

平成26年度
ものづくり中小企業・小規模事業者等連携事業創造促進事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「精密中空シャフトの高度生産プロセスの開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成26年 3月

委託者 中部経済産業局
委託先 鍛造技術開発協同組合

目 次

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
1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	2
1-3 成果概要	4
1-4 当該研究開発の連絡窓口	5

第2章 本論

①対象部品の最適鍛造工法研究と材料の組織改質の研究

①-1 対象部品の高機能化と低コスト化最適鍛造工法研究	6
②-2 傾斜硬度分布を持つ材料改質技術の開発研究	9

②油圧シリンダー内臓特殊ダイセットと分割金型の開発

②-1 試験装置の開発設計・製作	12
②-2 鍛造分割金型の開発	15

③鍛造試作研究

③-1 鍛造による試作	17
③-2 試作品の外部による評価と評価基準策定	22

④高度知能化生産システム構築のためのCAE技術の開発 24 |

最終章 全体総括 27 |

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

自動車産業における環境問題、省エネルギーへ対応するニーズとして製品の「軽量化」、グローバル化の中での共通する課題として「高機能化」と「コスト削減」が挙げられる。自動車用鍛造品として従来から多くの軸類部品が使用されているが、穴加工にコストがかかり、そのほとんどが中実軸として使用されているのが実態である。今後、需要の増大が見込める次世代自動車の軸類鍛造部品を鍛造により精密中空化が実現すれば、これらのニーズ・課題の解決が可能となる。対象製品として、HV、PHV、EV車用モーターシャフトの開発を実施し、トランス

ミッションシャフト及び他のシャフト部品への製品展開を目的として、試作対象製品を選定した。

本開発計画の目標値は次の通り、

- ・歩留まり率：熱間鍛造（機械加工）の58%、フォーマー鍛造の10%の向上
- ・必要工程数：フォーマー5～6工程に対し、精密中空材から1工程で成形完了
- ・必要プレス能力：フォーマーに比較し1/2～1/3に低減
- ・コスト削減：熱間鍛造（機械加工）の50%、フォーマーの22%に削減

この鍛造中空化工法が実現すれば、従来の製品との差別化が可能となり、グローバル化の中で高付加価値鍛造品として競争力を維持・増強することを期待した。

研究の概要

平成24年度は打ち抜き穴明後の鍛造素材の寸法精度の向上を目的とする材料抽伸加工による材料改質試験研究と導入した「高機能ダイセット」によるハイブリッド車用中空シャフトの鍛造試作研究が研究の中心であった。平成25年度の開発研究は鍛造素材の改質技術開発とその素材による鍛造試作研究を継続し、材料改質引抜き加工試験の最適条件の絞り込み、新規試作対象品（株式会社コーリツの量産部品）の鍛造試作研究を行い、本プロセスの技術課題の把握とその解決法の検討を行い、「高機能ダイセット」の改造検討を行った。また、鍛造試作と共にCAE鍛造予測法による試験条件に絞り込み、試作品の寸法精度、内部性状、材料特性等の試験・検査の効率化により、今後の事業化・量産化に向けての最適鍛造工法の絞り込みを可能にする研究内容を実施した。26年度は本開発プロセスの実用化に繋ぐ技術基盤の確保と事業化に向けた試作対象品の選定と鍛造試作試験の実施、対象製品のCAE解析、コスト試算を行った。そのための年度研究実施項目は次の通り、

- ①対象部品の最適鍛造工法研究と材料の組織改質の研究
 - ①－1 対象部品の高機能化と低コスト化最適鍛造工法研究
 - ①－2 傾斜硬度分布を持つ材料改質技術の開発研究
- ②試験装置と鍛造分割金型の開発
 - ②－1 試験装置の開発設計・製作
 - ②－2 鍛造分割金型の開発
- ③鍛造試作研究
 - ③－1 鍛造による試作
 - ③－2 試作品の外部による評価と評価基準策定

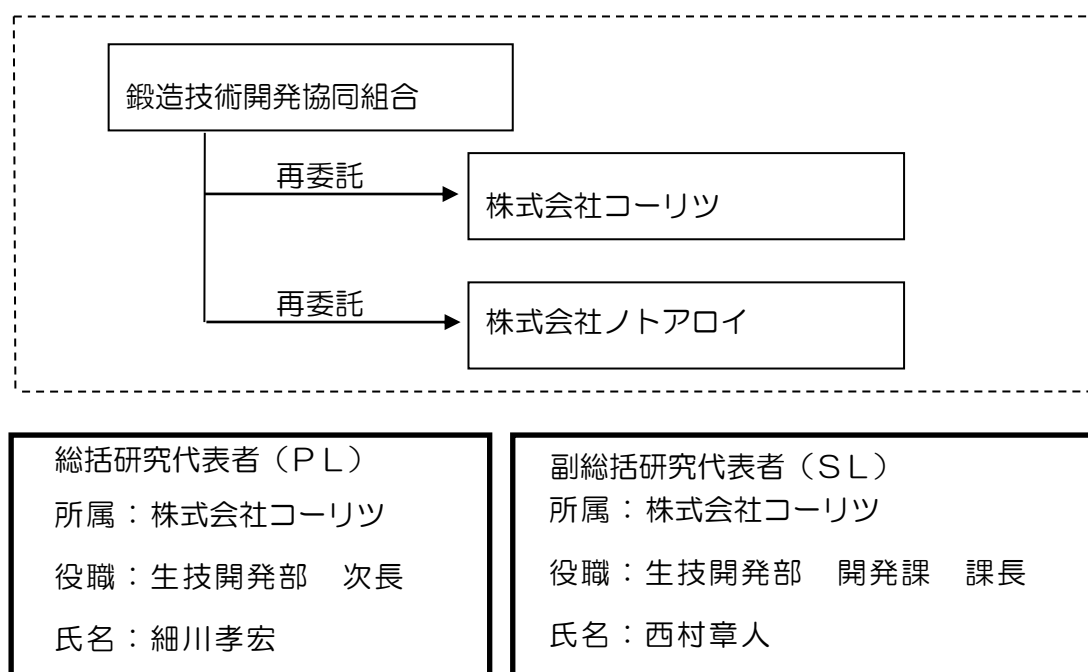
④高度知能化生産システム構築のためのC A E 技術の開発

1－2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

本プロジェクトの研究実施体制は、研究の中核として株式会社コーリツ、金型材料及び金型構造の研究を分担する株式会社ノトアロイ、アドバイザーとして北村憲彦（国立大学法人名古屋工業大学）、中島将木（アイシン・エイ・ダブリュ株式会社）、研究開発管理を行う鍛造技術開発協同組合から構成される。

