

フロンティア技術開発研究

Development of Frontier Technologies

主任研究員名:田中武雄

分担研究員名:松本弘司, 入澤毅, 山田修, 吉川浩美, 籠谷正則, 上田博之

「産業」を大学名に冠する本学が、より強く産学連携を推し進めるためには、優れたものづくり技術や、知的財産につながるようなものづくりのアイデアを創出できる組織体を形成することが重要である。そのためには単一の技術をベースにするのではなく、広領域として実施することが、実用化を進める上で重要である。産学連携は特に、異分野交流の中での応用研究が重要である。

本研究組織では、地元大東や東大阪などの東部大阪における産業界と産学連携を推進してきた。このような本学の産学連携に対する姿勢は、産業界より高く評価されてきた。しかしながら、地元産業界からは、さらに国際的な競争力を持つ製品開発に対する技術開発支援や、オンリーワン技術開発に関する研究支援を求める非常に強い声が寄せられている。

本研究は、参加する本学の教員が自ら進めている先端研究を単に深く追求するというだけでなく、相互に(学際的に)技術の異分野交流を行うことにより、本学特有の新しい技術を開発するための研究を行おうとするものである。そして、フロンティア技術を開発研究することにより、産学連携をさらに推し進めて、地域に貢献しようとするものである。

平成16年度の分担研究は次の課題について実施された。

広領域分野名:フロンティア技術開発研究

分担研究課題及び分担研究者名:

- (1) ナノ・微細加工プロセスの開発 分担研究者;田中武雄
- (2) プラズマ溶射による鉄鋼基材への耐食・耐熱・耐磨耗性被覆材料の開発 分担研究者;松本弘司・入澤 毅
- (3) IrAl金属間化合物新素材の燃焼合成 分担研究者;山田 修
- (4) 高温過熱水蒸気発生システムの構築 分担研究者;吉川浩美
- (5) 搬送用ロボットアームの駆動用に歯付ベルトを用いた動きの研究開発 分担研究者;籠谷正則
- (6) 歯付ベルトの効率的な設計条件と性能向上に関する研究開発 分担研究者;上田博之

本年度の分担研究の内容については、個別の中間報告に譲るが、当研究会の活動を通じて、経済産業省等の実施する地域新生コンソーシアム等、学外への発展的な研究開発の取り組みにつなぐことができた。このことは、「産業」を大学名に冠する本学として、極めて大きな意義のある成果があがったと考える。

「ナノ・微細加工プロセスの開発」

田中武雄(工学部)

材料の持つ様々な特性が革新的に向上することや、部品そのものの軽量化・マイクロ化によるコストダウンなどが期待されることから、近年における先端技術は、極微小化つまりナノテクノロジーへの傾向が強まりつつある。ナノテクノロジーは大きくわけて、マイクロスケールのもを小さく加工するトップダウン技術と、ナノスケールあるいはそれ以下のサイズのもを組み上げてマクロスケールにするボトムアップ技術とに大別される。トップダウン技術はリソグラフィなどの従来技術を精緻化することによって構造を作り出すのに対し、ボトムアップ技術は化学的あるいは物理的な相互作用によって構造制御を行うものである。

FIB加工は現在、透過型電子顕微鏡観察用の薄片サンプル作製において、従来法と比較して観察したい微小領域を確実に切り取れることや試料作製が迅速に行えるなどの利点から、必要不可欠なものとなっている。本研究では、マニピュレーション機構を利用したマイクロ部品の加工と組み立てでは、ナノ・マイクロの世界でも通常の機械加工のプロセスと同様の作業を行え、同時にできあがった製品の良否を自分の目で確かめながら作業できるようなマイクロマニファクチャリングシステムをFIBの真空チャンバー内に構築することを可能にしてきた。

