

# アモルファス変圧器《第一報》

## Amorphous Metal Cored Transformers

柳沢 英一\*  
Eiichi Yanagisawa  
矢後 克二\*\*  
Katsuji Yago  
廣江 成致\*\*\*  
Shigetaka Hiroe  
廻間 正樹\*\*\*  
Masaki Kaima

Amorphous metal was published by Allied Corporation (U.S.A) in 1974 as commercial name of METGLAS. This metal has superior characteristics in iron-loss which is 0.2 W/kg at 60 Hz, 1.3 Tesla, and is 1/4-1/3 compared to the iron-loss of high-grade grain oriented silicon steel strip. Therefore, amorphous metal is greatly expected to reduce the no-load loss of transformers. To apply this amorphous metal for distribution transformers, we started basic studies concerning conditions of annealing and methods of treating etc. in 1981 and manufactured 20 kVA proto-type transformer. The 20 kVA transformer is carried out vibration test and drop test in addition to the ordinary characteristic test, and confirmed to satisfy expected characteristics. This report states about the results of studies and the test results of 20 kVA transformer.

### 1 まえがき

石油を始めとするエネルギー資源の大半を国外に依存しているわが国にとって、諸資源の有効活用を図ることは最も重要な課題の一つであり、電力機器その他においても各種の省エネルギー対策が採られている。

現在、全国の年間約6千億kWhにのぼる総発電電力量の内、送配電線路に於ける電力損失は5%余りにも達しており、中でも変圧器の占める割合が大きく、その低損失化へ向けて多くの努力が払われている。

変圧器の損失には大きく分けて無負荷損と負荷損の2つがあり、この内運転中に常時発生している無負荷損の軽減は特に大切で、その手段として高品質鉄心材料の使用、鉄心構造の変更、鉄心組立方法の改善等が採用され、効果をあげている。

変圧器鉄心材料としては、現在方向性けい素鋼帯が使用されており、その鉄損は60Hz、1.3テスラにおいて0.65 W/kg程度にまで低減されているが、1974年に米国アライド社から発表されたアモルファス金属 (METGLAS) はこの値を一挙に0.2W/kg以下にするという画期的な材料であって、損失評価制度が定着している米国ではすでに試用の段階に入っている。

この新しい鉄心材料の実用化を図るため、昭和56年から焼鈍条件、加工条件等に関する基礎研究を開始し、引き続き実器の試作を行ってきたのでここに報告する。

### 2 アモルファス磁性材料について

大部分の固体は原子が規則正しく並んだ結晶構造をしているが、溶融した物質を超急冷(冷却速度 $10^4 \sim 10^6$ °C/s以上)すると、原子が規則正しく並ぶ前に固体化するため、不規則な原子配列となる。このような物質を一般にアモルファス(非晶質)と呼んでいる。

アモルファス物質は、ガラスに代表される絶縁体、スイッチ素子や太陽電池として使用される半導体及び磁気ヘッドやバブルメモリ等に使用される磁性体に大別される。これらは、いずれも結晶物質とは異なった数々の特徴を持っているため、多くの分野において応用研究・開発が行われている。

変圧器に使用されるアモルファス磁性材料としては、現在アライド社のMETGLAS 2605S-2が市販されており、その元素組成は、鉄(Fe)78%、ボロン(B)13%、けい素(Si)9%(いずれも原子パーセント)である。方向性けい素鋼帯と比較した2605S-2の特性例を表1に示す。

表1/アモルファス磁性材料と方向性けい素鋼帯の特性  
Tab. 1/Characteristics of Amorphous metal and grain-oriented silicon steel

材 料		2605S-2	G 6 H
磁気特性	鉄 損 $W_{13/60}$ W/kg	0.16	0.65
	励 磁 容 量 VA/kg	0.20	0.70
	飽和磁束密度 T	1.56	2.03
	キュリー点 °C	415	745
	磁 わ い	$27 \times 10^{-6}$	$24 \times 10^{-7}$
物理特性	密 度 g/cm <sup>3</sup>	7.18	7.65
	占 積 率 %	>75	>94
	結 晶 化 温 度 °C	550	—
	引 張 強 さ kgf/mm <sup>2</sup>	>150	32
寸 法	電 気 抵 抗 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$	130	45
	巾 mm	~100	~950
	厚 さ $\mu\text{m}$	20~30	230~300

