

平成 2 5 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「工法転換を実現する精密薄板プレス鍛造複合加工技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成 2 6 年 3 月

委託者 東北経済産業局

委託先 一般社団法人日本金属プレス工業協会

目次

第1章 研究開発の概要.	2
1.1 研究開発の背景・研究目的及び目標	2
1.1.1 背景.	2
1.1.2 研究目的.	3
1.1.3 研究目標.	3
1.1.4 研究開発概要.	3
1.2 研究開発体制	6
1.2.1 研究開発委員会	6
1.2.2 研究開発及び管理体制.	7
1.2.3 研究者および協力者一覧.	8
1.2.4 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名.	9
1.2.5 研究実施場所.	10
1.3 成果概要	10
1.4 当該研究開発の連絡窓口.	10
第2章 研究開発内容.	11
2.1 精密薄板プレス鍛造複合成形性限界値の検討.	11
2.1.1 材料の機械的特性に関する把握	11
2.1.2 成形シミュレーションプログラム開発.	11
2.2 2.5インチサイズHDD用部品（基台・スラストプレート）プレス成形技術の開発	11
2.2.1 「基台」「スラストプレート」に関するプレス成形方法の検討.	11
2.2.2 プレス成形実験による成形条件の検討.	15
2.3 汎用プレスを利用した連続生産自動化技術の構築	16
2.3.1 連続生産自動化に向けた搬送方法の検討.	16
2.3.2 プレス成形実験による生産性検証.	16
2.4 2.5インチサイズHDD用部品（基台・スラストプレート）としての機能検証.	18
2.5 成形データベース構築課題への対応	18
2.6 新たな成形技術の普及課題への対応	18
2.7 研究全体の統括、プロジェクトの管理運営.	19
第3章 今後の課題.	19

第1章 研究開発の概要

1.1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1.1.1 背景

HDD はさまざまな用途に対応するために異なるサイズの HDD が商品化されており、小さなものではコンパクトフラッシュサイズのマイクロドライブ等もある。しかし、最近、新たな情報蓄積装置としてフラッシュメモリ（SSD：表1参照）が登場し、2006年以降、急速に大容量・低価格化したことによりカーナビゲーション、ゲーム機などに搭載される等、SSD と HDD との競争激化により、1.8 インチ以下の小型 HDD が順次市場から縮小しつつある。また、1990 年代以降、3.5 インチサイズが現在のデスクトップパソコン（据置型）やサーバ向けに主流であったが、パソコンの構成比が年を追うごとに大きく変化したことにより、小型化と厳しい使用環境が求められるノート PC 用に耐衝撃、耐振動性に優れている 2.5 インチサイズへの移行が進んだ。さらに、サーバー系は、年々増大する情報量に対応するために急速に小型・大容量化が進み、消費電力及び排出熱量の削減が最重要課題となっている。そのため、3.5 インチに比べ容量あたりの価格は高いものの、消費電力が少ないことから 3.5 インチから 2.5 インチへのシフトが進行しており、更なる 2.5 インチ HDD の高度化が求められている。

しかし、ハードディスク（HDD）は、年々性能向上が図られているにもかかわらず低価格化が進行している。このような価格競争が厳しい環境下では、新たな記憶方式の採用等により大容量化が達成されたとしても、価格上昇は期待できない。したがって、HDD を構成する基幹部品「基台」等にコストをかけることは難しいだけでなく、現状の生産工法効率化等の工夫による原価低減活動では継続的な低価格化攻勢に対応できない。そのため、従来工法と比較して無駄が少なく生産性に格段に優れた工法への転換等パラダイムシフトが求められている。

HDD 駆動時内部のヘッドとディスクの浮上量は 10 ナノメートル以下、「ジャンボジェットが地表 1mm を高速飛行するようなヘッド滑空制御」が必要となる等、HDD の製造プロセスは非常に高度なレベルでの造り込みが必要となっている。そのため、製造メーカーは数社に限られた寡占状態となっている。特に、ハードディスク（HDD）を構成する基幹部品「基台」は、規格化された限られた外形サイズの中に必要な構成部品を保持することが必要とされると同時に、スピンドルやスイングアームピボットの取り付け部は特に高い寸法精度を要求される。また、フレーム内部は空気の流れをコントロールする形状に作られており、ダストトラップと呼ばれる部品に空気を誘導して、内部で発生した塵をトラップで永久に固定する等密閉性が必要とされることから、必然的に高精度な各構成部品取付寸法と厳しい平坦度を有する板形状部材となる。また、「スラストプレート」は、ディスク等が高速回転（7200 回転/秒）することにより発生する横荷重に対してスピンドルを保持するための重要部品となるため、厳しい平面度及び孔寸法精度が要求される。

このように、HDD 製造に欠かせない「基台」「ヘッドアセンブリ」等基幹部品は、HDD の大容量化だけではなく低騒音化，低消費電流，耐衝撃性等高性能化に対応するために、従来以上

に限りなく厳密な精度で量産することが要求されている。

1.1.2 研究目的

ハードディスク（HDD）は年々性能向上が著しく低価格化も進行している中で、最も普及が期待される 2.5 インチサイズ HDD の基幹部品では、「基台」が大量のエネルギー（熱）消費が伴う「鋳造」と無駄な材料廃却と数千台の工作機械が必要となる切削加工にて製作され、「スラストプレート」では追加加工（研磨加工）が必要となる等従来工法では抜本的な改善・解決が難しく、無駄が少なく生産性に優れた新工法への転換が必要不可欠となっている。

本研究では、2.5 インチサイズ HDD の基台及びスラストプレートを切削・研磨レスにて薄鋼板より製造できる冷間プレス加工（精密薄板プレス鍛造複合加工）技術により工法転換を実現させ、新たな技術の普及促進を図ることによりプレス部品製造に携わる中小企業の成形技術力の底上げに貢献する。

1.1.3 研究目標

弊社（石橋工業（株））は、1.8 インチサイズ HDD の基台を厚さ 0.6 mm の薄鋼板から熱を加える等余分なエネルギー消費及び追加加工もなく冷間プレス加工のみで製造できる技術を有する世界でも数少ない企業の 1 社である。これにより、各成形内容を順送金型で連続的に加工することにより 1 台のプレス機械にて高品質な「基台」を 1 分間に約 60 個（月産 50 万個）生産できる高効率化を実現している。しかし、2.5 インチサイズ HDD の基台は、プレス加工により製造している企業は存在せず、全量がアルミ材質にて鋳造及び切削加工により製造しているのが現状である。また、スラストプレートでも同様にプレス加工では寸法精度が確保できずに研磨加工が行なわれている。本事業では、HDD 製造メーカーとの連携により各部寸法を調整しながら、2.5 インチサイズ HDD の基台及びスラストプレートを切削・研磨レスにて薄鋼板より冷間プレス加工にて製造できる技術を構築する。