本開発プロジェクトの総括研究代表者は細川孝宏（株式会社コーリツ）、副総括研究代表者は西村章人（株式会社コーリツ）である。

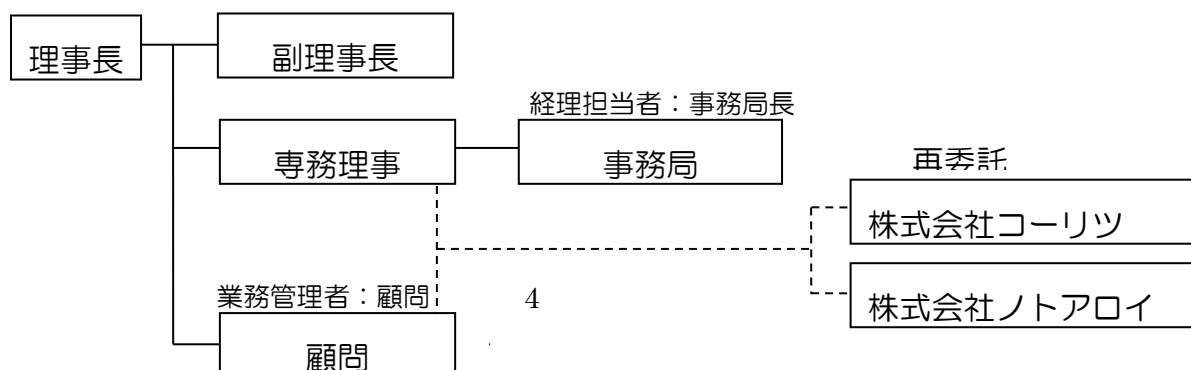
1）研究組織（全体）



2）管理体制

①事業管理機関

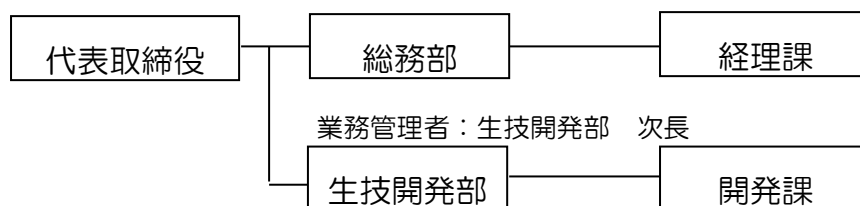
鍛造技術開発協同組合



② 再委託先

株式会社コーリツ

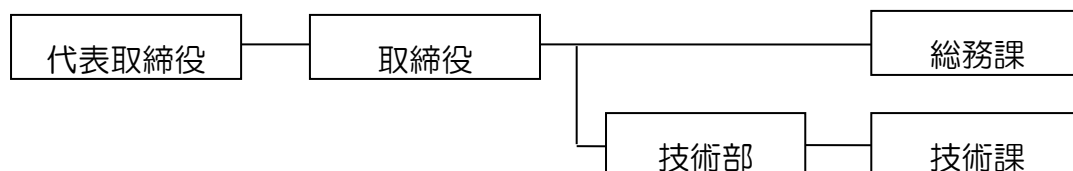
経理担当者：経理係 係長



株式会社ノトアロイ

業務管理者：常務取締役

経理担当者



3) 研究者

株式会社コーリツ

氏 名	所属・役職	実施内容（番号）
細川 孝宏	生技開発部 次長	①②③④
西村 章人	生技開発部 開発課 課長	①②③④
瀬瀬 英之	生技開発部 開発課 塑性技術係 塑性技術班 班長	①②③④
野島 義行	生技開発部 開発課 塑性技術係 塑性技術班 班長	②③④
天野 清	生技開発部 開発課 塑性技術係 塑性技術班 担当	①③

安藤 弘行	技術顧問	①②③④
-------	------	------

株式会社ノトアロイ

氏 名	所属・役職	実施内容（番号）
佐々木 賢	常務取締役	①②③
志田穰太郎	技術課主任	①②③
向出 保仁	技術課	①②③

4) アドバイザー

氏 名	所属・役職
北村 憲彦 中島 将木	国立大学法人名古屋工業大学 大学院工学研究科 教授 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社 生技開発部 主席研究員

1-3 成果概要

各研究実施項目の研究成果についての概要は次の通り

①対象部品の最適鍛造工法研究と材料の組織改質の研究

①□ 1 対象部品の高機能化と低コスト化最適鍛造工法研究

現在までの研究開発で、同芯度の高精度を図るための抽伸加工並びに矯正加工による素材改質研究を実施し、目標とする材料の硬度差を確保することができた。その材料を孔抜き後、鍛造素材として使用し2工程鍛造を行い、CAE解析をベースにした工程設計、鍛造形状の最適化の技術検討を行った。その成果として：

- ・試作品の複合鍛造に適合する最適形状を決定できた。
- ・鍛造試作に実施する最適試験条件を予測することが可能となった。

①□ ー2 傾斜硬度分布を持つ材料改質技術の開発研究

高精度中空鍛造品の同心精度を得るために、傾斜硬度分布を付与する材料改質技術研究として抽伸加工・矯正加工試験を継続実施した。さらに、ダイス形状・減面率が与える材料硬度差、中空素材の寸法精度への影響を解析し、試験条件の適正化を行った。また鍛造素材のコストについて従来法との比較を行った。その結果、現状の工程能力指数として十分なレベルではないが、次の成果があげられる。

- ・スキンプス抽伸加工法で減面率をさらに下げることで表面部硬度が低下し、同芯度レベルの向上が可能となる。
- ・コストにおいても量産部品への適用可能性が見出せた。

②試験装置と鍛造分割金型の開発

②－１ 試験装置の開発設計・製作

26年度は 6300 k Nサーボプレスを設置し、本開発研究の試験設備として利用、鍛造試作品として、量産部品を追加、これらのへの適合を考慮した「高機能ダイセット」の改造を行った。また機能的に、新鍛造工法に適した仕様を検討し、改造を進めた。

試験装置であり、まだ量産規模の鍛造試作には足りない能力・機能であるが、その成果として、

- ・ プレスと連動した複動鍛造試験が実行する事ができた。
- ・ 最適試験条件でモーション設定が可能となれば（現状は能力不足）、量産におけるコストメリットを予測できた。

②－２ 鍛造分割金型の開発

試作対象品についてCAE解析での鍛造工法の検討と共に試験用設備「高機能ダイセット」との製品・金型の位置関係を検討して金型設計・製作を実施した。試作研究の段階で成型後製品ノックアウトの際、上ダイセット側パンチダイに製品が張り付くトラブルが見られた。

CAE解析でトラブル原因の解決案を検討し、金型形状を変更して鍛造試作を完了した。

- ・ 製品切り離し機構の必要性を把握した。量産設備への対策が得られた。

③鍛造試作研究

③－１ 鍛造による試作

6300 k Nサーボプレスと高機能ダイセット（改造）及び分割金型との組み合わせで鍛造試作を実施した。1、2号試作対象品の鍛造試作の中で、次の項目について確認・評価・予測を行った。

- a.複合スライドモーションと油圧切り替えポイントのプログラム化とモーション確認
- b.試作品 2 種の複合モーション成型による油圧切り替えポイントの適正化の確認と加工速度の評価
- c.量産時のコスト予測

鍛造試作で得られた製品については各種試験条件、スライドモーション、製品寸法精度等のデータ収集・解析を行った。

その成果として、

- ・ 新たな鍛造試験設備により複合モーション、1 ストローク成型が可能となり、新鍛造工法の実用化への有効性を確認した。

③－２ 試作品の外部による評価と評価基準策定

各鍛造試作対象品とも未だ外部評価用試作品として完成していない段階であり、厳密な外部評価基準に基づく品質検査は行っていない。社内新基準を設定し、その各項目ごとに評価を行った。外部評価用として 2 号試作品の完成をさせ、事業化に向けた需要家へのアプローチを進める。

④高度知能化生産システム構築のためのC A E 技術の開発

各試作対象品についてその鍛造試作試験条件でC A E 解析、実鍛造との比較の実施で試作試験品におけるC A E 解析との整合性を図った。また、試作成型時のトラブル（われ、焼き付き等）、成型品の寸法不良についてのC A E 解析はその原因と解決に有効であり、重要な項目を再現することが出来た。さらに鍛造試作とその解析データの収集・解析、信頼性のある生産システム構築を進める。

1－4 当該研究開発の連絡窓口

鍛造技術開発協同組合 顧問 岩田健二

TEL：042-384-3540 FAX：042-354-3540

E-mail：k_iwata@tanzo-kumiai.or.jp

第2章 本論

1. 実施項目：①対象部品の最適鍛造工法研究と材料の組織改質の研究

①－1 対象部品の高機能化と低コスト化最適鍛造工法研究

2. 26年度研究内容

本年度は鍛造試作研究の最終年度として、プレス成形においては、サーボプレスを用いた複合モーション成形にて、昨年までの汎用機械プレスを用いた二工程での2ストローク成型

より、1ストロークのスライド動作中に金型位置関係を任意に変えることでの二工程の加工を行わせる工法確立を行い、その中でCAE解析・鍛造試作結果よりの鍛造品最終形状を決定する。

また、開発工法での製造原価の算出を行い、目標としたフォーマーとのコストの優位性を明確にし、量産の実現を具現化する。

（１）研究の方法

以下の方法及び手順にて、調査研究を行った。その概要について記述する。

- a) 特殊油圧ダイセットのサーボプレスへの適合化
- b) 複合モーション成形による試作評価での加工プロセスの検証と評価
- c) プレスモーションと油圧制御パターンの設定
- d) 複合モーション成形でのCAE鍛造解析手法の活用と類似部品への展開
- e) フォーマー成形に対する開発工法でのコストの優位性評価

（２）研究の結果

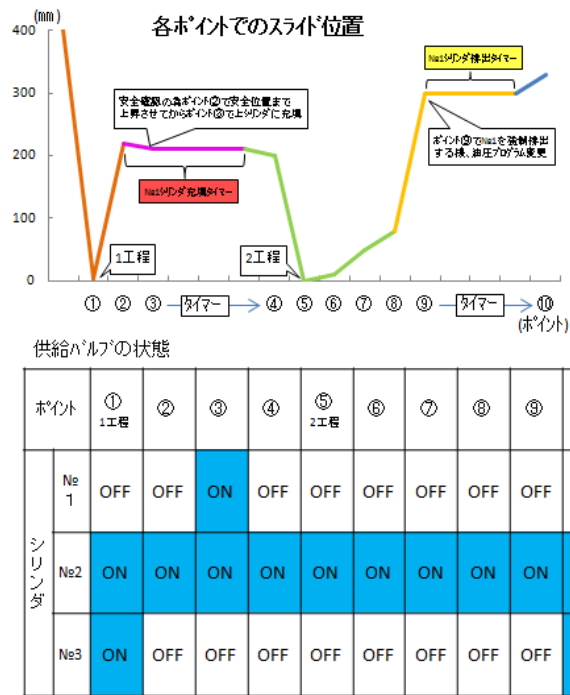
a) 複合モーション成形のために、特殊油圧ダイセットをサーボプレスに適合化させるに当たり、対象の試作鍛造部品を開発工法で実行するためには、ダイハイト量が現行の設定では不十分となる。そこで、ダイハイト量を1,000mmより1,200mmに延長することで、セットハイトを1,170mm程度に設定した。また量産化での生産を考慮し、アイドル工程の素材・製品の保持装置の設置、成形後でのマンドレルの上昇・待避のための機能追加並びに上昇確認のためのセンサー追加などを実施した。