一方、超高強度超短パルスレーザーを集光照射すると、熱伝導が起こる前に瞬時にエネルギーが注入されるため、照射部位周辺が熱的・化学的損傷をほとんど受けない高精度、高品質な加工が実現できることに着目して、フェムト秒レーザーによる微細加工に関する技術開発も進めた。本研究では、多光子吸収という現象を利用して、通常であれば光が通り抜けてしまうガラスやダイヤモンドなどの透明材料の内部への3次元加工に関する技術を行った。また、直線偏光のフェムト秒レーザーを材料表面に集光照射すると、波長オーダーのピッチを持つ周期構造(テクスチャ)が自己組織的に形成されることを明らかにした。

これらの成果をもとに、さらに新しいナノ・微細加工技術開発を進める予定である。

「プラズマ溶接による鉄鋼基材への 耐食・耐熱・耐摩耗性被覆材料の開発」

松本弘司・入澤毅(工学部)

近年、金属間化合物は高温強度、耐熱性、耐酸化性、比強度、軽量性などの優れた特性から次世代の金属材料として期待されている。通常、金属間化合物の成形には金属原材料の溶解、拡散によりバルク材を作製し、これを二次加工する方法などが用いられているが、一般に金属間化合物は脆性的であるため二次加工には多大な労力を有する。したがって、金属間化合物の実用化には効率の良い加工成形法の開発が不可欠である。その意味において表面被覆材として金属間化合物の成形使用は、困難な二次加工をほとんど必要とせず実用化への期待が高いと考えられる。

そこで、金属間化合物の中でも耐熱性、耐酸化性材料として期待されるNiAl金属間化合物を用いて、

表面被覆処理の一つである肉盛溶接に着目し、耐熱性、耐酸化性、耐摩耗性などの耐環境性を向上させることを検討した。肉盛溶接は肉盛膜厚が比較的厚く、肉盛部の強度が大きい。また、完全溶着であり衝撃摩耗に強く、剥離しにくい。肉盛溶接によりNiAl 金属間化合物の肉盛層を形成させることができれば、異種材料上に耐熱性、耐酸化性に優れた肉盛層を形成させることが可能と考えられる。

組成比 1:1 のNiAl 金属間化合物粉末を燃焼合成で作製し、この粉末を用いて粉体プラズマ溶接法により一般構造用炭素鋼基材上へ肉盛溶接し NiAl 金属間化合物の肉盛層形成について検討した。その結果、粉体プラズマ溶接法によって一般構造用炭素鋼基材上に NiAl 金属間化合物肉盛層を形成させることはできたが、得られた肉盛層すべてにクラックが観察された。クラックは肉盛層の結晶粒界に沿って成長しており、溶接電流が高くなるにつれて増加する傾向を示した。

肉盛溶接では基材表面を溶融し肉盛層が形成されるため、溶接電流が高くなるにつれて入熱が大きくなり、肉盛層の基材への溶け込みが大きくなる。これによって、一般構造用炭素鋼基材からの肉盛層へのFeの拡散が生じ、凝固時に結晶粒界にFeが濃化し、熱応力でクラックが発生したと考えられる。クラックが一部観察されたものの、粉体プラズマ溶接によってNiAl 金属間化合物肉盛層の形成の可能性が明らかとなった。粉体プラズマ溶接によって欠陥のないNiAl 金属間化合物肉盛層を得るためには、基材からのFeの拡散を抑制する必要がある、今後この課題について検討していく。

IrAl 金属間化合物新素材の燃焼合成

山田 修(工学部)