1.1.4 研究開発概要

(1) 研究開発の概要

2.5 インチサイズ HDD を構成する基幹部品「基台」は、厚さ 1 mm 程度の薄板部材になるが、「基台」表面には HDD 構成部品を取り付けるための複雑な凹凸形状が必要とされるために、薄板から複雑な凹凸形状をプレス成形することが要求される。また、「スラストプレート」では平面度 2/1000 mm 以下の加工精度が要求されることから、金型及びプレス機械の撓みに影響を与える高い成形力による潰し成形（金型表面転写加工）が必要となる。そのため、適正な金型形状及び加工条件を設定することにより、精密せん断、部分的増厚・減厚及び急激な立ち上げ等大きな塑性流動を伴う材料変形に対応でき、平面度 2/1000 mm 以下、バーリング穴（φ 10 mm）に対する真円度 10/1000 mm 以下及び円筒度 10/1000 mm 以下を実現する精密薄板プレス鍛造複合加工技術を開発する。

しかし、精密薄板プレス鍛造複合加工技術は、従来の薄板プレス加工と異なるだけではなく、成形過程中的材料変形度が大きいことから実験テクニク的にも相当なスキルが必要とされるために、実験的研究成果（技術ノウハウ）を短期間で蓄積することは困難である。したがって、実際に HDD メーカー要望に則した製品開発時には、金型製作段階で金型修正が繰り返し発生することによる多大な労力と出費及び時間を伴う作業となることが想定され、有限要素法を使用した成形シミュレーションの活用による仮想試作の導入が不可避とされる。

本事業では、単純な抜き加工だけではなく、抜き後の伸びフランジ加工、さらに、つぶし・曲げ・絞り等複合加工を連続工程で多用する精密薄板プレス鍛造複合加工に対応できる成形シミュレーションを開発する

本年度は、HDD メーカーからの要望と前年度実施された試作用金型による成形実験トライアル結果をもとに 2.5 インチサイズ HDD 用「基台」の部品形状を決定する。さらに、連続生産自動化に向けた搬送機構を備えた試作用金型を設計・製作して、実際にプレス成形実験トライアルにて成形品の品質及び生産性を確認する。また、2.5 インチサイズ HDD 用「スラストプレート」に関しては、HDD メーカーからの要望等より決定された部品形状をもとに工程計画の作成を行い、実際に試作用金型を設計・製作してプレス成形実験を行うことにより成形性を確認する。

成形シミュレーションの開発では、2.5 インチサイズ HDD 用「基台」及び「スラストプレート」に対する適用トライアル作業をもとに動作確認及び課題抽出を行ないながら、プログラム改良を重ねることにより成形性予測機能としての基盤を構築する。

(2)実施内容

① 精密薄板プレス鍛造複合成形性限界値の検討

薄板材料試験により取得される局部延性特性をもとに破壊現象モデルの定義を行ない、通常の薄板プレス加工内容と異なる大きな塑性流動が伴う材料変形にも対応できる成形シミュレーション機能基盤を構築する。

i) 材料の機械的特性に関する把握

通常の引張試験に加えて圧縮試験を実施することにより、成形後のスプリングバック量（成形品形状）に関する材料の基本特性を把握する。

ii) 破壊現象モデルの定義

大きな歪み勾配と応力勾配に下におけるクラックの発生条件や伝播条件、またはクラック挙動に対応した破壊現象モデルの定義とその破壊現象モデル化のための材料試験方法を検討する。

iii) 成形シミュレーションプログラム開発

精密薄板プレス鍛造複合加工において重要となる静水圧の影響を取り扱うことができる弾塑性 FEM を採用し、極めて狭い領域に厳しい変形が生じる非定常加工に対応するために、リメッ

シング機能及び破壊の理論を取り込んだ成形シミュレーション機能基盤を構築する。

② 2.5 インチサイズ HDD 用部品（基台及びスラストプレート）プレス成形技術の開発

2.5 インチサイズ HDD 用基台の各部位及びスラストプレートの試作金型を製作して、実際に成形実験を行ない成形性を検証する。

i) 「基台」「スラストプレート」に関するプレス成形方法の検討

従来の 1.8 インチサイズ HDD 用基台における成形加工データ実績及び材料の機械的特性値等をもとに、2.5 インチサイズ HDD 用基台の各部位及びスラストプレートに関する成形工程及び金型形状を検討する。

ii) 基本形状に対する成形限界の把握（平面度 2/1000 mm以下、バーリング穴（ $\phi 8$ mm）に対する真円度 10/1000 mm以下及び円筒度 10/1000 mm以下）

2.5 インチサイズ HDD 用基台及びスラストプレートを構成する主要部位形状を有する実験用金型装置を実際に製作して成形実験を行なうことにより、成形性を確認する。

③ 汎用プレスを利用した連続生産自動化技術の構築

2.5 インチサイズ HDD 用基台の順送プレス加工による連続生産自動化に向けて事前検討すべき課題（工程内容、金型形状等）に取り組む。

i) 連続生産自動化に向けた搬送方法の検討

2.5 インチサイズ HDD 用基台及びスラストプレートの順送プレス加工に対して各成形工程内容及び順送金型形状の概略設計を行なう。

ii) プレス成形実験による生産性検証

2.5 インチサイズ HDD 用基台及びスラストプレートの順送プレス加工実験を成形条件・送り速度等生産条件を変えて複数回行うことにより、成形品の品質と生産条件との関係を踏まえて生産性を確認する。

④ 2.5 インチサイズ HDD 用部品（基台及びスラストプレート）としての機能検証

2.5 インチサイズ HDD 用基台及びスラストプレートに対して、2.5 インチサイズ HDD を構成するスピンドルモーター等基幹部品を保持・機能するための要件を把握し、プレス成形限界を考慮した部品仕様を明確にする。

⑤ 成形データベース構築課題への対応

各企業で共有利用が可能な材料特性データ、成形評価のための基本データ及び成形シミュレーション実行に必要な成形条件データに関して、利用者及び利用方法を想定しながら実際にデータベース化すべき内容を選定する。