油圧ユニットに対しては、機能面での改善として上シリンダー用の残圧解放用バルブの追加やマンドレル上昇のためのバルブ追加などを行った。

b) 上記の複動ダイセット及び油圧ユニットにて、サーボプレスとの複合モーション成形について加工プロセス検証を進める中で、特有の課題が挙げられた。これは複合モーションにおける二工程成形時での内径部深さが規定値に達しない問題である。

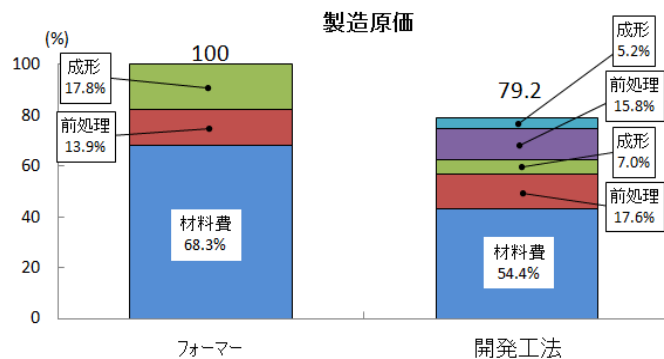
現象としては、二工程成形開始時パンチが油圧にて前進端まで達したのちに成形中に後退したものであり、この現象はバルブ閉指令より実際にバルブが閉じるまでの時間、パンチと製品の接触していることでの抵抗にて、油圧シリンダー内の油が逆流したため発生したものである。対策としては、バルブ閉指令時でのパンチと製品内径部が接触しないよう仮想上死点位置変更の実施、及びバルブ閉指令時でのスライドの停止を行った。

c) 鍛造試作研究の中で上記課題などの対策を進めることで、複合モーション成形におけるサーボプレスのスライドモーションと特殊油圧ダイセットにおける油圧制御パターンの設定（図①－１－１）を行い、プレススライド位置における各油圧シリンダーにおけるバルブ制御状態を明確にした。その中で、二工程成形完了後での NO.1 シリンダー（パンチ）の供給バルブ OFF での上昇完了までの時間が、油圧ユニットの能力上で長く掛かっておりサイクルタイムに影響を及ぼす結果となった。



図①－１－１ プレスモーション×油圧制御パターン

d) 複合モーション成形のCAE鍛造解析手法では、各油圧シリンダーにおける負荷を予測して成形時に必要な油圧の確認を行った。このことで、成形に必要な圧力（リリース圧）の設定を事前に検証し行うことが可能となった。



図①－１－２ フォーマー×開発工法コスト評価

e) 量産化によるサーボプレスを用いた複合モーション成形の目処

を付けることのできたことで、フォーマー成形との製造原価を対比させ、コストの優位性を明確にした。

成形前までの製造原価では、フォーマーに対して金型費を含め約10%のコスト低減ができ、トータルコストで約21%低減化させることが可能となった。（図①－１－２）

（３）考察

本年度は、昨年度までの特殊油圧ダイセットを用いた二工程成形に対してサーボプレスを活用した複合モーションでの成形に取り組んだ。設備への適合については、量産化を視野に

入れ機能改善を含めた改造をダイセット及び油圧ユニットに対し実施することで、複合モーションでの成形を実行することはできた。その中から、複合モーション成形におけるCAE技術での有効活用方法も見いだせた。コストについては、対フォーマーとの製造原価にて優位性を明確化し、量産化実現に向けての検討は図れた。

生産性においては現行の油圧ユニット・制御の中では連続運転を行うに当たり、サイクルタイムロスが生じており生産性向上のための機能改善が必要である。

3. まとめ

以上述べてきた研究開発を行ったことで、昨年度まで取り組んできた精密中空シャフトを、最適化した鍛造品形状とするために複合モーション成形での試作鍛造研究の基で適合化させ、最終形状の決定を行った。

その中で、各油圧シリンダーにおける負荷予測をCAE鍛造解析法で行うことで、成形に必要な各シリンダーの油圧設定が事前に可能となり、他部品への展開においても効果的に反映でき、量産化・実用化に向けた基盤的技術は確立できた。

コスト面では、対フォーマーにおける製造原価比較により、当開発工法での量産への展開が有効であることが明確化された。

今後は量産化の実現に当たり、残された課題の解決が必要となる。現状での連続運転におけるサイクルタイムロスは、油圧ユニットにおける性能・機能の向上を進めることが不可欠であり、機能改善を行うことでの生産性向上により量産化の実現を図る。

1. 実施項目：①対象部品の最適鍛造工法研究と材料の組織改質の研究

①－2 傾斜硬度分布を持つ材料改質技術の開発研究

2. 26年度研究内容

本年度は研究開発最終年度であり、量産化の目処付けを図るために抽伸工程・矯正工程における最適条件下でのn増し評価による当工法の有効性を再検証する。また、既存の量産部

品を用いて従来工法との製造原価の明確化を行う。

（１）研究の方法

以下の方法及び手順にて、材料組織改質の研究を行った。その概要について記述する。

- a) 最適条件下でのn増し加工評価による、打抜きにおける同芯度工程能力の見極め
- b) 既存量産部品での当工法を用いた製造原価の算出と、現行での製造原価の比較評価

（２）研究の結果

a) 昨年度までの研究開発から解った硬度の傾斜化における抽伸工程、及び矯正工程での最適条件下にて量産化を考えた場合、当工法での工程能力が確保できているか調査を実施した。また、硬度傾斜レベルに応じて打抜き加工にて得られる同芯度レベルに相関関係が認められ、更に大きい硬度差を求めることが有効であるのか検証した。

使用した設備は、従来の研究に用いた同設備（抽伸機・矯正機）とし、まず抽伸機ではスキンプス抽伸技術を参考とした従来より低減面率（9.3%）の条件下にて角度型ダイを用いて引抜きを行い、矯正機ではロール矯正圧下条件を高圧下とし加工を行った。

加工数は連続で30個行い、硬度差測定について引抜き・矯正工程後にて引抜き材横断位置を中心から外周に向け5mm ピッチで、ロックウェル硬度計を用いて測定を行った。

また、打抜き工程での打抜き荷重についても計測を行った。

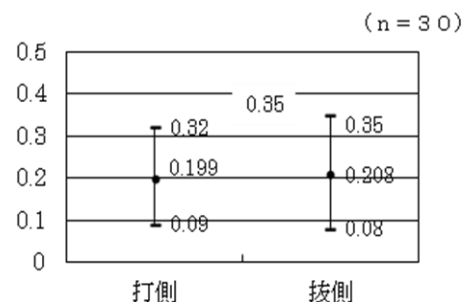
測定結果よりの硬度分布から、平均硬度差として4.05ポイントとなり、n増し加工においても同等レベルの硬度差を再現性が確認できた。

そこでのn=30の硬度差の標準偏差は1.08であった。

次に当改質素材を用いて打抜き加工を行い、その際の打抜き荷重の計測並びにパンチ打ち側及び抜け側での同芯度測定を実施し（図①-2-1）、硬度差が同芯度に有効であるか再検証した。同芯度目標値に対してはn=30の加工において、硬度差の同芯度への有効性は確認できた。

打抜き荷重結果においても、安定した荷重での加工ができており、品質面での不適合事象やパンチ・ダイなどへのダメージといった問題の発生も無かった。

また、打抜き加工での同芯度における工程能力指数は、打ち側では $C_p=0.79$ 、抜け側では $C_p=0.53$ となり、同芯度目標値を超えるものの発生は無かったが、工程能力とし



図①-2-1 同芯度結果（有効性）

ては不十分な結果となった。打ち側では素材外径とダイとのクリアランス量の影響が、また
 抜け側では素材の求心性が影響すると考えられることから、特に抜け側での工程能力が不充
 分であり求心性の向上が更に必要である。

相関関係について、まず硬
 度差に対する抜け側での同芯
 度を、次にクリアランス量に
 対する打ち側での同芯度につ
 いて調査を行った結果、硬度

同芯度	硬 度			クリアランス	打抜き荷重
	硬度差	表層部硬度	中心硬度		
打ち側	0.206	0.505	-0.115	-0.292	0.217
抜け側	0.132	0.190	0.042	-0.246	-0.112

表①－２－１ 相関調査一覧表

差との相関は認められず、クリアランスとの相関では弱い逆相関が認められた。同芯度との
 相関有る因子としてどの項目が影響しているのか調査するため、各測定項目毎に同芯度との
 相関調査を行った。（表①－２－１）

