

深める努力を怠らないことが肝要と思われる。

[奥山 繁樹 防衛大学校]

## 16・4 電気・化学加工

放電遅れ時間に対する電極表面プロファイルおよび仕事関数の影響が検討され、表面の凹凸状態が放電遅れ時間に大きく影響することが報告された<sup>(39)</sup>。細線突合せおよび平行平板間における放電アークプラズマの熱平衡状態の観察<sup>(40)</sup>、加工くず濃度とギャップ長の定量的な関係が調査された<sup>(41)</sup>。微細加工に関しては、大電流単発放電における微細軸成形現象の成形ダイナミクスが解明された<sup>(42)</sup><sup>(43)</sup>。また、給電回路の浮遊容量に影響を受けない静電誘導給電法に関して、非接触電圧測定法が提案され、サーボ制御へ適用された<sup>(44)</sup>。加工液に対して直接超音波振動を付与した微細加工が行われ、加工特性の向上が確認された<sup>(45)</sup>。

電極消耗比の非常に小さい放電加工用銅タングステン電極が開発された<sup>(46)</sup>。PCD 工具の製作において放電加工を利用したドレッシング法が提案された<sup>(47)</sup>。工具電極の方向を工作物面の法線方向に傾けた気中放電形状加工が試みられ、加工特性の向上が報告された<sup>(48)</sup>。工具電極の長さに影響されない超音波加振法が提案され、放電仕上げ加工、砥粒加工への適用が試みられた<sup>(49)</sup>。ワイヤ放電加工においては、荒加工における電磁力の影響が調査された<sup>(50)</sup>。直径 50 $\mu\text{m}$  程度のスチールワイヤを高電気伝導率材料でコーティングしたワイヤによる加工特性<sup>(51)</sup>が検討された。同一機上でウォータージェットとワイヤ放電加工を組み合わせたハイブリッド高速くり抜き加工機械が開発された<sup>(52)</sup>。電解加工においては、極細線ワイヤによるマイクロ電解ワイヤカット加工法<sup>(53)</sup>、電解ジェット加工による複雑面の創成<sup>(54)</sup>が行われた。

[毛利 尚武 東京大学]

## 16・5 エネルギー加工分野

2007 年の国内光産業生産額は 8 兆円を超えて、前年比 6.4% 増の成長が示されている<sup>(55)</sup>。中でもレーザー加工分野は自動車産業、半導体産業の好調に支えられ、2007 年は 4 912 億円、前年比 12.3% 増の 2 けた成長となっている。自動車、重工業、建設分野の回復基調で、鋼板の切断や溶接のニーズが高まり、炭酸ガスレーザーの生産額は 1 000 億円を超えて前年比 4.7% 増となっている。半導体産業では、リソグラフィ装置で使用するエキシマレーザーの生産額が 2 500 億円、前年比 15.7% 増の成長率となっている。エレクトロニクス関連分野では、穴あけ、リベアなどで使用される個体レーザーが前年比 12.2% 増の成長を遂げている。レーザー加工が産業界で重要な地位を占めていることがうかがえる。

いっぽう、規模はまだ小さいが、急速に成長しているレーザーにファイバレーザーがある。光-光変換効率 70%、100kW の大出力が期待されるファイバレーザーは、産業用レーザーとして最も注目すべきレーザーである。レーザー学会誌では 12 月号に特集が組まれ<sup>(56)</sup>、溶接や表面処理などの研究成果が紹介され、近い内に CO<sub>2</sub> レーザや固体レーザーは、ファイバレーザーに置き換わると予想する記事も見られた<sup>(57)</sup>。課題は短波長、短パルス化であるが、後者では Q スイッチによるナノ秒レーザーやフェムト秒レーザーがすでに市場に登場し、CVD (Chemical Vapor Deposition) ダイヤモンドの切断やサファイヤ基板のスクライビング、透明材料の内部加工など実績を挙げつつあることが紹介された<sup>(58)</sup>。

日本機械学会誌では、11 月号に特集「最新のレーザー加工技術」が組まれた。その中で超短パルスの分子動力学シミュレーションや時間分解観察<sup>(59)</sup><sup>(60)</sup>など興味深い研究成果が紹介された。また従来、砥粒加工で行われた硬脆(ぜい)材料のダイシング<sup>(61)</sup>や切断<sup>(62)</sup>は、コストダウンや高効率化のためレーザー加工に置き換わる可能性が示唆された。

精密工学会誌に掲載されたレーザー加工関連論文では、10 編中 5 編は光造形に関連する論文であった<sup>(63)</sup>。そのうち、金属造形が 3 編あり、実用化を意識した研究であることがわかる。ほかに、アルゴンイオンレーザーを用いたガラスの背面から内部加工を行った研究などが報告された<sup>(64)</sup>。

従来より新しいレーザー発振器が開発されるとレーザー加工で性能を確かめる傾向がある。したがって、超短パルスレーザーを用いた微細加工は、レーザー発振の研究が盛んな(社)応用物理学

