

材 料

- 金属材料
- 電線材料
- 無機・セラミックス材料
- 有機材料・その他

'80年代は材料が技術革新の先頭に立つ時代と言われ、技術の進歩に対して材料の果たす役割は極めて大きい。日立グループの材料部門では、この期待にこたえるため各種材料のより高度の品質、特性を追求するとともに、新しい機能をもつ材料を求めて活発な研究開発を推進している。

まず、金属材料については、エレクトロニクス関連分野の新機能材料の開発を強化するため関連研究部門を拡充した。ここでは、各種磁性材料、精密加工、薄膜プロセスなどの技術のシステム化を図り、薄膜磁気ヘッドやセンサなどの開発を推進している。また構造材料についても、従来からの高級特殊鋼、鋳鉄ロール、自動車用MN鋳鉄部材などの各分野で、これら部材の高品質化を推進するとともに、省資源、省エネルギー、低コストを目指した新材料、部材の研究開発を行っており、その成果の一端を本章で紹介する。

電線部門では、配電線ケーブルの耐熱性、難燃性を求める声が強くなっており、その開発に大きい努力が払われている。「ノンハロゲン難燃電線ケーブル」はこの方向に沿ったもので、今後の使用拡大が期待されている。超電導材料では、我が国では最初のトカマク型核融合実験装置用の超電導導体を開発した。これは「強磁場下で高電流密度を」という厳しい要求にこたえたもので、高い技術と評価されている。情報通信分野では、光ファイバが実用期に入り、従来の通信ケーブルの代替だけでなく、LANシステムや計測、制御など多方面で利用されている。本章で紹介したシングルモード光ファイバ

は、広帯域・低損失の長距離伝送用として世界トップレベルの特性をもつものである。

無機・セラミックス関係では、引き続き各種の材料の研究開発が精力的に進められている。そのひとつであるSiCは、高熱伝導電気絶縁性セラミックとして多方面で応用が進展する一方、耐熱・高強度材としても用途の開発が進んでいる。ガスタービンへの適用はもちろん、本章で紹介したようなMHD装置、更には核融合装置への利用なども考えられている。化合物半導体は、シリコンでは実現できない超高速素子あるいは発光素子の材料として重要視されている。日立グループでは、従来に引き続いてGaAs単結晶の高品質化、大口径化を進める一方、今回InPを製品系列に加え、応用範囲の拡大に対処した。

有機材料分野でも、エレクトロニクス用材料を中心として機器の軽小短薄化、高機能化、高信頼化をサポートする新材料の開発や既存品の改良が進められている。最近の成果の一端は本章で取り上げたが、ほかにも耐熱性、スルーホール接続信頼性、打抜き加工性を向上させた「紙コンポジットMCL」や新たに開発した無電解めっき技術による「高密度アディティブ配線板」などがあり、広い応用が期待される。

最後に、やや異色のものであるが地味な研究が結実した例として、冷間加工用潤滑油を本章で紹介している。複雑な形状の部品を煩雑な前処理なしで加工できるようにするもので、大きな成果といってよいであろう。

金属材料

鋳鉄鋳物用銅合金金型の開発

日立製作所は新東工業株式会社と共同で、鋳鉄金型鋳造用の新しい銅合金金型材料(図1)と、これを利用した金型鋳造システムを開発した。

従来の鉄系材料を使用した金型に比べ数倍の寿命が達成できるうえ、高熱伝導性を生かした冷却システムの採用で、鋳造タクトを約30%短縮できる。

また、鋳造品も中心部まで緻密な共晶状黒鉛組織をもった良質のものになる。

今後、家庭用電気品・自動車などの鋳鉄鋳物部品への適用が期待される。

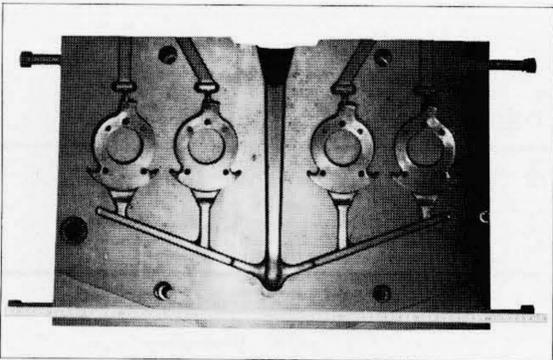


図1 銅合金金型

MS6001ガスタービンケーシングの製造

新形のMS6001ガスタービン用鋳鉄鋳物製ケーシングなどが2ユニット工場完成し、自社工場に納入した。

MS6001ガスタービンは従来のMS5001に比較し、重量の増加を抑えて高出力を得る目的で開発されたものである。これらの鋳物は、MS5001の製造実績を踏まえ、要求されたよりも厳しい品質仕様を完全に満足して製作された(図2、表1)。