その結果、表層部硬度について打ち側での同芯度に対して中程度の相関があることが認めら
 れ、表層での硬度が低いほど打ち側における同芯度レベルが向上することが解った。

b) 従来より取り組んできたロータシャフトに対して、従来工法と開発工法を用いての製造
 原価の算出を行うことでの量産化を見据えてのコストの有効性について調査を行った。また、
 新たに取り組んでいる量産部品での L200 ステータの現行工法の製造原価と、開発工法を用
 いた製造原価についても比較評価を行った。

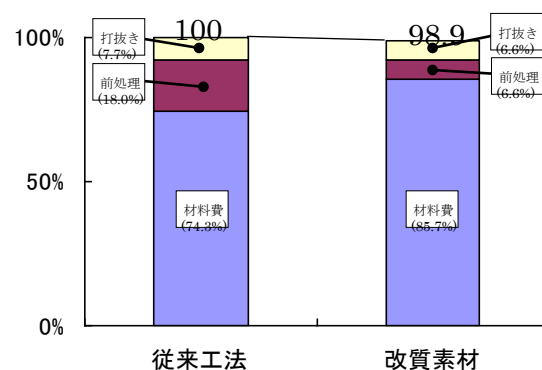
試算に当たっての生産数の基準台数は、月産 10,000 台として行った。

ロータシャフトでの従来工法コストは、中空化素材を加工するための製造原価として算出
 し比較評価している。工程としては、棒鋼材を切断ののちに焼鈍・ボンデライト処理を行い
 打抜き加工を実施する工程としてコスト算出した。（図①－２－２）

従来の加工工程では、打抜き前での焼鈍処理コストが掛かっており、一方で開発工法では抽
 伸工程及び矯正工程での加工コストが掛
 かっている。

比較評価の結果では、約 1 % のコストダ
 ウン効果があった。更に開発工法では、
 同芯度の精度向上があり、量産化におけ
 る当工法での有効性は認められた。

また、量産部品である L200 ステータで



図①－２－２

のコスト評価は、工程の相違として使用素材が電縫管を用いた工程で行っておりそこでのコスト比較結果においても約1%のコスト

の有効性は認められた。（図①－2－3）

電縫管における同芯度レベルは同等精度が得られているが、開発工法での外径及び内径の寸法精度に対しては劣っており成形精度として開発工法が優位にある。

この量産部品における成形までのコスト

試算では、前項でも述べたとおり21%のコストダウンが図れ、量産部品の工程変更においても有効な工法であることが解った。

（3）考察

今回、開発工法の一環として取り組んだ素材改質の量産化を考えた場合、効果の再現性がありその工程能力が充分確保されているかを検証し、併せて製造原価の試算を行った。現行の開発工法における加工工程、及びその加工条件下での同芯度の工程能力指数としては、 $C_p \geq 1$ が満たされてはいない。同芯度と硬度差との相関調査した結果では、相関関係は認められなかったが素材外径とダイ間でのクリアランス量からは弱い相関は認められ、表層部硬度に対しては中程度の相関が認められる結果となった。

以上の結果から判断し、現在の硬度差レベルの中で表層付近の硬度を下げてやることで同芯度レベルを向上させてその平均値を下げることができ、工程能力を向上させることができると考える。

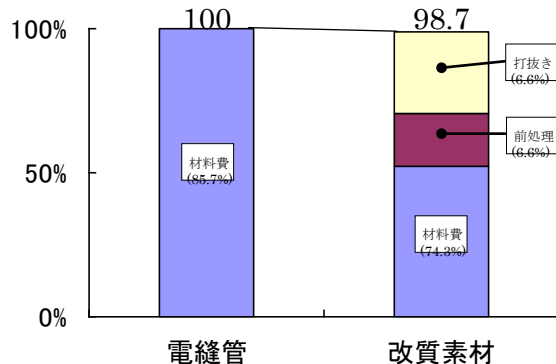
製造原価調査においては、中空化素材作りの面からフォーマーとの比較とせず量産部品との比較として検証したが、その中においても当工法は優位にあった。

3. まとめ

以上述べてきた研究開発結果より、量産化を進める上で安定した品質を得るための工程作りを考えた場合、現在の工程能力指数では十分なレベルにない。

しかし、相関調査より他の影響因子として表層部硬度があり、硬度を下げることで同芯度レベルも向上することは解った。

そこで、昨年度参考としたスキンプス抽伸技術での減面率レベルを更に下げてやることで



図①－2－3

表層部硬度を下げられることは解っており、同芯度のレベル向上に伴って工程能力指数も向上させることができ、且つ打抜き荷重の低減にも繋がることが予想される。

量産化でのコストにおいては、現在の量産部品での展開を考えた場合にも有効な工法であることが明確になった。

今後は、減面率適正化による同芯度レベル向上及び工程能力の確保と量産部品での開発工法の転用を図り量産化の実現を進める。

1. 実施項目：②油圧シリンダ内蔵特殊ダイセットと分割金型の開発

②－1 試験装置の開発設計・製作

2. 26年度研究内容

前年度の研究開発の中で設計・製作した特殊ダイセットについては、ローターシャフトと既存の量産部品の成形に適合された仕様とするため、構成部品の一部を改造又は新規製作し汎用性を持たせ、類似した他の鍛造部品への展開が可能となった。本年度は試作成形を行うプレス機設備がサーボプレスに変更とするから、ダイセット構成部品の改造・新規製作によ

りプレス機の仕様に合わせたダイセットの適合化を行う。

併せて油圧装置についても単独手動操作でバルブの開閉を行っていたものをサーボプレス
の複合動作にリンクした自動運転が可能となるよう、回路の設計と組み込みを行う。

更に連続自動運転を可能とする機構をダイセットと油圧装置に追加する。

(1) 研究の方法

以下の方法及び手順にて、ダイセットと油圧装置の適合化を行った。

a) ダイセットの適合化

- ① プレス機仕様変更内容の確認
- ② 改造又は新規製作するダイセット構成部品の検討及び設計、製作

b) 油圧装置の適合化

- ① 複合動作時に対応するための必要事項の把握
- ② 各工程におけるシリンダの状態と働きの把握

c) 連続自動運転機構の追加

- ① 連続自動運転に必要な機能の追加

(2) 研究の結果

a) ダイセットの適合化

- ①ダイセットの適合化にあたり、昨年度まで使用していたテスト機とサーボプレスの仕様の確認を行った。(表②-1-1) これにより下ダイセット(ダイプレート)のクランプ方式の変更ダイハイト量が2割増となる。また、サーボプレスはフィーダーが取り付けられるため連続生産も可能な仕様となっている。

	テスト機との比較	
加圧能力	同等	
SPM	同等	
ストローク	同等	
クランプ方式	丸駒	爪型
ダイハイト量	2割増	
フィーダー	無し	有り

②ダイセット構成部品の再検証につい

てはダイハイト量が増した分、上下ダイセットの内部構成部品の追加(新規

表②-1-1 プレス機仕様変更点

製作)による底上げを行うことで対応した。なお上下ダイセットへの振り分けにつ

いてはサーボプレスのフィードライン構成に合わせて配分した。

下ダイセットクランプ方式の変更に付いては丸駒でクランプしていた半円溝箇所を爪型でクランプ出来るように蓋状のプレートを新規製作して取り付けた。(図②-1-1)



図②-1-1 クランプ方式変更対応

b) 油圧装置の適合化

①サーボプレスの複合動作に合わせて1サイクル

ル中にシリンダを前後させるためには、複合動作中のスライドのポジションを油圧装置に伝達する必要がある。これについてはサーボプレスには1サイクルのモーションに10工程の動作指示が可能であることを利用して、各工程に信号パターンを持たせた。

油圧装置にはあらかじめ、どの信号パターンでどのようにバルブを操作するかを設定しておき、スライドが各工程を通過した信号を受けてバルブを操作する。

また油圧装置本体はプレス機背面に設置されており、プレス機前面でプレスの操作を行いながら油圧の状態を確認することが困難で危険でもあることから、タッチ画面式のハードウェア追加し、連動運転時にはプレス機前面でも油圧装置を操作出来るようにした。(図②-1-2)



図②-1-2 タッチ画面式ハードウェア

②スライドの各工程におけるシリンダに求められる状態を正しく把握することは金型破損に繋がる虞があり、慎重に取り組んだ。

単発成形により1工程2工程のダイハ

イトを決定したあと、2工程の成形準備を行うための退避位置、2工程成形後の戻り動作を決定した。スライドの工程別に各シリンダの状態を確認し、最後に工程別バルブ操作を決めた。

