

材 料

電線・ケーブル

金属材料

その他

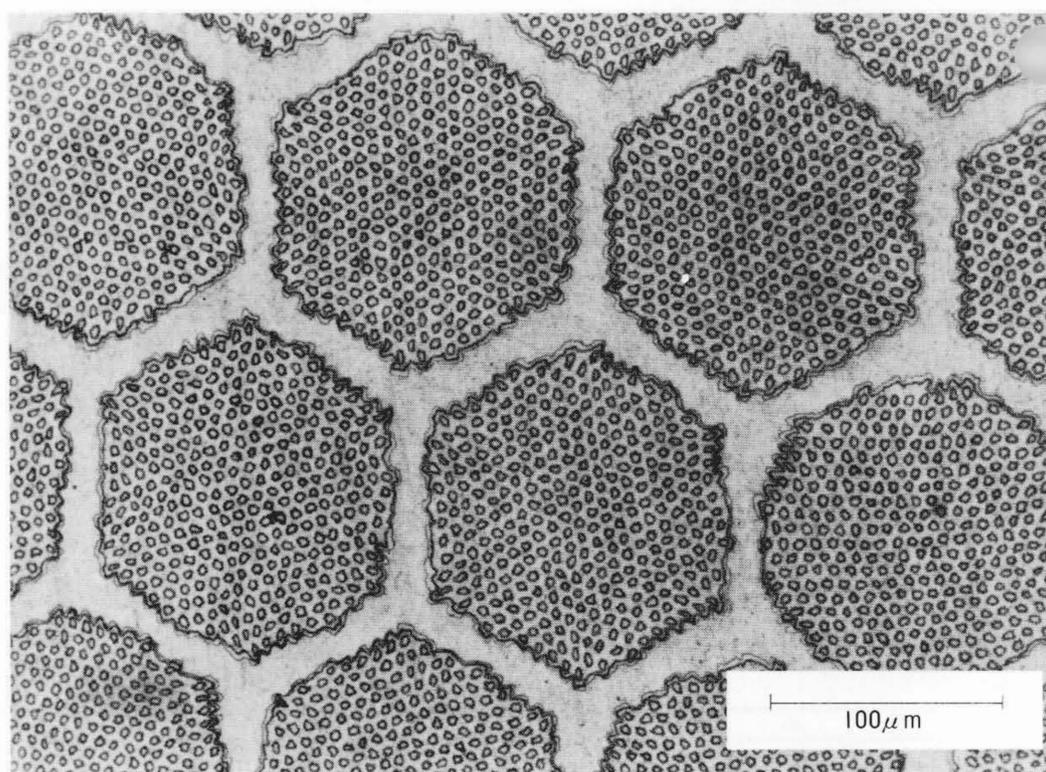


図1 静水圧押し出し法によるNb₃Sn極細多心線断面

1980年代に入ってから世界経済の動きはいよいよ目まぐるしく、技術開発の動向が日常業務にまで敏感に影響を及ぼしつつある。特に、エレクトロニクスを中心とする業界やそこから生み出される製品の動きには終始予断を許さぬものがある。

このような背景をもとに国も未踏技術を具体的な戦略対象として採用し、その開発を推進するとともに、どの分野を問わず新製品開発に対する意欲がますます盛んな展開を示そうとしている。

このような考えから顕在化してくる諸テーマが、R&D(研究と開発)あるいはR&E(研究とエンジニアリング)という形で具体化され始めると、そのほとんどが基本的にはなんらかの形で材料問題と大きな係りをもつことになり、したがって、この問題には極めて重大な関心が払われ始めているといっても過言ではない。

本章で採り上げる「材料」は、電線、金属、化成品という部門の、しかも限られた範囲の紹介にとどまるため、特に長期の開発を要する材料部門での大きな流れを読み取ることは難しいのではないかとと思われるので、以下に若干の補足を加える。

従来の高圧、高温の領域では、新エネルギー関連の開発とあいまって着実に材料の研究・開発が進められているが、特に、高温材料としてのセラミックの比重がいよいよ高まってゆくことに変わりはない。

一方、ここにきて半導体製造工業、超電導、核融合の分野での極低温、超真空への挑戦は $3.5\text{K}10^{-11}\sim 10^{-12}\text{t}$ と一段と高まり、しかも研究室から一躍工業化レベルにまで幅が拡大されたため、基礎的な材料の研究、高度の熱絶縁技術などの諸問題が精力的に検討されている。

また、本章で紹介する諸製品も大きく分類すれば、誘電体損失 $\frac{1}{2}$ という省エネルギー効果を追求し、あるいは既設送電設備を利用し送電容量の倍加を図った電線・ケーブル類の新製品、また磁歪ゼロの合金、半導体素子の熱応力緩和材、耐熱性成形材料、ボンディングペーストなどに始まりアモルファス感光性マスクを含むエレクトロニクス関係の注目すべき開発製品、更にまたメタルフローや低圧鋳造法によるアルミニウム部品など、新塑性加工・鋳造技術などを挙げることができる。

