

材 料

技術革新に果たす新材料の役割は極めて大きく、エネルギーやエレクトロニクス関係など新材料の開発に寄せる各方面の期待はますます高まっている。日立グループの材料部門では、このような多様なニーズにこたえるため、各種材料に関する品質、特性の高度化と、新機能材の研究開発を進めている。以下に最近の成果の一端を紹介する。

まず金属関係では、圧延機の過酷な圧延条件に十分対応できる新しいタイプの高性能複合ロールを開発した。耐摩耗性に優れた外層材と強度及びじん（靱）性に優れた軸材との構成によるものである。また、蒸気タービン用に従来の12Cr鋼に代わるTi合金による40インチ長翼を開発した。伸銅品関係では、一般銅管の耐食性、信頼性を大幅に向上させた新面内防食銅管を開発し、ユーザーから好評を得ている。また、最近需要が高まっているものに、スパッタリングによる薄膜製造用Cr及び各種合金系ターゲット材がある。これらは磁気記録をはじめガラス、異種薄膜ボンド用としての広い適用が見込まれている。カラーディスプレイ管用特殊合金帯も新たな開発成果であり、カラーディスプレイ管の特性向上に貢献している。

超電導材料関係では、日立グループが一体となって酸化物系高温超電導体の新材料探索及び線材化プロセスの研究を推進している。また、金属系超電導体の安定化材として、従来の銅に比べて電気抵抗 $\frac{1}{2}$ 、磁気抵抗効果 $\frac{4}{5}$ の高性能、高純度無酸素銅を開発した。

電線、ケーブル関係では、日立グループが世界で初めて開発し、実用化した500 kV CVケーブル用の中間接続部（プロトタイプ）を開発し、電力会社で試験中である。また、電力拡充に伴う給電業務の高度化、自動化に対応して架空送電線や地中ケーブルの保守管理システムを開発した。

光関係では、新製造法による1.3 μm 帯全合成シングルモード光ファイバを開発した。本製造法ではファイバ単長を長くでき、またコアの偏心も0.3 μm 以下にできるので、多心光ケーブル、光ファイバ架空地線などへの用途の拡大が期待される。また、プラスチック光ファイバでは、従来の耐熱性125 $^{\circ}\text{C}$ を大きく上回る150 $^{\circ}\text{C}$ の高耐熱性ファイバを開発した。光伝送損失、柔軟性の面では従来品とほぼ同等であるが、カールコード形、先細形など特殊形状なものも製造容易であり、自動車エンジン

ルーム内などの各種高温機材の光伝送用として有望である。また、高出力ニアLEDアレーを光源としたLEDヘッドは、大形コンピュータの出力プリンタなど、超高速プリンタへの適用が期待される。

電子機器用材料では、機器の小形化、高機能化に伴い配線板についても高密度化や非平面での部品取付けなどが望まれている。そこで、ポリイミドフィルム上に0.1 mmの絶縁電線を交差配線したフレキシブルマルチワイヤ配線板を開発し、こうした要求にこたえた。更に、配線板周辺材料として、はんだ付けでのぬれ性が良く、高い信頼性を持つ無ハロゲンタイプの融剤や、アルカリ現像形永久マスクフィルムを製品化した。電子機器の電磁波シールドについても、ニッケル粉ファイラ塗料に比べて、厚みを半分にできる銅粉ファイラ塗料を開発した。

半導体用材料では、IC、LSIのシリコン上の端子とリードフレームの接続に、従来の金線に代えて銅線を使用するボールボンディング技術を開発した。素子の高品質化と低価格化を目的とするものである。また、層間絶縁膜として高純度シリカ液を開発した。これは塗布法でMOS ICに対して平坦な無機膜を形成させるもので、ゲートアレー、SRAM、マイクロコンピュータなどへの適用が期待される。