会やレーザー学会での発表が多く見られる。これに対して産業用レーザーを用いた加工研究は、精密工学会や日本機械学会での発表が多い。2007 年には精密工学会や日本機械学会においても、フェムト秒レーザーを用いて、摩擦、濡れ、光学特性などの表面機能形成を試みる研究が報告されるようになり<sup>(65)</sup><sup>(66)</sup>、産業界からの熱い期待が伺える。今後、発振装置の価格が下がれば、超短パルスレーザーは、さまざまな加工分野で使用されるはずである。2009 年には、これまでの 1W クラスの価格で、10W の製品が市場に投入されるとする予測もある<sup>(67)</sup>。期待して動向を見守りたい。

最後に、レーザー加工に対する要求が厳しくなる中、発振器の種類だけでなく、光学系、精密ステージやガルバノシステムなどの周辺技術が重要となってきている。光学素子としては、アナログ型回折ビームスプリッターが高い光効率、高いスルーput を可能とするものとして注目される<sup>(68)</sup>。

[池野 順一 埼玉大学]

## 16・6 工作機械

2007 年の工作機械は引き続き好調で全世界の消費額は好調だった 2006 年に比べてさらに 10% 以上増加した模様である。5 軸加工機や複合加工機が好調であり、これらの技術に関する実用的な研究が多くなされた。まず運動性能評価における分野では、ボールバー法による旋回軸の動的運動精度測定法<sup>(69)</sup>、5 軸マシニングセンタの幾何偏差同定法<sup>(70)</sup>、同時 5 軸の経路誤差測定法<sup>(71)</sup>、ロータリエンコーダによる空間運動精度測定装置<sup>(72)</sup>、5 軸マシニングセンタの傾斜軸位置決め装置<sup>(73)</sup>などの研究がなされた。機械の開発に関するものとして複合加工機の開発<sup>(74)</sup><sup>(75)</sup>、5 軸加工機の開発<sup>(76)</sup>、ロータリテーブルの制御<sup>(77)</sup>多軸同期制御向上のための制御系設計<sup>(78)</sup>に関する研究がなされた。5 軸加工に関しては、工具の傾斜角度により加工安定性の評価<sup>(79)</sup>、5 軸加工における工具姿勢の決定方法<sup>(80)</sup>、金型加工における工具傾斜加工<sup>(81)</sup>、5 軸加工機を用いた彫像加工<sup>(82)</sup>、5 軸加工機による突き加工の研究<sup>(83)</sup>などがなされた。工作機械の高精度化に関する研究としては、熱変形の加工誤差を簡便に補正する技術<sup>(84)</sup>、ロストモーションに関する補償技術<sup>(85)</sup>、5 軸加工における工具セッティングの誤差測定と補正法<sup>(86)</sup>に関する研究報告があった。リニアモータの高精度化技術に関する研究も数件見られ、3 台のリニアモータを直動テーブルに取付重心位置、振動、ヨーイングの制御を行う研究<sup>(87)</sup>、XY テーブルを同一平面におき、超精密位置決めを可能とする研究<sup>(88)</sup>、リニアモータ旋盤による鏡面加工に関する研究<sup>(89)</sup>、リニアモータのタンデム制御における高精度な制御系に関する研究<sup>(90)</sup>がなされた。

[藤嶋 誠 (株)森精機製作所]

## 16・7 工具および工作機器

加工の自動化やコスト削減に向けて高性能な工具・工作機器が引き続き研究開発されている。さらに 2007 年は航空機産業で用途が拡大している CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) などの複合材料に適したダイヤモンド工具などの新たな開発が動き始めている。

切削工具の動向は、焼入れ金型鋼などの高硬度材料用、ステンレス鋼やチタン合金に代表される難削材料用、小型精密金型を対象としたマイクロ加工用、アルミニウム合金に対する高エネルギー工具の開発が活発に行われている。具体的には長寿命・低摩擦コーティング膜の開発・改善、びびり振動抑制、剛性や切くず排出性をよくする刃形状への改良、母材の改質が行われている。cBN 小径工具を使った加工事例が多く紹介されている<sup>(91)</sup>。切削工具に関する情報は商業雑誌に多く記載されている。

振動切削が難削材の加工や表面品質に有効性であることが明らかにされ<sup>(92)</sup><sup>(93)</sup>、実用化へ向かっている。また難削材に対しては従来から工作物を加熱軟化させる方法だけでなく工具を冷却して加工する方法が提案されている<sup>(94)</sup>。

研削工具は、微細加工を対象にしたマイクロ電着工具の開発<sup>(95)</sup>、長寿命を目指した砥石台金形状の開発<sup>(96)</sup>、新しいボンド剤を使用した砥石の開発も行われている<sup>(97)</sup><sup>(98)</sup>。研削精度を高めるためのツルーイング・ドレッシング方法の解析が実験と理論の両面から行われている<sup>(99)</sup>。さらに研磨性能を高めるためのラップ定盤修正用の砥石開発が行われている<sup>(100)</sup>。硬脆材料の切断用ワイヤ工具の開発も活発に行われている<sup>(101)</sup>。研削加工の研究開発は固定砥粒の特長を生かして、従来の遊離砥粒に