

平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「機械設備類の省力化・小型化を可能とする複動ダイセットを用いた
バリなし鍛造による複雑形状部材の低コスト量産化技術の開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成24年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 財団法人岐阜県産業経済振興センター

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)	3
1-3	成果概要	6
1-4	当該研究開発の連絡窓口	7

第2章 本論

2-1	潤滑・摩耗・流動の解析	8
2-2	複動ダイセットによるニアネットシェイプ技術の確立	12
2-3	量産化に向けた製品の機能テストの実施	16
2-4	事業化に向けた取り組み	17

最終章 全体総括

	全体総括と今後の計画	19
--	------------	----

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的および目標

自動車業界の川上部品・部材企業に対するニーズとして、生産・販売のグローバル化の進展に伴うコスト削減要請、さらには環境問題に対する意識の高まりの中、資源の制約や環境負荷低減に対応する技術開発への期待が高くなっている。

熱間鍛造分野においては、上記ニーズへの対応として、材料の歩留り向上が有効な手段であるが、現状の材料歩留りはプレス鍛造で60～70%、ハンマー鍛造で55～60%と低くなっている。特に複雑な投影形状の鍛造はバリ出し鍛造で生産されており、バリは材料を金型内に充満させ欠肉等の不良を防ぐための機能を担っているものの、バリは最終的には不要となる材料であり、成形品が複雑形状になるほど多くのバリが必要となり、材料歩留り率を低下させている。

そのため、本研究開発では材料歩留り率95～100%とするネットシェイプ成形を可能とする熱間閉塞鍛造技術と金型寿命の向上、機械設備類の省力化・小型化を具備した量産化技術を開発し、総合的に製品コストを30%削減することを目的とした。