昭和56年度は光ファイバについての開発が数多く報じられたが、本57年は偏波面保存光ファイバという画期的新製品(p.49 記載)が開発され、実応用面への光ファイバの展開には注目すべきものがある。明58年はおそらくセラミックについて幾つかの報告が行なわれるものと思われる。

電線・ケーブル

各種高磁界用超電導線材の開発

日立電線株式会社では、10T以上の高磁界で使用されるNb₃Sn極細多心超電導線材の開発に静水圧押し出し法を適用し、高性能で均質度の優れた線材の量産技術を確立した(図1)。

この導体は核融合研究などに用いられる高磁界マグネット用として既に数十キロメートルの納入実績があり、日立製作所日立研究所の12T級超電導マグネットの完成などに貢献している。

一方、EFT法(前方張力付加押し出し法)を応用して、NbTi超電導線の周囲に、銅よりも残留抵抗が1桁小さい高純度アルミニウムを被覆する技術を開発した。超電導マグネットの大形化に伴い、完全安定化導体の必要性が高まる傾向にあるため、本技術の応用により新たな局面が展開するものと期待される。

倍容量電線(XTACIR)の開発

近年の著しい電力需要増加のため、既設送電線の容量増加が望まれている。一方、環境・用地上の制約などにより、新たなルートの建設や既設鉄塔の建替えは年々困難になってきている。この既設送電線の容量増加対策として、関西電力株式会社、住友電気工業株式会社及び日立電線株式会社は共同研究により倍容量電線(XTACIR)を開発し、