⑥ 新たな成形技術の普及課題への対応

本研究開発で得られた成形技術を普及するための課題抽出と具体的対応を検討する。

⑦ 研究全体の統括、プロジェクトの管理運営

研究を円滑に推進するため、①開発内容の進め方、②作業進捗状況、③開発目標達成状況等、研究開発全体を統括する。

1.2 研究開発体制

1.2.1 研究開発委員会

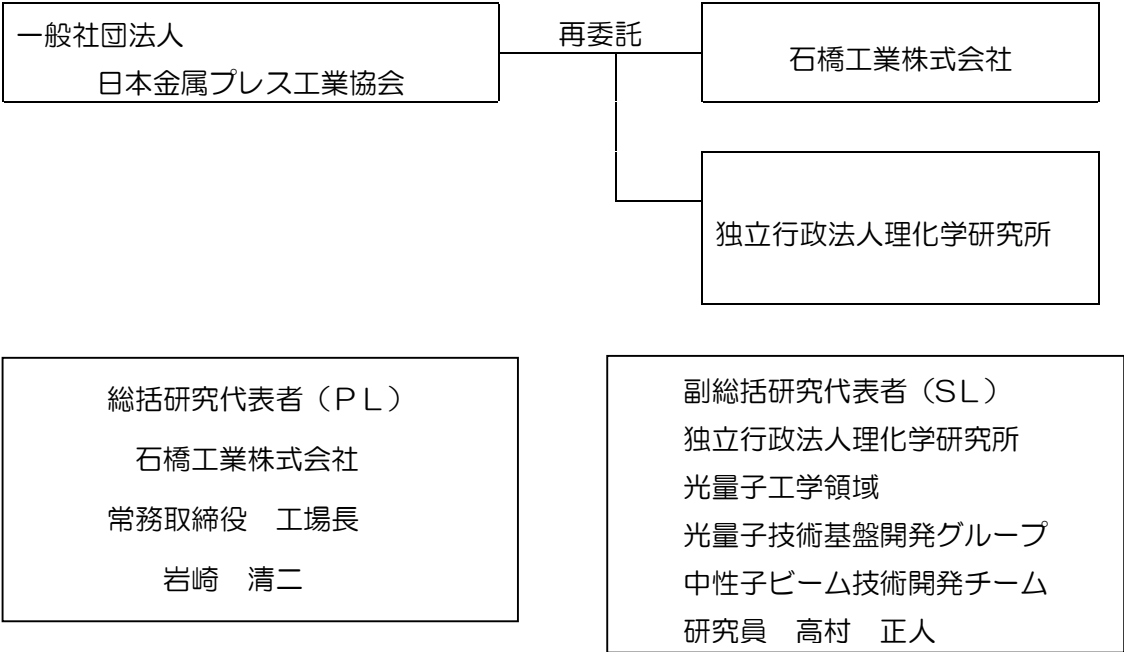
研究開発の円滑な推進のために「精密薄板プレス鍛造複合加工技術開発委員会」を設置し、有効に活用する。

委員名簿は次の通りである。

氏名	所属・役職	備考
岩崎 清二	石橋工業株式会社 常務取締役 独立行政法人理化学研究所	P L ☐ 委
高村 正人	光量子工学研究領域 光量子技術基盤開発グループ 中性子ビーム技術開発チーム 研究員 独立行政法人理化学研究所	S L
須長 秀行	光量子工学研究領域 光量子技術基盤開発グループ 中性子ビーム技術開発チーム 研究員	
志村 精一	石橋工業株式会社 取締役	
瀬谷 康彦	石橋工業株式会社 開発技術課 課長	☐ 委
南澤 正孝	一般社団法人日本金属プレス工業協会 専務理事	☐ 委
中川 朝彦	一般社団法人日本金属プレス工業協会 業務課長	☐ 委
猿田 謙吾	株式会社東芝 セミコンダクター&ストレージ社 ストレージプロダクツ設計生産統括部 製造技術部	アドバイザー

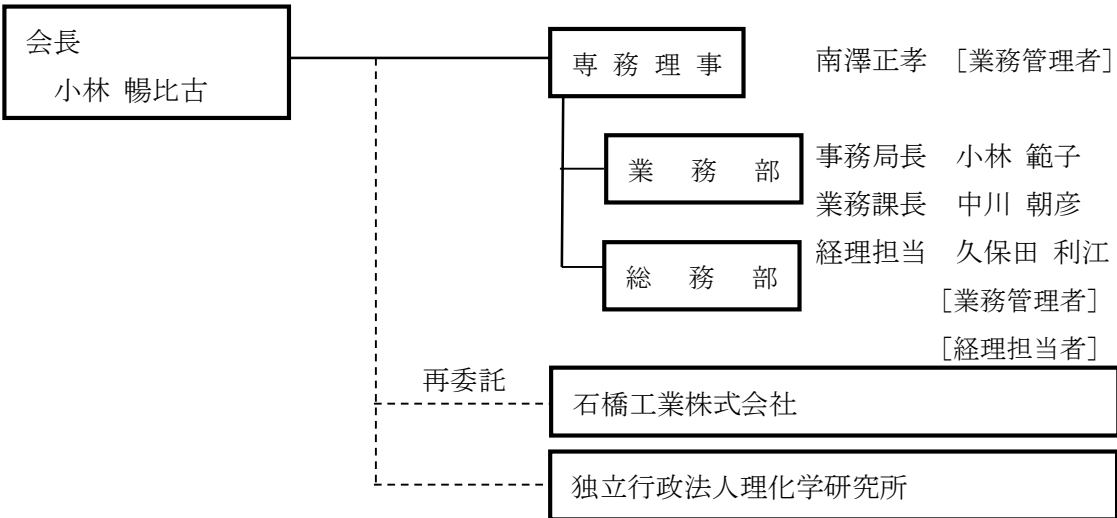
1.2.2. 研究開発及び管理体制

(1) 研究開発体制



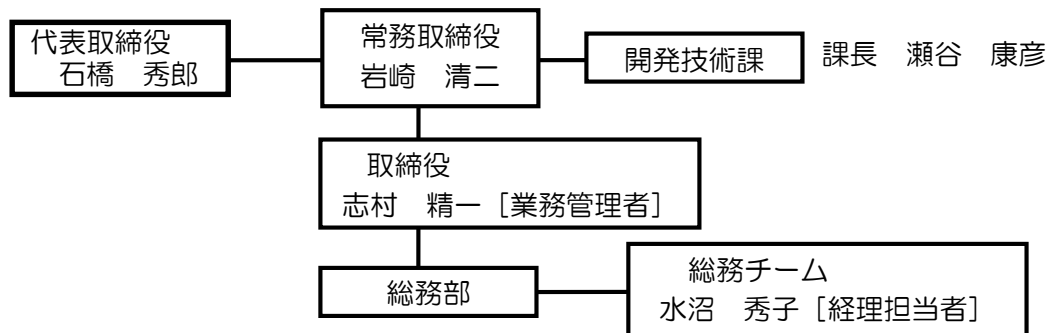
(2) 管理体制

①事業管理機関 [一般社団法人日本金属プレス工業協会]