アモルファス合金の製造法としては、材質や用途に応じて種々の方法が開発されているが、2605S-2の場合は大量生産に適した単ロール法により製造される。

この方法は、高速で回転する冷却円筒の表面に溶融した合金を噴出させてリボン状に急冷させ連続して巻取るもので、図1に連続製造法の例を示す。

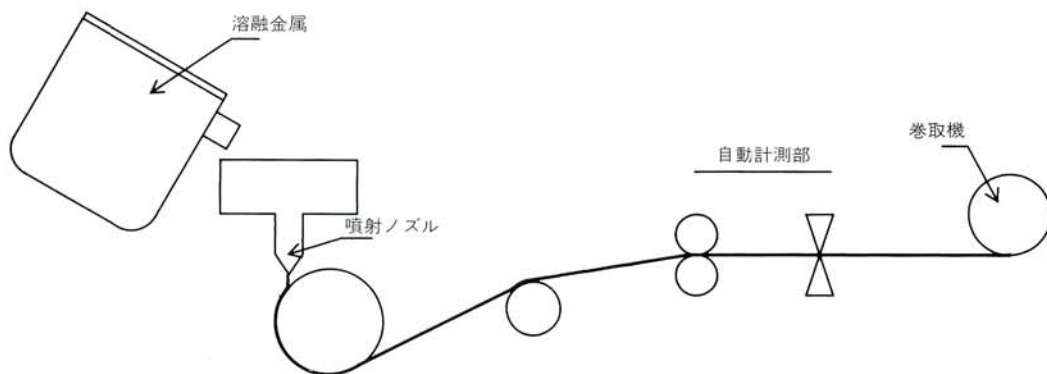


図1 / 単口ロール連続製造法の例  
Fig. 1 / An example of continuous quench-cast production

2605S-2は次のような特徴を有している。

- (1) 鉄損は現在変圧器用に使用されている方向性けい素鋼帯の1/4~1/3である。したがって変圧器に採用することによって、大きな省エネルギー効果が得られるものと期待される。
- (2) 方向性けい素鋼帯に比べて飽和磁束密度が低いので、変圧器設計磁束密度が抑制される。
- (3) 磁わいが方向性けい素鋼帯に比べて約10倍大きいため、騒音の高くなるおそれがある。
- (4) 厚さは、製造時の冷却速度との関係から50~60 $\mu$ m迄が限界といわれているが、現在厚板を急冷する方法も研究が進められており、また数枚を積み重ねて一体化した製品も発表されている。
- (5) 巾は、現在は100mm(4インチ)が市販の最大寸法であるが、近い将来には広巾物も製造される見込である。
- (6) 占積率は、超急冷単口ロール法で製造されるため、厚さが薄く、かつ、表面が粗いので、75~80%程度であるが、将来平滑表面のリボンが開発されれば、85%以上に改善される。
- (7) 方向性けい素鋼帯に比べて焼鈍温度が低くて済むが、磁区を整列させるために、磁界を印加しながら焼鈍する必要がある。
- (8) 特性の温度変化が大きく、高温に於ける磁気特性が悪いため、運転時には十分な温度管理が必要である。
- (9) 焼鈍後の脆性が悪いため、加工や取扱上の注意が必要となる。
- (10) 価格は方向性けい素鋼帯に比べてかなり高価であるが、量産が進めば2倍以下になると予想されている。

### 3 アモルファス変圧器開発の経緯

現在までのアモルファス変圧器開発の経緯は、次のようである。

昭和56年 8月 基礎研究開始

昭和57年 5月 中部電力株式会社と(株)愛知電機工作所

との共同研究開始

- |       |     |                          |
|-------|-----|--------------------------|
| 昭和58年 | 11月 | 単相10kVAノーカット鉄心試作         |
|       | 1月  | 単相10kVA中身完成              |
|       | 3月  | 単相20kVA 2台完成             |
| 昭和59年 | 1月  | 20kVAによる長期課電試験開始         |
|       | 3月  | 共同研究による試作品・単相20kVA完成     |
|       | 4月  | ステップラップジョイント鉄心単相5kVA完成   |
|       | 7月  | トロイダルコアによる長期熱劣化検証試験開始    |
|       | 12月 | 積鉄心の検討開始                 |
| 昭和60年 | 3月  | 積鉄心 3相75kVA完成            |
|       | 4月  | 電気学会全国大会にて5kVA及び75kVAを展示 |
|       | 5月  | アモルファス変圧器量産検討開始          |
|       | 8月  | 自動巻板機製作                  |

## 4 基礎研究

実変圧器の製作に先立ち、アモルファス磁性材料の基本特性を把握する必要性から、2605S-2で製作したトロイダルコアを用いて基礎試験を行った。

### 4.1 焼鈍条件の検討

本検討で用いた試料の寸法は、内径 $\phi$ 55 $\times$ 巾50 $\times$ 厚3mmである。なお、以後の試験結果に於ける特性値は、60Hz、1.3テスラ時の値である。

#### (1) 焼鈍温度と均熱時間

焼鈍の基本となる加熱温度及び均熱保持時間と磁気特性について試験した。

焼鈍温度 250、300、350、400、440 $^{\circ}$ C

均熱時間 0.5、1、2、4時間

雰囲気 窒素ガス

磁界強さ 800A/m

試験結果を図2に示す。

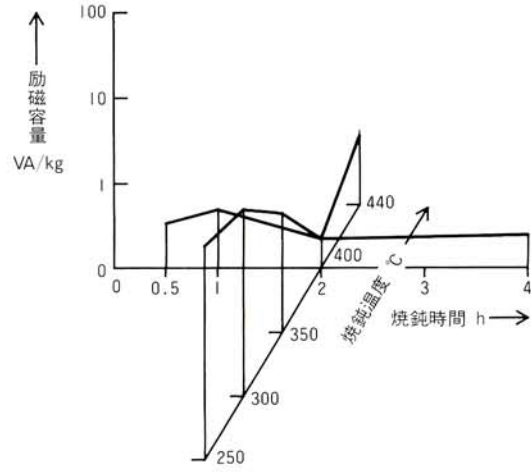
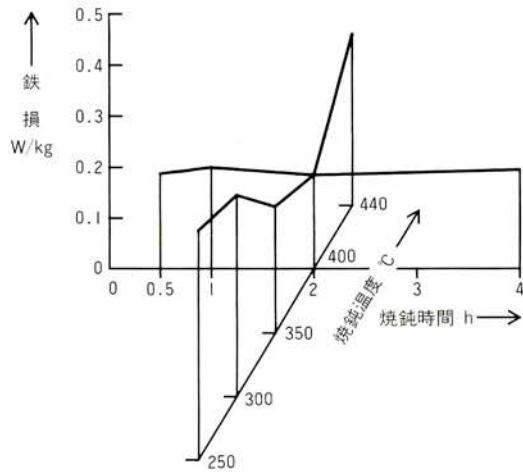