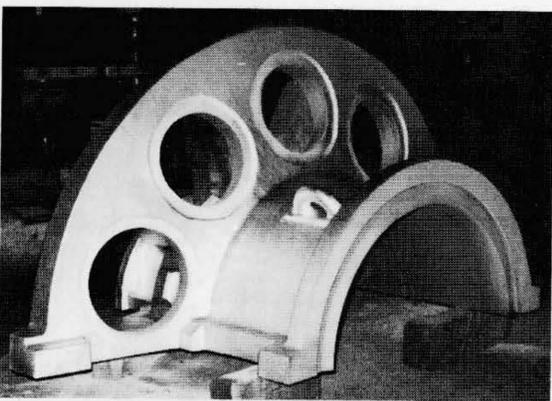


図2 MS6001ガスタービン部品

注：
材質 フェライト形ダクタイル鋳鉄
素材重量 3,370kg

表1 MS6001の特徴(MS5001との比較)

項目	形式	MS5001	MS6001
出力		25,280kW	37,400kW
鋳鉄鋳物	鋳物件数	13	14
	素材重量	24,255kg	25,946kg

表2 Hi・coroy 11と17-4pHの各種環境下における腐食減量(g/m²・h)

合金	JIS G0578 孔食減量	10% <chem>H2SO4</chem> 沸騰, 24h	5% <chem>HCl</chem> 沸騰, 24h	25% <chem>HF</chem> 室温, 120h
Hi・coroy 11	0	3	48	0.4
17-4pH	22	512	275	40.5

高強度・高耐食合金 “Hi・coroy 11”の開発

相合成法と呼ばれる独特の合金設計法により、析出硬化形ステンレス鋼並みの高強度と、インコネル合金やハステロイ合金並みの高耐食性を兼備した耐食用析出硬化形ニッケル基合金を世界で初めて開発した。この合金Hi・coroy 11(トピックス7ページ参照)は、固溶化処理後時効処理した状態で耐力80~110kgf/mm²、引張強さ110~140kgf/mm²、伸び20%以上のバランスのとれた機械的性質をもっている。また本合金は、あらゆる環境に対して優れた耐食性をもつが、特に耐孔食性や硫酸、塩酸、フッ酸などの非酸化性の強酸に対する耐食性は析出硬化形ステンレス鋼17-4pHなどに比べて格段に優れている(表2)。また高温水中での耐食性が従来合金よりもはるかに高い。本合金は製造性も良好であり、高強度と高耐食性が同時に要求される各種用途に最適である。

省資源鉄基超耐熱合金の開発

析出強化形超耐熱合金は、他の形の耐熱材料に比べて高温強度が優れているために、近年ますます広く使われるようになったが、それに伴い更に安価な合金に対するニーズが高まっている。そこで日立金属株式会社は独特の合金設計法を駆使して、理論的極限まで高価な合金元素を節約した省資源鉄基超耐熱合金ASL116を開発した。本合金は析出強化形超耐熱合金のうち、これまで最も安価な合金として広く知られているA286に比べてNi量が約 $\frac{3}{4}$ で、更にMoやVを省略しているにもかかわらず、高温特性はA286と同等である(図3)。本合金は高温ボルト材料として既に実用化されており、700℃程度までの耐熱材料として広く応用できる。また、低温の靱性も優れているので、高強度低温材料にも向いている。