シリンダが圧縮された際の耐久圧力(リリース圧力)の設定については前年度まで

の試作成形で入力した値を使用した。

c) 連続自動運転機構の追加

- ①連続自動運転を行うため2工程成形後に製品を排出する際にパンチが障害とならないよう、上シリンダを後退させる必要がある。昨年度までは各個操作でシリンダの圧力解放バルブを開き、シリンダピストンの前方側にエアーを注入することで空気圧にてシリンダ室内の油を排出して後退させていた。本年度は複合動作中に一連の制御が出来るよう、油圧装置の制御プログラム変更とダイセットの改造、プレスモーション設定見直しを行った。油圧装置は各個操作で行っていた圧力解放操作をプレスモーションとリンクする制御プログラムへの変更を行った。ダイセットの改造はピストン前方側のエアー注入口を採用し、常時エアーを送り込むことで、圧力解放バルブが開くと同時に後退し始めるようにした。副次効果として、上シリンダを後退させる際にエアーでピストンが押されているため若干の圧力がシリンダ室に掛かる。この時の圧力は油圧状態確認画面に表示され、この値を確認することでピストンが完全に後退しているかが分かり、シリンダ室内の残油による寸法バラツキや成形時の異常圧力といった不具合の回避が可能となる。プレスモーションの見直しは図②-1-3で示す工程⑨に一時停止タイマーを設定し、この間に上シリンダを後退させるように設定した。

(3) 考察

ダイセット及び油圧装置をサーボプレスに適合化することで試作設備の機種転換、及び複合モーションでの1サイクル運転が可能となった。現状では油圧の作動状態を目視でも確認出来るようにプレス1工程で油圧1動作と設定しているが、試作加を行う段階ではスライドを上昇させながら油圧動作を行う「ながら動作」に変更していくことで工程中のムダを改善し、生産性の改善を図る必要がある。

3. まとめ

本年度は、試作設備の機種転換と複合動作を設定し、実際に試作成形を行うことで設備・装置の操作方法を習得した。

課題としては考察で述べた量産を行うためのモーション設定が出来ていないこととリリース圧力の適正值が設定できていないことがある。リリース圧力を適正值に設定することは低荷重で成形することに繋がり、試作の段階にて設定しておくこと

で量産化した際に初期から金型の寿命は長く、設備故障の発生も少ないといったコストメリットとして効果が見込まれる。

1. 実施項目：②試験装置と鍛造分割金型の開発

②－2 鍛造分割金型の開発

2. 26年度研究内容

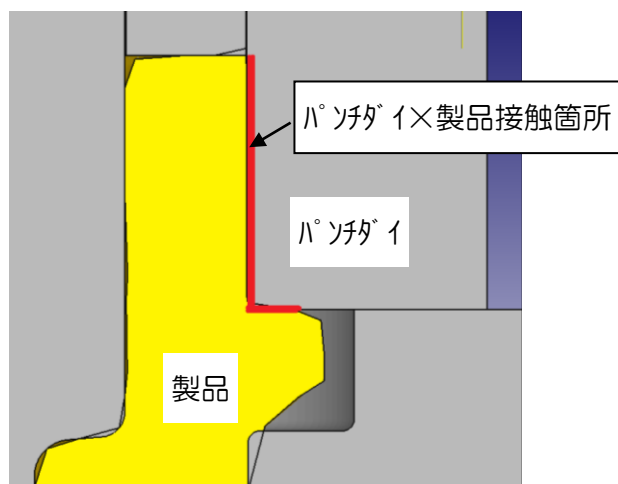
昨年度の試作研究ではH24年度に試作した製品に加え、社内の量産品の試作研究を行った。レイアウトは決定しているため本年度は製品形状に対する金型の変更は行わず昨年度までの試作研究時での問題点に対して金型改善を実施した。

（1）研究の方法

試作研究時の問題点と要因を調査し対策を行う。

a) 問題点の把握

過去の試作研究時に発生した問題点として、排出時に製品が上ダイセット側の



図②－2－1 ハネツガイ張り付き状況

パンチダイに張り付き外れなくなる現象が多発した。(図②-2-1) この現象が発生すると試作試験を中断し、ダイセットを取り出して分解作業や圧入機を使用して製品を取り外す作業が発生し、多大な時間と労力を要する。パンチダイに潤滑材を塗布することでの効果は見込まれるが、抜本的な解決に至らない。

成形時の圧力により製品と金型は密着して強力に張り付く。そのため排出時には、製品を切り離す機構が必要となる。試作研究で使用する油圧シリンダ内蔵特殊ダイセットでは下ダイセット側はロックアウトが上昇することで切り離しを行えるが、上ダイセット側には機構を設けていないためパンチダイに張り付いたままとなってしまう。

b) 対策立案

上ダイセット側に切り離し機構を追加することはダイセットの構造上困難であるため、製品と密着しているパンチダイを改善することで張り付きにくく出来ないかを検討した。検討にはCAEを使用して成形時のパンチダイに掛かる応力(径方向への圧力)が小さくなる解析を行った。

(2) 研究の結果

CAE解析の結果、パンチダイの口元に抜きテーパーを設けた場合の結果が適していると判断し、ダイセット適合化のタイミングに合わせてパンチダイを新規製作して試作試験を行った。結果としてパンチダイに張り付くことは一度も無く、今回の改善が有効であった。

(3) 考察

テーパーを大きくするほど製品のレイアウトが変わり、素材体積の増大(表②-2-1)や前方側と後方側の体積バランスが崩れることによる形状の不成立が予測されるため、今回のように金型形状を調整する際は一面の効果のみを求めるのではなく、多角的に影響を予測することが必要である。

テーパー角度	A°	B°	C°	D°
体積差	+1.1%	+3.2%	+5.4%	+7.6%

表②-2-1 テーパー角度別体積差(0°を基準として素材の増加量を計算)

3. まとめ

試作研究時の製品がパンチダイに張り付くという問題点をパンチダイの金型改善により解決することは出来た。CAE解析を活用することで適切な金型形状を求めることが出来、最小のレイアウト変更で収めることが出来た。

課題として、今回の事例はダイセットの構造を把握していれば金型設計の段階からテーパーを付けるなどの処置を事前に行うことは可能であり、初期検討が不十分であったと言える。しかし、製品切り離し機構が無い場合にどのような問題が発生し、どのような対策を施せば良いかを習得することが出来た。今回の事例をノウハウとして蓄積することで、今後量産や工法の展開を行う際に設計段階から盛り込めるよう進める。

1. 実施項目：③鍛造試作研究

③－1 鍛造による試作

2. 26年度研究内容

前年度においては、汎用プレスを用いて、1号試作に続き今後の事業化に向け既存量産製品として取組んだ2号試作においても品質課題が残る結果となったが、「新鍛造法」における加工プロセスを展開することで、有効性を確認することができた。

また、サーボプレスでの連続モーションを想定し、スライド速度・油圧装置の切替えタイミングなどの条件を考慮したシミュレーションで、加工スピードを予測しSPMの目標値に対する達成状況を確認した。

本年度は、正規設備（サーボプレス）複合モーションによる1工程成形を行い「新鍛造法」における加工プロセスの有効性的な性能確認を行った。

本年度より新規導入したサーボプレス③－1－1）と油圧内蔵ダイセット（図



での
「新
と総

（図
③－

1-2)の適合化にあたり、試作品の加工による各条件の最適化が必要である。



(1) 研究の方法

本年度は、汎用設備で行ってきた研究成果を基に、正規設備（サーボプレス）を用いて「新鍛造法」の実用化に向け、1号試作・2号試作を行う中で、各装置・設備の最適条件の設定を図る。

- a) 複合スライドモーションと油圧切替えポイントのプログラム化とモーション確認
- b) 試作2部品の複合モーション成形による油圧作動ポイントの適正化

図③-1-1 6,300 k Nサーボプレス

図③-1-2 油圧内蔵ダイセット

c)
量産

化達成時のコスト予測

(2) 研究の結果

- a) 複合モーションのプログラム化とモーション確認

油圧内蔵ダイセットと油圧装置は、サーボプレスに適合化するため改造点があり、最適確認を行った。複合モーションでは、プレスから油圧装置（図③-1-3）へバルブを切替えるための信号を出さなければならない。プレスからのスライド位置信号は、任意設定できる仕様となっている。設置後の初期プログラムとしてスライド位置と油圧切替えの基本ミシングを（③-1-4）に示す。