本研究は平成22年度～平成23年度の実施計画で、目標達成のための技術的課題は次の3項目のテーマに大別される。

テーマ① 潤滑・摩耗・流動の解析

テーマ② 複動ダイセットによるニアネットシェイプ技術の確立

テーマ③ 量産化に向けた製品の機能テストの実施

各テーマ毎の実施内容は次のとおり。

テーマ① 潤滑・摩耗・流動の解析

①-1 金型寿命の向上

金型寿命を向上するための潤滑・型磨耗を検証し、型材の選定・表面処理材を決定すると共に、実測値とCAEによる解析結果の検証を行う。

①-2 金型の構造設計

解析に必要な3D金型モデル作成し、CAEによる解析を行い、型構造を決定する。

①-3 型内の材料流動・充満性の解析

解析ソフトにより、加工シミュレーション・解析を行い、加工条件（温度・加圧速度・パンチ形状等）を選定する。

テーマ② 複動ダイセットによるニアネットシェイプ技術の確立

②-1 閉塞鍛造装置の設計・製作

現在特許出願済の閉塞鍛造装置（ダイセット）の設計・図面化を行うとともに、これをもとに、閉塞鍛造装置（ダイセット）を製作する。

②-2 試作装置の検証実験

試作開発した閉塞鍛造装置により、検証実験（試作加工）を行う。

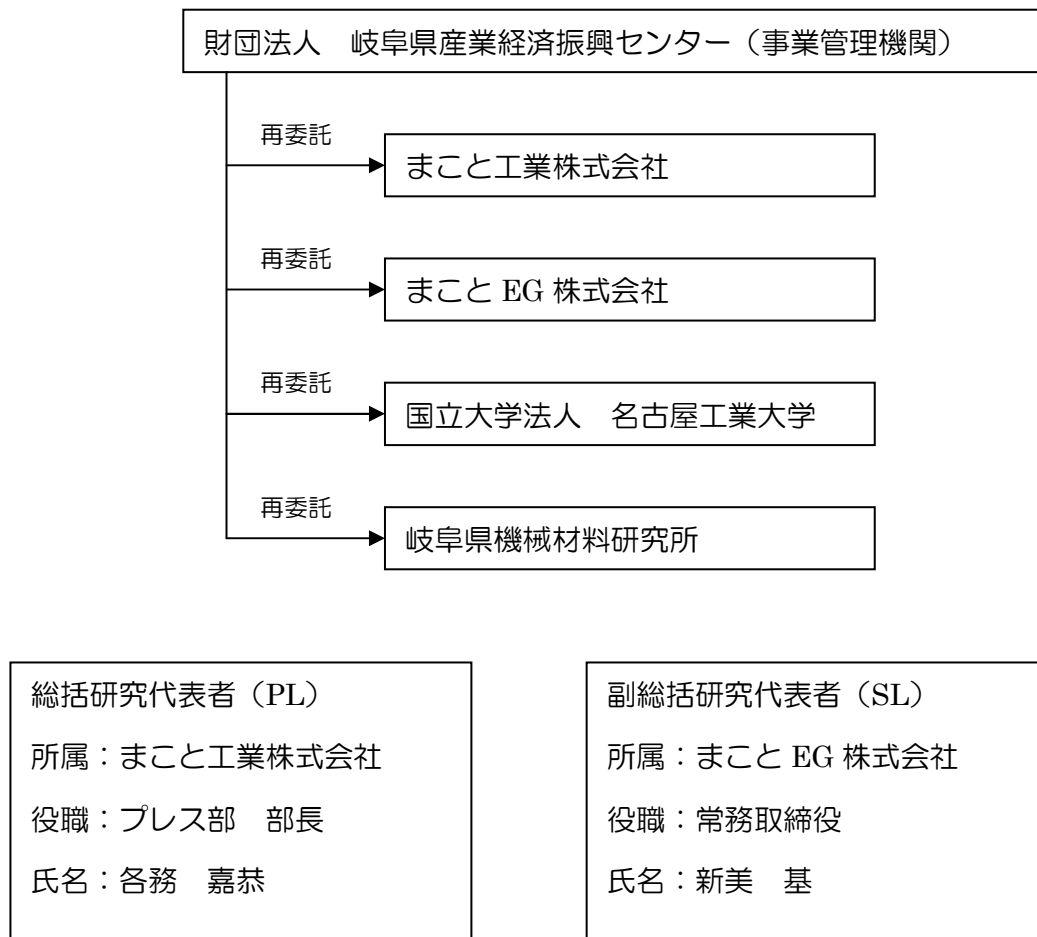