セラミックスでは、焼成時の寸法変化がほとんどない高強度 Si_3N_4 結合SiCセラミックスを開発した。焼成時の寸法変化率が0.13%と従来よりも1~2けた小さく、複雑形状部品を容易に製造できる。また、高熱伝導形AINでは、従来問題であった耐湿性を適切な表面処理によって改良した。半導体素子の基板をはじめ広い分野での応用が期待される。そのほか、遠赤外線放射効率の高いセラミックス面ヒータ、玉石、ポンプシャフト用高強度、高じん性の正品方ジルコニアセラミックスなどを開発した。

磁性材料では、電動機などの磁石としてNd-Fe-B磁石粉を生地材料中に分散、複合化させた異方性ボンド磁石を開発した。これは、磁気特性の向上だけでなく、組込み着磁も可能になるなどのメリットが大きい。

そのほか、材料そのものではないが、溶融金属の充てん（填）挙動の解析によりダイカスト金型形状を定量的に評価し最適化して、金型試作期間を大幅に短縮できる設計支援システムも開発した。

圧延機用高性能新複合ロール

独自に開発した回転付与ESR法により、外層部を高合金耐摩耗材、心材を強じん(靱)性鍛鋼とした革新的な複合ロールを開発・製品化し、従来の鍛鋼一体形に勝る性能を確認した。

鉄鋼の薄板冷間圧延用ワークロールには、従来から高炭素中合金の鍛鋼が適用されているが、高圧下・高精度圧延が行われるに従い、ロール胴部の高耐摩耗化及び軸部の高強度化への要求がますます強くなっている。

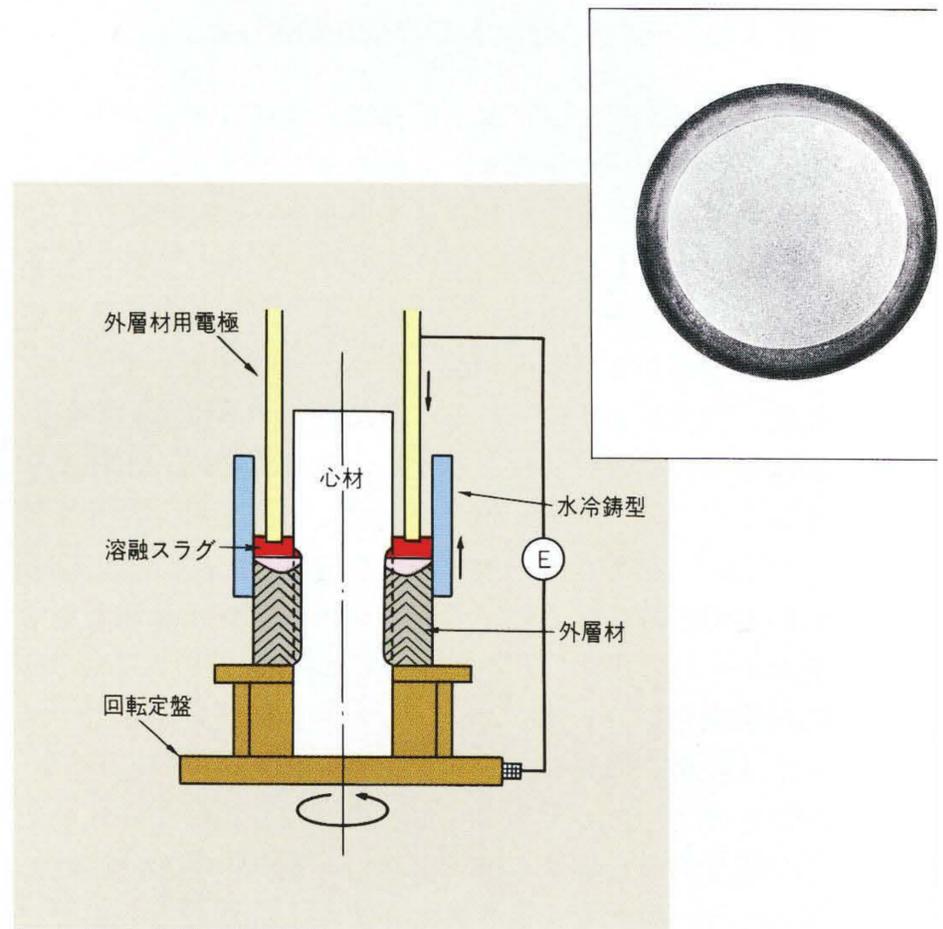
従来の鍛鋼一体形で、全体を高合金化して耐摩耗性を向上するには製造上限度があり、軸部の強じん性を損なうことにもなる。