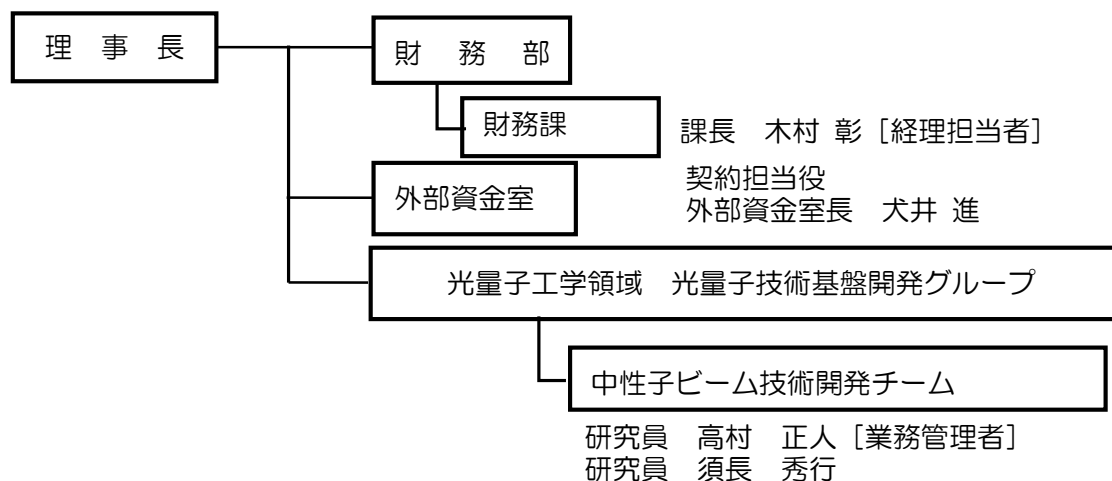


②再委託先

石橋工業株式会社



独立行政法人理化学研究所



1.2.3 研究者および協力者一覧

【事業管理機関】 一般社団法人日本金属プレス工業協会

①管理員

氏 名	所属・役職	実施内容（番号）
南澤 正孝	専務理事	⑦
小林 範子	事務局長	⑦
中川 朝彦	業務部 業務課長	⑦

②研究員

氏 名	所属・役職	実施内容（番号）
中川 朝彦（再）	業務部 業務課長	⑤

【再委託先】※研究員のみ

石橋工業株式会社

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
岩崎 清二	常務取締役	①-4、②③④ PL
瀬谷 康彦	開発技術課 課長	①-4、②③④
浜津 昌弘	開発技術課 主幹技師	①-4、②③④
中島 順	開発技術課 主任技師	①-4、②③④
影山 友彦	開発技術課 係長	①-4、②③④
佐藤 洋一	開発技術課 主任技師	①-4、②③④
岡部 和弘	開発技術課 主任技師	①-4、②③④
有我 安則	開発技術課 主任技師	①-4、②③④

独立行政法人理化学研究所

氏名	役職・所属	実施内容（番号）
高村 正人	光量子工学研究領域 光量子技術基盤開発グループ 中性子ビーム技術開発チーム 研究員	① ② -2, ⑤ ⑥ SL
須長 秀行	光量子工学研究領域 光量子技術基盤開発グループ 中性子ビーム技術開発チーム 研究員	①②-2, ⑤⑥

1.2.4 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

【事業管理者】

一般社団法人日本金属プレス工業協会

（経理担当者）兼（業務管理者）

総務部 経理担当 久保田 利江

（業務管理者）

専務理事 南澤 正孝

【再委託先】

石橋工業株式会社

（経理担当者）

総務部 総務チーム 水沼 秀子

（業務管理者）

取締役 志村 精一

独立行政法人理化学研究所

（経理担当者）

財務部 財務課 課長 今里 一之

（業務管理者）光量子工学研究領域 光量子技術基盤開発グループ

中性子ビーム技術開発チーム 研究員 高村 正人

1.2.5 研究実施場所

①事業管理機関

一般社団法人日本金属プレス工業協会（最寄り駅：東京メトロ日比谷線神谷町駅）

〒105-0011 東京都港区芝公園 3－5－8 機械振興会館 2 1 2 号

②研究実施場所(主たる研究実施場所については、下線表記。)

石橋工業株式会社（最寄り駅：JR 東北本線 安積永盛駅）

〒963-0112 福島県郡山市安積町成田字三渡 1

独立行政法人理化学研究所（最寄り駅：東武東上線、東武東上線、東京メトロ有楽町線 和光市駅）

〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1

1.3 成果概要

2.5 インチサイズ HDD を構成する基幹部品「基台」では、ハードディスクメーカー（製造メーカー）の要求寸法（部品形状）に則して金型設計製作を行ない、金型調整後、プレス加工にて取得された試作品に対して製造メーカー側で実際の量産に向けたハードディスク製品としての「基台」単品の機能検証作業を行なった。

さらに、ハードディスク製品化に向けて最終的に要求される部品形状寸法に対応するために、再度、金型設計・製作を行ない、成形条件及び送り速度の調整を繰り返し行うことにより、製造メーカーの要求に即した「基台」を順送プレス加工により連続生産することができた。

「スラストプレート」では、製造メーカーより提案された部品形状に対してプレス金型設計・製作を行ない試作品を取得すると同時に、実際の成形工程に従った成形解析による成形現象の可視化にもとづく表面の平面度向上のための方策検討を行なうことにより、実際に工程追加により設計許容範囲内の平面度を有する成形品が取得できた。

また、成形シミュレーションプログラム開発では、せん断変形に対応するために破壊現象モデルとそのパラメータ取得方法を確立し、厳しい変形が生じる領域にも対応できるリメッシング機能を導入する等、精密薄板プレス鍛造複合加工解析に必要な不可欠な機能を織り込むことにより、実際に「基台」「スラストプレート」の成形性評価に適用できるシステムが構築できた。

1.4 当該研究開発の連絡窓口

住所： 東京都港区芝公園 3－5－8 機械振興会館 2 1 2 号

所属役職・連絡担当者名：一般社団法人日本金属プレス工業協会 専務理事 南澤 正孝

第2章 研究開発内容

2.1 精密薄板プレス鍛造複合成形性限界値の検討

2.1.1 材料の機械的特性に関する把握

静的万能試験機を使用して任意の薄板材料の圧縮引張試験が実施できるように、試験機のチャック部に装着する専用治具の設計・製作し、形状変更及び治具の改造（設計・製作変更）を繰り返し行なったことにより、薄板材料試験片に対して引張圧縮を負荷した際の応力-歪線図を取得することができた。