テーマ③ 量産化に向けた製品の機能テスト

川下ユーザーのアドバイスをもとに、量産化に向けた製品の機能テストの評価項目を決定すると共に、機能テスト後の結果について評価を行い鍛造品の製品保証を確立する。

1-2 研究体制

研究組織および管理体制

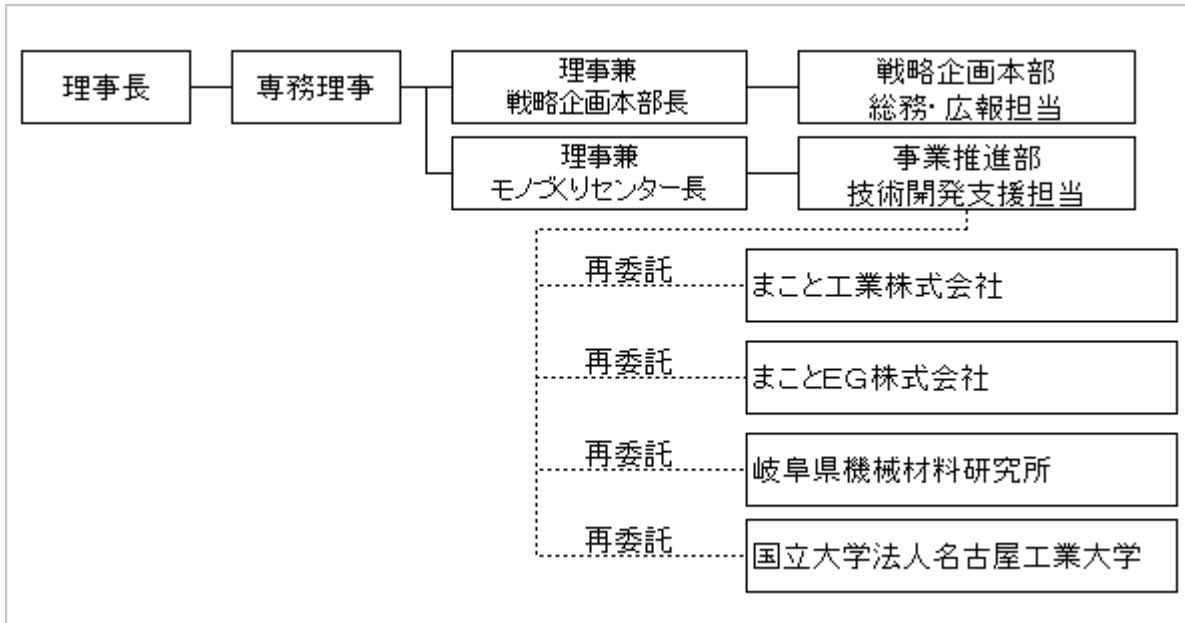
(1) 研究組織（全体）



(2) 管理体制

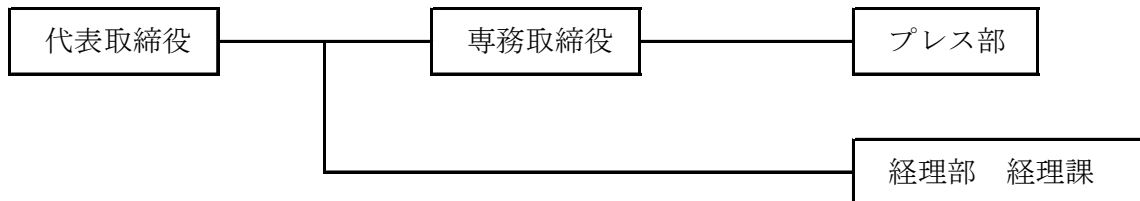
①事業管理機関

財団法人岐阜県産業経済振興センター

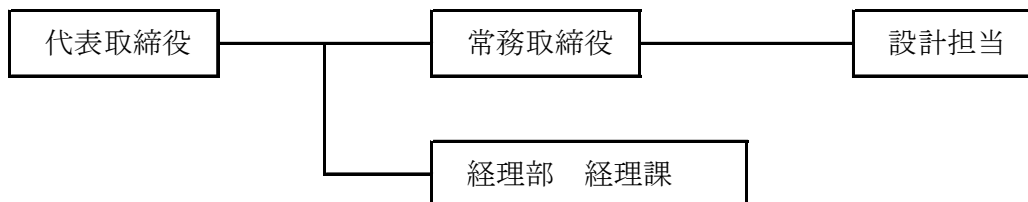


②再委託先

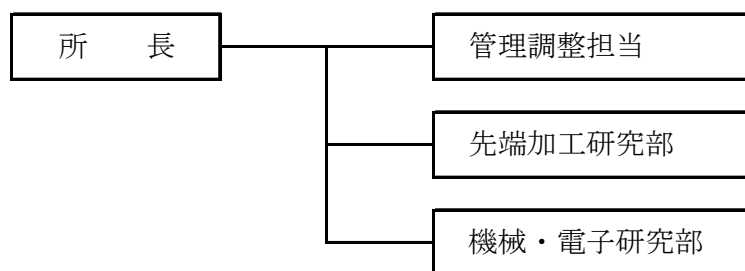
まこと工業株式会社



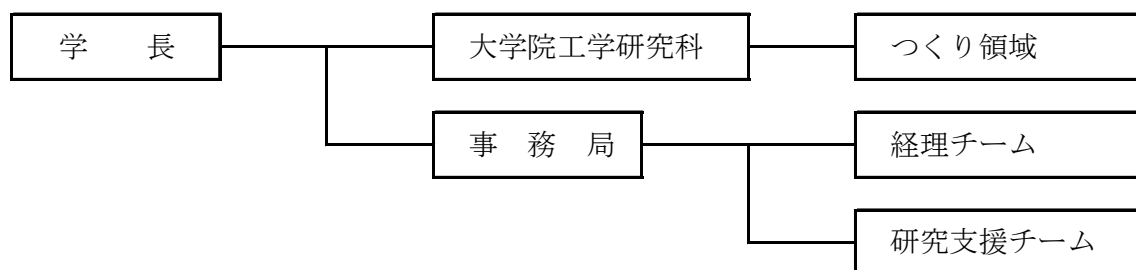
まことEG株式会社



岐阜県機械材料研究所



国立大学法人名古屋工業大学



(3) 管理員および研究員

①管理員 財団法人岐阜県産業経済振興センター

氏名	所属・役職	実施内容
石樽 芳直	理事兼モノづくりセンター長	プロジェクトの管理運営
小川 誠	モノづくりセンター事業推進部 主査	
瀬瀬 まゆみ	戦略企画本部 主任	

