角度で直径を3点測定し平均値で示す。皮膜厚さは仕上外径と導体径の差の2分の1とする。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 5項を参照下さい。

6-2. 熱的特性

1) 耐熱寿命

機器に使用する巻線を選択する場合は、最初に機器の耐熱に応じた温度指数をもっている巻線を選びます。

温度指数は耐熱寿命から求められます。

耐熱寿命の試験方法は、ASTM D2307です。一般に用いられている耐熱クラスと温度指数は下表のように区分されております。

耐熱区分	温度指数
Y	90℃
A	105℃
E	120℃
B	130℃
F	155℃
H	180℃
200	200℃
220	220℃
250	250℃

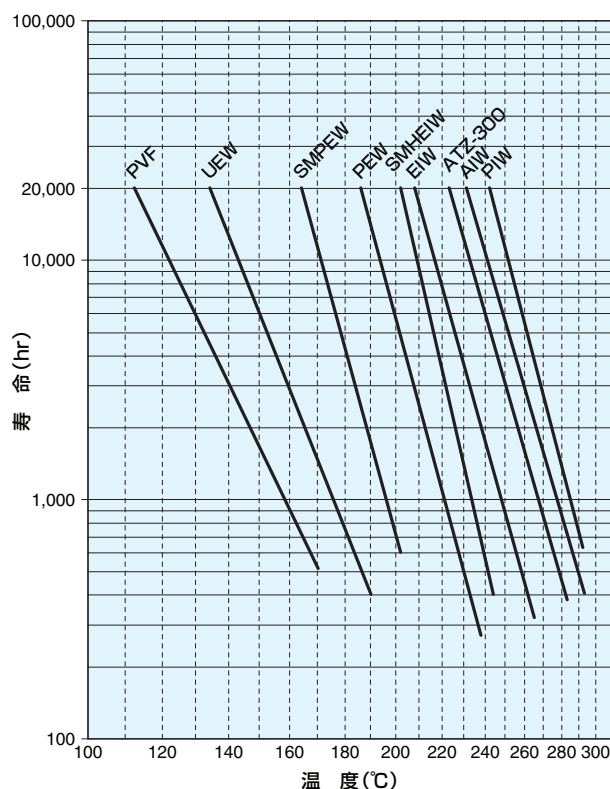
2) 耐熱衝撃

耐熱衝撃は皮膜に伸びや曲げのストレスを与えた状態で加熱したときに、き裂が発生するかどうかを調べます。

一般的に耐熱の高い巻線は高い加熱温度に対しても、き裂の発生は見られません。

巻線の巻付径が小さい場合、又は巻線での伸長率が大きい場合は、電気機器作動時の発熱により、皮膜にき裂が発生することがありますので注意が必要です。

各種巻線の耐熱寿命



試験片を規定の伸長率に伸ばすか又は規定の倍径に10ターン緊密巻付を行い、規定の温度・時間で加熱後皮膜にき裂の有無を調べる。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 20項を参照下さい。

6. マグネットワイヤの試験方法

3) 耐軟化

耐軟化は皮膜が軟化する温度を調べるものです。

電気機器に巻かれた巻線は、捲線時の張力や成型により、線間で加圧された状態になります。このような状態で加熱されると皮膜が軟化し、短絡に至ることがあります。

電気機器の最高到達温度が高い場合には耐軟化温度の高い品種が使用されます。

また、樹脂モールドを行う電気機器では、モールド条件によっては耐軟化温度の高い品種が必要となります。

2本の試験片を直角に重ね、平板上におき、交差部分に規定の荷重をのせ、恒温槽中で2℃/分で昇温する。2本の線間に100Vの電圧をかけ皮膜が軟化して導通したときの温度を測定する。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 11項を参照下さい。