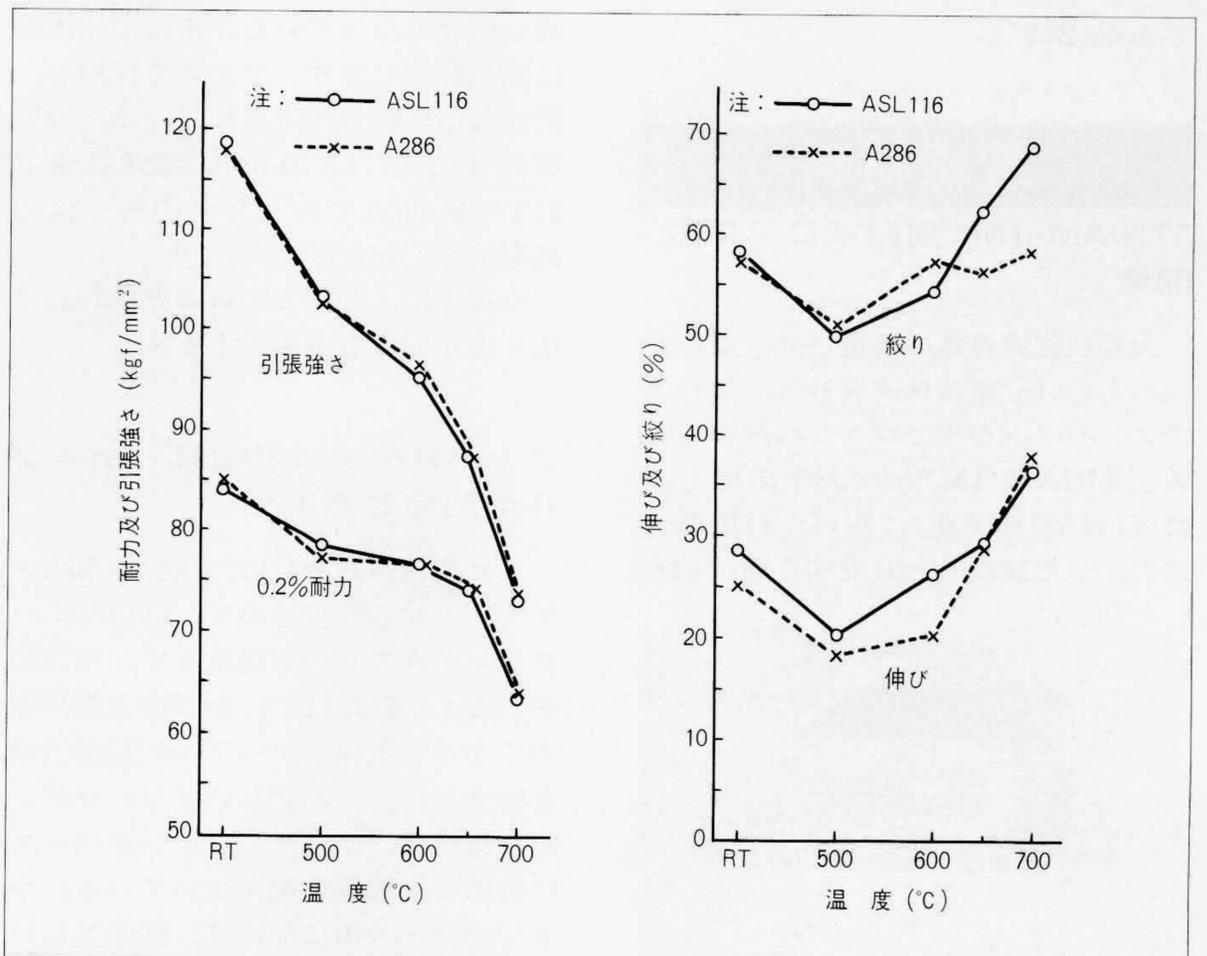


図3 ASL116とA286の高温引張特性

2 方向性形状記憶合金の開発

Ti-Ni合金は、顕著な形状記憶効果を示すこと及び優れた機械的性質をもっていることから、広範囲な実用化の検討がなされている。Ti-Ni合金に加熱時の形状と冷却時の形状を記憶し、加熱、冷却に伴って高温形状と低温形状とを繰り返す2方向性を付与する方法については、これまで種々の検討がなされてきたが、実用可能なものとしては板状試料での全方位性記憶効果だけである。日立金属株式会社では、こうしたTi-Ni合金に最も一般的であるコイルばね形状で2方向性を付与する検討を行ない、Ni過剰組成の合金に低温形状で拘束した状態と高温形状で拘束した状態の2段階熱処理を施すことにより、加熱、冷却に伴って自発的に伸縮する優れた2方向性コイルばねを開発した(図4)。