また、せん断変形等で大きな歪み勾配と応力勾配と下におけるクラック（破壊現象）の発生を判断するための指標として Cockroft と Latham による延性破壊条件式を採用し、その延性破壊パラメータを単軸引張試験及び成形解析により同定する手法を構築した。

2.1.2 成形シミュレーションプログラム開発

精密薄板プレス鍛造複合加工において重要となる静水圧の影響を取り扱うことができる弾塑性 FEM を基盤として、厳しい変形が生じる領域にも対応できるようにリメッシング機能等を導入することにより、材料の局部的変形によりその領域の要素が大きく変形しても解析精度が悪化して解が得られず計算が途中で止まる等の問題が発生することなく、薄板プレス鍛造複合成形解析ができるソルバーを構築できた。また、複数の成形工程解析に対応した GUI 機能を導入することにより解析作業の可視化及び簡略化を図り、金型設計者による操作を実現させた。

2.2 2.5 インチサイズ HDD 用部品（基台及びスラストプレート）プレス成形技術の開発

2.2.1 基本形状に対する成形限界の把握（平面度 2/1000 mm 以下、バーリング穴（ $\phi 10$ mm）に対する真円度 10/1000 mm 以下及び円筒度 10/1000 mm 以下）

2.5 インチサイズ HDD 用「基台」では、相手部品に取付ける際に必要となる外輪郭の平面領域をできる限り確保することが製造メーカーより要望されている（図 2.2.1 参照）。しかし、図 2.2.2 の解析結果が示すように絞り成形過程時のわれ（不良）回避には、角 R を設定することが必要不可欠である。そのため、2次元成形解析等を活用してわれが発生せずに角 R 寸法を最小化させる新たな成形法を検討することにより、製造メーカーが要求する外輪郭の平面領域を確保することができた。

また、モーター組み付けに必要となる「基台」のバーリング形状部に対して、フランジ部のしごき度合（板厚減少率）の異なる工具形状による成形解析（図 2.2.3 参照）を行ない、実際の成形品で発生しているフランジ先端の突起形状、ワレ、スプリングバック等について検証することにより、要求品質及び部品設計寸法を確保した試作品を取得できた。

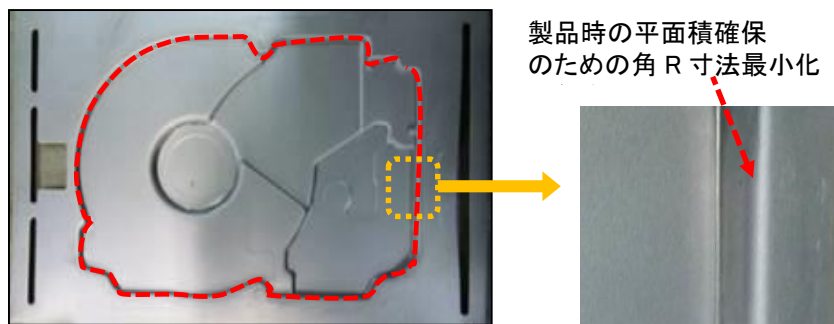


図 2.2.2 基台の外輪郭部位平坦部確保のための角 R 寸法最小化

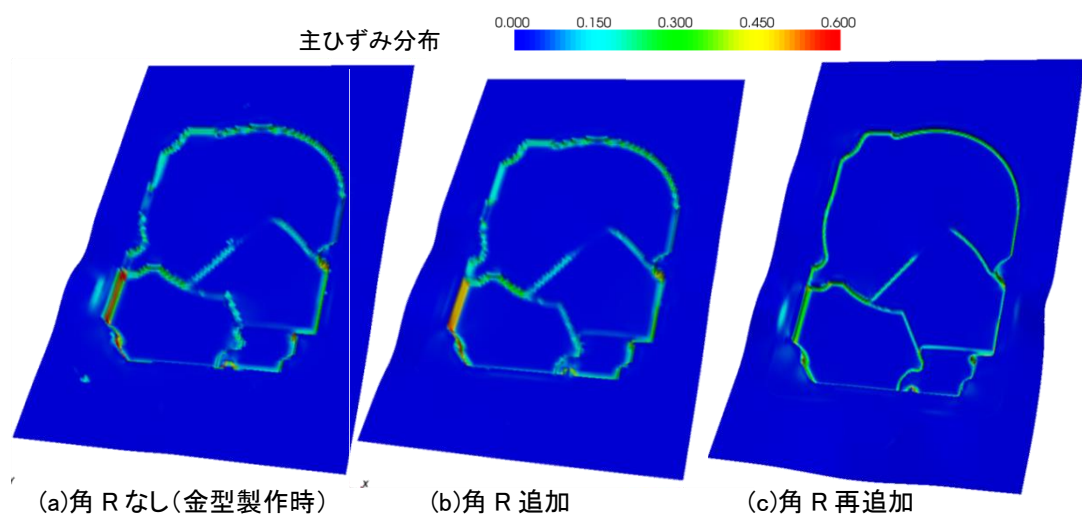


図 2.2.2 基台の絞り工程解析結果(主ひずみ分布)