②研究員 まこと工業株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
各務 嘉恭	プレス部 部長	テーマ2, 3
辻 隆雄	プレス部 生産技術係長	
早川 桂太	プレス部 係員	

同 まことEG株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
新美 基	常務取締役	テーマ1, 3
五島 加奈子	設計担当員	

同 国立大学法人名古屋工業大学

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
北村 憲彦	大学院工学研究科 つくり領域 准教授	テーマ1
浅井 一仁	大学院工学研究科 つくり領域	

同 岐阜県機械材料研究所

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
加賀 忠士	先端加工研究部 専門研究員	テーマ3
坂東 直行	機械・電子研究部 主任研究員	

1-3 成果概要

テーマ① 潤滑・摩耗・流動の解析

平成 22 年度に対象製品3品種・平成 23 年度に1品種(計4品種)について、鍛造用金型・複動ダイセットの設計及び3D モデルを作成し、3D 解析ソフトにより金型内の材料流動・型応力の解析を行った結果、4品種について健全なる鍛造品が製作可能な事を証明すると共に、3D アニメーションソフトにより、複動ダイセットの動作を検証し正常な動作を確認した。

また、国立大学法人名古屋工業大学の研究により、白色潤滑材(品名は開発中にて秘)の優位性が証明され、その採用によりシワキズの抑制が証明されると共に、型寿命向上にも寄与することが期待出来る事を証明した。

テーマ② 複動ダイセットによるニアネットシェイプ技術の確立

川下ユーザーのニーズをもとに代表的な4品種について、ニアネットシェイプ技術の確立のための試作用複動ダイセットを4基製作した。4基の複動ダイセッ

トの基本原理は同じであるが、対象品種の形状によって、型分割方向・加圧方向・加圧力・プレス速度が異なり、結果的に4基の製作となった。

4基全てにおいて試作鍛造を行い、1品種は実際の採用直前（平成24年度の採用予定）、2品種は川下ユーザーへのプレゼンテーション前、1品種は更なる改善が必要で補完研究を継続という結果が得られた。

テーマ③ 量産化に向けた製品の機能テストの実施

テーマ2によって製作された試作品の機械的強度（硬度・抗張力・フローライン）について、岐阜県機械材料研究所において検証を行った。硬度・抗張力共に従来方法と比較して異常は見られず良好な結果が得られた。フローラインについては、製作工法の相違により従来と異なるが、欠陥は無く健全である事が証明された。さらに1品種においては川下ユーザーにおいて、量産品社内規格に基いた製品評価試験を実施し、製品強度耐久性異常なし・さらに破壊までの耐久テスト継続中・であるという結果が得られた。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