6-3. 電気的特性

1) ピンホール

ピンホールは皮膜の微細なきずなどの電氣的欠陥部を調べる方法です。

巻線は薄い皮膜で絶縁性をもたせております。皮膜の種類によっては捲線後ピンホール試験を行うとクレージングにより、ピンホールが発生する場合があります。

食塩水中に規定の長さ(約5m)を浸漬し、液を正極、試験片を負極とし、12V 1分間直流電圧を加えたときに発生するピンホール数を調べる。

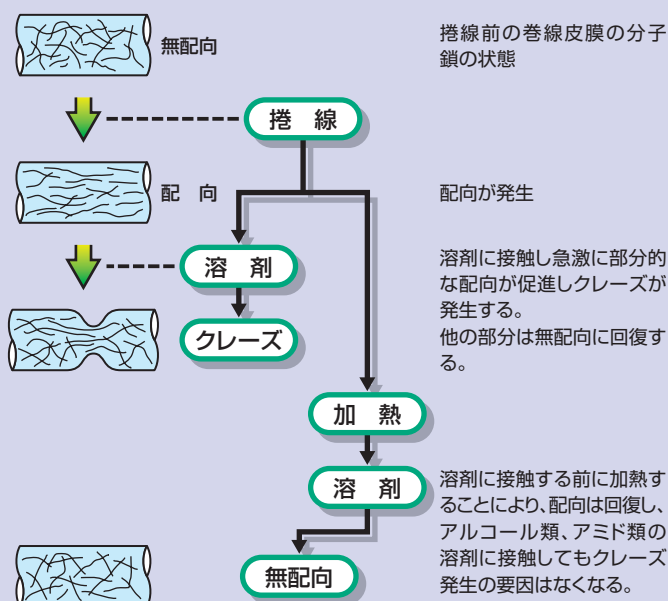
詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 6項を参照下さい。

※クレージング現象について

巻線を電気機器に捲線する場合は必ず曲げ、あるいはテンションにより巻線に伸びが与えられ、皮膜に応力が発生します。

この応力により皮膜全体に分子鎖の配向が発生し、この状態で水や溶剤に接触すると局所的な降伏による配向の集中及び緩和がおこりクレーズが発生します。クレーズ発生状態でピンホールテストを行いますとクレーズ部はピンホールとなり、絶縁性能はなくなります。

一般的にはPVF、UEW系等は125℃、EIW系では150℃10分間以上(機器の大きさや形状により、異なります。)の加熱により、皮膜のストレスを取り除き、クレージングを防止します。



6. マグネットワイヤの試験方法

2) 絶縁破壊電圧

絶縁破壊電圧は皮膜の絶縁性能を調べるもので、それは巻線の皮膜厚さにより異なります。一般的には2個より法が用いられますが、細線では金属シリング法を用います。絶縁破壊電圧は皮膜が厚くなるにしたがって高い値を示しますが、電気機器の線間電圧や相間電圧により皮膜厚さの検討が必要です。

2個より法では試験片の長さ12cmの間を規定のより回数に撚り合わせ、線間に交流電圧を加え500V/秒で昇圧し、破壊したときの電圧を求める。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 10項を参照下さい。

6-4. 機械的特性

1) 可とう性

可とう性は巻線を曲げたとき、皮膜にき裂が発生しないかどうかを調べるもので、伸長又は巻付けにより評価されます。通常、自己径巻付けでもき裂は発生しません。

0.35mm以下については試験片を規定の値まで伸長し、き裂の有無を15倍の拡大鏡で調べる。0.37mm以上については、規定の巻付倍径に10ターン緊密に巻付け、目視によりき裂の有無を調べる。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 7項を参照下さい。



※巻線を巻き付けたときの皮膜の伸び率

巻線を巻き付けたときの外側の皮膜は伸ばされており、その値は下記のとおりです。

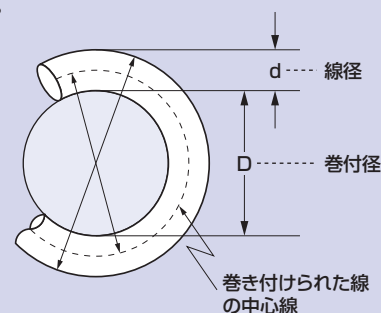
巻付径	外側の皮膜の伸び
1倍径	50%
2倍径	33%
3倍径	25%

巻線を巻き付けた場合、その中心点は殆ど伸ばされない状態で巻き付けられると仮定した場合、巻き付けた線の外側の皮膜の伸びは下記の式で示されます。

$$\text{外側皮膜の伸び (\%)} = \left[\frac{\pi (D+2d)}{\pi (D+d)} - 1 \right] \times 100 = \left[\frac{d}{D+d} \right] \times 100$$

