

TODAY

『愛・地球博 光未来展』に寄せて



照明デザイナー、光文化フォーラム
代表 石井 幹子



Expo会場全景イメージパース

来る3月25日から愛知で開催されるExpo2005『愛・地球博』には、外国館、日本館、民間館をはじめさまざまな展示が行われる。万博の歴史は19世紀後半にヨーロッパからはじまったのは周知のとおりだが、21世紀にはじめて開催されるこの博覧会には、これまでにない視点からコンセプトがつけられた。

『愛・地球博』の名のとおり、かけがえのない私達の地球を愛し守っていくために、自然の叡智をテーマに、持続可能な循環型社会をつくるということが、メイン・テーマとなっている。

会場全体の照明プロデュースとループや主な広場などの照明デザインを担当した私は、この博覧会のテーマにそって、何か新しい企画を実現させたいと願っていた。

日頃、光を扱っている照明デザイナーにとって、光は最も美しく崇高で、魅力に溢れた存在である。そして、その光は21世紀には、さまざまな分野で飛躍的に発展し、単に物を照らし出して夜の闇を昼にかえることのみが光の役割ではない時代が到来すると、私はかねてから期待していた。

そんな光の未来を予告する展覧会を博覧会の会期中に開催できたらという夢を抱いたのは、2年ほ

ど前のことであったが、このたび、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO技術開発機構)の共催、及びJRCMの参加をいただいて、2005年5月12日(木)から22日(日)の11日間に、『愛・地球博』の大催事会場モリゾー・キッコロメッセで、念願かなって 光未来展 が開催されることになったのである。

世界水準を抜く最高の光技術を集めたこの展覧会は、日本が誇る光技術の開発や研究を、一般の来場者の方々や、小・中学生にも楽しく解りやすく見せることを主眼としている。特に、美しい展示をデザインすることに特別の留意が払われているが、光のなかで遊び、学ぶ体験を大勢の方々に味わってもらって、光に対する関心を呼び起こすとともに、一人でも多くの小・中学生が、科学好きになってくれることを心から望んでいる。

このニュースレターを読まれる読者のなかにも、博覧会に関心をもつ方が多いことと思うが、ぜひ、展覧会の会期中に入場されることを願っている。

光未来展 のさまざまな展示を御覧になって、何か新しい体験をされ、そして、光の美しさ楽しさに触れて、専門の各分野での研究や開発のヒントとしていただければ、このうえない幸せである。

「精密部材成形用材料創製・加工プロセス技術」プロジェクト中間報告

非鉄材料研究部 草尾 幹

1 研究開発の概要

医療、バイオ、情報通信、機器部品等のさまざまな分野で、高機能性をもつマイクロ機器の製造のために、微細成形加工が可能な高強度・高靱性等の特性を有する金属系新材料と部材に対する微細化・精密化の要求が増大している。近年ではバブルの崩壊、IT産業の縮小といった経済構造の変化、携帯機器・デジタル家電の普及にともなう部材の小型化、高密度化といった市場環境の変化、また新しい高精度、高精細、高機能な材料の誕生と、放電、FIB、レーザといった新しい加工技術や超精密位置決め機構といった加工技術の進展等、従来から行われているミリサイズ加工と一方では半導体技術を駆使した最先端ナノ加工との狭間にあるサブミクロン精度の加工を取り巻く環境は大きく変化してきており、より高精度マイクロ部品を低コストで生産することが必要になってきている。しかし、現状ではこれらの要求を実現するための実用的な材料及び加工技術は十分とはいえない。

本プロジェクトでは、高強度、高靱性等の材料性能と高精密部材成形加工ができる被加工材の開発、高精密度法精度を満たすための高強度かつ高精密度加工が可能な金型材料及び適合した高精密度金型加工技術の開発、さらには高精密度金型を用いた高精密度成形技術の開発との一体的研究開発を行うことで、これまでにない高精密度部材を工業レベルで実現することを目指している。

本プロジェクトは、経済産業省の「革新的部材産業創出プログラム」の一環として新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO技術開発機構）が中小企業新技術振興のための補助金を受けて、平成14～18年度の5年間で開発を行っているプロジェクトである。

JRCMと産業技術総合研究所は、NEDO技術開発機構よりこの研究開発の委託を受け、林宏爾（東京大学名誉教授）をプロジェクトリーダーとして、産業技術総合研究所中部センターに集中研究室を設けて共同により本研究開発を実施している。

またJRCMは、住友金属鉱山(株)、(株)アライドマテリアル、富士ダイス(株)、(株)不二越、古河電気工業(株)、ブラザー工業(株)の6社と研究チームを結成し、さらに東京大学、群馬大学、兵庫県立大学と共同研究を、東京理科大学に再委託研究を行っている。