そこで、ワークロールの転動面となる胴部外層を高炭素高合金化し、心部と軸部を中合金鍛鋼で構成する複合ロールの開発に着手し、このほど製品化することに成功した。

複合の方法は、鍛鋼軸材を回転しながら、その周囲のロール胴部になる範囲にESR(エレクトロ スラグ リメルティング)法で高炭素・高クロム材やハイス鋼などを漸進的に盛り上げ、軸材表面と金属的に結合するものである。

これにより、従来鍛造が不可能であった高耐摩耗材料のロールが実現し、大手製鉄所での実証試験で従来の数

倍の性能が確認され、圧延制御の安定化にも効果が大きいことが明らかになった。



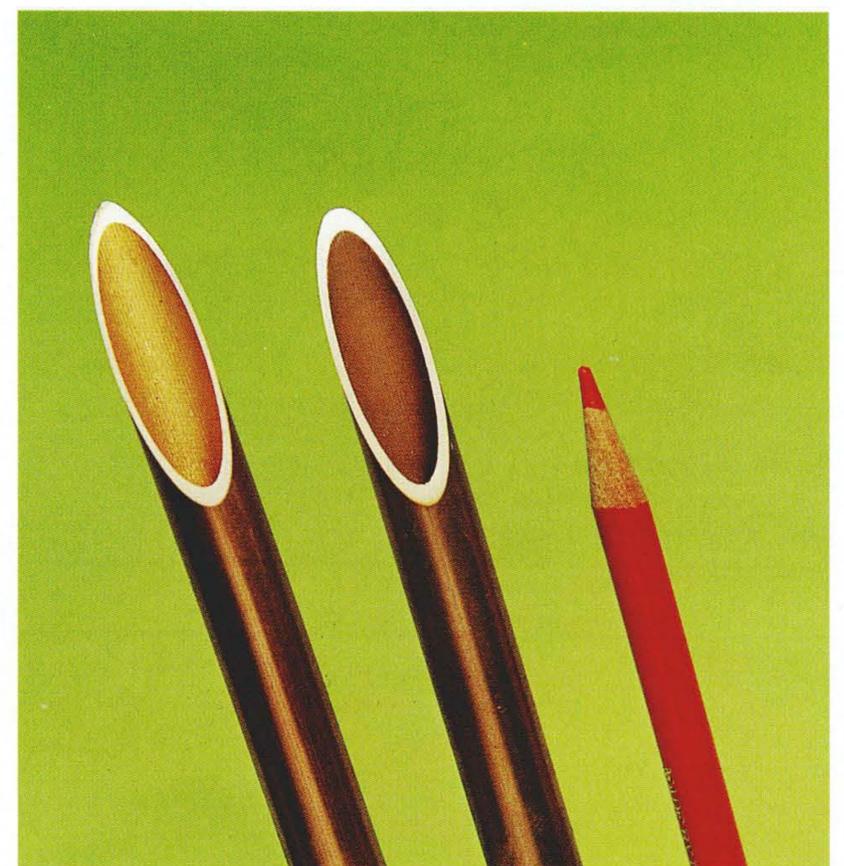
複合装置の概念図とロールの断面写真(右上)