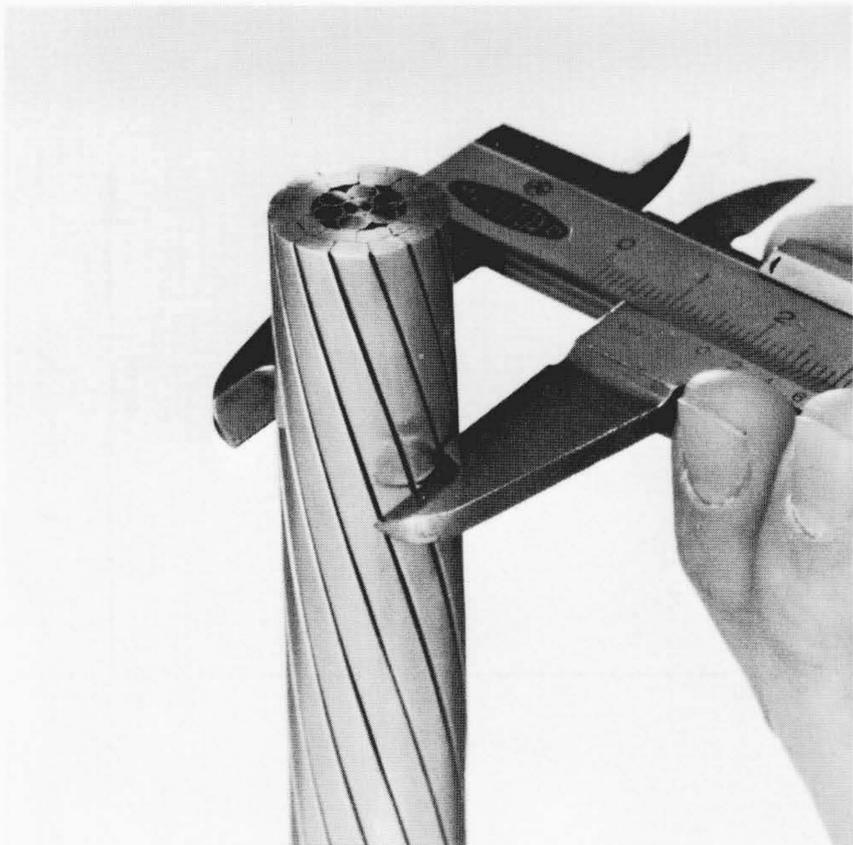


図2 160mm²倍容量電線

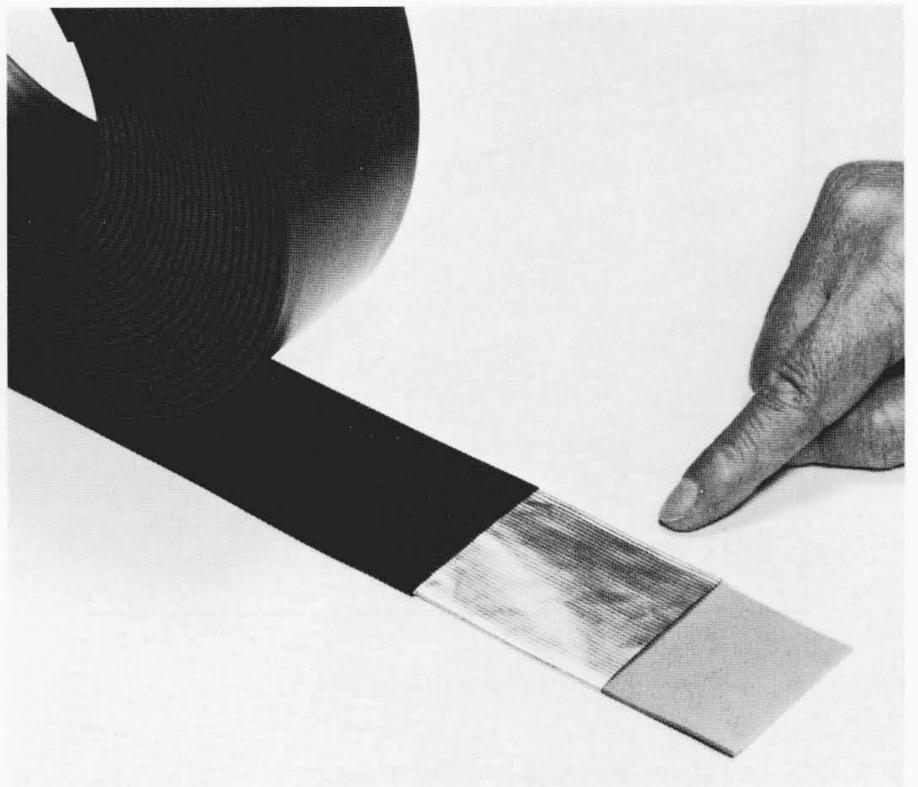


図4 新形シールド付フラットケーブル



図3 275kV半合成紙絶縁OFケーブル

関西電力株式会社の新長浜-長浜線で160mm²を実用化した(図2)。

この電線は、導体部に耐熱性を飛躍的に向上させた特別耐熱アルミ合金、補強部に熱膨張の非常に少ないアルミ被インバーを使用したもので、従来のACSRと同一の電線たるみ量で2倍の電流容量をもっている。これは、既設鉄塔をそのまま使用して電線を張り替えるだけで送電容量を2倍に増加できるので、技術的に高い評価を受けている。

275kV半合成紙絶縁OFケーブルの開発

日立電線株式会社では、関西電力株式会社と共同で、275kV半合成紙絶縁OFケーブルを開発した(図3)。半合成紙は、プラスチックフィルムをセルローズ紙ではさみ、圧接して一体化したラミネート紙で、プラスチックの良好な誘電特性と、セルローズ紙の機械、物理特性が生かされている。

今回開発したケーブルは、プラスチ

ックフィルムとしてFEP(フッ化エチレンプロピレン共重合体)を用いたFEPラミネート紙と従来絶縁紙との組合せにより絶縁体を構成しており、絶縁層は従来ケーブルよりも3mm薄い16.5mmを採用している。ケーブルの誘電体損失は、従来ケーブルの約1/2以下に低減されており、省エネルギー効果が高い。この275kV半合成紙絶縁OFケーブルは、昭和57年春には、南大阪泉北線に実用される予定である。

新形シールド付フラットケーブルの開発

FCC(Federal Communication Commission)規則による電波障害の規制から、配線材でもノイズ対策の必要性が高まっているが、日立電線株式会社では、これに対応して新形シールド付フラットケーブルを開発した(図4)。これは、IDC(Insulation Displacement Contact)コネクタ用フラットケーブルの片面又は両面を、アルミ・ポリエステルフィルムで覆ったもので、外部からのノイズの混入や擬似信号の発生・拡散を防止できるほか、塩化ビニルのジャケットによりフラットケーブルを機械的衝撃から保護している。