2 研究開発成果

本プロジェクトでは、図に示す3つの研究開発項目を一体的に実施している。

高易加工性金属系新材料の開発

ここでは、微細結晶粒径制御と微小部分の組成制御に優れ、また合金組成の多様性の高い特徴をもつ電解析出法をもとにして、その組成をナノからマイクロメートルに至る領域で安定的に制御して電解析出を行う材料創製技術を開発し、結晶粒界面を脆化させるようなH、O、S等の不純物元素を粒界面から低減させた高易加工性金属系新材料を開発している。

具体的な開発部材として、高加工性に加えて、高強度、高ばね性を必要とするLSIマイクロプローブの試作を取り上げ、優れた機械的特性を有するマイクロメートルサイズの成形加工品を得るための電解析出法によるNi-Wナノ結晶合金の作製技術の確立と、それら合金の材料特性を生かした精密加工法の開発を行っている。電流密度及び液組成の精密制御により、約5nmの結晶粒からなるナノ結晶組織の合金で、ピッカース硬さ(Hv) 600以上、1300MPaの引張強度、歪量0.5%以上の成形加工後も常温において180度曲げ可能な高靱性という非常に優れたNi-W合金を実現した。このような高強度で加工性に優れたNi-W合金は、LSIテストプローブといった高耐久性のマイクロ機器部品、超精密メタルマスク等へ応用が期待されている。

高精密度金型材料創製・加工技術の開発

機能性マイクロ機器部品を安定的かつ低コストで創製するために、高精密度で寿命が長い金属金型が求められている。しかしながら現在創製可能な金属金型の寸法精度は、ミクロンオーダーであり、マイクロ機器部品の開発目標であるサブミクロン以下の寸法精度を実現できていない。またマイクロ部品にはシャフトやピ

ン等アスペクト比の高い長軸状の形状をもつものが必要とされ、部材の高アスペクト比化も望まれている。

そこで、高精密度成形加工を安定して行うために必要な高強度、高靱性、高耐摩耗性を有する金型材料創製技術と、サブミクロンの寸法精度、高アスペクト比化を可能とする高精密度金型加工技術を開発する。また、離型性等を考慮したTiN（窒化チタン）やDLX（ダイヤモンドライクカーボン）等の硬質薄膜による金型表面処理技術も検討し、これらにより、サブミクロン以下の精度を実現させる長寿命高精密度金型を創製する。

金型材料では、W酸化物とC粉末の混合粉末を窒素及び水素中で加熱処理して還元・炭化反応させる直接炭化法により、BET法による換算粒度で0.1μm以下のナノタングステンカーバイドの開発を行っている。顆粒状に造粒されたWO₃-C混合粉末ペレットは回転炉で還元及び炭化され、タングステンカーバイド粉末に直接炭化される。この反応過程では種々の中間生成物の生成及び粒子の成長や成長粒子からの超微粒子核の生成等の反応が複雑に起きているため、反応プロセスにおける反応過程、ナノ粒子核生成、粒子の成長抑制、粒子の粉砕、粒径分布等を高精度に制御する技術の開発を進めた結果、60nmのナノタングステンカーバイド粉末を実現した。

超微粒超硬合金の開発では、このナノタングステンカーバイド粉末の粒成長を抑制し、均一な組織で0.1μmの粒度に焼結する一連の技術開発を展開している。このために、粒成長抑制剤の種類や添加量及びそれらの粉砕混合方法を最適化し、抵抗加熱式ヒーター炉による真空焼結と通電焼結を併用したハイブリッド法等を適用した低温短時間焼結法の開発を行っている。現状では、0.21μm粒度で2150Hvと世界最高水準の超硬合金を得ることに成功している。

このようにして得られた高強度の超微粒超硬合金をもとに、さまざまなマイクロ部品成形に用いられる高精密度金型の加工技術の開発を行っている。光ファイバ

コネクタ用成形金型やインクジェットノズル用打ち抜き金型等を $\pm 0.1\mu\text{m}$ の寸法精度で実現するため、加工負荷の小さい微細砥粒の砥石、あるいはELID研削法を使用した加工を進めている。

光ファイバコネクタ用のV溝加工技術では、油静圧軸受スライドの高精度スライサを用いて、機上放電ツルーイングの搭載、最適な砥石の選定と加工条件の検討を進め、隣接するV溝の中心間距離の寸法精度 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 、表面粗さ $Ra 0.01\mu\text{m}$ を実現している。また、パンチの相手となるダイでは細い穴になればなるほど、加工できる深さの限界が小さくなって、従来のドリル機械加工では超硬合金への穴開け加工は不可能に近い場合、加工力作用の小さい放電加工で開発を進めており、 $\pm 0.3\mu\text{m}$ の穴寸法精度を実現した。

FIB微細加工技術では、高精度金型のサブミクロン以下の加工精度に対応した、集束イオンビームによる微細仕上げ加工技術の開発、並びに加工面粗さに代表される金型材料の加工特性と材料組織、組成との相関を解明する研究を行っている。また、機能的硬質膜コーティングによる表面改質技術の開発も進め、微