図2 / 焼鈍温度、均熱時間

Fig. 2/Effect of annealing temperature and soak time

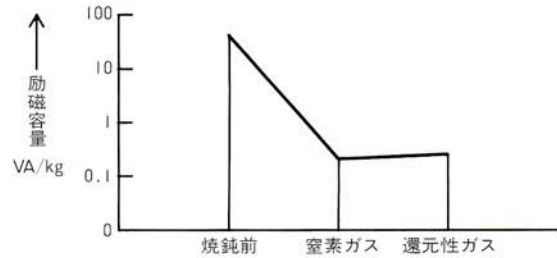
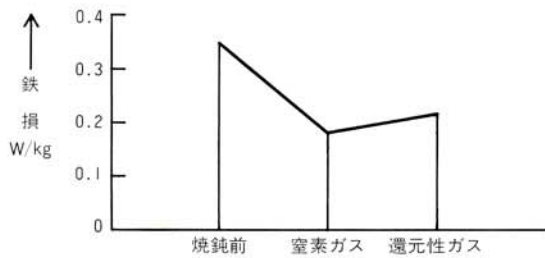


図3 / 焼鈍時雰囲気ガスの影響

Fig. 3/Effect of annealing atmosphere

この結果から、400°C、2時間の焼鈍が適していることが分る。

(2) 焼鈍雰囲気

焼鈍時の雰囲気ガスの適合性について、窒素ガスと通常の方向性けい素鋼帯鉄心の焼鈍に使用している還元性ガスの場合を検証した。結果を図3に示す。

図3から、窒素ガス雰囲気中に於ける焼鈍は、還元性ガス中での焼鈍に比べ、鉄損、励磁容量共約20%ほど優れていることが分る。

(3) 磁界強さ、印加時間

アモルファス磁性材料はその磁気特性向上のために、

磁界中での焼鈍が必要である。この磁界強さ及び印加時間が、アモルファスコアの磁気特性に及ぼす影響について試験調査した。

磁界強さ 0、200、400、800、1000A/m

- 印加時間 ① 全時間印加
- ② 均熱1h以後、全時間印加
- ③ 均熱時2hのみ印加
- ④ 冷却時のみ印加

結果を図4に示す。

この結果、800A/mの磁界を全時間印加するのが最良であることが分る。磁界を印加しない場合(0 A/m)は、明

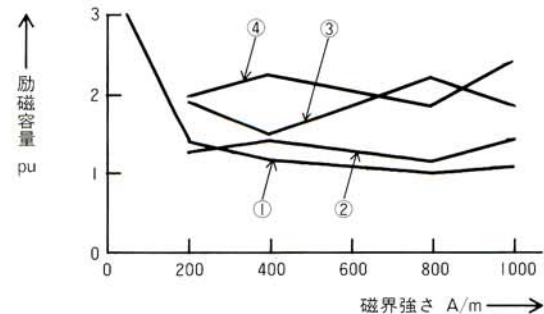
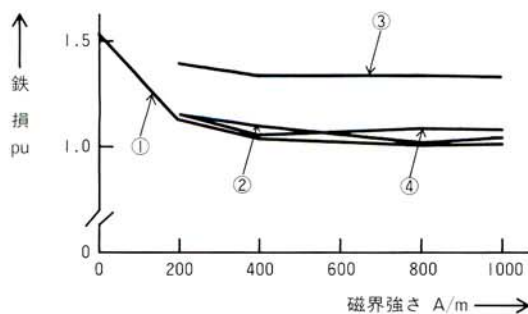


図4 / 磁界強さ、印加時間の影響

Fig. 4/Effect of field intensity and field applying time

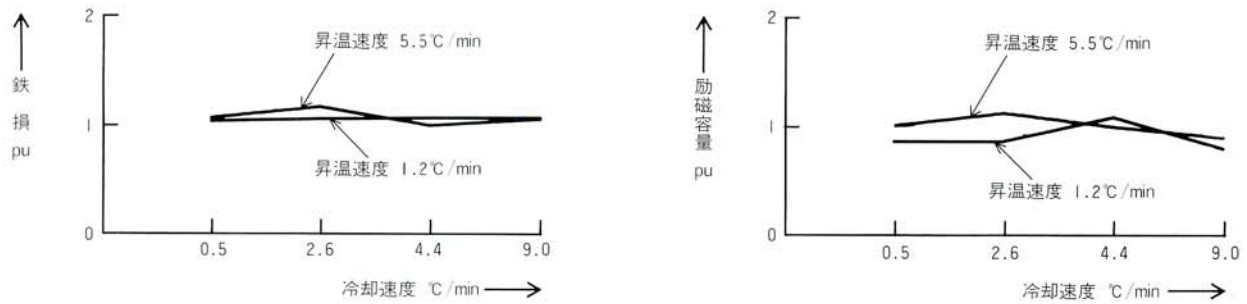


図5 / 昇温速度、冷却速度の影響  
Fig. 5 / Effect of heat-up rate and cool-down rate

らかに磁気特性改善の効果が少ない。

(4) 昇温速度、冷却速度の影響

焼鈍時に於ける均熱温度までの上昇速度及び均熱後の冷却速度の影響を調査した。結果を図5に示す。

鉄損に関しては、昇温速度、冷却速度の違いによる差はそれほど認められないが、昇温速度は5°C/min、冷却速度は4°C/min程度が適当なようである。しかし、励磁容量に関してはバラツキが大きく特に有意差は認められない。

4.2 温度特性

(1) 焼鈍温度と脆性

アモルファス磁性材料は、焼鈍時の加熱により非常に脆くなる。4.1(1)の試料を用いて、丸棒に沿わせて180度曲げ特性を調査した。結果を表2に示す。

焼鈍温度が低ければ、脆化の度合は少ないが、250°Cの

表2 / 焼鈍温度と曲げ径

Tab. 2 / Relation between annealing temperature and easiness of bending

焼鈍温度°C	曲げ径mm	φ3	φ4	φ6	φ8
250 × 2時間		○	○	○	○
300 × 2時間		△	○	○	○
350 × 2時間		×	×	○	○
400 × 2時間		×	×	×	○

○ : 180度曲げ可能 (3回)  
△ : 180度曲げやや可能  
× : 180度曲げ不能

場合でも曲げを繰り返すと、容易に破断する。特に300°C以上においては、曲げ性にやや差はあるものの破断状況はよく似ており、脆性に関しては同レベルにあると判断される。

(2) 磁気特性の温度依存性

アモルファス磁性材料はその原子間結合が熱的に不安定状態にあるため、温度変化の影響を受けやすいと考えられるので、温度と磁気特性の関係を調査した。

試料寸法 内径φ55 × 巾50 × 厚6 mm 焼鈍品

絶縁コート 無、有

加熱法 空気熱風循環炉

試験温度 30°C ~ 150°C

試験結果 温度と磁束密度の関係を図6(a)に、温度と鉄損、励磁容量の関係を図6(b)に示す。

磁束密度は、室温(30°C)から高温になるにつれて低下し、100°Cでは約5%、150°Cでは約10%低くなる。

コート無材は鉄損、励磁容量とも温度に対する変化は小さいが、コート有材は変化が大きい。この理由は、素材(金属)とコート剤(絶縁物)の熱膨張係数の差による応力発生のためと考えられる。

しかし、図には表していないが、磁束密度が高くなるとコート無材も高温時には特性(特に励磁容量)が急に悪くなる。

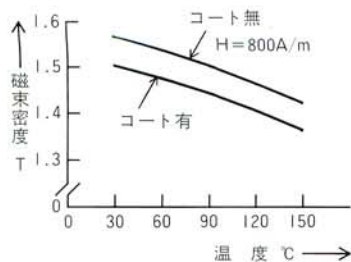


図6(a)/ 温度と磁束密度  
Fig. 6(a)/ Relation between temperature and induction

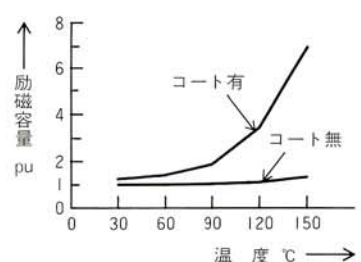
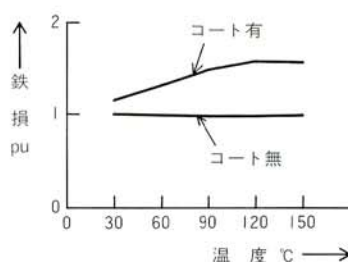


図6(b)/ 温度と鉄損、励磁容量  
Fig. 6(b)/ Relation between temperature and core loss, exciting power

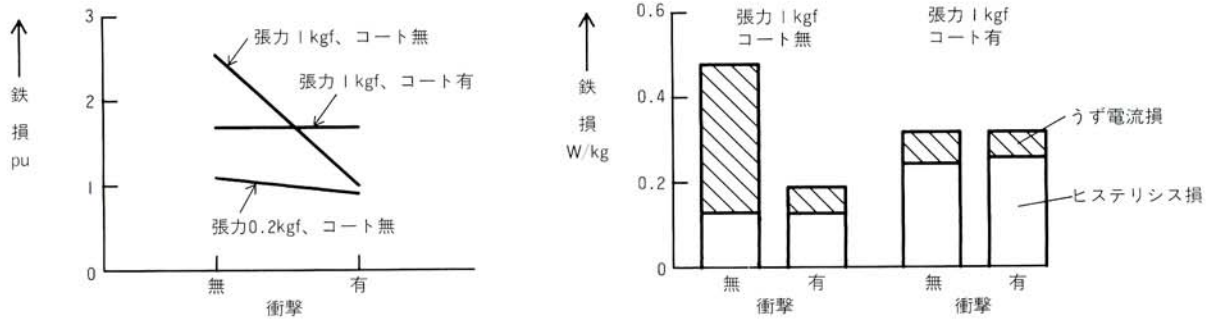


図7/融着の影響  
Fig. 7/Influence of layer sticking

### 4.3 素材の寸法及び加工条件の検討

#### (1) 融着の影響

鉄心を焼鈍した後に、融着の現象が認められた。この融着によってうず電流が流れ、鉄損が増加する可能性がある。しかし、この現象は、焼鈍後軽い衝撃を与えることによって回避できるものと考えられるので、その検証のため次の条件にて試験を行った。

試料寸法 内径 $\phi 55 \times$ 巾 $50 \times$ 厚 $3$  mm

軽い衝撃 無、有

張力  $0.2, 1.0$  kgf

絶縁コート 無、有

試験結果を図7に示す。

この結果、衝撃による効果が著しいのは、巻板張力が大きく、絶縁コートのない試料であり、うず電流損の極端な減少がみられる。一方、巻板張力が小さい、または、絶縁コートが有る試料は融着の度合いが少ない。

#### (2) 巾及び巻厚の影響

リボンの巾及び巻厚が特性に及ぼす影響について、調査した。

試料寸法 内径  $\phi 55$  mm

巾  $25, 50$  mm

巻厚  $3, 9, 18, 36$  mm

試験結果を図8に示す。

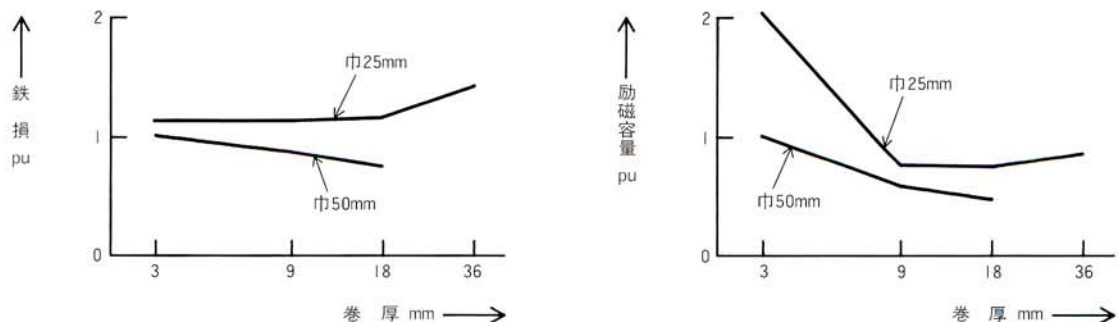


図8/巾及び巻厚の影響  
Fig. 8/Influence of ribbon width and core thickness

この試験結果から、巻厚の小さい場合は特性が良くない。これは、素材が巾方向に偏肉しているため鉄心断面内に粗の部分と密の部分が生じ、磁束密度の分布が一樣でなくなり特性が悪くなるためと考えられる。巻厚が厚くなるにしたがって巻縮りの現象によって、占積率が上がり磁束密度分布も改善され特性が良くなるが、巻厚が過度に大きくなると巻縮り現象が逆に不要なストレスを鉄心に与えるため、特性を悪くする。

#### (3) 並列数の影響

現在、市販されているアモルファス磁性材料の巾寸法は、実変圧器にとっては十分でない。このため、当面実器を製作する時は、リボンを横に並べて広巾品と同等にする必要がある。この横並べ巻きについて次の組み合わせにて試験を行った。