新形シールド付フラットケーブルは、ノイズ対策と端末処理工数の低減の両立を可能にしたケーブルとして、ユーザーの利用価値は極めて高いと言える。

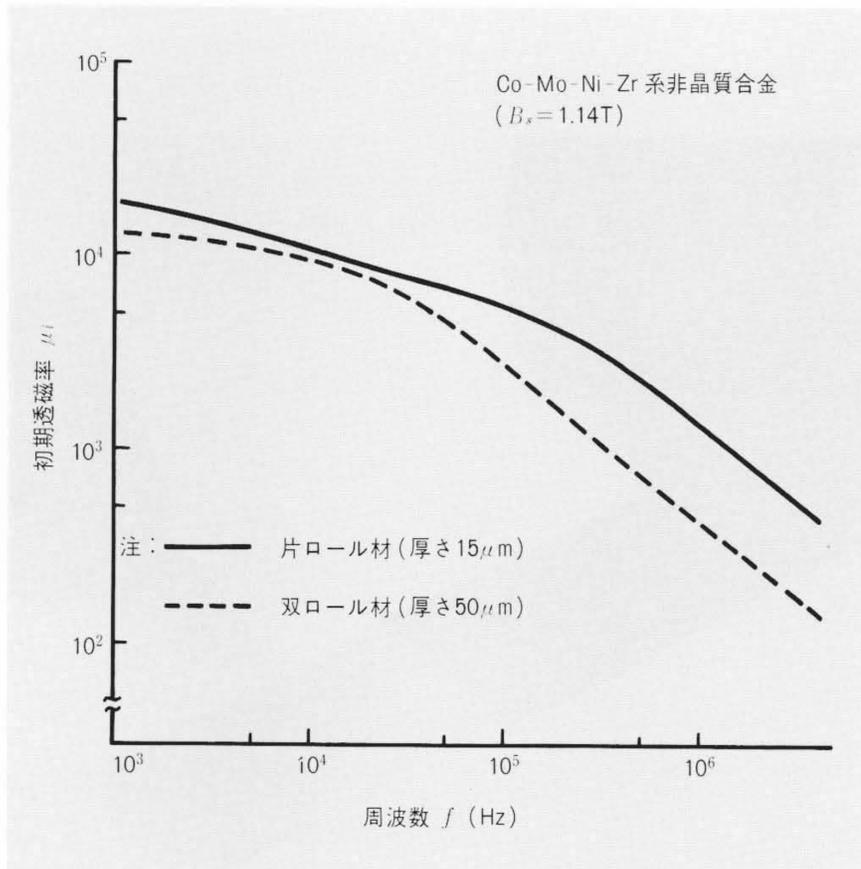


図5 Co-Mo-Ni-Zr系非晶質合金(片ロール材・双ロール材)の初期透磁率 μ_i の周波数依存性

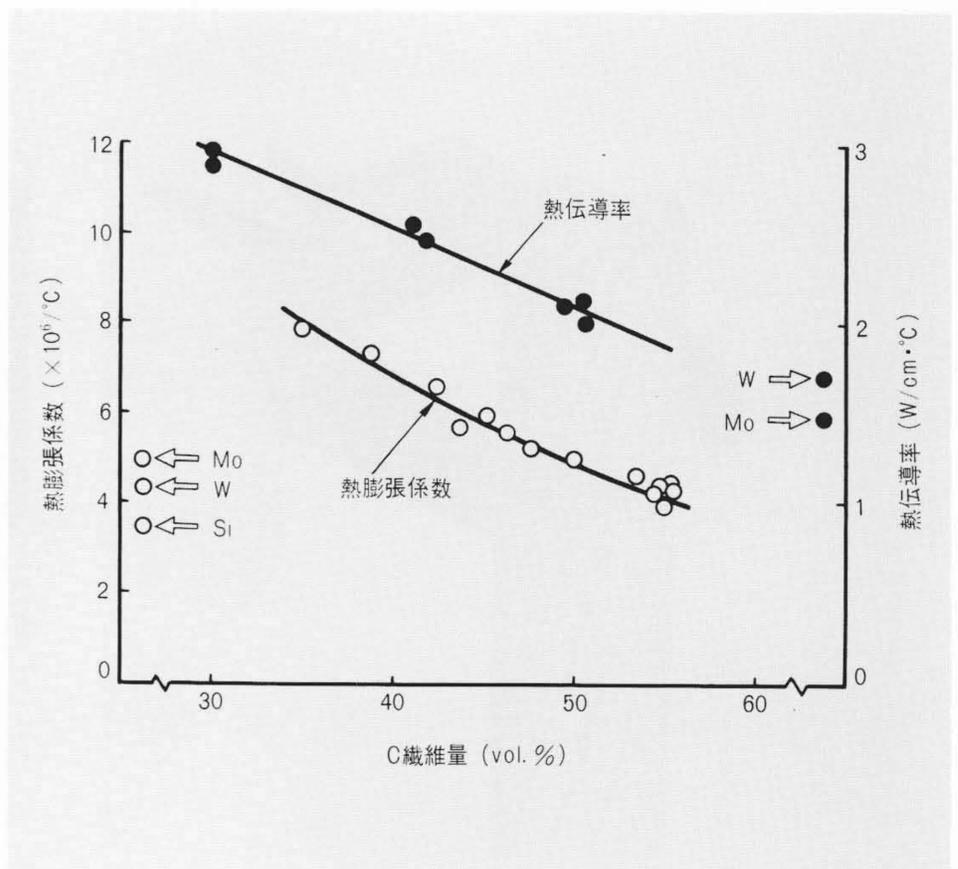


図6 Cu-C繊維複合材のC繊維量と熱膨張係数及び熱伝導率の関係

金属材料

Co-Zr系高透磁率非晶質合金

ガラス化元素としてZr元素を用いた金属-金属系新非晶質磁性合金は、一般に結晶化温度が高く高い熱安定性を示すので、その磁歪が零の合金組成は新しい磁気ヘッド材料として期待がもてる。今回Co基合金系で添加元素と熱処理法を最適化した結果、磁歪がほぼ零のCo-Mo-Ni-Zr系合金組成で、飽和磁束密度 $B_s=1.14\text{T}$ 、初期透磁率 $\mu_i(1\text{kHz})=17,000$ 、保磁力 $H_c=1.4\text{A/m}$ という優れた高飽和磁束密度・高透磁率非晶質合金を得た。図5に片ロール作製材(厚さ $15\mu\text{m}$)と双ロール作製材(厚さ $50\mu\text{m}$)の初期透磁率 μ_i の周波数依存性を示す。これらの新非晶質合金は、高保磁力メタルテープ対応用磁気ヘッド材料の応用に適している。