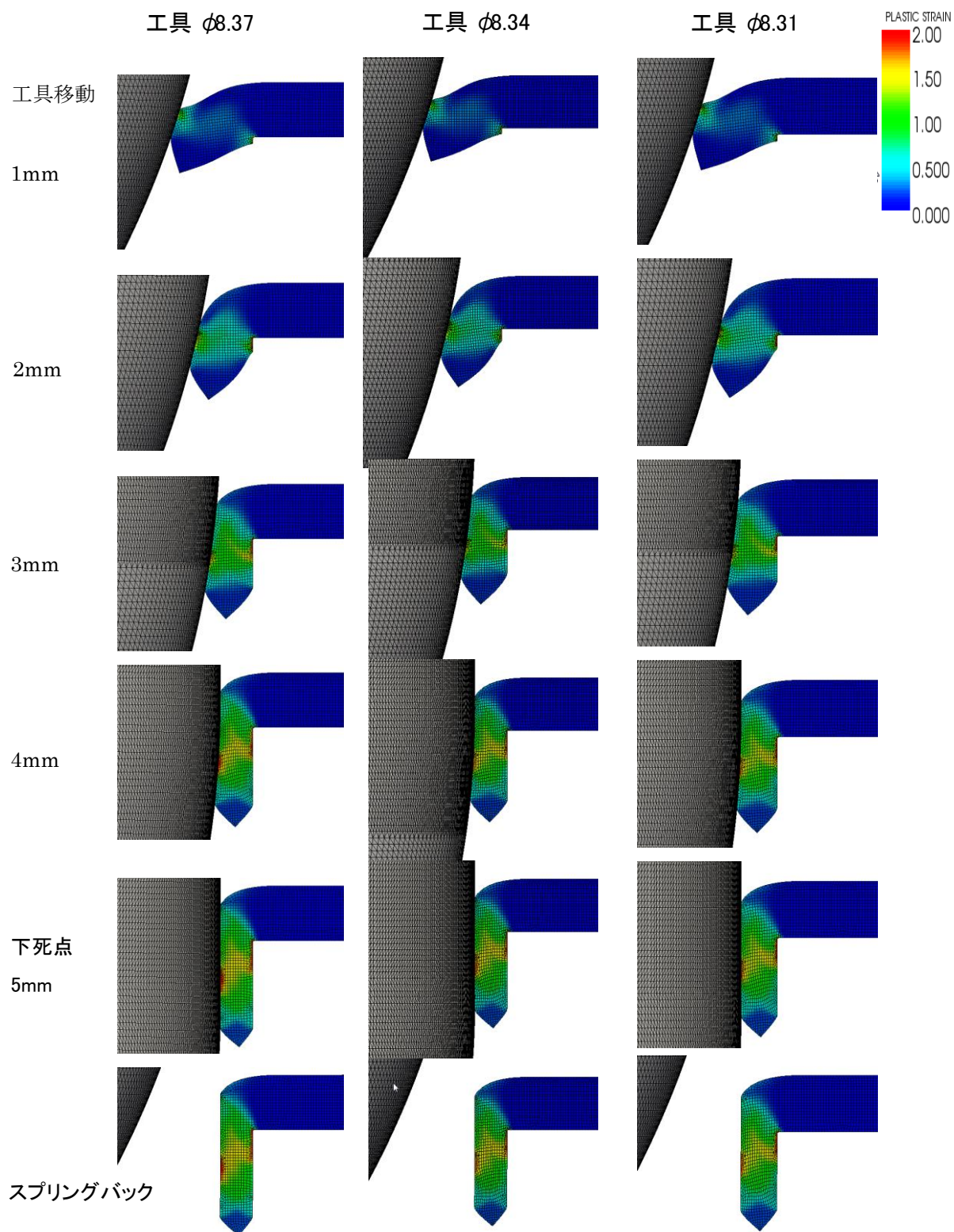


図 2. 2. 3 「基台」では、モーター組付部 バーリング形状加工（相当歪分布）

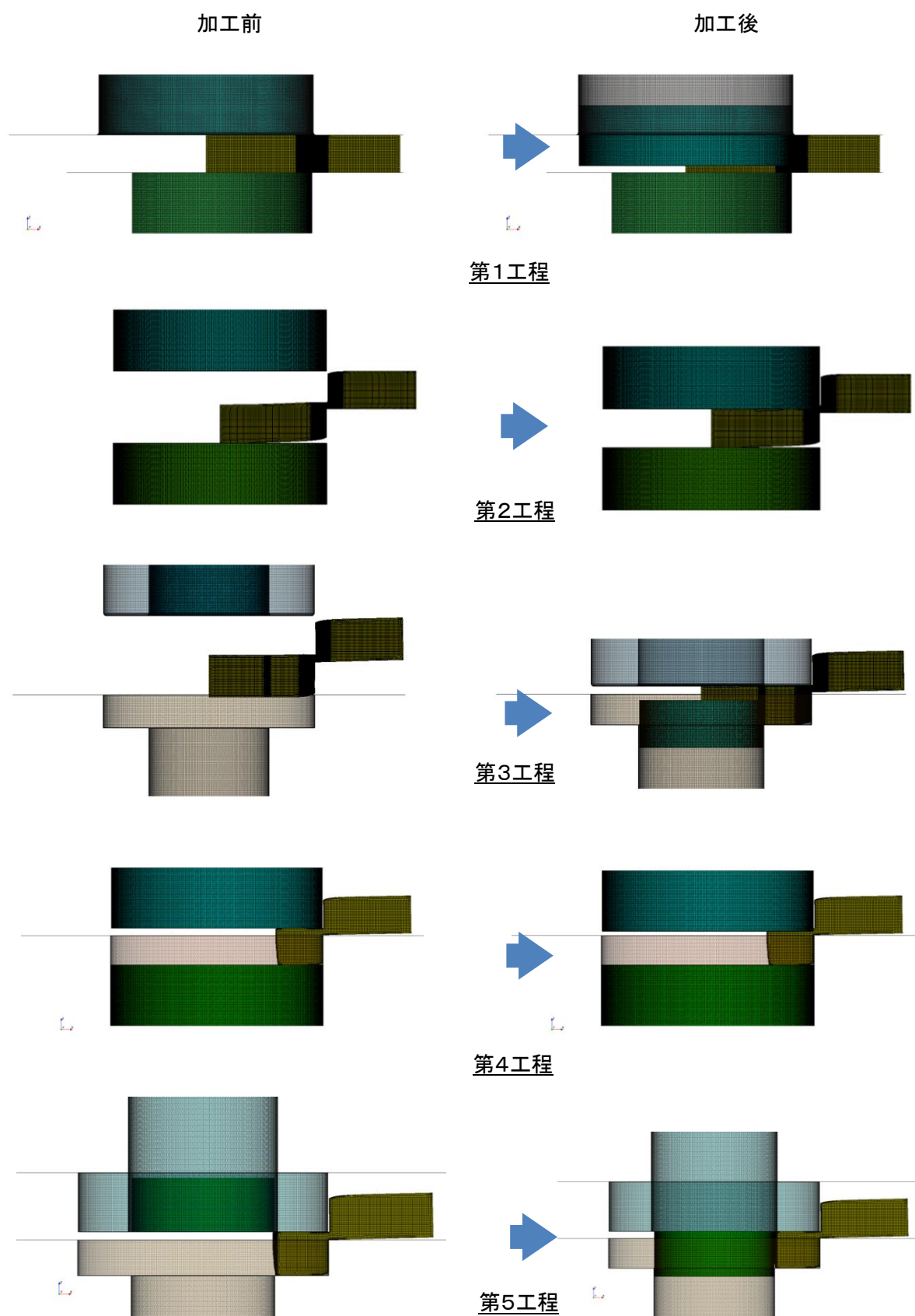


図 2.2.4 スラストプレート成形解析結果

スラストプレートでは、表面の平面度及び外径寸法の確保が難しいことから、2次元成形解析により実際のプレス成形実験では観察することができない材料変形過程の可視化（図 2.2.4 参照）を行なった。これにより、半抜き加工を行なった際に発生する材料端（外径端）のダレが平面度に影響を与える等不良要因が把握でき、対策検討を行なうことができた。

