

平成 15 年度 戦略的基盤技術力強化事業  
研究開発成果報告概要

事業管理 法人名	社団法人 日本金属プレス 工業協会	代表者名	江口 昌典	所在地	〒105-0011 東京都港区芝公園 3 丁目 5 番 8 号 Tel : 03-3433-3730
-------------	-------------------------	------	-------	-----	--

管理番号 15K 6  
技術分野 金型分野  
技術区分 次世代金型技術 / 金型加工技術  
技術開発課題 超音波援用金型技術  
テーマ名 超精密超音波振動金型技術による革新的生産手法に関する研究開発  
研究開発期間 平成 15 年 8 月 22 日 ~ 平成 16 年 2 月 5 日

## 1. 委託事業実施の背景と委託事業の概要

パーソナルコンピュータや携帯電話等の情報機器は、今後、急速な普及および低コスト化が進むものと予測される。それに伴い、前記機器に使用される高精度金属部品を高速かつ低コストで生産することが要求される。しかしながら、超精密切削加工等による現状の生産加工技術では、その対応が不可能であるという問題点がある。その問題点に対して、実施する委託事業では、高速生産が可能なコイニングおよび転造加工法による前記高精度部品の生産加工技術を開発することを目的とする。同目的を達成する手法として、前記コイニングおよび転造加工法の加工精度を大幅に向上させられるものと期待できる超音波振動を援用した革新的金型加工技術手法を開発する。

## 2. 委託事業全体の内容と目標

### (1) 技術の内容と新規性、独創性、改善性又は技術基盤強化性

実施する委託事業においては、情報機器等の部品としての高精度金属部品を超音波援用金型技術を用いたコイニングおよび転造加工法により高速・低コストで生産する革新的生産技術の開発を行う。同技術は基本的に全ての高精度金属部品に適用可能と考えられるが、委託事業期間における加工対象には、ハードディスクドライブ（HDD）等の記憶ディスクドライブに用いられる小型モータの流体動圧軸受部品を選定する。同軸受部品はプレート形状のスラスト軸受部品およびシャフト形状のラジアル軸受部品から構成され、それぞれ表面に深さ数 $\mu\text{m}$ 程度の超精密マイクロ溝の加工が要求される。本事業においては、ダイに超音波振動を付加しながら加工する超音波コイニングおよび鍛造加工技術により、それぞれスラスト軸受およびラジアル軸受を生産するための超音波金型の開発、あるいは超音波加工技術の開発を実施し、同技術による革新的な高速・高精度生産技術手法を開発する。

### (2) 技術目標値

技術目標値〔（注）優先順位の高い順に記載した〕

(1) 超精密超音波振動コイニング金型：金型のサイズを従来の超音波振動金型に比べて最大 1/10 程度にまでコンパクト化し超精密プレス機械へ設置可能とし（例えば、現状 900mm 幅から 90mm 幅程度）、かつ超音波振動の安定性を従来の約 10 倍に向上（例えば、現状安定出力時間 1 分から 10 分以上）させ、実生産加工に供しうる使用の金型を開発する。

(2) 超精密プレス加工製品：

[小型動圧軸受部品] 加工精度を従来プレス加工品の約 10 倍（現状 10 $\mu\text{m}$  オーダーから 1 $\mu\text{m}$  オーダー）に精度向上させる。生産速度および加工コストを従来の汎用プレス加工品と同等とする（従来の切削加工品の 50~100 倍に向上させる）。加工コストを従来の切削加工品の 1/5~1/10 に低減させる。

(3) 超精密ダイ加工技術：ダイ加工精度を従来コイニングダイの約 10 倍（例えば、現状の溝部寸法精度 10 $\mu\text{m}$  オーダーから 1 $\mu\text{m}$  オーダー）に向上させる。

### 3. 委託事業全体における技術目標値を達成するための課題と解決方法

#### (1) 超精密超音波振動コイニング金型の開発

- ・コイニング加工に必要な大出力を得ることが可能な小型超音波振動子を開発する。技術目標は、超音波出力（従来 300W（40kHz） 開発品 900W（40kHz））とする。根拠は、構造改良による圧電セラミックスの容積増加、および圧電セラミックスの締結精度向上による。
- ・金型（ダイ）と一体構造に設計する超音波機器の小型化を実現し、コンパクトな金型システムを実現する。技術目標は、金型寸法を従来超音波金型の 1/10 程度までにコンパクト化することで、プレス機械への超音波金型の適用性（取付性）を飛躍的に高める。その根拠は、FEM 振動解析法を利用し、金型システムを小型化できる振動系の発見による。
- ・連続安定発振を可能とする発振器の開発を行う。技術目標は、超音波振動数および出力の変動値を従来の 1/10 に低減する。その根拠は、発振回路の最適設計による。