試料寸法 内径 $\phi 55$  mm  $\times$ 厚 $6$  mm

並列数と巾  $1: 25$  mm,  $50$  mm,  $100$  mm

$2: 25$  mm  $\times 2$ ,  $50$  mm  $\times 2$

$3: 25$  mm  $\times 2 + 50$  mm  $\times 1$

$4: 25$  mm  $\times 4$

試験結果を図9に示す。

この結果から、同一巾の材料を横並べ巻きしても、特性には変化を与えていないことが分る。

#### (4) 巻板張力の影響

巻板時の張力が特性に及ぼす影響を調べるため次の条

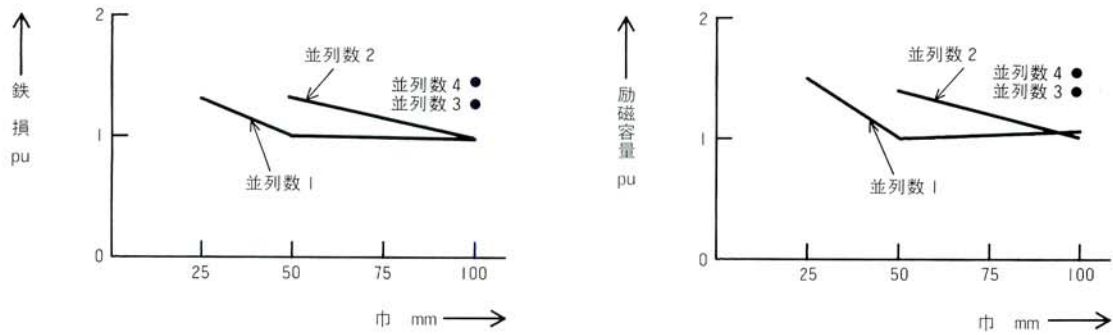


図9/並列数の影響  
Fig. 9/Influence of paralleled winding

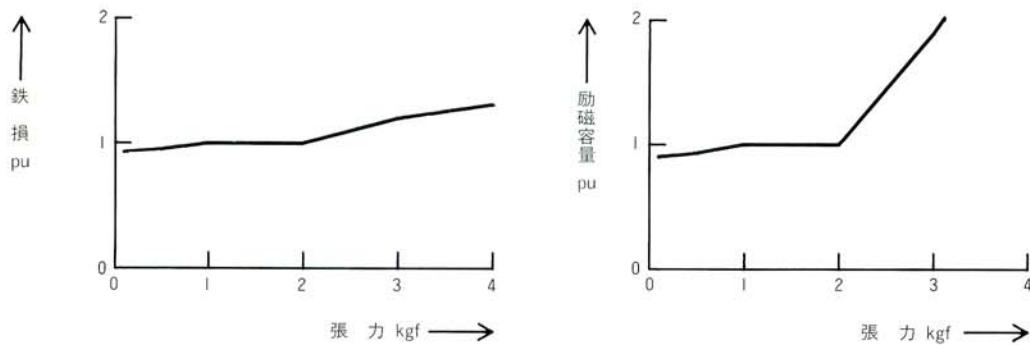


図10/巻板張力の影響  
Fig. 10/Influence of winding tension

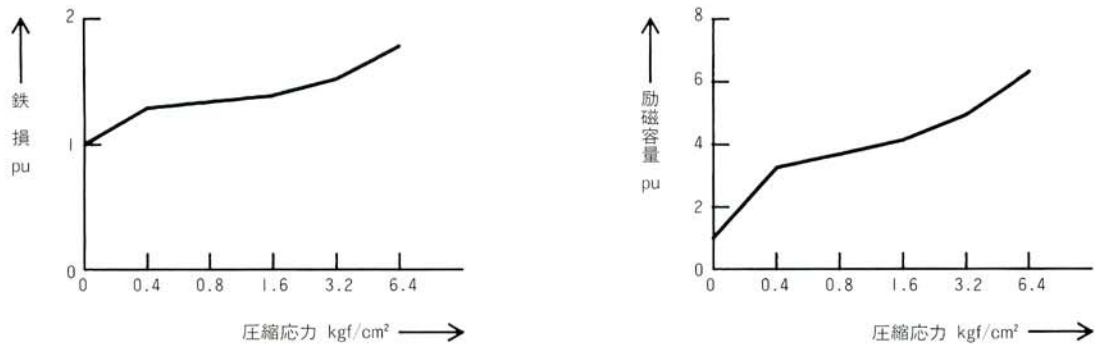


図11/圧縮応力の影響  
Fig. 11/Influence of compression to core lamination

件にて試験を行った。

試料寸法 内径 $\phi 55$ ×巾50×厚6 mm

張力 0.1、0.5、1、2、3、4 kgf

絶縁コート 有

なお(1)項の試験から絶縁コート無の場合は融着現象を起こしやすく、かつ張力が大きくなるとそれが一層助長されるおそれがあるため、絶縁コート有のみにて試験した。試験結果を図10に示す。

この結果から、張力が2 kgf以下では鉄損、励磁容量ともに大差ないことが分る。

#### (5) 圧縮応力の影響

変圧器を製作する工程において、鉄心には各種のスト

レスが加わる。ここでは、そのストレスの一つである巻層方向に加えられた圧縮応力の影響を試験した。

試料寸法 矩形内辺 100×50mm R 5 mm

巾 50mm

巻厚 10mm

試験結果を図11に示す。

この結果から、焼鈍後のアモルファス磁性材料は、外力を加えると非常に大きな反応を示し、特性が悪くなることが分る。特に、励磁容量は小さな外力に対しても敏感である。しかし、外力を除去すると特性はほぼ元にもどるといふ弾性を持っている。

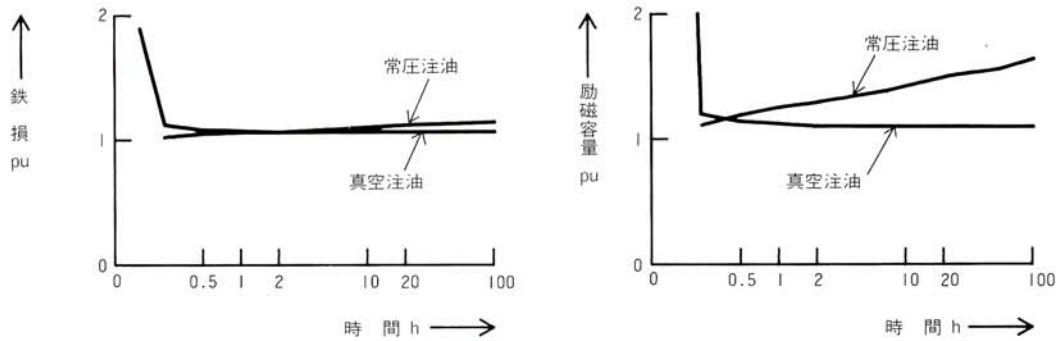


図12/注油方法の影響

Fig. 12/Influence of oil-filling process

### (6) 注油方法の影響

通常、柱上変圧器は真空注油が行われているが、点検や修理等の際には常圧での注油も考えられるため、両者の比較試験を行った。試験結果を図12に示す。

この結果から次のことが分る。すなわち真空注油を行った場合は、注油後10分ほどで鉄損、励磁容量とも最大値に達するが、その後ほとんど初期状態に戻り安定する。しかし、常圧注油の場合は100時間経過後でもなお漸増傾向にある。これは、鉄心の巻層間に残存する空気によるストレスが原因と考えられる。

## 5 20kVA変圧器の試作

基礎試験の結果、アモルファス磁性材料の基本特性及び加工方法などについて把握することができたので、その結果に基づき20kVA変圧器の試作を行った。

### 5.1 仕様

試作変圧器の仕様を表3に示す。

設計特性値を決めるにあたっては、アモルファス材料の単価を方向性けい素鋼帯の2倍に想定し、損失評価を加味した変圧器価格が最も経済的となる無負荷損及び負荷損を選定した。

### 5.2 鉄心

鉄心形状は、アモルファス磁性材料の厚さが薄いこと、硬度の大きいこと、焼鈍後の脆性が悪いこと等の特性を勘案して、ノーカット巻鉄心を採用した。

この方式では巻線を鉄心上に直巻するため、鉄心断面形状を円形状にする必要がある。そこで、巾25、50及び100mmの2605S-2リボンを組合わせ、片側4段の段付鉄心とした。窓形状は矩形にする必要があるが、鉄心を最初から矩形に巻くと部分的に張力の不平衡が生じて好ましくないため、最初は円筒状に巻き、これを特殊なジグを用いて矩形に整形する方法を開発した。(特開昭60-208816)巻回後、窒素ガス雰囲気中において800A/mの

表3/20kVA変圧器の仕様

Tab. 3/Specification of 20kVA transformer

項目	仕様
形式	屋外油入自冷式
相数	単相
周波数	60Hz
容量	20kVA
一次電圧	6600V
二次電圧	210/105V
無負荷損	24W
負荷損	260W
インピーダンス電圧	156V
騒音	40ホン