所属 まこと工業株式会社

氏名 プレス部長 各務嘉恭

電話 0574-54-2211 / FAX 0574-54-2218

または、ホームページ（<http://makotokogyo.co.jp/index.html>）の「お問い合わせ」からお願いします。

第2章 本論

実施内容毎に研究内容及び成果等を示す。なお、本研究開発で対象とした4種類の部品は川下ユーザーの実部品に類似するものであり、ここではNo.1からNo.4とする。

2-1 潤滑・摩耗・流動の解析

(1) 対象製品 No1

・解析ソフトによる、フロー検証結果・型応力検証結果（分布、応力）を図1～図3に示す。

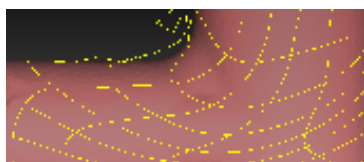


図-1 フロー

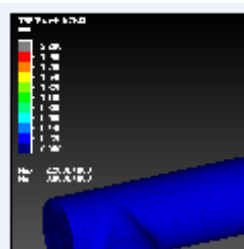


図-2 型応力分布

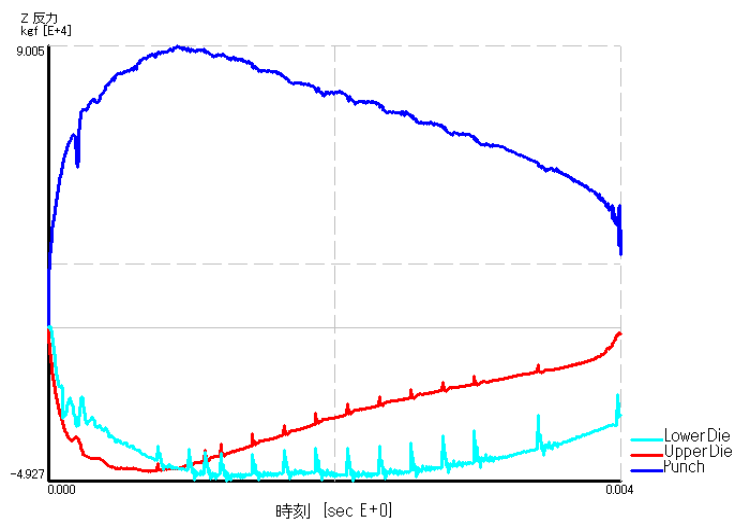


図-3 型応力

・解析に使用した3Dモデルをもとに開発したダイセットを図-4に示す。

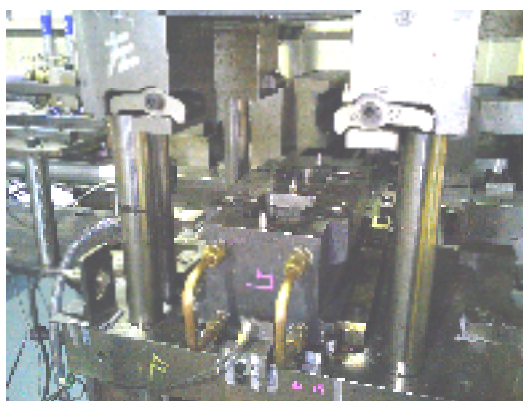


図-4 ダイセット 実写

(2) 対象製品 No2

- ・解析ソフトによる、フロー検証結果・型応力検証結果（分布、応力）を図 5～図 7 に示す。

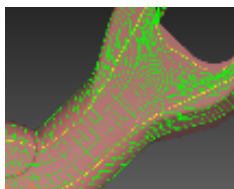