日本の高度成長期を支えてきた大量生産は姿を消しつつあり、現在ものづくりの基本と言えば多品種少量生産へ移行していくと予測される。このような背景の中、ものづくりの基本である金型製作はかなり厳しいコストダウン、金型短納期を要求されるようになった。金型製作プロセスの中でも、放電加工に要する工数は大きなウェイトを占め、その放電加工に要する工数を減らすことが金型を短納期で仕上げる近道であると考え、同時にコストダウンを実現できることから、本研究を開始することとした。従来の放電加工では、一般的に電流・電圧などの加工条件を変えることが主流になっているが、それに加えて最適な新電極材料の開発と、その製造方法の確立も含めた総合的なシステムの確立が重要課題となっている。放電加工用電極材として最も良く使われるのが銅で、海外ではグラファイトを使う頻度が大きい国もあるが、この2種類の材料で殆どの放電加工を行っているのが現状である。しかしこれらの材料は一長一短の性質を持っており、材料だけを考えるとコストメリットはあるものの、消耗が激しい為と同じ形状の電極を何個も作らなくてはならない。消耗の少ない材料として、銅タンゲステンや銀タンゲステンなども考えられるが、コストの面で問題がある。そこで消耗の著しく小さい材料を開発することにより、必要電極数を減らすことが出来るなど大幅なコストダウンが見込まれるため、金属間化合物電極材料の創生と、その放電加工用電極に適合した電源を含めたシステム開発を実施した。今回は放電加工用電極として IrAl の特性を明らかにするため、(1) 式に示されるような反応式に基づいてノーマル型燃焼合成を行った。



空气中、アルゴン中のいずれの雰囲気中でも着火後は、燃焼波が進行して化合物を秒単位で合成するこ

とができた。各雰囲気で得られた生成物の微細構造観察の結果、TiCの場合よりもポア径の大きな3次元網目構造を取ることが分かった。また未反応 Ir がわずかに認められるものの、IrAl 金属間化合物が合成できることが分かった。この新素材は、10-4Ωcm 程度の比抵抗という導電性を有しているため、放電加工電極として具備すべき条件の1つを満たしていた。燃焼合成で得た IrAl 金属間化合物粉末をスパークプラズマシタリング焼結した結果、相対密度が95%以上の緻密な焼結体が得られた。電極形状への最適加工条件の開発を行った結果、緻密な金属間化合物に対して形状加工が可能となるような技術開発ができた。この新素材電極を用いた放電加工を実施して、その特性評価を行った所、IrAl 金属間化合物の場合は消耗率1%以下の「低消耗電極」となることが判明した。

高温過熱水蒸気発生システムの構築

吉川 浩美(短期大学部)

燃焼合成により得られた導電性 TiC セラミック多孔質体ペレットを石英管チューブに充填して、周囲に配置した誘導コイルにより高周波加熱を行うと同時に、下部から 100℃の低温飽和水蒸気を導入した場合、高温化した多孔質体ペレットの隙間を通る際に水蒸気が急速加熱される結果、石英管チューブの上部出口において 900℃の過熱水蒸気を発生させることができた。しかし TiC セラミック多孔質体ペレットを用いた場合は目標値の 1000℃に達せず、また繰り返し実験を行った際に電気的特性（インピーダンス）の劣化が認められ、最終的に高周波加熱が出来ない状態になった。そこで、耐熱・耐酸化性に優れた新素材としてエンジン部材やマイクロガスタービンなどへの適用が期待される導電性新素材として、NiAl 金属間化合物多孔質体ペレットを同様に充填して加熱を行った所、高温過熱水蒸気温度は 1000℃に到達して目標を達成した。また加熱の繰り返し実験においても電気的特性は変化せずに一定を保持し、高温過熱水蒸気による NiAl 金属間化合物多孔質体ペレットの劣化も認められなかったことから、高温過熱水蒸気発生ヒータとして十分に適応できることが判明した。また従来はボイラーによる飽和水蒸気の発生一再加熱による過熱水蒸気という2段方式であったが、加熱された多孔質体ペレットからの熱伝導+輻射による飽和水蒸気の発生システムを考案することにより、水から直接 1000℃の過熱水蒸気を発生できる1段方式を開発した。以上のように、今まで一般的に使用されるカーボンや金属ヒータを用いた際に起こる高温の活性水蒸気による劣化問題と 1000℃の高温に達しないという2つの問題を、新素材多孔質体の開発とその使用によって同時に解決することができた。また効率的な熱伝達機構を考案することによって水から直接、高温過熱水蒸気を発生させることにも成功した。これにより従来には無い小型・長寿命・高温・単純機構（1段方式）の高温過熱水蒸気発生システムが得られた。今後、これを用いて加熱調理による高付加価値食品の製造や、還元作用・炭化作用・乾燥作用・殺菌作用・洗浄作用および無酸素加熱源としての利用が考えられるため、食品以外にも多種多様な案件への対応が期待できる。特に自動車排気ガス中の微粒子状黒煙対策は緊急の要件であり、現行のディーゼルパテキュレートフィルター（DPF）を根本的に変えることができる。すなわち、フィルターで微粒子状黒煙を濾し取る方式でなく、高温過熱水蒸気により高温酸化分解により無害化する方法である。さらに環境対策として急務であるダイオキシン類有害物質の分解技術や、21世紀の水素社会を迎えるにあたって、草木類バイオマスからの高温水蒸気改質などを行う予定である。

