

## 調査・研究報告書の要約

書名	平成19年度新加工技術の動向についての調査研究報告書				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会・株式会社 日鉄技術情報センター				
発行年月	平成20年3月	頁数	117頁	判型	A4

### [目次]

序 (金井会長の序)

序 (樋口社長の序)

### 目次

#### I. 調査研究の概要

1. 調査研究の目的
2. 調査研究の内容
3. 調査研究のタイム・スケジュール
4. 調査研究の要約

#### II. 調査研究の詳細

##### 第1章 加工技術の動向調査

- 1.1 文献調査による新加工技術の抽出
- 1.2 取り上げるべき新加工技術の第1次案に関する有識者へのヒアリング
- 1.3 新加工技術抽出のまとめ

##### 第2章 新加工技術の現状、導入による効果

- 2.1 超精密切削加工
  - (1) 技術内容と特徴
  - (2) 導入による効果
    - 1) 複合加工機
    - 2) MQL
- 2.2 ファインブランキング
  - (1) 技術内容と特徴
  - (2) 導入による効果
- 2.3 プラスチック特殊成型
  - (1) 技術内容と特徴
  - (2) 導入による効果
- 2.4 積層造形法
  - (1) 技術内容と特徴

- 1) 光造形法
  - 2) 粉末焼結法
  - 3) インクジェット法
  - 4) シート積層法
  - 5) 押出し法
  - (2) 導入による効果
    - 1) 我国の使用状況
    - 2) 複合造型機
    - 3) バイオ担体造形
    - 4) 補聴器の耳形造形
- 2.5 ナノインプリント
- (1) 技術内容と特徴
  - (2) 導入による効果
    - 1) 高アスペクト比構造の作成
    - 2) 3次元構造のナノインプリント作成
    - 3) 離形時の対応
    - 4) ナノインプリント加工機
- 2.6 大面積電子ビーム加工
- (1) 技術内容と特徴
  - (2) 導入による効果
- 2.7 FIB-CVD
- (1) 技術内容と特徴
  - (2) 導入による効果
    - 1) FIB-CVDによる堆積加工
    - 2) 中空構造物の堆積方法
    - 3) FIB 旋盤
- 2.8 レーザによる微細加工
- (1) 技術内容と特徴
    - 1) ファイバーレーザー
    - 2) フェムト秒レーザー
  - (2) 導入による効果
    - 1) ファイバーレーザー
    - 2) フェムト秒レーザー
- 第3章 技術課題と波及効果
- 3.1 技術課題
- (1) 超精密切削加工

- (2) ファインブランキング
- (3) プラスチック特殊成型
- (4) 積層造形
- (5) ナノインプリント
- (6) 大面積電子ビーム加工
  - 1) 大気圧下電子ビーム溶接
  - 2) 大気圧下電子ビーム表面仕上げ
- (7) FIB-CVD
- (8) レーザ加工

### 3.2 波及効果

- (1) 波及対象分野
- (2) 加工法毎の波及性
  - 1) 超精密切削加工
  - 2) ファインブランキング
  - 3) プラスチック特殊成型
  - 4) 積層造形
  - 5) ナノインプリント
  - 6) 大面積電子ビーム加工
  - 7) FIB-CVD
  - 8) レーザ加工
- (3) 波及性の比較

## 第4章 「新加工技術」の開発促進のための課題と対策に関するアンケート調査

- 4.1 アンケート方式
- 4.2 回答結果
- 4.3 考察

## 第5章 まとめ

### [要約]

#### 第1章 加工技術の動向調査

##### 1.1 文献調査による新加工技術の抽出

新加工技術の枠組みを定めるために JST JDream II を用いた文献検索を行った。対象期間を 2002 年～2006 年とし、キーワードとして「加工\*技術\*動向\*2002-2006/PY\* (超微細+超精密+高効率+3次元)」を用いて検索した。検索結果は 507 件あったが、これら全ての抄録を読んで、この中から 50 件を抽出し、更にこれらのフルペーパーを読んで取捨選択し、新加工技術として取り上げられるべき技術として 11 件に絞り込んだ。

## 1.2 取り上げるべき新加工技術の第1次案に関する有識者へのヒアリング

前節で絞り込んだ11件の技術を新加工技術として取り上げることの妥当性をチェックするために、3名の有識者を訪問し、抽出した技術と、他の加工法についての意見を伺った。大筋では同意していただき、新しい知見も得ることが出来た。

## 1.3 新加工技術抽出のまとめ

1.1節で抽出した結果とヒアリングで聴取した意見などを参考に、更に検討を行い、次の技術を調査対象とすることにした。

①超精密切削 ②ファインブランキング ③プラスチック特殊成型 ④積層造形 ⑤ナノインプリント ⑥大面積電子ビーム ⑦FIB-CVD ⑧レーザ加工(ファイバーレーザ、フェムト秒レーザ)

## 第2章 新加工技術の現状、導入による効果

### 2.1 超精密切削加工

レンズや、プリズムなどの光学素子、IT関連機器の金型等のニーズの高まりから超精密切削加工技術は5軸複合加工機の出現を促した。そこでこれらの機械による加工精度の調査を行った。その加工例として開き角3度、アスペクト比5、微小ピッチ $35\mu\text{m}$ の溝加工や、エンドミル加工で $10\text{nmRa}$ の鏡面が得られている結果と市販されている複合加工機の例などを示した。

また近年切削油の廃油処理は環境面から見て解決を求められている課題であり、そのための技術として注目されているMQL (Minimum Quantity Lubrication) についても調査した。MQLの為の切削油の種類やミスト用ノズルの構造等を示した。

### 2.2 ファインブランキング

従来のプレス加工では得られなかった平滑なせん断面や高精度な加工が出来るファインブランキング加工技術は、他の成型法と組み合わせた複合プレス機械の出現とともに近年注目を集めている。現在では19mmの板厚の物まで打抜けるようになった。またこれを順送り工程内に組み込むことによって生産性を上げている例などを示した。

### 2.3 プラスチック特殊成型

プラスチック特殊成型としてサンドイッチ射出成型技術を取り上げた。この技術は成型品の表層(スキン層)と内部(コア層)の構成樹脂の材質を変えて成型する方法で、内部に廃プラスチックを使いスキン層にバージン剤を用いる事によって外見品質の良い製品が出来るので、環境対応技術として注目されている。廃プラスチックの再生利用の実態と、この成形技術として開発したMMP方式を例示した。

## 2.4 積層造形法

ラピッドプロトタイピングとも呼ばれる積層造形法について調査した。この方式には種々の技術が開発されているが、ここでは①光造形法 ②粉末焼結法 ③インクジェット法 ④シート積層法 ⑤押し出し法について述べた。またこの技術では造形後の表面に段差が残るので、造形後の後処理加工を組み合わせた複合造形機の出現などに触れた。更にこの加工法のバイオ関連への適用例として、再生医療用担体の成型や、補聴器の外耳部分の造形などの例を示した。

## 2.5 ナノインプリント

凸版式印刷技術に似た方法でシートに微細構造を創成する方式である。熱硬化性樹脂を用いる熱式と、光硬化樹脂を用いる光式の2通りの方式があり、この2方式の特徴について調査した。またこの方法の構成技術として、モールド、被加工材、転写装置などに求められる機能と、この方式によって微小構造物を作るための技術として、高アスペクト比の構造作製、3次元構造物の作製、離形時の対応技術などの実施例にも触れた。さらに市販されている機械の例を挙げた。

## 2.6 大面積電子ビーム加工

電子ビームを用いて広い面積の一括表面仕上げを行う技術である。そのためには広い面積に電子ビームを集中させる技術が必要でその内容を紹介した、また電子ビーム溶接機を用い、ビーム径を0.3mm程度に絞って超高速でスキャンさせる方式によっても広い面積の表面仕上げを行う方法もあることを紹介している。

## 2.7 FIB-CVD

集束イオンビーム装置(FIB)によって3次元構造を造形する技術である。試料ステージの上に有機ガス例えばフェナントレンガスを加熱された状態で試料に吹き付けると、このガスはGaイオンの照射位置でガス分子が分解し、アモルファスカーボンが成長し堆積する。この方法によって積層造形法と同じやり方で造形する。これによってマイクロメータサイズのウイングラス模型の造形や、立体電気回路を造形した例を示した。

## 2.8 レーザによる微細加工

ファイバーレーザーとフェムト秒レーザーを取り上げた。ファイバーレーザーは高出力、長寿命、機械的衝撃に強くランニングコストが安いなどの特徴がある。そのため、近年急激に需要が伸びていて、薄板金属の溶接、マーキング、異種金属材料同士の接合などにも使われている例を示した。

フェムト秒レーザーは透明体内部の加工が可能であり、光導波路、光格子、流体回路な

どを透明体内部に作り込む事が出来る例を示した。また被加工材表面にナノリップル構造の形成が可能であり、これによって摩擦面での潤滑性能を向上できる例や、薄膜の下地処理を行えるので、剥離による不具合を改善できる例などを示した。

### 第3章 技術課題と波及効果

#### 3.1 技術課題

前章で調査した各技術についてそれらの技術課題を検討した。

##### (1) 超精密切削加工

複合加工機については面粗度の向上、寸法精度の向上は常に要求される課題であり、近年の IT 技術の進展を取り入れた技術開発が求められる。周辺技術として工具の取付け方法や、難削材や骨等の特殊な材料に対するデータベースの整備の必要性などに触れている。

MQL に関してはミストに関する環境面からの様々な規制への対応、また油剤や工具形状の改良などについても触れた。

##### (2) ファインブランキング

型の決定のために費される時間の短縮化のための技術開発が必要であることに触れた。精度の向上、板厚限界の向上なども課題である。

##### (3) プラスチック特殊成型

サンドイッチ射出成型は廃プラスチック対策技術としての側面が大きく、技術面だけの課題に止まらないことを述べた。

##### (4) 積層造形法

造形法の種類により使われる材料に固有の問題があるが、共通の課題としては製作時間の短縮化、作業性の簡便化など、また 3 次元造形のためのシミュレーション技術の開発の必要性を述べた。

##### (5) ナノインプリント

より大きな面積への展開するために、輪転機印刷に似たロール・ツー・ロール技術への技術開発の必要性を指摘した。またこの技術の応用分野としてバイオ関連、エネルギー技術を想定できることを述べた。

##### (6) 大面積電子ビーム

電子ビームをより大きな面積に応用するためには真空チャンバ内での作業が隘路となっている。そのための方策として大気圧下電子ビーム溶接機の例を挙げて解決のためのヒントとした。

##### (7) FIB-CVD

ナノサイズの 3 次元形状を作る技術として注目され、我国固有の技術である。しかしまだ実験室レベルでの開発であり、どこまで展開できるか未知数である。

#### (8) レーザによる微細加工

ファイバーレーザーは開発の速度が速すぎるために加工技術が追いついていないという指摘がある。フェムト秒レーザーに関してはコストがまだ未解決の問題であるが、この技術をバイオ関連へ使えることの可能性についても述べた。またミシガン大学の特許について配慮すべきことを指摘した。

### 3.2 波及効果

日機連の団体会員を以下の10種の産業界すなわち①加工機械、②成型加工、③工具、④機械要素、⑤IT、⑥計測器、⑦電気機器、⑧産業機械、⑨輸送機械、⑩航空・防衛に区分し更にこれにバイオ関連と環境を付け加えた12種の産業界に対して、前章で調査した技術がどのような波及効果を及ぼすかを検討した。ここでは波及効果に重みを付け、その総点数を評価点として波及度合いの大きな技術を抽出した。上位3位は次の通り。

- (1) 複合加工機（超精密切削加工）
- (2) ナノインプリント
- (3) フェムト秒レーザー

## 第4章「新加工技術」の開発促進のための課題と対策に関するアンケート調査

### 4.1 アンケート方式

新加工技術に関する意識と、これらの開発のための公的公募制度の利用状況などを調べるために、文献調査で抽出された著者のうち、ふさわしいと考えられた研究者にE-Mailを用いてアンケート調査を行った。

### 4.2 回答結果

回答結果を纏めて表示した。

### 4.3 考察

様々な回答があり、ひとまとめにして集約することは難しいが、頂いた意見を集約すると以下となる。

- ・ 研究開発・実用化開発の公的助成制度の使い勝手の悪さに対する指摘はあるものの、助成金が開発の加速に大きな効果があることは認識されている。
- ・ 制度の認知度は必ずしもよくない。
- ・ 現状の制度以外に、更に促進させる制度が必要であるとの要望が強い。
- ・ 新加工技術の国内企業への普及によって、国内の産業技術を底上げするためには、情報公開の拡大と、企業が新加工技術の機械を導入するための助成をすべきであるとの意見が多い。

- ・ その他の意見として、審査段階での判断が必ずしも適切でないという指摘や、ニーズとシーズの間のコーディネータの不在の指摘もあった。

## 第5章 まとめ

新加工技術と目されている技術を抽出するために、文献検索を行いその中から 507 件の論文を対象に抄録を読み込んだ。そしてこの作業を通じて新加工技術に落とし込むと同時に内部での討議と有識者へのヒアリングを通じて、対象技術として 8 種の技術を選び出し、これに関する調査を行った。

調査内容はそれぞれの技術の現状と、それを導入する事による効果を調べた。さらに個々の技術の今後の課題についての考察を行った。また、12 種の産業界を対象にこれらの技術の波及効果の評価を行い、新加工技術の産業界への波及効果の大きな上位 3 位は以下となった。

- (1) 複合加工機（超精密切削加工）
- (2) ナノインプリント
- (3) フェムト秒レーザ

また、新加工技術の開発促進のための課題と対策について研究者へのアンケート調査を行い、新加工技術の研究開発に関する現況認識と今後の方向性についての意見を集約した。



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。  
<http://ringring-keirin.jp/>