磁界を印加しながら、400°C・均熱2時間の焼鈍を行った。

### 5.3 巻線

巻線方法は従来のノーカット鉄心柱上変圧器と全く同一である。ただし、中身組立中に外部応力が鉄心に加わると特性が低下するため、巻線重量が直接鉄心に加わることのないよう、考慮を払った。(実開昭60-169821)

### 5.4 その他

ケース・カバーは中身形状に合わせて小判形とした。ブッシングなどの付属品は、すべて標準品を使用した。

試作変圧器の寸法・総質量及び油量を表4に示す。

表4/寸法、総質量及び油量

Tab. 4/Dimensions and weights

項目	アモルファス ノーカット鉄心 変圧器	方向性けい素 鋼帯カット 鉄心変圧器	方向性けい素 鋼帯ノーカット 鉄心変圧器
巾 mm	625	575	590
奥行 mm	450	510	430
高さ mm	920	770	850
総質量 kg	200	142	150
油量 ℓ	50	36	40

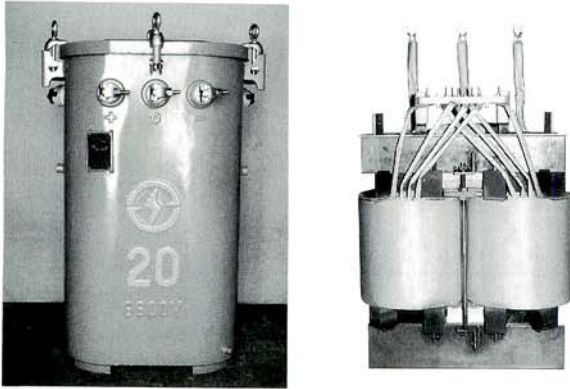


図13/20kVAアモルファス変圧器  
Fig. 13/20kVA Amorphous transformer

なお、現行標準のカット鉄心変圧器(G6H使用)及び従来のノーカット鉄心変圧器(G8H使用)の諸元も表中に併記した。完成品を図13に示す。

## 5.5 試験

### (1) 一般特性試験

一般特性試験の結果を表5に示す。なお、現行標準のカット鉄心変圧器及び従来のノーカット鉄心変圧器の特性も表中に併記した。試験の結果、特性値はほぼ所期の目標値を達成していることが確認された。

表5/特性試験結果

Tab. 5/Comparison of test results

項目	アモルファス ノーカット鉄心 変圧器	方向性けい素 鋼帯カット 鉄心変圧器	方向性けい素 鋼帯ノーカット 鉄心変圧器
無負荷電流 %	0.36	0.40	0.36
無負荷損 W	25.8	58	65
負荷損 W	263	281	300
インピーダンス 電圧 V	153	148	152
温度上昇 油 °C	33.3	43.5	46.4
一次巻線 °C	38.4	50.3	50.2
二次巻線 °C	41.0	50.8	50.7
騒音 ホン	40.3	40	34
励磁突入電流 倍	21.2	25	28

一般特性試験のほか主な製造工程ごとに無負荷損の測定を行った。その結果を図14に示す。

この結果から、完成品の無負荷損は焼鈍直後に比べて約13%増加していることが分る。これは作業中に鉄心に種々の外部応力が加わった結果と考えられるので、今後の製品については適当なジグの使用などによって特性劣化を最小限に抑えるようにしたい。

### (2) 短絡試験

下記の短絡試験に合格した。

短絡電流 定格電流の25倍

短絡時間 2秒間

### (3) 耐圧試験

次の耐圧試験に合格した。

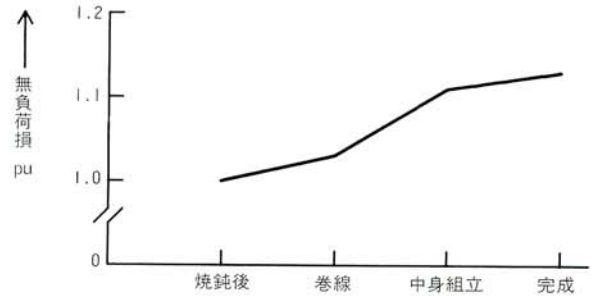


図14/製造中に於ける無負荷損変化割合  
Fig. 14/Variation rate of core loss in manufacturing

加圧試験 1次 22kV 1分間

2次 2kV 1分間

誘導試験 常規誘起電圧の2倍、240Hz、30秒間

雷インパルス試験 1次 60kV

### (4) 振動試験

変圧器が振動を受けた場合の特性変化を調べるため、共振試験及び定振動試験を実施した。

共振試験は変圧器を加振台上に設置し、X方向(巾方向)及びY方向(奥行方向)に水平直線振動を加えて共振周波数を測定した。

共振試験の結果を表6に示す。

表6/共振試験結果

Tab. 6/Test results of resonance test

加振方向	共振周波数 Hz	加速度応答倍率 倍
X方向	35	6.12
Y方向	25	8.82

次に定振動試験として、20Hz、0.5Gにて1時間及び30Hz、1.0Gにて1時間の加振を行い、ケース側面に於ける加速度及び振幅を測定した。

定振動試験の結果を表7に示す。

表7/定振動試験結果

Tab. 7/Test results of constant vibration test

加振条件		20Hz、0.5G	30Hz、1.0G
X	加速度 G	1.28	2.35
	振幅 mm	0.38	0.39
Y	加速度 G	1.40	6.30
	振幅 mm	0.80	1.56