低損失、高信頼性アモルファス可飽和リアクトルの開発

スイッチング電源の小形化のために、スイッチング周波数は20~50kHzから100kHz以上へと高くなる傾向にあり、高周波域でコア損失の小さな可飽和リアクトルが要求されている。日立金属株式会社では、アモルファス材料の改良を重ね、従来の50%Niパーマロイの約 $\frac{1}{4}$ のコア損失で、しかも経時安定性の優れたアモルファスACO-3SHを開発した。ACO-3SHを用いた可飽和リアクトルは、100kHzで駆動する磁気制御方式スイッチング電源に最適である(表3)。

電線材料

“TRIAM-1M”用超電導導体の開発

大形超電導導体の製造に由来から実績のある日立電線株式会社は、強磁場でコンパクトなトカマク型核融合実験装置TRIAM-1M(九州大学応用力学研究所に建設予定)に用いる超電導導体の開発に成功し、日立製作所に納入した(図5)。

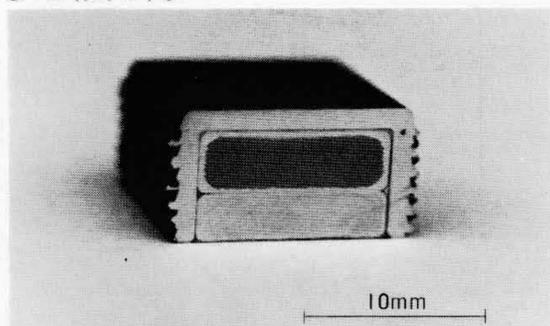


図5 TRIAM-1M用超電導導体

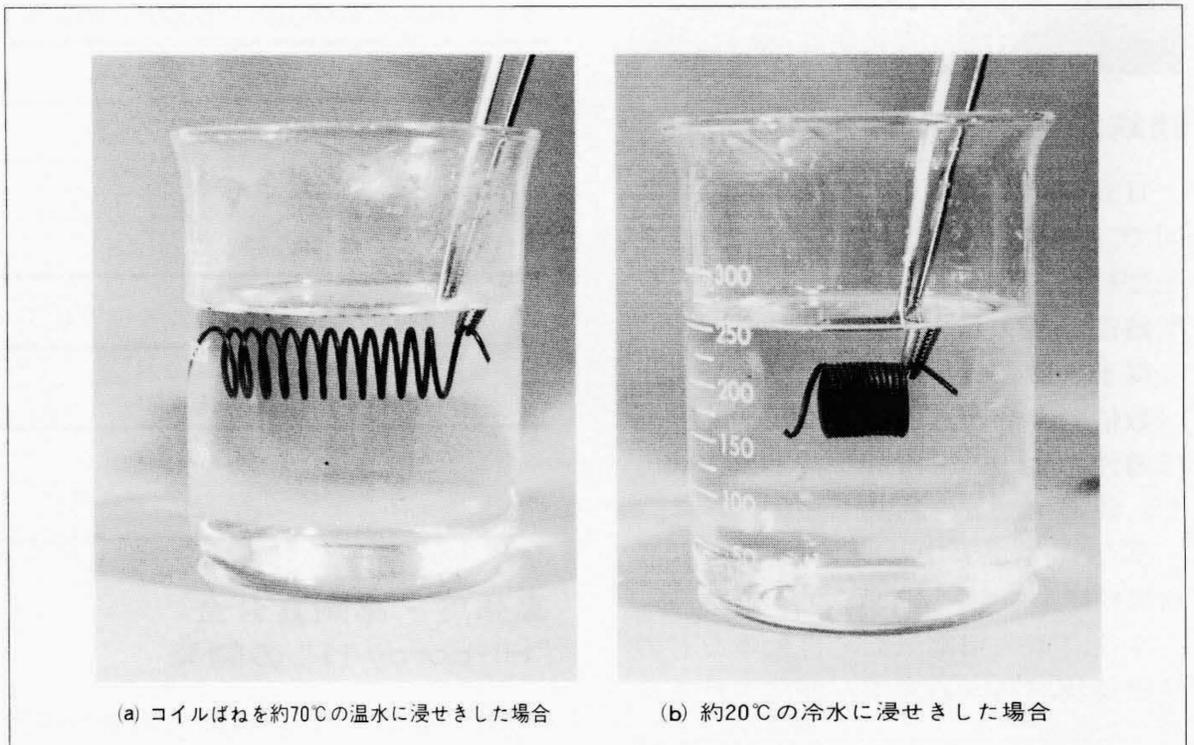


図4 2方向性Ti-Ni合金の形状記憶効果

表3 100kHz及び20kHz駆動スイッチング電源の主要部品体積比較の一例

項目	体積 (cm ³)		体積低減率 (%)
	20kHz	100kHz	
可飽和リアクトル	0.80*	0.40**	50
主変圧器	21.6	6.44	70
チョークコイル	5V用	21.6	70
	12V用	6.44	70
平滑コンデンサ	5V用	31.7	60
	12V用	25.1	60

注：可飽和リアクトル * 50%Niパーマロイ、** アモルファス ACO-3SH

本導体は安定化材の一部に高純度アルミニウムを用い、全長にわたりNb₃Sn超電導線を使用するなど新規性の高い構成となっている。また導体表面に高性能のラフサーフェスを採用し、優れた冷却特性が得られている。導体断面寸法は7.1×14mm²、電流容量は11Tで9,000Aであり従来の約2倍の高電流密度化が図れた。

本技術は、今後の超電導導体製造に広く応用できるものである。

ノンハロゲン難燃電線・ケーブルの開発と実用化

日立電線株式会社は、難燃性電線・ケーブルから一歩進めて、燃焼時にハロゲン系ガスを一切発生せず、発煙量が少なく、低毒性で、かつ腐食性の極めて小さい電線・ケーブルの量産技術を確立した。この新しいノンハロゲン難燃材料は、ポリオレフィンをベースに特殊な無機難燃剤を用いている。今までのシース用に加えて、従来難しいとされていた絶縁体用も実現した。昭和