内面防食銅管

管内面に高耐食性の拡散銅-スズ合金層、又はフッ素樹脂を均一に被覆した長尺軟質銅管の製造プロセスを実現した。

銅管は加工、ろう接性、伝熱性、耐食性が良好であり、種々の熱交換器、配管材料として使用されている。ところが、高流速水中でのかき(潰)食、一部地域の給湯配管での孔食、溶解銅イオンによる青水発生などの問題があり、これらの諸問題を解決し従来の銅管の長所を損ねない管材の開発が待たれていた。

日立電線株式会社ではこの問題に対処するため、従来の一般的な長尺軟質銅管の内面に防食被覆処理した2種類の管材の製造方法を開発した。一つは10%のスズを含む耐食性の銅-スズ合金を管内面に $30\sim 50\times 10^{-6}$ mの厚さで拡散させたもので、高流速水中での腐食量は一般的銅管の20~30%以下となる。この伝熱性は従来銅管と変わらず、高流速・小形化熱交換器用に最適である。他の一つは管内に $40\sim 80\times 10^{-6}$ mの厚さで耐熱性の含フッ素樹脂を被覆したものである。この被覆処理によって銅の溶解は完全に防止可能となり、既に家庭用ヒートポンプ式給湯器の熱交換器用管材として実用化されている。



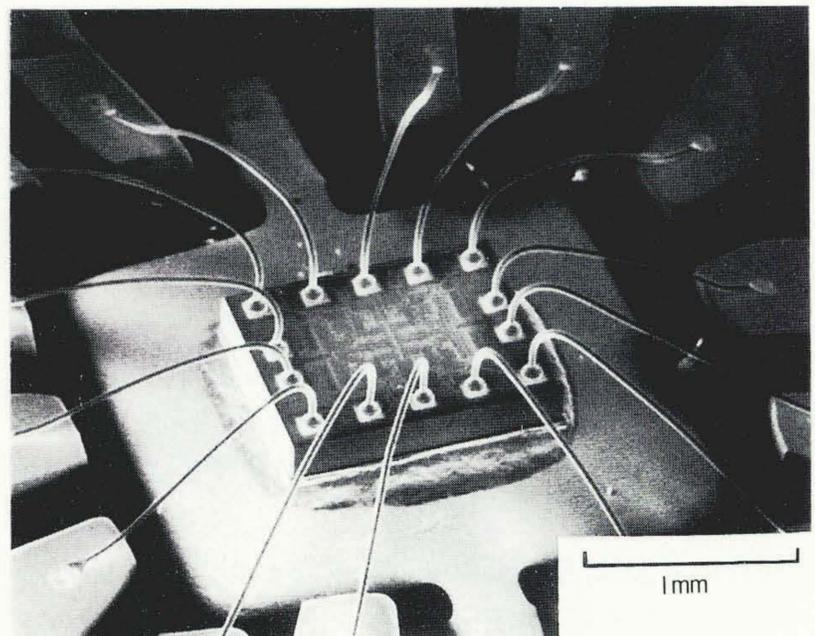
内面防食銅管(左:銅-スズ合金処理, 右:フッ素樹脂処理)

IC, LSI用銅ボールボンディング技術

IC, LSIのシリコンチップ上の端子とリードフレームとの接続に使用されている金線に代わり、信頼性に優れた銅線によるボールボンディング技術を開発した。

ボールボンディングは、直径数十マイクロメートルの導線の先にボールを作り、それをシリコンチップ上のアルミ端子に押し付け、超音波と熱を加え接続する方法である。現在、金の導線が用いられているが、断線、接合部の劣化などの問題があるため、より高信頼性、高品質化が期待できる高強度銅線を用いたボールボンディング技術の開発が強く望まれるようになってきた。しかし、銅線は金線に比べ酸化しやすく、真球性の高いボールを作れないこと、ボール硬度が高いこと、更にシリコンチップ上のアルミとボール界面に形成される化合物の信頼性が不明であることなどの問題があり、採用は難しいとされていた。そこで日立製作所では、99.999%以上の高純度銅線を用い、軟らかく、しかも真球性に優れたボール形成技術を開発し、シリコンチップ上への安定なボールボンディングを可能にした。更に接合部の劣化について金属学的な立場から解析を行い、銅-アルミ界面は金-アルミ界面よりも安定であり、実用上問題のないことを