搬送用ロボットアームの駆動用に歯付ベルトを用いた動きの研究開発 歯付ベルト駆動によるロボットアームの位置決め精度 (第1アーム上の回転伝達誤差)

籠谷正則(工学部)

液晶用ガラス基板やウェハー搬送用ロボットアームの駆動用に、軽量化や省エネおよび低騒音などの利点から歯付ベルトが使用される場合がある。しかしながら、歯付ベルトは回転伝達誤差を発生することが確認されており、ロボットアームの位置決め精度に影響を及ぼすことが考えられる。

本研究では、第1段階として第1アームを試作し、準静的領域において、アームが正逆回転したときの、歯付ベルトの本質的な噛みあいによる回転伝達誤差についての実験を行い、FEM解析と比較検討した。なお、FEM解析には汎用非線形有限要素解析プログラムを用いて行った。

第1アームを $\pi/2$ rad 毎に正逆回転させたときの回転伝達誤差について実験を行い、FEM解析と比較検討した結果、以下の結論を得た。

- (1)回転伝達誤差の計算結果は実験結果とほぼ一致しており、本解析モデルは有効である。
- (2)プーリ1のピッチを小さく、プーリ2のピッチを大きくすれば、アーム正逆回転時の回転伝達誤差は低減させることができる。

歯付ベルトの効率的な設計条件と性能向上に関する研究開発

上田博之(工学部)

歯付ベルトは、プーリとベルトとの間に移動滑りを生じない同期伝動である。平ベルトやVベルトと比較して高い伝達効率を得ている。その用途は事務・OA機器、家電機器、搬送機械、ロボット、工作機械、繊維・食品機械、自動車、農業機械、一般産業機械、多機能ベルトなどと多様な機械装置に使用されている。環境への配慮や省エネルギーが必要とされる昨今の社会において、各種機器に使用される歯付ベルト駆動装置についてもより円滑な運転や高効率化が要求される。このため、歯付ベルト駆動装置は一層の効率化を目指した設計を行うとき、軸受損失に加えて歯付ベルト自体の損失の影響を考慮する必要がある。歯付ベルトの伝達効率についての報告は少ない。そこで、歯付ベルトの伝達損失の発生原因を明らかにする。

本研究では、歯付ベルトの伝達損失について伝達力を作用させず、準静的な走行条件下で実験を行い、ベルト幅、厚さ、プーリ歯数の基本的な項目について比較検討を行った結果、次の結論を得た。

- (1) 取付張力が低く設定されることによって軸受損失とベルト損失が低減できる。
- (2) ベルト損失は主に噛みあい抵抗と曲げ抵抗によって生じる。
- (3) ピッチ差が小さくされることによって、噛みあい抵抗が低減できる。
- (4) 歯付ベルトの厚さとベルト幅は小さくされることによって、曲げ抵抗が減少できる。
- (5) 速度比は大きくし、原動プーリ歯数を多くすることでベルト損失を減少できる。