59年、国内の車両・造船メーカーほか、海外のガス採掘用プラットフォーム・ビル内非常放送用に、このノンハロゲン難燃ケーブル(図6)を納入した。今後、安全性や信頼性がよりいっそう要求される発電所・地下鉄設備配線などの広範囲分野での需要が高まると予想される。



図6 各種ノンハロゲン難燃ケーブル

シングルモード光ファイバケーブルの開発

現在光ファイバ通信の分野では、通信容量の増加に伴い、従来のマルチモード光ファイバに代わって、低損失で広帯域なシングルモード光ファイバが、基幹伝送路として適用されるケースが増大している。

日立電線株式会社では、このような状況に対応してシングルモード光ファイバケーブルを開発し(トピックス7ページ参照)、東京電力株式会社へ全長20kmを納入した。この中には1条長2kmを超えるケーブルが含まれていたが、布設及び接続後もケーブルの特性は良好であった。このケーブルはFRP(ガラス繊維強化プラスチック)を被覆

した光ファイバ心線が使用されており、高強度をもつとともに、電力線からの誘導を避けるため非金属形となっている。光伝送路は長波長帯を使用し100Mビット/秒で30km無中継を可能としている。今後このような長距離無中継の広帯域光伝送路として、ますますシングルモード光ファイバケーブルの適用が増大していくものと期待される。

無機・セラミックス材料

液体封止形合成法によるInP単結晶の開発

GaAsなどの化合物半導体単結晶の開発を積極的に進めている日立電線株式会社では、長波長帯光通信用受光・発光素子やOEIC(Opto-Electronic IC, 光・電子集積回路)への応用が期待されるInPの液体封止形合成法による単結晶育成技術を開発した(図7)。従来は、高圧HB(Horizontal Bridgeman)法で合成したInP多結晶を、LEC(Liquid Encapsulated Czochralski)法で単結晶化していたが、今回開発したP蒸気圧制御源付き液体封止形合成法は、LEC炉内で液体封止剤中のIn融液と恒温蒸発源からのP蒸気とを反応させて、るつぼ内にInP融液を作り、InP単結晶を引き上げる方法である。従来方法に比べ、工程数が少ないため不純物汚染を低減することができ、高純度単結晶が得られる方法である。