Cu-C繊維複合材料の開発

ダイオード、サイリスタなどの半導体素子や各種のデバイス及びモジュールには、Siチップに発生する熱応力を緩和する目的でSiに近い熱膨張係数をもつWやMo板が応力緩和材として使用されている。この高価なWやMo板に代わる応力緩和材として、Cu-C繊維複合材料を開発した。この材料はCuマトリックス中のC繊維量により、図6に示すように熱膨張係数の調整が可能で、かつ熱伝導率もWやMo以上であるの

で、応力緩和材として使用した場合に、熱応力が最小になるような構造設計が可能となる。したがって、半導体装置類の熱疲労寿命を大幅に改善することができる。昭和57年6月発売を目標に生産体制を整備中である。

スイッチング電源用制御コア

最近電子装置用として広く用いられているスイッチング電源は、20～数百キロヘルツの高周波で電圧変換を行なうため、使用するコア材料も高周波特性の良好なものが需要である。アモルファス材料は、磁気特性、固有抵抗などの点でこの用途に適合できる性質をもっているが、今回、日立金属株式会社では、特に電源の電圧制御用マグアンプに使用して優れた特性を示すアモ

ルファスコアを開発した(図7)。使用条件に見合って各種のものが用意されているが、特殊な熱処理の採用によって、特性値として例えば角形比98%、保持力0.01エルステッド、あるいはCMC法(制御磁化特性法)による磁束密度制御最大値22kG、全制御磁化力70mOeが得られ、極めて効率の良い制御が可能である。

1,000MW蒸気タービン用12%Cr中圧ロータ材の完成

大容量火力タービン発電機は、タービンの効率向上のため蒸気条件が538から566°Cに変更されるすう勢にある。このため、従来の1%Cr-1.2%Mo-0.3%V鋼ロータ材よりも高温強度の高い12%Crロータ材が採用される機会が多