明らかにした。これらの技術開発によって世界で初めて銅ボールボンディングのICへの適用が可能になった。



ICへの銅ボールボンディング

カラーディスプレイ管用特殊合金帯

シャドウマスク用低熱膨張合金ZMG54及びZMG55は、高い強度と優れた成形加工性を持ち、高精細ディスプレイ管の色ずれ低減に効果を発揮している。

日立金属株式会社は、低熱膨張のインバー系シャドウマスク材として、ZMG54及びZMG55合金帯の開発を完了し量産段階に入った。

従来の軟鋼系シャドウマスクは、使用中の温度上昇による熱膨張が大きいいため、穴の位置変移による「色ずれ」現象が生じやすい。特にOA機器のディスプレイ管のように、静止画像主体の場合はこの現象が大きな障害となり、種々の対策が検討されている。

日立金属株式会社では、昭和60年度から日立製作所・茂原工場と共同で低熱膨張のインバー系シャドウマスク材の開発に取り組み、前述の2合金を開発した。開発のポイントは、通常のインバー合金(36Ni-Fe)の低熱膨張性を損なうことなく、軟鋼以上の成形加工性と機械的強度を付与することであり、合金の清浄度や帯鋼形状の点でも種々の改善を行った。

開発合金の基本特性を表に、また本合金を使用した場合の色ずれの改善例を図に示す。軟鋼系シャドウマスクに比べて約70%の色ずれ低減効果が得られ、現在15インチのディスプレイ管に採用されている。

表 開発合金の基本特性

合金名	0.2%耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	縦弾性係数 (N/mm ²)	平均熱膨張係数 (30~100°C) × 10 ⁻⁶ /°C	備考
ZMG54	196	431	152,000	2.7	—
ZMG55	235	529	155,000	3.9	溶体化処理後
	333	617	159,000	3.9	時効処理後

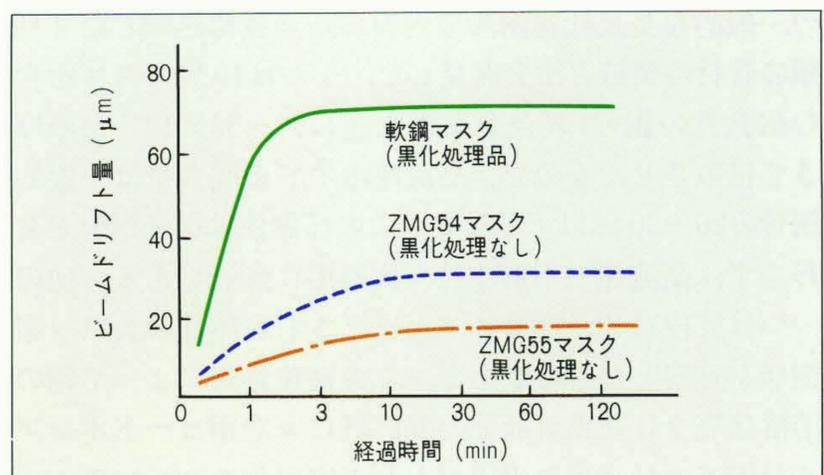


図 色ずれ改善例

平面アンテナ用低伝送損失“MCL”

本格的な衛星放送時代に対応できる低比誘電率($\epsilon=1.7$)で低減衰定数(2.3 dB/m)化した高受信感度の平面アンテナ用基板“MCL-100S”を開発した。

本製品は、金属と特殊な方法で製造した熱可塑性樹脂を組み合わせた基板の上に銅はくを積層した構成(図参照)であり、ガラス布にポリエチレンやPTFE (Polytetrafluoro ethylene)を含浸させて銅はくを積層した従