- b) 試作による油圧作動ポイントの適正品質及び加工スピード評価

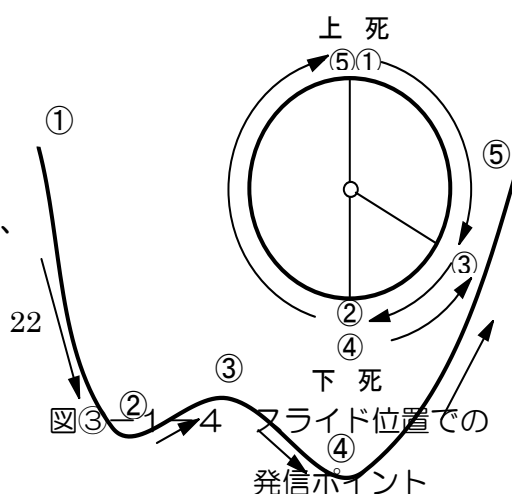
初期設定プログラムでの加工スピードは、



図③-1-3 油圧装置

ボ
の
プ
ブ
な
に 設
ロ グ
タイ

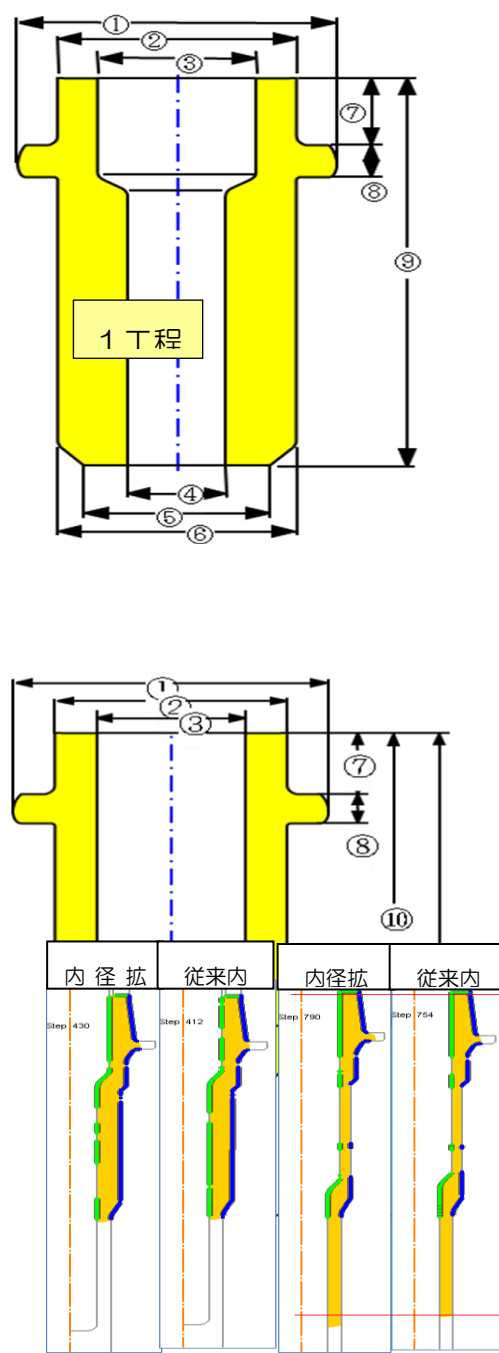
化 と
空 運



転の状態、加工中の金型破損や金型位置変更の不完全状態での加工をさけるため減速や待機時間のポイント追加したことで、1 サイクル時間が延びてしまい本年度の目標値SPM18に対しては達成することが出来なかった。(①→②) 上死点からのスライド下降での上型と下型の接触による破損をさけるため減速1秒、③1工程目加工後の2工程加工前に油圧切替えによりパンチを前進させるが、下死点からの戻り距離が100mmと短く、不完全状態での加工をさけるため、スライドの中間上昇位置で1秒間の待機設定を行った。

本年度の試作品評価については、前年度と使用設備に違いがあり、品質面において1号試作(図③-1-5)で前年度の試作品との比較を行った。複合モーション成形での比較のため1工程については、単独加工にて確認を行った。2工程での寸法確認により1号試作については、前年度・本年度での大きな差は見られず同じであると判断できた。2号試作においても同様に試作を実施しが、前年度の課題である高さ方向の形状確保に対する是正を行ったが、図面スペックを満足することは出来なかった。

2号試作で形状確保が出来なかった原因として、サーボプレスとの適正化対応による上型改造により1工程加工でフランジ側への流れが先行し前方へ流れにくくなった。そのため2工程の内径成形で後方への流れによって上部のボリュームが増す結果となり、ダイハイトを下げられない状況となった。今回の不具合の是正については、1工程加工で前方への流れを優先させる必要があり、その要因として前方への外径押し出しで外径テーパ部が長い、素材内径が最終寸法と同径であるため接触面積が長くなり外径、内径ともに摩擦が大きくなることで前方への伸びを阻害していることが考えられる。その対応については、内径摩擦の軽減として素材内径サイズの変更をシミュレーションで確認した。1工程で内径の接触面積が減少している。(図③-1-5) 2工程



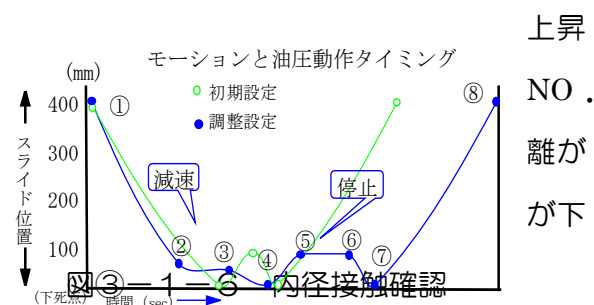
での接触範囲は同等であるが、成形過程の違いにより押出し外径は伸びる傾向であることが確認できた。(図③-1-6) 実際のトライは、内径サイズの変更によりボリューム合わせとして素材長さが長くなるため、現行の金型では対応が出来なかったが、内径拡大案については、内径サイズの見極めにより目標形状の確保は可能だと考える

今回の試作により初期設定のモーションタイミングに対し調整後のモーションでは、(図③-1-7) スライド下降中の上型と下型が接触する直前5mmの位置から上型がフローティングする5mm区間の速度を落とし(約1秒)衝撃による金型破損の防止を図った。

1工程目の加工後スライドが下死点から
する間に金型の位置変更をさせるため、
1のシリンダーへ油を供給するが、移動距離短くシリンダー内に充満する前にスライド

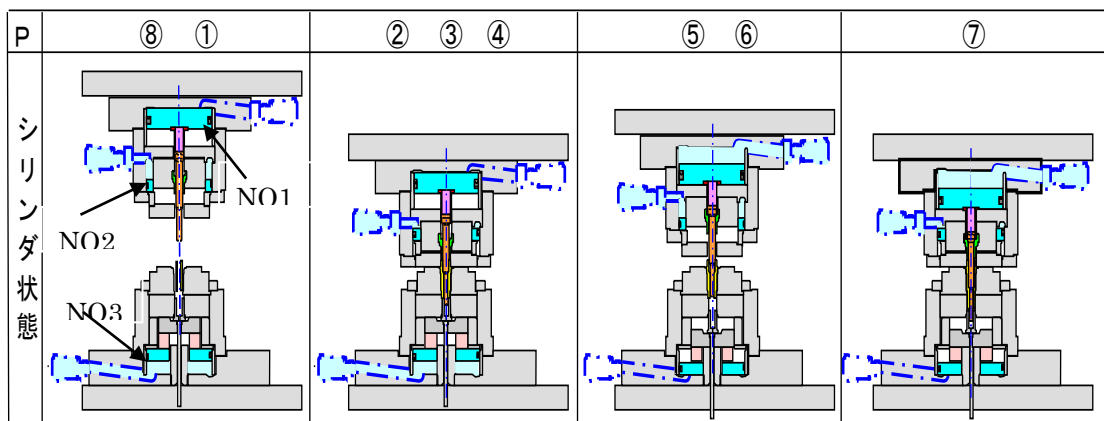
降するため、金型の位置変更が完了前に加工
始まり既定の内径深さが得られない。その
としてスライド上昇後1秒の停止指令を設
ることで、金型の位置変更を確実にし既
内径深さを確保した。各ポイントでのダイ

ス
ト内の油圧シリンダーと金型の状態は(図③-1-8)に示すように①は加工の原位置であり、上死点でNO1のシリンダー内の油が抜け持ち上げられた状態、NO2シリンダーは上型が下型に接触後フローティングするよう常圧設定、NO3シリンダーは供給状態で保持をする。②③④までは①の状態のままで1工程加工、⑤でスライドの上昇に合わせNO1シリンダーに油を供給し内径加工パンチの位置を下向に移動させ圧力を保持する。⑥で金型の位



ポイント	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
スライド位置	400	75	65	0	100	100	0	400
NO.1(上)	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF
NO.2(中)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
NO.3(下)	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON

図③-1-6 スライドモーション



図③－１－８ ポイントでの油圧状態

置変更が完了するまでの待機となる。同時にNO3シリンダーは供給バルブを開いた状態を維持させる。⑥での状態を維持したままで⑦2工程目の加工を行う。その後下死点からスライドが上昇しながらNO1シリンダーはバルブを解放しエヤー供給により持ち上げ、NO3シリンダーは油を供給し保持させる。この動作を⑦から⑧のあいだに行い①の原位置にもどり複合モーションを完了する。

c) 量産化達成時のコスト予測

本研究における新技術の工程を量産ベースでコストを算出し、従来工法でのコストと比較することで低減効果の予測を行った。

新工法では、素材のパイプ作りにおいて2回の前処理が必要となり1.9倍、成形コストは設備償却費などの効果として0.54倍といった予測により従来工法に対しトータル20%のコスト低減が見込まれる。