日立メタル アディティブセラミック配線板“HMAC[®]”

日立メタルアディティブセラミック配線板は、セラミック基板上に無電解銅めっき法とフォトプロセスにより、回路を形成した新しい配線板である。この配線板は、従来にない次のように優れた特長をもっている。

(1) 導体密着力が高く、高温劣下が少ない、(2) スルーホール信頼性が高い、(3) 細線化に対応できるなど(表4)である。この配線板はリードレスチップキャリアや自動車電話など高周波用配線板としての用途が期待できる。

超高温雰囲気用「SiCタイル」の開発

ヒタセラムSC101(SiCセラミックス)は、高熱伝導性と高電気絶縁性を併せもつ材料として、発熱密度の高いIC

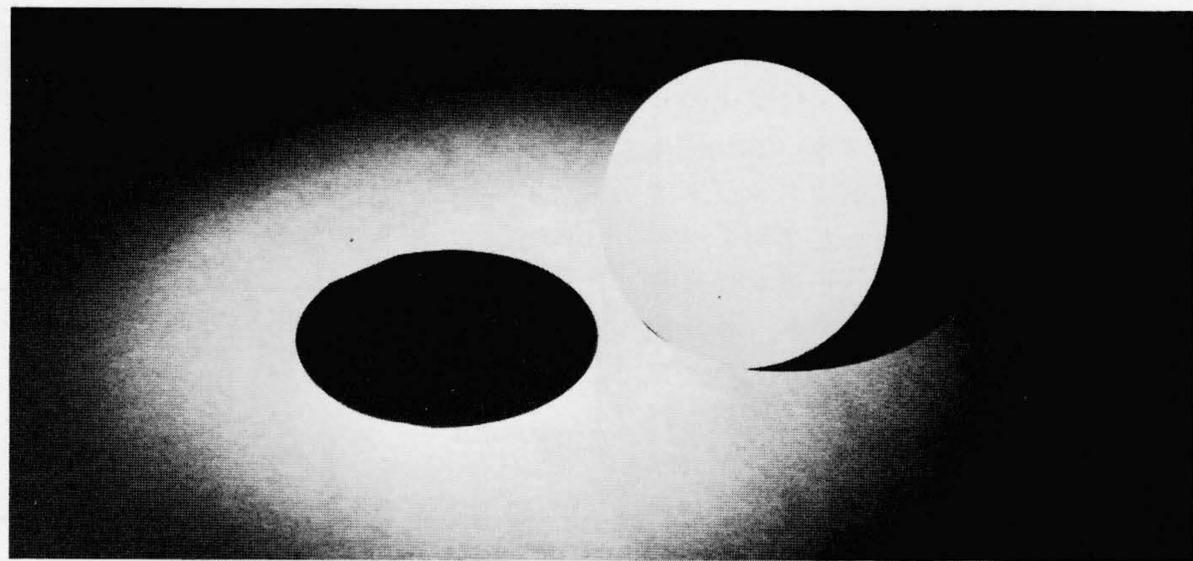


図7 InP単結晶2inウェーハ

表4 日立メタルアディティブセラミック配線板の特性

項目	単位	条件	特性	備考
接着強度	kg/mm ²	プル強度	2.5	AgPd: 1.5
高温劣下	kg/mm ²	プル強度, 150℃ 1,000時間	2.3	AgPd: <0.7
最小線幅	μm	—	50	—
最小線間	μm	—	50	—
導体抵抗	μΩ・cm	—	1.79	—
誘電率 (96%アルミナ)	ε	1 MHz	9.3	—
		1 GHz	9.3	—
		10GHz	9.0	—
誘電正接 (96%アルミナ)	tan δ	1 MHz	0.0003	—
		1 GHz	0.0003	—
		10GHz	0.0009	—
スルーホール接続信頼性	断線率 (%)	-55℃, 5分 ↔ 125℃, 5分 100サイクル	0	接続点数1,000 スルーホール径φ0.4
ワイヤボンディング性	%	0.1μm金めっき品	0	ミス率
	g	φ25μm金線	7	引張強度