来品と比べて素材が全く異なる。特性面では、11~12 GHzの高周波数帯域で、従来品に比べ減衰定数を $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ に、誘電正接を $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ に抑え、比誘電率も1.7前後と優れ、衛星放送受信用の平面アンテナに最適の基板であり、今後の高品位テレビジョンや静止画像放送など、衛星放送の家庭への普及促進に寄与できる。

項目	種類	MCL-100S	ポリエチレン/ガラス布	PTFE/ガラス布
構成				
減衰定数*		2.3 dB/m	4.0 dB/m	6.0 dB/m
比誘電率*		1.5~1.8	2.2~2.5	2.1~2.6
誘電正接*		0.0003~0.0005	0.0016~0.0020	0.0010~0.0022

* 11~12 GHz

技術抄録

■低風音NS-TACSR810 mm²の実用化

日立電線株式会社は関西電力株式会社と共同で、風により騒音の発生しない特殊断面形状を持つ架空送電線を実用化した。機械的、電気的特性は従来電線と同一であり、500 kV西京都―新生駒線への採用が決定した。

■超電導用無酸素銅

日立電線株式会社は超電導線安定化材用として、20 K以下での電気抵抗が従来の約 $\frac{1}{2}$ の高純度無酸素銅の開発量産化に成功した。これは、電気抵抗に及ぼす影響の大きい不純物元素を見いだし、その除去に成功したものである。

■耐湿性高熱伝導窒化アルミニウム

日立金属株式会社は、はんだ、めっき、メタライズ処理が容易な耐湿性高熱伝導窒化アルミニウムを開発した。電気絶縁性と熱伝導性を兼備する窒化アルミニウムは、BeO、SiCに代わる材料として期待が大きい。

■ダイカスト金型設計支援システム

経験と勘によって決めていたゲート、ランナなどのダイカスト金型形状を、コンピュータによる溶融金属の充てん挙動解析によって定量的に評価するようにしたもので、設計段階での金型形状の最適化を可能とするシステムである。

■Nd-Fe-Bボンド磁石

日立金属株式会社は他社に先駆けて、異方性ボンド磁石の開発に成功した。これにより、最大エネルギー積は圧縮成形で120 kJ/m³、射出成形で87 kJ/m³を達成し、着磁性も改善され、組込み着磁も可能となった。

■セラミックスヒートロール

日立金属株式会社では、電子写真複写機及びプリンタの定着装置に使用される機械強度に優れた超小形($\phi 15$)多層コーティングヒートロールを開発し、プロセス速度100 mm/sで80%以上の定着性を確認した。

■低温軟化銅はく

日立電線株式会社は、軟化温度が従来よりも約60℃低いフレキシブルプリント基板用無酸素銅はくの開発量産化に成功した。本銅はくは樹脂塗布前は硬質で取り扱いやすく、樹脂加熱硬化時に軟化し曲げ疲労特性が向上する特徴を持つ。

■SOR用超電導線

日立電線株式会社は、超LSIのパターンエッチング用として注目を浴びているSOR (Synchrotron Orbital Radiation: シンクロトロン軌道放射光)放射光発生用偏向磁石に使用されるCu/Cu-Ni/Nb-Ti三層構造超電導線材の開発に成功した。本線材の特徴は、交流損失が著しく小さいことである。

■高耐熱性プラスチック光ファイバ

世界最高170℃耐熱性を持つプラスチック光ファイバを開発した。心に熱硬化性樹脂を用い、最大の難点である耐熱性を向上させたほか、カール状、先細状のコード形成、低損失接合容易などの特徴を持っている。

■薄膜用スパッタリングターゲット材

ターゲット材の特長は、好不純物レベルの原料を真空精錬後、圧延した素材に、熱処理・機械加工・ボンディングを施している。ち密・均質であり、エロージョンが均一で効率がよく、材料VA (Value Analysis)の点で好評を得ている。