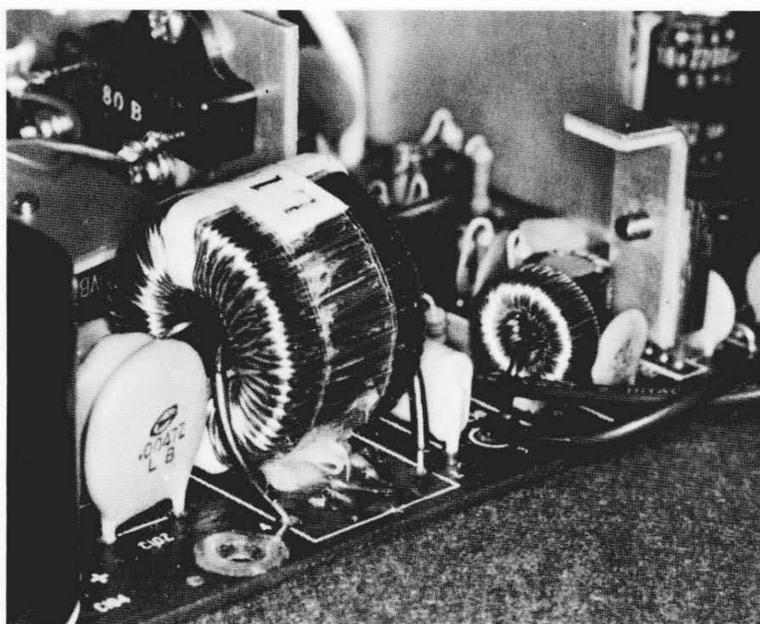


図7 スwitchング電源用制御コアの外観

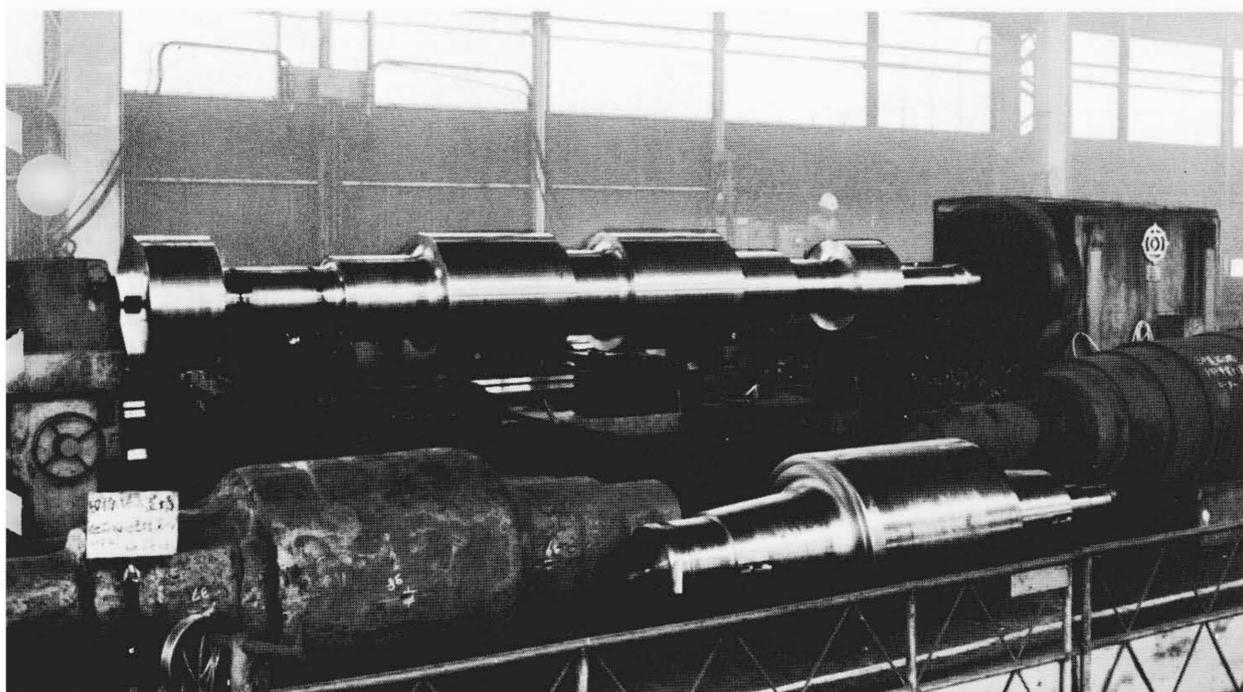


図8 1,000MW蒸気タービン用12%Cr中圧ロータ材

くなってきた。この12%Crロータ材(11%Cr-1%Mo-0.2%V-Nb-N)の製造技術を確認するため、100t鋼塊により1,000MW級中圧ロータ材を試作し、加熱振れ試験を含むロータ素材のすべての試験を行なった。その後切断し、静的強度、じん性、疲労強度、内部の均質性、健全性、その他を調査した。次いで、1,000MW蒸気タービン用12%Cr中圧ロータ材(図8)を製造し、いずれも優れた成績を示し、高品質のロータ材の製造技術が確立できた。

その他

新低圧鋳造法による高信頼性アルミニウム部品の鋳造技術

機械の高速、軽量化の動向に合わせて回転、あるいは駆動部品に高信頼アルミニウム合金が多用されるようになりつつある。この要望にこたえて、薄肉複雑形状の部品であっても極めて健全、緻密な性状が得られるアルミニウム合金用不活性ガス雰囲気低圧鋳造技術を開発した。

本技術の原理は、アルミニウム溶湯の薄肉部での流動性が溶湯表面の酸化を防止することによって、2倍近くも向上するという発見に端を発するものである。鋳造工程は、溶湯の真空脱ガス、雰囲気Arガス置換、Arガス利用の溶湯押上鋳造から成り、装置としては全工程が自動化されている。鋳造品

図10 塑性流動結合法「メタルフロー」の応用事例 (左)船外機用フライホイールマグネット、(右下)電磁クラッチアーマチュア及び(右上)同素材

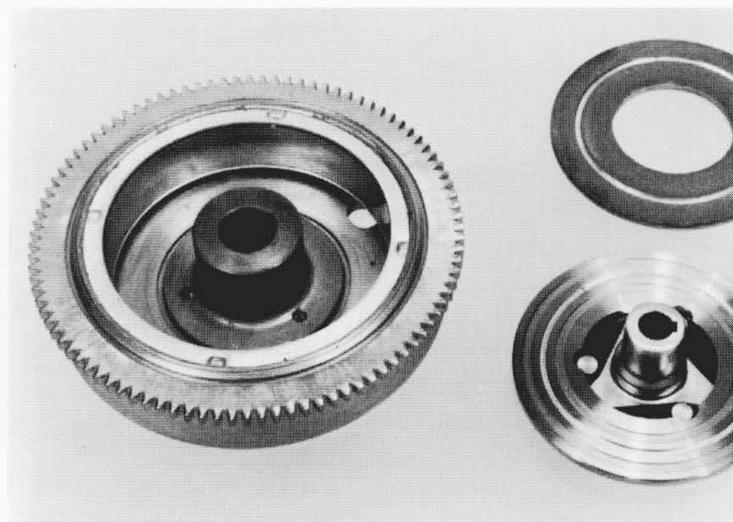


図9 ターボ冷凍機用羽根車

の疲れ強さ、伸びなど機械的性質の向上とばらつき減少が実証され、高速回転羽根車(図9)などの製造に活用されている。

塑性流動結合法「メタルフロー」の応用

金属材料の塑性流動を応用した新しい結合技術であるメタルフローを開発し、製品に適用した(図10)。船外機用フライホイールマグネットは、エンジンクランク軸直結のため高振動・高角加速度に耐える高強度が要求される。従来は、多数のリベット、ボルトで一体化されていたが、センタピース、フライホイール、リングギヤを高強度に耐えるローレット溝仕様のメタルフローで結合し、全長を10%短縮できた。また、電磁クラッチアーマチュアの磁極板間に非磁性リング(銅)を挿入して磁気しゃ断し、メタルフローで機械的に一体化した。この結果、漏れ磁束が15%低減でき、重量で20%、全長で15%短縮が可能となった。以上述べたように、