パッケージ基板として使われつつある。このたび、別種の用途として題記タイルが開発された。このタイルは図8に示すように、SiCがCuC複合体を介してCu製冷却器に接合され、過酷な超高温雰囲気中にさらされるMHD発電用ダクト、核融合反応機ダイバータ壁などの内面保護タイルとして使用される。

電子技術総合研究所でのMHD発電用実験ダクトによる実験で各種材料の耐久性が比較され、本タイルだけが600W/cm²という高い熱負荷に耐える唯一のものと評価された。ヒタセラムSC101が今後の超高温技術発展に大きな役割を果たすものと期待される。

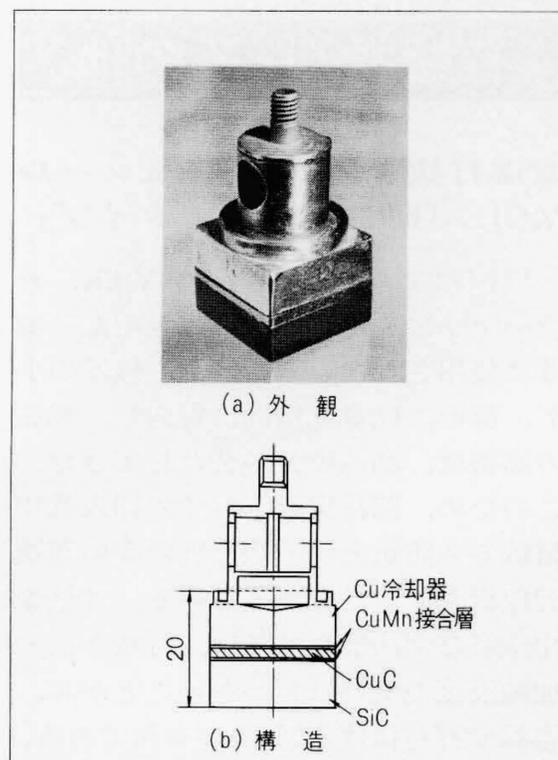


図8 電子技術総合研究所納め試験片の外観及び構造図

電子写真用プラスチックマグネットロールの開発

複写機、ファクシミリ、プリンタなど、OA分野で著しい技術革新を続けている電子写真技術で、現像システムを構成する磁気ブラシ用マグネットロールは主要な部材である。日立金属株式会社では、永久磁石の広範な研究とその応用技術に注力し、複写機普及初期から独自の技術によるマグネットロールを製造してきた。

近年これら事務機器のパーソナル化のため、構成部品の小形・軽量化のニーズが強い。従来のマグネットロールは、焼結形のフェライトマグネットであるが、このたび開発したプラスチックマグネットロールは、重量が従来製品に比較し約30%軽量化でき、また性能的にも独自の異方性配向技術により、従来製品に比べ同等以上が得られている。更に、小形で長尺の一体形状であり、信頼性、安定性に富み事務機器に応用拡大が期待される(図9)。

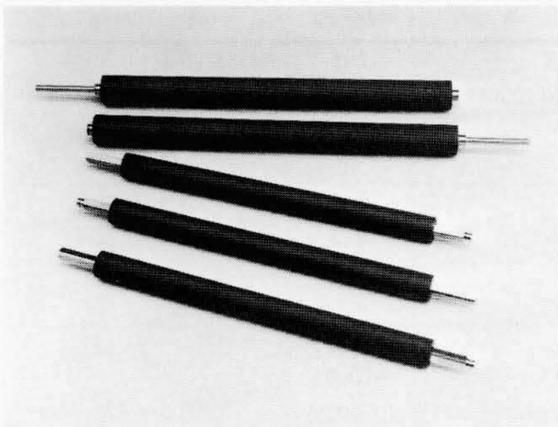


図9 信頼性、安定性を高めたプラスチックマグネットロール

有機材料・その他

室温打抜き加工用紙フェノール MCL®「MCL-437F, Eタイプ」

紙基材フェノールMCL®は、VTR、カラーテレビジョンなどの民生用電子機器に使用されている。最近、機器の小形、薄形、軽量化指向に対応し、部品の高密度、高速実装が普及してきた。このため、部品実装工程での挿入及び搭載ミス防止上、寸法精度の高い印刷配線板が要求されてきている。寸法変化量及び寸法ばらつきは、打抜き前の加熱温度が低いほど小さいことから、室温で打ち抜けるMCLが有利である。そこで室温打抜き用MCL-437F, Eタイプを開発した(表5)。