2.2.2 プレス成形実験による成形条件の検討

2.5 インチサイズ HDD 用「基台」では、製造メーカーが最初にプレス加工生産した試作品に対して行なった性能・機能検証結果等より再度作成された「基台」部品図面（設計変更内容）をもとに、再度、工程計画策定、各工程の金型設計・製作してプレス成形実験を行なった。試し打ち（初期）段階では部品内面角 R 部等にワレが発生（図 2.2.5 参照）したが、金型調整によりバーリング形状部の真円度 $0.00108 \sim 0.0116 \div 0.01 \text{ mm}$ 、同心度 $0.0114 \sim 0.0078 \div 0.01$ となる等図面寸法を確保した試作品（図 2.2.6 参照）が取得できた。



図 2.2.5 「基台」われ発生部位

また、「スラストプレート」では、面押し工程を追加することにより平面度 $6.929 \mu\text{m}$ を実現できた（図 2.2.7 参照）。

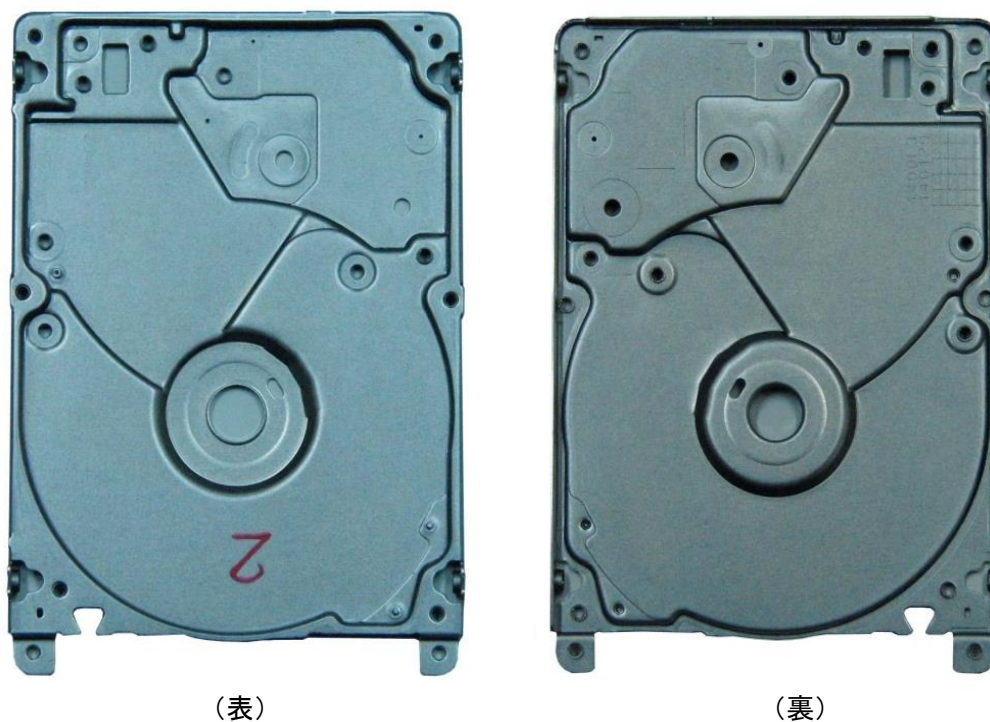


図 2.2.6 2.5 インチサイズ HDD 用「基台」部品形状

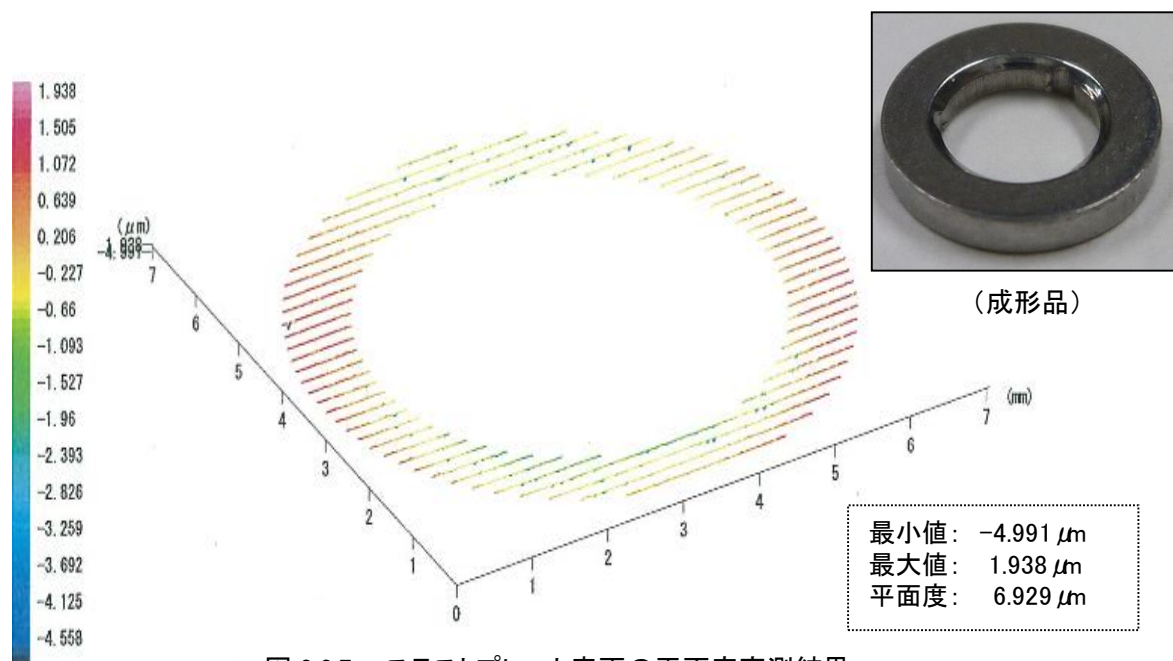


図 2.2.7 スラストプレート表面の平面度実測結果

2.3 汎用プレスを利用した連続生産自動化技術の構築

2.3.1 連続生産自動化に向けた搬送方法の検討

2.5 インチサイズ HDD 用「基台」では、複数の工程を単一型内に等ピッチで順番に配置して、帯状の板材送り装置にて工程毎に順送りながらプレス成形することにより連続生産できる順送金型（図 2.3.1 参照）を設計・製作した。