細成形加工に適した金型材料開発と加工技術開発の両面から、より高精度な金型創製を目指している。

高精密部材成形加工技術の開発

高精度でかつ低コストのマイクロ機器部品を創製するためには、 $\pm 0.1\mu\text{m}$ で開発した高易加工性材料と高精度金属金型に加えて、大量生産化を可能とする高精密部材成形加工技術の開発が必要になる。ここでは、寸法精度がサブミクロン以下であるマイクロ機器部品、精密部材の製造を可能にする高精密部材成形加工技術、並びに成形性予測技術を開発する。

高精度プレス加工技術では、次世代インクジェットプリンタ向けのインクジェットノズルの開発を行っている。インクジェットプリンタでは、インク滴の着弾精度は画質に大きな影響を与えるため、ノズル直径のばらつきを $\pm 0.3\mu\text{m}$ 以下にして着弾誤差を $10\mu\text{m}$ 以内に抑える必要があり、このためノズル加工用パンチの高精度加工技術、及び高硬度・低摩擦係数という性質をもつDLCコートによる金型表面改質技術、プレス成形時のパンチに加わる応力分布や変形量のシミュレーション解析技術等の多くの開発を並行し

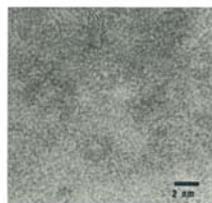
て進めて、 $20\mu\text{m}$ のパンチで65万ショットの耐久性を実現した。

高精密樹脂成形技術では、光通信用ファイバのコネクタとして超多心化、小型化、超低損失化の市場要求が強い多心光コネクタの高精度成形による製造を可能とするために、金型部品の高精度化、実成形条件の最適化、シミュレーションによる成形性予測評価技術の開発を行い、ファイバ実装密度を大きく向上させた小型24心光ファイバコネクタをトランスファ成形により試作し、ファイバ穴の軸ずれ量について $\pm 0.5\mu\text{m}$ を実現した。

3 成果の活用分野

平成16年度に実施された中間評価では、各研究開発項目が中間目標を達成し、順調に進捗していることを高く評価された。本プロジェクトによる技術開発の成果は、高精度金型のニーズが高い幅広い産業分野や企業に適用拡大が見込まれるため、今後もここでターゲットとして挙げられた製品をはじめとした多くの精密部品に波及させて、わが国の材料産業及び部材産業の国際競争力強化と発展に寄与し、経済の活性化に貢献することを目指す。

①高易加工性金属系新材料の開発



電析法により作製したNi-Wナノ結晶合金のTEM観察像
5nmオーダーまで結晶粒径が超微細化している



電析ナノ結晶合金の特性を利用した精密プレス加工による3次元マイクロ成形の実現

微細結晶粒径制御、微小部分の組成制御に優れ、また合金組成の多様性の高い特徴を有する加工性の優れた材料の開発

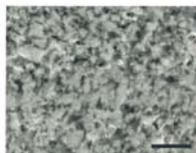
0.1 μm 粒径の超硬合金素材を開発し、それを用いて直径、ピッチ間の寸法精度0.1 μm の金型開発

穴直径、ピッチ間等の寸法精度が $\pm 0.3\mu\text{m}$ の部材成形加工を実現

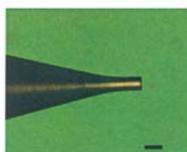
②高精度金属金型材料創製・加工技術の開発



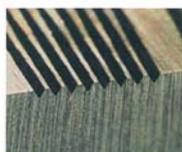
直接炭化法によって作製した60nmの超微粒WC粉末



低温短時間焼結プロセスで作製した粒度0.21 μm 、2150Hvの超硬合金



穴開けパンチ
 $\phi 20\mu\text{m}$

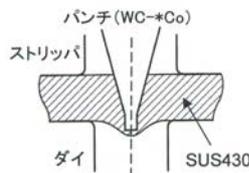


V溝ブロック
V角度 60°
250 μm ピッチ \times 8溝

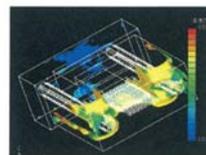


成形ピンブロック
 $\phi 80\mu\text{m} \times 24$

③高精密部材成形加工技術の開発



パンチ(WC-*Co)
ストリップ
ダイ SUS430



インクジェットノズル試作



24心小型コネクタ試作

図 研究開発の概要

愛・地球博(愛知万博)にて
「光未来展」を開催します

「光未来展」は日本が世界に誇る先端技術である光技術をテーマに、最も優れた光素材や光機器を集め、21世紀の光技術を展望することを目的に開催されます。

場 所：モリゾー・キッコロメッセ
(万博会場内)

会 期：5月12～22日(11日間)

JRCMは、モリゾー・キッコロメッセの「光未来展」に協力しています。

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第221号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM 総務企画部までお寄せください。
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。
本書の内容を無断で複写複製転載することを禁じます。

発 行 2005年3月1日
発行人 小島 彰
発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階
T E L (03)3592-1282(代) / F A X (03)3592-1285
ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>
E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp