精密微細加工技術に関する調査研究

佐藤　健*　樋口　智*　宮口　孝司*　伊関　陽一郎*　天城　裕子**　斎藤　博**

Report of Market and Technology Trends of Precise Microfabrication

SATO Takeshi*, HIGUCHI Satoru*, MIYAGUCHI Takashi*, ISEKI Yoichiro*,
AMAKI Yuko** and SAITO Hiroshi**

1. 緒　　言

医療・バイオテクノロジーやエレクトロニクス機器などの高付加価値産業分野においては，製品の小型・軽量化や高機能化・高精度化により，精密な微細形状を付与した加工品・成形品が要求されている。これに伴い，部品加工を行う企業に対してもより高度な加工技術が要求されるようになってきている。そこで本調査研究では，「微細加工研究会」を立ち上げ，精密微細加工技術について，セミナーによる情報提供，技術動向と企業における技術課題の調査，加工実験による技術蓄積を行い，県内企業の高付加価値分野への参入を促すとともに，共同研究や公募型研究事業への研究課題の提案をすることを目的に活動した。

2. 活動概要

2.1 技術セミナーの開催

最新の切削加工技術をテーマとしたセミナーを2回開催し，延べ65名（そのうち企業の参加は30社43名）の参加を得た。図1に第2回講演会の様子を示す。各回の詳細は以下のとおり。

・第1回講演会（平成25年10月25日）

講演 1：超音波楕円振動切削による難削材料の超精密・微細加工（名古屋大学大学院工学研究科機械理工学専攻教授　社本　英二氏）

マイクロレンズアレイや液晶用導光板などの精密プラスチック部品用金型に使用される難削性高硬度材料に対しては，従来の超精密ダイヤモンド切削の適用が困難であったが，講師らの開発した超音波楕円振動切削法では，著しい切削性能の向上が見いだされた。

講演 2：ナノ多結晶ダイヤモンド工具による超精密切削加工の可能性（(株)アライドマテリアルダイヤ営業統括部主幹　小畠　一志氏）

被削材の多様化・難削化に伴い，従来の単結晶ダイヤモンド工具などでは対応が難しい事例が増えてきている。そのような中で，当社の開発したナノ多結晶ダイヤモンド（以下NPD）工具は，従来のダイヤモンド工具を超える硬度と耐摩耗性を有している。

・第2回講演会（平成26年1月24日）

講演 1：「微細加工研究会」活動報告（工業技術総合研究所レーザー・ナノテク研究室　佐藤　健）

NPD 工具による超硬材へのマイクロレンズアレイ加工，鉄系材料への高アスペクト比微小テーパ穴加工，厚膜レジストを使用した高アスペクト比形状の電鋳マスター形成など，当研究会で実施した加工実験について報告した。

図1　第2回講演会の様子

*　研究開発センター
**　下越技術支援センター

講演 2：微細工具による超精密加工技術～微細切削加工現象から超精密加工金型製作まで～（滋賀県立大学工学部教授　中川　平三郎氏）

医療・光学・自動車の分野では微細・超精密加工の重要性が話題になっている。実際に取り組む場合に使用される微細工具，工作機械とともに微細加工特有の加工現象を理解することが重要であり，講演で微細切削現象とそれを応用した超精密金型の開発事例について解説した。

2.2　市場や県内企業の動き

医療機器市場は，日本だけではなく世界的に見ても成長市場であり，景況に左右されない着実な成長が見込まれている。この市場は，高い利益率と少量多品種が特徴とされており，個々の機器の市場規模が小さいので，中小企業の参入に適した一面を持っている。市場全体のシェアにおいては，まだ輸入品の占める割合が高く，高い技術力によっては参入余地のある有望な市場と考えられる [1]。

この分野には多くの県内企業が関わっており，いくつかの開発事例があった。製品には生体適合材料が使われることが多く，微細加工技術に加えチタン合金などの難加工材の切削加工技術や生分解性樹脂の精密成形技術なども差別化を図るうえで重要と考えられる。

バイオテクノロジー分野では，これに関わる県内企業はまだ少ない状況であった。この分野で微細加工技術が適用される代表的な製品は，マイクロ流体デバイスである。これは，μTAS（Micro Total Analysis System）や Lab on a Chip とも呼ばれ，チップ上に微小流路や反応室，混合室を形成し，一つのチップ上で血液などの液体を極微量で分析するデバイスであり，高精度の微細加工技術が要求される。チップ上の構成によってさまざまな分析に利用でき，DNA や血液検査などの医療検査のみならず，植物工場における培養液，大規模営農における土壌分析などの農業分野，その他食品，環境など広範な分野で応用が期待されるため，当研究会にて継続調査を実施する予定である。

電子機器など既存産業分野においても，種々の開発ニーズがあった。これらの調査結果をもとに今後の研究テーマを検討する。

3.　加工実験

この研究会活動は，公募型研究事業などへの研究テーマの提案を目的の一つにしており，そのベースとなる技術を蓄積するため，いくつかの加工実験を実施した。以下に二つの事例を紹介する。

3.1　NPD 工具による加工実験

微細加工が求められる分野においては，加工精度に加え，大平面化への対応も必要となっており，工具の耐久性が求められている。

そこで，耐久性に優れるとされ，セミナーでも取り上げた NPD 工具 [2]について，従来の単結晶ダイヤモンド（以下 SCD）工具やバインダレス cBN（以下 cBN）工具と比較した加工試験を行った。

図 2 のマイクロレンズアレイ型をモデルとし，R0.5mm の 1 枚刃ボールエンドミルで表 1 に示す条件で実験した。摩耗量は，マイクロレンズ 10

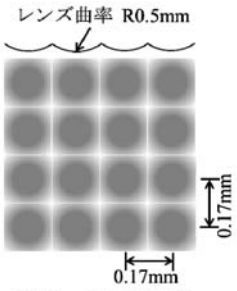


表 1　加工条件

被削材	超々微粒子超硬合金
加工機	FANUC ROBONANO α-0iA（ミーリングユニット）
主軸回転数	40,000min^{-1}
主軸傾斜角度	鉛直より25°
送り速度	0.001μm/rev
総切り込み量	20μm
クーラント	放電加工油

図 2　加工仕様

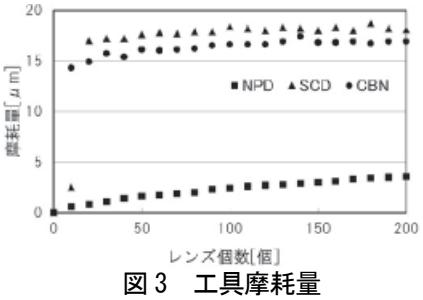
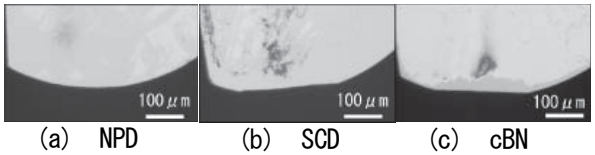


図 3　工具摩耗量



(a)　NPD　　(b)　SCD　　(c)　cBN

図 4　工具の状態

個ごとに無酸素銅製のダミー材を加工し，その形状変化を非接触三次元測定装置（三鷹光器(株) NH-3SP）で測定して算出した。

摩耗量の変化を図 3 に，200 個加工後の各工具の状態を図 4 に示す。NPD 工具は，SCD 工具や cBN 工具に比べ摩耗量が非常に少ないことがわかった。

また, cBN 工具はレンズ個数 10 個で大きく摩耗したが，SCD 工具は 10 個程度であれば摩耗の進行は少なかった。

3.2 微小テーパ穴の直彫加工試験

電鋳金型は微細形状の成形金型に適するが，材料のニッケルは硬度 200HV 程度で耐久性に課題がある。硬度 400～600HV を有する焼入鋼の使用が望まれるが，切削抵抗が高く折損や工具のたわみによる加工の困難さがある。

そこで，難形状の加工における課題を把握するため，高アスペクト比の微小テーパ穴をモデルとした切削加工実験を県内企業数社に委託した。以下にそのうちの 1 社の事例を示す。

NAK55(HRC37)を被削材として，図 5 に示す形状を加工した。表 2 に加工工程の概略，図 6 に仕上げ工具を示す。評価は加工した穴にシリコン樹脂を充填し形状を転写して行い，その結果を図 7 に示す。

粗さ，形状とも概ね仕様どおりに加工できていたが，中央部に工具切替えに由来する約 4μm の加工段差が生じており，仕上げ工程に改善の余地があった。

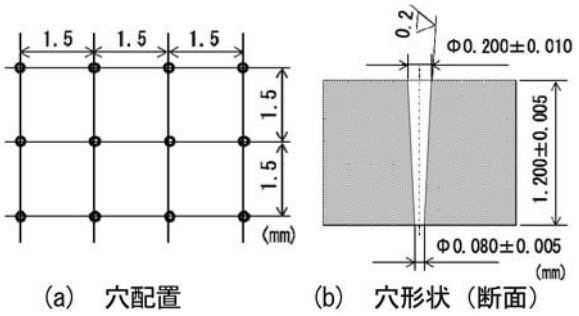


図 5 加工形状

表 2 加工工程

①	ドリル φ0.08mm	
②	ボールエンドミル R0.075mm（等高線加工）	
③	ボールエンドミル R0.05mm（等高線加工）	
④	仕上げ工具 φ0.08mm-5.72°（ステップ送り）	

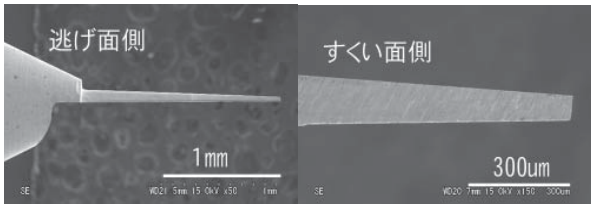


図 6 仕上げ工具

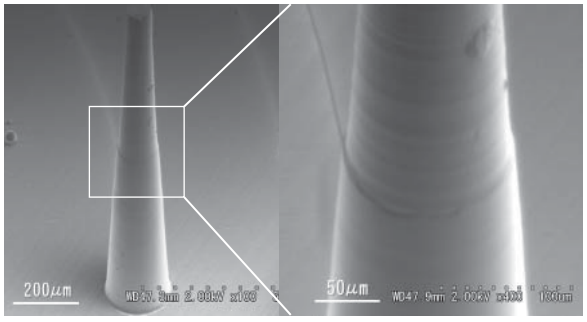


図 7 転写形状

4. 結　　言

(1) 最新の切削加工技術に関するテーマを中心に講演会を計 2 回開催し，企業から延べ 30 社 43 人の参加を得た。

(2) 精密微細加工の技術動向，県内企業の技術課題を調査した。これをもとに今後の研究テーマを検討する。

(3) 微細加工の要素技術について実験を行い，講演会において県内企業への情報提供を行った。

参考文献

1) 独立行政法人中小企業基盤整備機構，“医療分野に進出した中小サプライヤーに関する調査”，中小機構調査研究報告書，4，6，2012，pp.9-12.

2) 住谷均，“合成ダイヤモンドの新展開「高硬度ナノ多結晶ダイヤモンド」”，SEIテクニカルレビュー，180，2012，pp.12-19.