メタルフローは、構造の簡素化、部品点数の削減及び小形・軽量化に効果を発揮している。

感光性永久マスクフィルム「フォテックSR-1000」の開発

近年、印刷配線板の高密度化が急速に進み、高精度パターン形成可能な永久マスク材料の要求が強くなった。日立化成工業株式会社で開発した感光性永久マスクフィルム「フォテックSR-1000」は、この要求にこたえる材料で、従来のスクリーン印刷法に比べ、(1)写真法で像形成ができ精密パターンが得られる(最小パターン幅:100 μ m、精度:±10 μ m)、(2)厚膜形成可能で、配線を完全に被覆できる(図11)、(3)耐湿性、耐冷熱衝撃性に優れたパターンが得られる(-65 $^{\circ}$ C/30分 \leftrightarrow 125 $^{\circ}$ C/30分、100サイクルクラック発生なし)、(4)真空ラミネートするだけで基板に適用できるなどの特長があり、電子計算機、通信機などの高密度、高信頼性を必要とする配線板に使用できる。

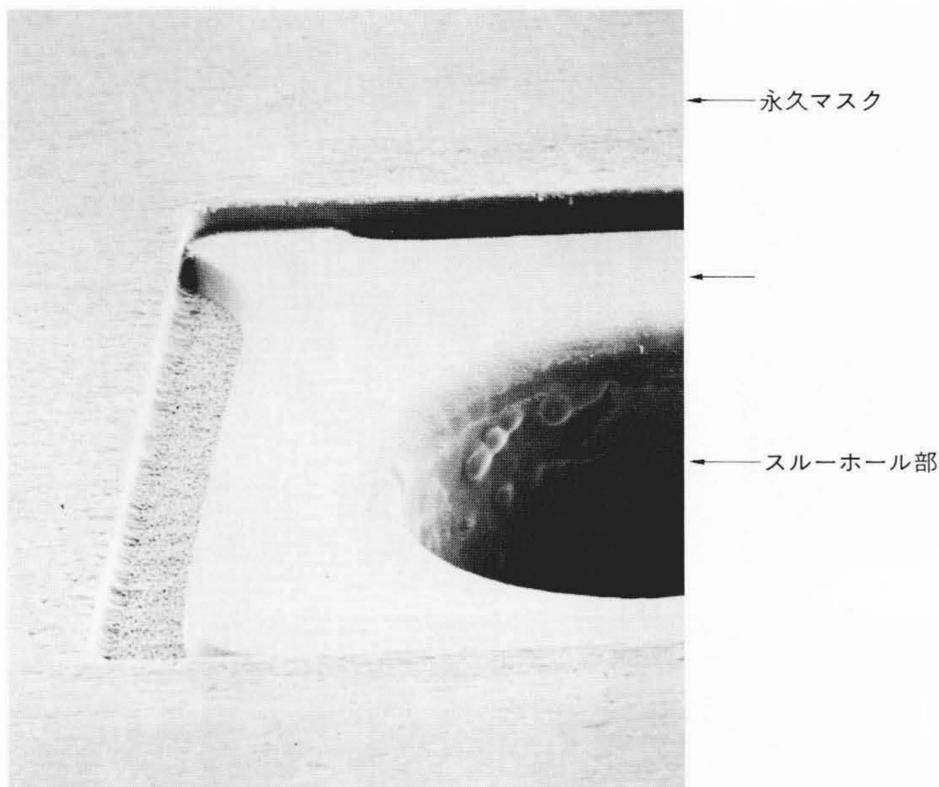


図11 「フォテックスSR-1000」を用いて形成した永久マスクのSEM写真

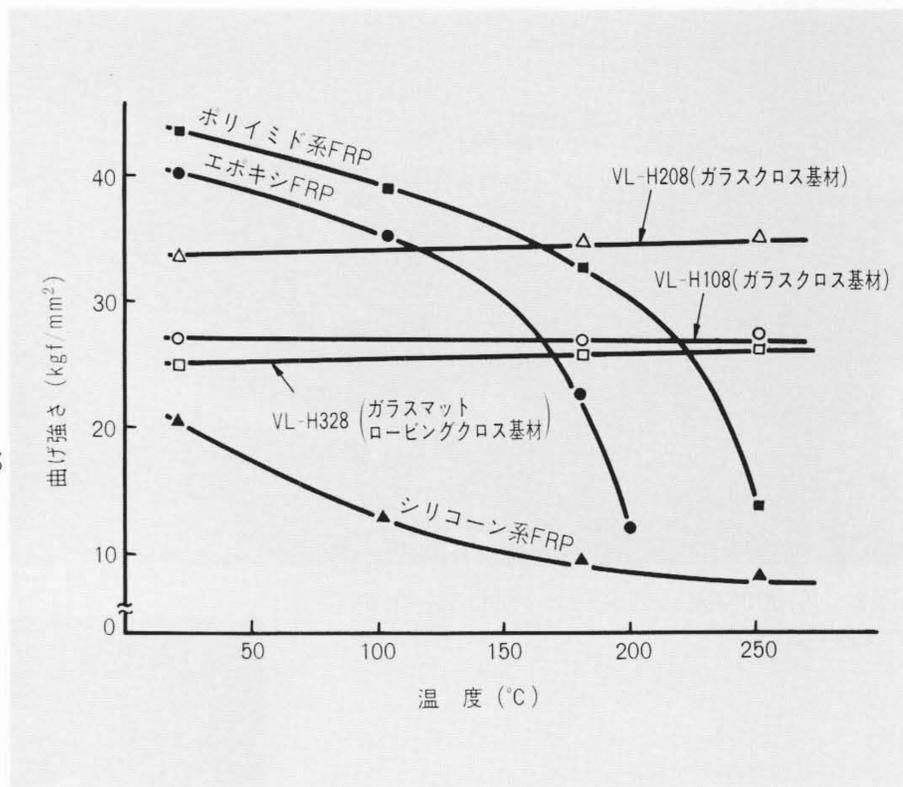


図12 耐熱FRP板「VL-Hシリーズ」の曲げ強さ-温度特性

新耐熱性成形材料

近年、各種電気品、事務機器、輸送機器などに種々のプラスチック成形品が使用されている。しかし、これらの機器の小形・軽量化、信頼性向上、生産合理化などに伴い、プラスチック成形材料に対する成形性、強度、寸法安定性、耐熱性などの要求はますます厳しくなっている。そこで、こうした要求にこたえるため、特殊なエポキシ系樹脂を用いた新耐熱性成形材料を開発した。開発材料はインジェクション成形が可能で、速硬化性のため成形は短時間で行なうことができる。また、成形品は従来のポリイミド系耐熱性成形材料と同等以上の高温強度をもち、かつ加熱劣化後の強度低下はポリイミド系材料よりも少ない。そのため、自動車をはじめ各種機器類の耐熱部品として有望

表1 開発材料の諸特性