即ち、2倍径巻き付けの場合は、 $D=2d$ となり、

$$\frac{d}{2d+d} \times 100 = \frac{1}{3} \times 100 \approx 33\%$$



6. マグネットワイヤの試験方法

2) 密着性

密着性は皮膜と導体との密着が保たれているかを調べるものです。密着が悪いと捲線時のストレスにより、皮膜のはがれる現象が発生する場合があります。

試験片を約4m/秒の引張速度で切断まで伸ばしたとき、皮膜にき裂が発生していないかを15倍の拡大鏡で調べる。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 8項を参照下さい。

3) 耐摩耗

耐摩耗性はどの程度の力が皮膜に加わったとき皮膜が破損するかを調べるものです。捲線時のストレスに対する皮膜強度の指標となります。

試験片に直径0.23mmのピアノ線を直交させピアノ線に荷重をかける。

ピアノ線を400mm/minの速さで試験片の長さ方向に動かすと同時に荷重を増加させ、皮膜のはがれ導体とピアノ線が接触したときの荷重を求める。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 9項を参照下さい。

4) 静摩擦係数

静摩擦係数は皮膜表面の滑りやすさを表わすものです。

電気機器への捲線性は、巻線の静摩擦係数（滑り性）が大きく影響いたします。

機器の小型化、高効率化のため、狭いスペースに沢山の巻線を巻き込み、占積率を高める方向にありますので、より重要視されております。

鏡面板の上に線を2本張り、且つ2本の線を張ったスライダーをその上に線と線が直交する様に置き、鏡面板を徐々に傾けスライダーが滑り出したときの傾きの $\tan\theta$ を求める。



5) 軟らかさ

電気機器への捲線性は、巻線の軟らかさが大きく影響いたします。巻線の軟らかさの指標には、伸び、スプリングエロンゲーション、及びスプリングバックを用います。

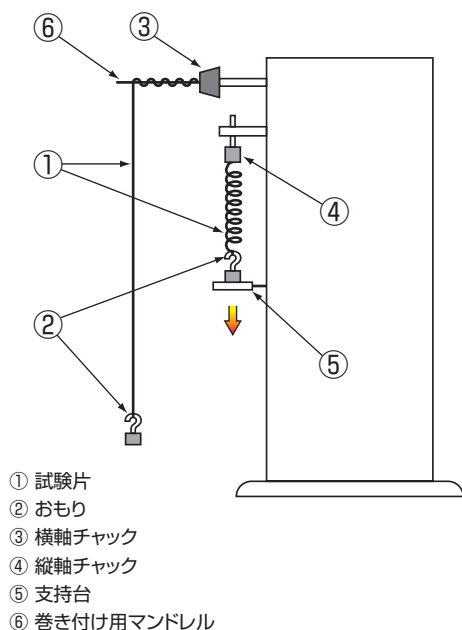
(1) 伸び

伸びは初期の長さに対し、伸びた長さをパーセントで表す。

直線上の試験片を標線間距離200～250mmで伸び試験機又は引っ張り試験機で 5 ± 1 mm/秒の速度で導体が破断するまで伸長する。破断までに増加した長さの初期の長さに対するパーセントを計算で求める。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 18項を参照下さい。