#### (2) 超音波金型技術に適合したプレス・転造加工技術（ノウハウを含む）および計測技術の開発・研究

- ・超精密超音波金型技術による最適プレス・転造加工結果を得るための加工条件を研究する。技術目標は、プレス・転造加工精度を従来の 10 $\mu$ m オーダーから 1 $\mu$ m オーダーに向上させる。また、加工速度と加工コストを従来の一般プレス加工と同等に維持する。前記 2 項目を安定して実現する技術（ノウハウを含む）を研究する。その根拠は、超音波振動金型と超精密サーボプレス機械の最適なチューニング（例えば最適なプレスラム速度モードの研究）による。
- ・超精密プレス製品（この場合、動圧軸受のマイクロ溝）を精度よく計測し評価する技術を開発する。技術目標は、マイクロ溝深さを精度良く計測・評価する技術の開発・調査を実施することにある。その根拠は、高精度・高速計測可能な計測法を開発することによる。

#### (3) コイニングおよび転造用超精密ダイ加工技術の開発

- ・流体動圧軸受部品に設けられたマイクロ溝の超精密金型加工を行うためのダイ加工技術を開発する。技術目標は、加工精度を出すことが困難なマイクロ溝のようなダイ形状部についても、同精度を一般製品用ダイと同等以上のものに向上する（溝幅寸法精度 0.2 $\mu$ m 以内・表面精度 0.05 $\mu$ m 以内）。その根拠は、超精密切削加工機とマイクロダイヤモンドエンドミル工具によるダイの超精密加工による。

### 4. 当該年度における技術目標値の達成の状況と意義（実績）

- (1) 超精密超音波振動コイニング金型：技術目標値は、超音波振動金型サイズを従来の約 1/10 にコンパクト化するための設計法案を確立することにある。達成状況としては、金型コンパクト化のための振動モードとして、コイニング金型には L-L 変換モードを、および絞り金型には楕円振動モードを提案した。次に、それぞれ FEM 振動解析法を利用して最適設計を行った。その結果、目標値である超音波振動金型サイズを 1/10 にコンパクト化することを達成できた。
- (2) 超精密プレス加工製品加工技術開発：技術目標値は、小型動圧軸受部品のプレス加工での製造を実現するために、プレス加工精度を従来の約 10 倍に向上させるために必要なプレス精度等を調査・検討することにある。達成状況としては、超高精度プレス機械としてデジタルサーボプレス機械の開発を行った。さらに 1 $\mu$ m の下死点精度を達成するための荷重・位置センサーに関する調査、ダイおよび製品加工精度計測のためのレーザ測長器に関する調査・検討を行った。その結果、プレス機械等に必要な仕様の決定、およびセンサー類の機種選定を行うことができた。さらにコイニングしたサンプルを計測するシステムを開発し、これによりコイニングの加工条件が精度に与える影響を明らかにしつつある。
- (3) 超精密ダイ加工技術開発：技術目標値は、超精密超音波振動コイニング金型に使用する超精密超硬ダイをダイヤモンドエンドミル等の超精密・超硬質工具を用いて超精密・微細切削することが可能かどうかに関して調査・検討することにある。達成状況としては、現状の市販エンドミルの調査を実施し、基礎的な切削実験を実施した。その結果、同工具に必要な仕様等を確定することができ目標を達成できた。

## 5．事業化の目標と当該年度に把握した事業化を取り巻く環境変化

### 5.1 事業化の目標

パーソナルコンピュータや携帯電話等の情報機器に加えて情報機能を備えた家電製品が、今後、急速な普及および低コスト化が進むものと予測される。それに伴う情報機器の小型化と高機能化は一層強まり従来の生産技術のままで達成することは困難である。

それを達成する生産基盤技術として「超精密超音波振動金型技術による革新的生産手法」の完成と事業化を目標と設定した。

その目的とするところは、たとえば直径 20 mmに満たない磁気記憶ディスクに数ギガ以上の情報を記憶するハードディスク装置（HDD）には深さ 1 $\mu$ m以下の溝を形成した空気動圧軸受が欠かせない。

本技術開発によって得られる「超精密超音波振動金型技術による生産手法」の基盤技術である超音波振動金型技術と応用超精密成形技術は「金属材料を極めて低い摩擦抵抗下で微量移動させる」技術であり、10年後には超小型HDDが年間5億個を超えると予想される巨大マーケットを支える事業となる。

### 5.2 当該年度に把握した事業化を取り巻く環境変化

当該年度に把握した「超精密超音波振動コイニング金型」、「超精密ダイ加工技術」及び「超精密プレス加工・計測技術」の第1フェーズによって得られた技術とノウハウは立案した「事業化の目標」に一致するものであり、その後の調査でも当初の需要予測数量と技術動向に差異は無く、事業化を取り巻く環境に大きな変化はない。

従って、当初計画した平成16年度の第2フェーズ及び平成17年度第3フェーズの開発の妥当性と必要性に変化は無く、当初の予定通り本研究開発の継続は必要である。

更に、本技術開発に関連して得られる「工具技術」及び「工作機械技術」は広く普及され当該業界以外にも多くの波及効果をもたらす。