振動試験時に於ける無負荷特性の変化を図15に示す。

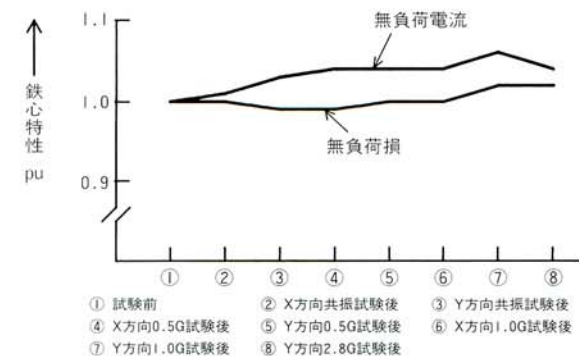


図15/振動試験時に於ける無負荷特性変化割合

Fig. 15/Variation rate of no-load characteristics subjected to vibration test

振動試験により無負荷電流は5%程増加するが、無負荷損はほとんど変化しない。また試験終了後、内部の目視点検を行った結果、特に異常は認められなかった。

(5) 落下試験

変圧器が衝撃を受けた場合の特性変化を調べるため、落下衝撃試験を実施した。

試験は垂直落下10cm、30cm、50cm、100cm、及び傾斜落下50cmとした。

落下試験時に於ける無負荷特性の変化を図16に示す。

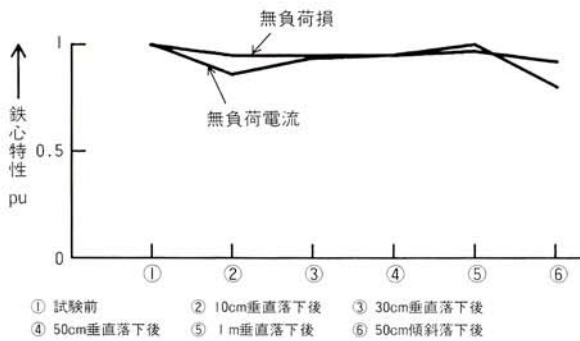


図16/落下試験時に於ける無負荷特性変化割合  
Fig. 16/Variation rate of no-load characteristics subjected to drop test

落下試験による特性の悪化はなく、むしろ向上する傾向が認められた。また試験終了後、内部の目視点検を行った結果、特に異常は認められなかった。

6あとがき

アモルファス磁性材料の優れた特性を変圧器に応用するため、昭和56年より基礎研究を開始し、続いて20kVAの変圧器を試作した。この試作によって、アモルファス磁性材料を変圧器に適用する場合の諸問題を把握することができた。

次報では、ステップラップジョイント鉄心変圧器、積鉄心変圧器の試作結果の紹介、アモルファス磁性材料の課題である熱安定性の検証試験結果、及びアモルファス変圧器の経済性と今後の見通しなどについての報告を予定している。

昭和60年度に公開された愛知出願(I)

特許

公開番号	名称	発明者	共同出願人
60-2077	インバータの制御装置	太田 久義 岡本 隆夫	アイチーエマソン電機(株)
60-3920	プレス成形金型装置	奥村 顕治	(株)橋本製作所
60-10033	局部洗浄装置	横山 武弘	東陶機器(株)
60-10034	局部洗浄装置	横山 武弘	東陶機器(株)
60-18123	電気湯沸装置	立松 聡	東陶機器(株)
60-51490	ブラシレスモータの駆動制御装置	佐藤 徹	
60-54419	変圧器鉄心の製造方法	矢後 克二	中部電力(株)
60-62818	直流高電圧負荷保護装置	佐藤 徹	
60-74996	インバータの制御装置	太田 久義 藤井 庄吉	アイチーエマソン電機(株)
60-83313	静止誘導電器用鉄心の製造方法及び製造装置	氏家 憲一	
60-84914	配電線の過電流表示装置	永瀬 公平 沢田 明男	
60-89909	樹脂モールドコイルの製造方法	飯田 淳 磯部 治男	
60-98601	中性点接地抵抗装置	神谷 俊郎 内田 哲雄	
60-100921	暖房便座における便座用ヒーターの取付方法	横山 武弘	東陶機器(株) 高木工業(株)
60-113690	3相ブラシレスモータの回転子位置検出装置	太田 久義 高嶋 修	アイチーエマソン電機(株)
60-115735	局部洗浄装置	横山 武弘 永田 和重 立松 聡	東陶機器(株)

公開番号	名称	発明者	共同出願人
60-125192	ブラシレスモータ	佐藤 徹	
60-125276	電気機器外箱の表面処理方法	森村英太郎	
60-127701	封入形抵抗器	神谷 俊郎 遠山 鎮雄 内田 哲雄	中部電力(株)
60-140805	変圧器鉄心の積層方法及び積層装置	磯部 治男	
60-180619	巻鉄心の成形装置	磯部 治男	
60-208815	巻鉄心の製造方法	廣江 成致	
60-208816	巻鉄心の製造方法及び製造装置	廻間 正樹 磯部 治男	
60-219701	封入形抵抗装置	神谷 俊郎 矢野 純一	中部電力(株)
60-223104	変圧器の鉄心構造	矢後 克二	中部電力(株)
60-235780	廃魚の処理方法及び処理装置	吉田 広人	
60-238533	局部洗浄装置付便器の制御装置	太田 久義 川村 孝 立松 聡	東陶機器(株)
60-240693	電気缶切機	稲垣 邦利	
60-241791	インバータのパルス幅変調制御方法及びその装置	太田 久義 土本 僚一	アイチーエマソン電機(株)