6. マグネットワイヤの試験方法



(2) スプリングエロンゲーション

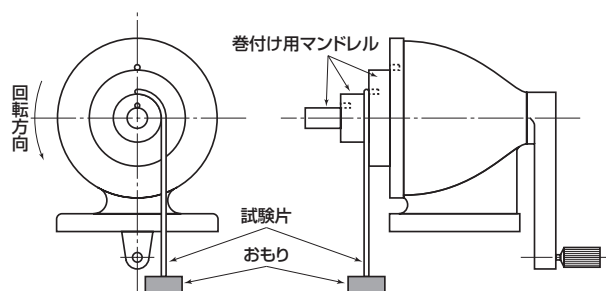
長さ約1.2mの試験片を採り、中央部の長さ1mで導体断面積 (mm²) 当たり700gの質量のおもりを吊しながら、導体径の10倍の径を持つ巻き付け用マンドレルにコイルを作成し、コイルの長さL1 (mm) を測定する。

コイルの一端を固定し、導体断面積 (mm²) 当たり、700gのおもりを取り付け、コイルを伸ばさない状態で支持台に載せる。

支持台を約50mm/秒の速度で下降させ、おもりが支持台から離れてから一分間保持した後に、おもりを試験コイルから外し、一分間放置した後のコイルの長さL2 (mm) を測定する。

スプリングエロンゲーション値 $\Delta L = L2 - L1$ を計算する。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 19項を参照下さい。



(3) スプリングバック

長さ約1mの試験片を、スプリングバック試験機の所定の径の巻き付けマンドレルに、5～10回/分の回転速度で巻き付ける。巻き終えたコイルの一端を押さえ、他端をゆっくり放して、その戻りの大きさをスプリングバック試験機の見盛りで読み取る。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 19項を参照下さい。

導体径 (mm)	巻き付け用マンドレル径 (mm)	おもりの質量 (g)
0.25～0.37	19	57
0.40～0.45	48	57
0.50～0.75	48	115
0.80～1.6	82	455

6-5. 化学的特性

1) 耐溶剤

耐溶剤はキシレンに浸漬し、皮膜の膨潤の有無を調べるものです。捲線後ワニス処理されるときに、含浸ワニスに含まれる有機溶剤に皮膜が侵されると絶縁性能が低下する場合があります。

試験片を60℃のキシレン中に30分間浸漬し取出した後、皮膜に泡及び膨れを生じていないかを調べ、且つつめ法又は鉛筆法により皮膜のはがれを調べる。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 13項を参照下さい。

2) 耐薬品

耐薬品は皮膜がアルカリ或いは酸に侵されないかどうかを調べるもので、機器の使用雰囲気中のアルカリや酸でダメージを受け、絶縁性能が低下する場合があります。

試験片を規定の濃度の薬品 (苛性ソーダ、硫酸) に常温で24時間浸漬し、皮膜に泡及び膨れを生じていないかを調べ且つつめ法又は鉛筆法で皮膜のはがれを調べる。

6. マグネットワイヤの試験方法

3) はんだ付け性

はんだ付け性は皮膜を剥離せずに所定の温度、時間ではんだ付けができるかを調べるものです。

試験片を規定の温度に保ったはんだ槽に、長さ40mmを規定の時間浸漬し、取出し後浸漬した部分の上部10mmを除き、はんだがー様に付いているかを調べる。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 14項を参照下さい。

4) 耐冷媒

冷凍機に用いられる巻線は冷媒と冷凍機油に対し、絶縁性能を維持し、且つ電線より抽出物が冷媒中に溶け出さないものでなければなりません。

試験片を冷媒および冷凍機油と共に密閉圧力容器に入れ、規定の温度・時間加熱後取り出し電線の特性を調べる。

詳細は、エナメル線試験方法：JIS C 3003 16項を参照下さい。

5) 加水分解性

加水分解性は皮膜が加水分解により絶縁性能が低下しないかを調べるものです。電気機器が高温多湿な条件で使用されますと、加水分解を起こし、絶縁性能が低下します。PEWは加水分解しやすいので注意が必要です。

主な巻線の加水分解による絶縁性能の変化を右図に示します。

密閉容器中に試験片と0.2Vol%の水を入れ、150℃で加熱後の絶縁破壊電圧を測定しました。

試験片と規定量の水を密閉容器に入れ、規定の温度と時間(例 150℃ 24時間)で加熱後、絶縁破壊電圧又は絶縁抵抗を測定する。

加水分解による絶縁性能の変化