表5 MCL-437F(E)の特長

特長	従来品との比較	
	製品	基板表面温度 (°C)
1. 低温パンチング加工が可能 ⇨ 自動化, 省エネルギー対応	Eタイプ	20 30 40 50 60 70 80 90
	Vタイプ	
	従来品	
2. 高寸法精度配線板の生産が可能 ⇨ 自動部品実装対応	打抜き精度 (mm)	
3. 反り・ねじれが小さい。 ⇨ 自動化及び部品接続信頼性の向上	反り・ねじれ量 (mm)	

表6 「アニソルム」AC-1052の寿命試験結果

試験項目	試験条件 単位	初期	寿命試験後			
			高温放置 80°C 1,000h	低温放置 -20°C 1,000h	高温高湿 60°C, 90%RH 1,000h	ヒートサイクル -20°C ↔ 80°C 10サイクル
接続抵抗	Ω	0.5	5	5	5	5
絶縁抵抗	Ω	10 ¹⁰	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸
接着力	g/cm	500	450	450	450	450
備考	試料: FPC/FPC ポリエステルベース38μm, 銅はく35μm, ピッチ0.2mm, 回路幅0.1mm 接続条件: 150°C, 10kg/cm ² , 20s					

日立異方導電フィルム「アニソルム」

アニソルムは、絶縁材中に導電粒子を配向させた厚さ17μmの透明フィルムで、接続しようとする回路と回路の間に挟み込み、熱圧着するだけで回路の接続が可能であるため、はんだ接続などと比べ工程を大幅に合理化することができる。

主な特長を以下に述べる。

- (1) ライン密度5本/mmまでの高精細な回路を低温、低圧、短時間(130~170°C, 10~30kg/cm², 10~20s)で接続できる。
- (2) 数オーム以下の低い接続抵抗値が得られる。また、隣接回路とは、10⁹Ω以上の高い絶縁性が得られる。
- (3) 透明度が高く上下回路の位置合せが容易であり、またテープ状なので、自動化が可能である。

主な用途及び特性を以下に述べる。

- (1) OA機器などに用いられるFPCと液晶, PCBなどの接続
 - (2) サーマルプリンタヘッド, プラズマディスプレイ, LSIなどの接続
- 主な寿命試験結果を表6に示す。

冷間鍛造用高性能潤滑油の開発

煩雑な潤滑前処理(リン酸塩被膜処理)なしで、鋼材の冷間鍛造を可能とする画期的な潤滑油を開発した。金型を用いて複雑な形状の加工品を成形する冷間鍛造は同一寸法の部品を量産するのに好適であり、車両や電気機器での部品生産の主流となっている。従来、金型と素材の焼付き防止のため素材の潤滑前処理は不可欠であった。今回開発した潤滑油は摩擦熱あるいは変形熱を有効に利用し、加工の過程で加工面に焼付き防止効果の高い被膜を形成する性質をもっており、あらかじめ、潤滑膜を造る工程を全く不要にする。加工荷重が従来より低くなるという特長がある上、加工工程が大幅に簡略化できるので生産自動化システムに対する適合性も良く、多くの分野への応用が期待できる。加工品の一例を図10に示す。

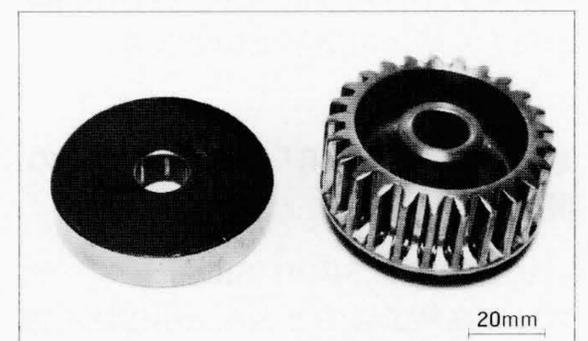


図10 ギヤの加工例(左側は素材)