「スラストプレート」では、汎用プレス機械に装着して材料を手動で順送りする方法で生産できる順送金型（図 2.3.4 参照）を設計・製作した。

2.3.2 プレス成形実験による生産性検証

2.5 インチサイズ HDD 用「基台」では、プレス機械に順送金型を装着して材料送り装置にて板材を自動で順送りしながらプレス加工する連続生産（試し打ち）を試験的に行なった（図 2.3.2 参照）。初期段階ではわれ等成形不良が発生したが、角 R 部の金型調整等対策を講じたことにより全工程に対して順次成形加工を行なうことができ、図 2.3.3 に示す部品を連続的に量産時と同様な送り速度で取得することができた。

「スラストプレート」では、汎用プレス機械（図 2.3.5 参照）に順送金型を装着して帯状の板材を手作業で順送りさせながらプレス加工を繰り返すことにより、成形品（図 2.3.6 参照）を取得することができた。



図 2.3.1 2.5 インチサイズ HDD 用「基台」部品の順送金型



図 2.3.2 汎用プレス機械による成形トライアル（試し打ち）



図 2.3.3 「基台」順送加工時の各工程における成形品形状



図 2.3.4 「スラストプレート」 用順送金型



図 2.3.5 汎用プレス機械



図 2.3.6 「スラストプレート」順送加工時の各工程における成形品形状

2.4 2.5 インチサイズ HDD 用部品（基台及びスラストプレート）としての機能検証

2.5 インチサイズ HDD 用「基台」では、製造メーカー側の設計変更要件を織り込んだ成形品を使用して製造メーカー側にて性能・機能検証を行なった結果、品質は許容範囲内として認められた。

「スラストプレート」では、成形品を超精密非接触三次元測定装置を使用して実測することにより製造メーカー側が要求する平面度（図 2.2.7 参照）を確保できていることを確認した。

2.5 成形データベース構築課題への対応

成形過程中的材料変形度が大きい精密薄板プレス鍛造複合加工シミュレーションを適用する際に必要となる材料データとして、引張試験により取得される塑性域での応力-歪曲線に加えて延性破壊パラメータが必要となる。

実際に試験片を切り出して引張圧縮試験を実際に行ない応力-歪曲線を取得するとともに、応力-歪曲線の近似式（Swift 式）に関するパラメータ及び延性破壊パラメータ同定手法（手順）を構築することにより、基本となる材料データベースを作成した。

2.6 新たな成形技術の普及課題への対応

本事業の研究成果を外部に向けて発信する場として、日本金属プレス工業協会にて精密薄板プレス鍛造シミュレーションを紹介するプログラムを織り込んだ講習会を開催した。今後

は、塑性加工学会主催の定例講演会及び国際会議等での講演発表及び技術雑誌などへの掲載活動を行うことにより普及に向けた基盤構築を図るとともに、精密薄板プレス鍛造シミュレーション及び成形加工に関する知識も取得できる技術教育の場をプレス加工製造業者に定期的に提供していく研究会や講演等を日本金属プレス工業協会にて随時行なっていく。

2.7 研究全体の統括、プロジェクトの管理運営

開発委員会を定期的に開催し、担当者会議も開発の進捗状況に応じて適宜開催したことにより、開発内容の進め方について研究参加各機関等の間で随時調整を図ることができ、研究を円滑に推進することができた。

第3章 全体総括

3.1 本研究開発事業の成果

本研究で設定した 2.5 インチサイズ HDD 用「基台」における大量のエネルギー消費が伴なう「鋳造」と無駄な材料廃却と数千台の工作機械が必要となる「切削加工」による従来工法から冷間プレス加工への工法転換では、1 台の汎用プレス機械に順送金型を装着して安定的に連続生産できる技術を構築することができた。

2.5 インチサイズ HDD 用「基台」は、「基台」表面に HDD 構成部品を格納・固定するための凹凸形状及びバーリング穴等を厚さ 0.6mm 程度の薄板部材に対して創成することが必要とされる。本研究では、バーリング穴（ $\phi 9.1\text{mm}$ ）に対して真円度 1/100mm、同心度 1/100mm の精度を実現する等、製造メーカー側より HDD 用部品として要求される形状精度を実現させる成形工法（薄板プレス鍛造複合加工技術）を確立できた。

また、「スラストプレート」を切削・研磨レスにて薄鋼板より冷間プレス加工にて製造する工法検討では、薄板プレス鍛造複合加工技術を適用することにより製造メーカー側が要求する寸法精度を実現させるとともに、平面を有する上下金型による面押し加工時の成形圧下量を μm 単位で制御することにより平面度 $10\mu\text{m}$ 以下が実現できた。

成形シミュレーションプログラム開発では、厳しい材料変形を受けるプレス成形過程等で発生する静水圧及び大きな塑性流動に対して力学的に対応できる弾塑性 FEM を基盤として、局部的に外力を受けて材料要素形状が著しく変形して解が得られなくなる等の薄板プレス鍛造複合成形加工特有の問題を解消するアルゴリズム導入等により、実際の成形加工問題に適用することができた。

3.2 今後の課題

2.5 インチサイズ HDD 用「基台」では、相手部品を取り付けた際の密閉性を維持するために必要となる外輪郭の平面領域をできる限り確保することが製造メーカーから要望される等、従来工法での設計形状及び寸法精度が要求されることから、プレス加工での各部位での成形限界及び寸法精度限界に対して定量的評価をもとに、HDD 製造メーカー側とプレス加工部品としての形状最適化が重要な課題となっている。

また、2.5 インチサイズ HDD 用「基台」（プレス加工品）が従来品よりも HDD の薄型化を実現できることから、用途拡大が期待されるとともに高精度・高品質化に向けた継続した技術開発が必要不可欠である。

3.3 事業化について

本研究では、2.5 インチサイズ HDD 用「基台」及び「スラストプレート」のプレス成形加工により試作品開発を行ってきた。すでに、2.5 インチサイズ HDD 用「基台」に関しては、HDD 製造メーカー側にて、本研究にて試作した「基台」を使用した HDD 装置としての機能検証を開始する等、事業化に向けた具体的な取り組みが行われている。

また、「スラストプレート」に関しては、HDD 用構成部品として HDD 製造メーカー側から要求されている寸法精度が実現できたことから、試作品を提示しながら HDD 製造メーカー側との情報交換を進める等、部品採用による本格生産に向けた取り組みを積極的に行なっていく。

本研究成果（薄板プレス鍛造複合加工技術）は、今回開発した HDD 用構成部品にのみ適用されるものではない。その他の電気・家電部品や自動車部品等への適用が想定され、現在、鋳造・鍛造・切削加工により製造されている部品の工法転換を担う新たな技術として応用展開が可能であり、日本金属プレス工業協会及び学会等を通じてその可能性を提案していく。