項目	材料	開発材料	従来材料 (ポリイミド系)
成形温度		180°C	200°C
成形時間		1.5~3min	3~5min
スパイラルフロー		40~50in	5~15in
成形収縮率		0.3%	0.5%
ガラス転移温度		220°C	>220°C
熱膨張係数 [10 ⁻⁵ °C ⁻¹]		2.2	2.6
曲げ強度 [200°C]		950kg/cm ²	830kg/cm ²
加熱劣化特性 [250°C, 30日放置 後の強度保持率]		95%	30%

である。本開発材料の諸特性を表1に示す。

半導体用ダイボンディングペースト“EPINAL-4000”

日立化成工業株式会社は、ICチップとリードフレームの接合剤としてエポキシ系銀ペースト“EPINAL (EN)-4000”を開発した(表2)。

EN-4000は、従来の銀ペーストに比較して、吸湿性が小さい、不純イオン含有量が低いなどの特長がある。

このため、EN-4000を用いて接合させた素子は、PCT(高温高湿試験)で金-シリコン共晶と同等の耐湿性をもっており、アルミ腐食不良に対する信頼性向上に寄与できる。

表2 EPINAL-4000の特性(測定値の一例)

項目	単位	特性値	試験方法		
外観	—	銀白色ペースト状	目視		
液状物	粘度(25°C)	P Pa·s	2,200 220	BH形回転粘度計, 2rpm	
	揺動度(25°C)	—	5.8	2rpm粘度/20rpm粘度	
	不揮発分	wt%	86	200°C/2h	
	比重(25°C)	—	2.5	ハバード比重びん法	
	タックタイム(25°C)	min	13	指触乾燥, 膜厚10μm	
硬化物	接着力	25°C	kgf/cm ²	>80	プッシュプルゲージにより, せん断力を測定
		350°C	kgf/cm ²	20	
	体積抵抗率	Ω·cm	2 × 10 ⁻⁴	ホイートストーンブリッジにより測定	
	抽出液特性*	Cl ⁻	ppm	3	イオンメータにより測定
Na ⁺		ppm	2	原子吸光光度計により測定	

注：* 硬化物の粉末(100メッシュパス)10gを、イオン交換水50ccで100°C/20h抽出し、濾過後に抽出液中のイオン濃度を測定する。