(3) 考察

本年度での鍛造試作の結果より、サーボプレスと油圧内蔵ダイセットの組み合わせによる新技術を活用した製品加工のプロセスは、有効性を確認することが出来た。しかし量産化へ繋げるためにはSPMの適正化と2号試作品の形状確保が必要である。他製品においても新技術を活用した製品づくりの展開が今後の大きな課題と言える。

3. まとめ

本年度の鍛造試作では、汎用プレスで2工程に分散して検証を進めてきた工法プロセスを、新たに導入したサーボプレスと特殊油圧内蔵式ダイセットの組み合わせによる正規工法で検証を行い、複合モーションによる1ストローク加工のプロセスについては、その有効性を確認することが出来た。

今後は、サーボプレスと油圧内蔵ダイセットの適合化に向けた条件設定を行い、現時点においての残存課題を解決することで、加工プロセス及び量産技術の確立を目指す。

1. 実施項目：③鍛造試作研究

③－2 試作品の外部による評価と評価基準策定

2. 26年度研究内容

本年度は正規設備の導入により行った試作結果より「新評価基準」に対する評価を行った。

(1) 研究の方法

正規設備での試作研究における品質・生産・コストの結果を基に個々の評価を実施し、量産化における総合評価を行う。

(2) 研究の結果

a) 「新評価基準」

新たな評価基準では、製品づくりに於ける加工プロセスを評価項目に落とし込むことで、結果系だけではなく要因系についても同時評価が出来、高品質、低コスト等の有意性をアピール出来ると考え、従来の評価項目に新規評価項目を追加し「新評価基準」とした。

c) 「新評価基準」に対する結果と評価

本年度の「新評価基準」に対する実施結果は(表③－2－1)9項目中3項目についての

NO	項目	判定基準	実施結果	判定
1	寸法・形状	工程毎の寸法・形状が鍛造の図面スペックを満足しているか	試作結果によりφ 33.2外径長さが不足し 素材内径サイズの見極めが必要	△
2	内部硬度	工程毎に鍛造後の内部硬度が限界値を超えていないことが確認され部位毎に評価・判定されている	素材から各工程で硬度測定を行い各部位の硬度分布で表わし安全域での確認を行い評価と判定を実施	○
表③－2－1 判定基準と評価結果		合理的な湾曲等の 実測値による評価・判定されている	工程毎にフロー観察を行い異常フローのないことを確認し評価と判定を実施	○
4	表面欠陥	試作品においては全数目視による外観確認と磁気探傷による確認がされ評価・判定されている	目視と磁気探傷での欠陥確認を全数行い評価と判定を実施	○
5	材質・成分	加工ロット毎にミルシート成績表の実績値確認により異材・介在物等の危険値が規格内で通常レベルであることが確認評価・判定されている	試作加工毎に材料ミルシートより各項目の実績値を記録し評価と判定を実施	○
6	素材硬度・組織	加工ロット毎の素材・鍛造後の硬度測定及び組織写真によるバラツキ確認と評価・判定がされている	試作加工毎に硬度測定と組織写真の確認によりバラツキを確認し評価と判定を実施	○
7	CAE結果	工程毎に製品・金型の解析により製品が安全域で成形され金型への負荷が適正であることが評価・判定されている	製品での解析結果より欠陥発生の予測値が発生していないことを確認、金型では異常負荷による型破損の危険性がないことを各工程で確認し評価と判定を実施	○
8	月産能力	使用設備負荷と対象部品の生産能力が把握でき製品供給に支障がないことを評価・判定されている	新規設備により能力に関する問題はないが対象部品の能力は改善の余地がある	△
9	消耗型費	従来工法の型費実績に対し新工法での型費実績が把握され金型管理により個々の寿命・価格が評価・判定されている	従来工法での型費は把握されているが新工法の寿命は加工数が不足しているため寿命実績が把握できていない	△

不適合項目が残り、寸法・形状での外径寸法長さ不足、月産能力で生産スピードが目標値を達成出来なかった、コストでは生産数の不足により金型寿命を把握出来なかったことで明確な判定が出来てないといった結果となった。

しかし、今後の課題として取組むことにより満足できる結果が得られると考える。

(3) 考察

本年度については、正規設備でのモーション成形による研究試作を実施した。その結果を昨年策定した「新評価基準」に基づき評価を行い、3項目の不適合が残る結果となった。

今後の取組みにおいて残存課題を早期解決することで、量産体制の確立と需要家での外部評価についての打ち合わせを行うことが必要である。

3. まとめ

本年度は、最終年度となり、本研究開発の実用化に向けた取組みを実施してきたが、新規設備・油圧装置改造後の初期トラブル等で試作の開始が遅れてしまい最終的な実施評価で課題を残す結果となった。

今後は、残存課題の解決と対象である外部評価用の2号試作品を完成させ、事業化に向けた需要家へのアプローチを進める。

1. 実施項目：④高度知能化システムの構築のためのC A E技術の開発

2. 26年度研究内容

鍛造シミュレーションでは、実際の成形での諸条件をどこまでの正確に入力するかで予測される形状や荷重等の精度が大きく異なる。前年度はC A Eの冷間鍛造の解析に影響する条件について試験・計測を行い、得られた情報を入力することでC A E内で試作試験の形状を再現することが出来た。本年度は、先の「②試験装置と鍛造分割金型の開発」にて述べた試作試験時の問題点の対策にC A Eを活用し有用性を確認した。

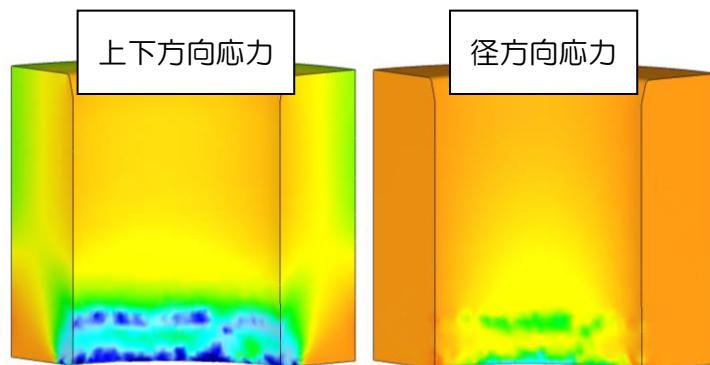
(1) 研究の方法

試作成形後にパンチダイに製品が張り付く問題について要因の検証と方策の検討を行った。

- a) 改善前金型の金型応力解析にて張り付き性を検証。
- b) 応力が小さくなる金型形状の検討。

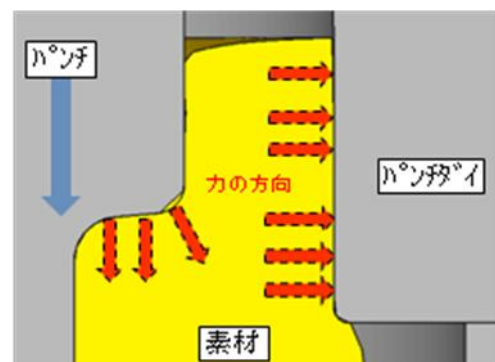
(2) 研究の結果

- a) パンチダイの成形時の金型応力解析を行い径方向と上下方向の応力を比較（図④－1）、これにより上下方向よりも径方向の応力が高いことが分かった。本工法では素材内径にパンチを挿入することで



図④－1 応力方向別金型応力解析

- 素材を前方に押し出すが、同時に径方向へも力が掛かっている。（図④－2）この際の径方向の圧力により金型は径方向に膨張、成形完了後にパンチを引き抜くことで応力が解放されることによりパンチダイは中心側に



図④－2 成形時の力の方向

収縮して素材を締め付けると結論付けた。

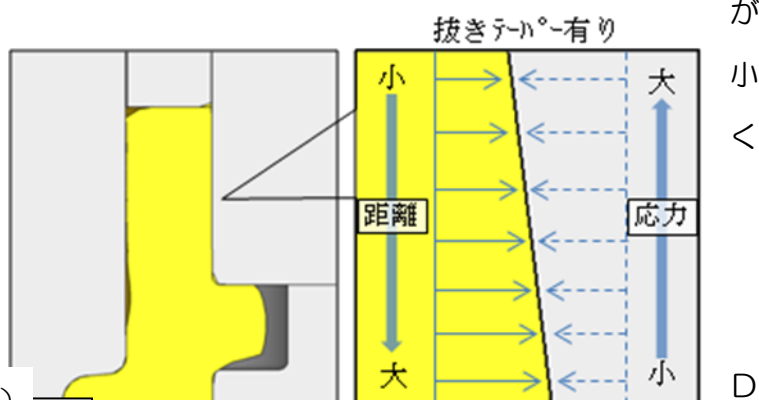
方策としては径方向に掛かる圧力を小さくすることでパンチダイの膨張を低減する。（膨張・収縮量が小さくなれば製品を締め付ける圧力が小さくなると推定）

b) 方策の具体案としてパンチダイの口元に抜きテーパの有る金型形状での解析を行った。抜きテーパを付けることで素材とパンチダイに隙間（距離）が出来る。距離が大きい程塑性変形が始まってからパンチダイに接触するまでの時間が長くなり、接触時間は短くなる。接触時間が短ければ金型

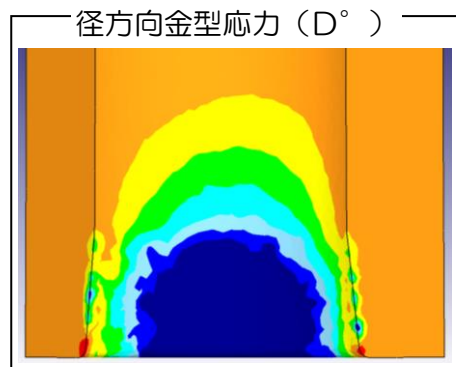
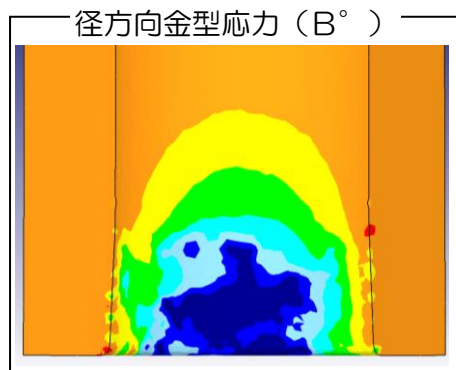
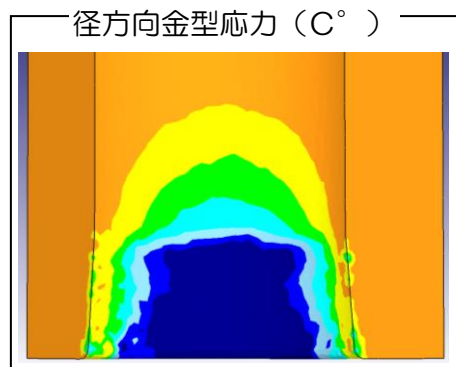
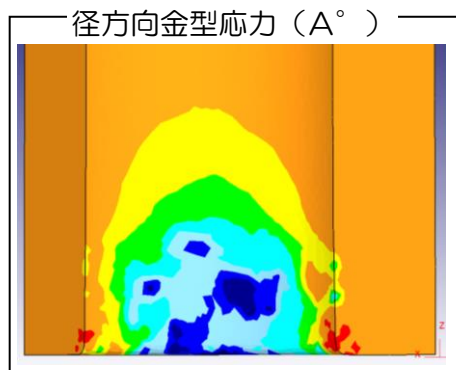
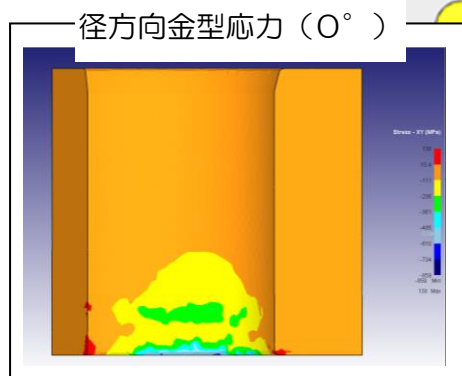
製品から受ける力（応力）は小さくなり、製品は張り付きになるのではないかと考えた。

（図④－３）

現状の0° を基準としてA～



図④－３ 径拡大量と応力の関係



図④－４ パンチダイ抜きテーパ角度別応力解析

の抜きテーパにて解析し、テーパを大きくする程応力が低い範囲が大きくなる解析結果が

得られた。(図④-4)テーパー角度を大きくするに伴い、金型応力も小さくなるが、 C° テーパーと D° テーパーの解析を比較してみると、応力が低いことを示す範囲にほぼ差が無いことも分かり、 C° 以上のテーパーを付けても効果には差が出ないと判断し、実際の金型製作では C° のテーパーを採用した。

抜きテーパー付きパンチダイ作製後の試作試験ではパンチダイに製品が張り付くことは一度も無く、改善による効果は十分であった。

3. まとめ

本年度は試作試験での問題点对策に取り組み、問題点の検証、方策の検討にシミュレーションを使用した。方策の検討では3次元解析の利点を生かし、立体的な表現により効果を予測することが出来、最小の改善で十分な効果を得ることが出来た。また、記述はしていないが、様々なコマンドを使用して解析を行うことでCAEソフトに対する理解が深まり、今後の製品展開において問題が生じた際の要因予測の正確さと速さが向上したと思われる。

今回のような事例を多く経験することは重要だが、個人の経験値となり易いためマニュアル等を作成して共有経験として蓄積することでエンジニアの育成や、解析速度・精度の向上、多角的な解析による発見等に繋がり大きな財産となる。本研究開発は本年度で終了してしまうが得られた経験を基に更なる発展活動を行う。

最終章 全体総括

昨年度までの鍛造素材改質の研究開発では、残留応力低減化・ダイ形状変更などによる条件の適正化を進めることで、同芯度目標の達成及び打抜き加工の際での持ち越し課題の解決が図れた。また、鍛造試作研究からの生産課題に対して特殊油圧ダイセットでの機能改善と、金型の適正化による製品の不適合項目の是正が解消でき、そこから得られた鍛造試作データよりC A E鍛造解析における開発工法との適正化を進めることができた。

更にそれらの研究開発成果を踏まえ既存の量産部品にて開発工法を適応させ、既存工法に比べての優位性について検証を行った。

3年目を迎えた本年度は研究開発最終年度であり、従来までの研究成果の集大成として量産化実現に向けた検討が重要な取り組みとなる。

そこで、鍛造素材改質においては、得られた同芯度精度が量産化の中で維持できる工程及び工法であるか検証を行った。

併せて当工法での製造原価の従来工法との比較評価を行い、コストの有効性を検証した。

また、昨年度までの汎用機械プレスでの二工程成形よりサーボプレスを用いた複合モーションでの一工程成形の鍛造試作研究を進める中で、特殊油圧ダイセット及び分割金型への機能改善・サーボプレスとの適合化を図り、開発工法の完遂をめざした。

26年度の研究開発として、その得られた成果について以下に列記し述べる。

1. C A E解析、鍛造試作結果より、複合モーション成形での鍛造品最終形状の決定ができ、他部品を用いた中での量産化に向けての技術習得が図れた。
2. 素材改質開発工法における現行の加工工程・加工条件下での同芯度工程能力指数は不十分であるが、同芯度と表層部硬度との相関関係より工程能力向上のための方策が明確化され、当加工工程での製造原価試算よりのコスト効果もあり、量産化の目処付けはできた。
3. サーボプレスと特殊油圧ダイセットとの複合モーション成形を実行するための、プレスモーションと油圧制御パターンの確立が図れた。
4. 鍛造試作研究での複合モーション成形における、油圧バルブ動作タイミングより生じる特有の品質不適合項目に対し、是正は図れた。
5. フォーマー成形に対する開発工法での成形では、金型を含む成形コストで約10%の低

減化、トータルコストで約21%の低減化を図ることのできる目処付けが立った。

6. 複合モーション成形でのCAE鍛造解析で、特殊油圧ダイセットの油圧装置における各シリンダー負荷予測から油圧の設定などが可能となり、他部品への展開可能な解析手法とすることができた。

以上の成果は、量産化への目処付けと言う面で大筋の目標を達成したものとする。

ただし、特殊油圧ダイセットにおけるサーボプレスとの適合化の中で、油圧装置機能面からくる油圧制御のマッチングに1部課題を残しており、そのためにサイクルタイムロスが生じ、量産化における生産性の面での目標（18pcs/min）を達成することができなかった。今後は、油圧装置における機能×能力のアップグレードを進めることで生産性の向上を図り、量産化の実現を達成する。

本開発は鍛造領域だけでなく、材料領域に踏み込み、材料改質により鍛造製品の高精密化・コスト低減につなぐ独創的な生産プロセスの実現を目指したものである。

しかしながら、自動車部品が大きな割合を占める鍛造業において、新たな製品展開を図るためには、品質と同時に製品コスト削減を需要家に実証することが重要である。

本開発には開発研究能力・意欲を有する研究フォーメーションとアドバイザーとして鍛造加工の技術指導、需要家としての立場からの様々な情報提供・指導の元に、事業化への技術的基盤が得られた。さらに、需要家との緊密なコンタクトを図り、補完研究を推進し、事業化を確実なものにしたい。