図-5フロー

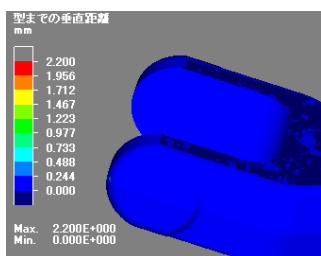


図-6 型応力分布

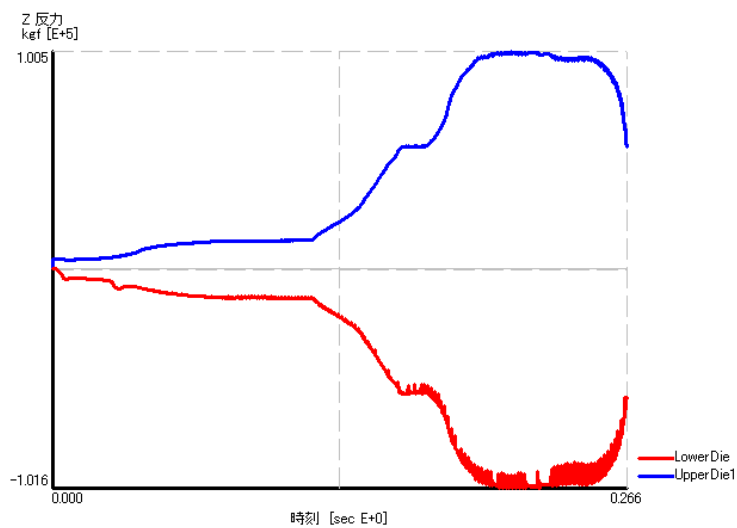


図-7型応力

- ・解析に使用した3Dモデルをもとに開発したダイセットを図-8に示す。



図-8 ダイセット 実写

(3) 対象製品 No3

・解析ソフトによる、フロー検証結果・型応力検証結果（分布、応力）を図 9～図 11 に示す。

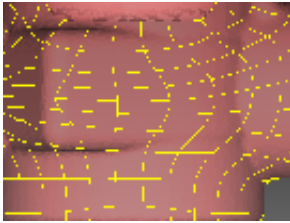


図-9 フロー

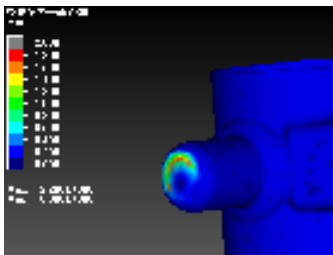


図-10 型応力

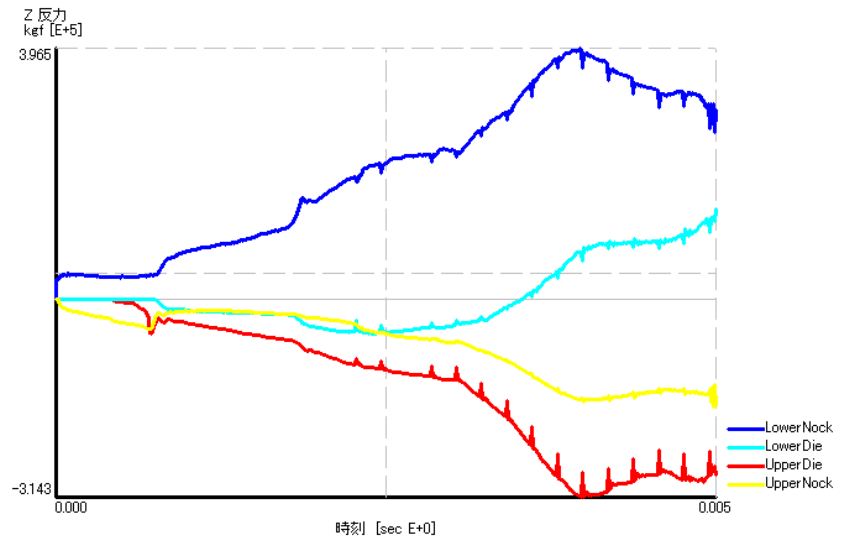


図-11 型応力

・解析に使用した3D モデルをもとに開発したダイセットを図-12 に示す。

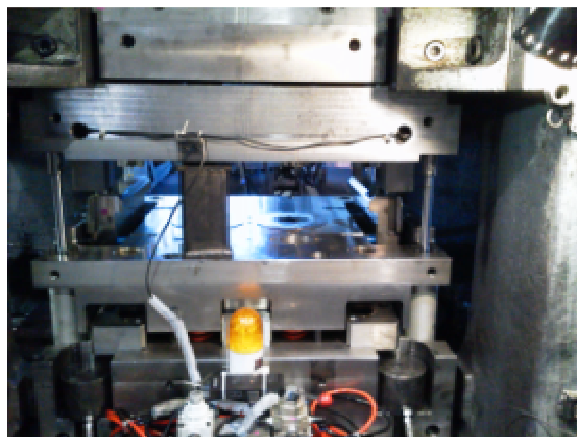


図-12 ダイセット 実写

(4) 対象製品 No4

・解析ソフトによる、フロー検証結果・型応力検証結果（分布、応力）を図 13～
図 15 に示す。

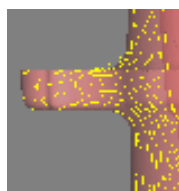


図-13 フロー

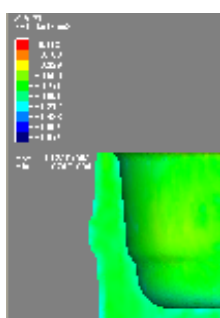


図-14 型応力分布

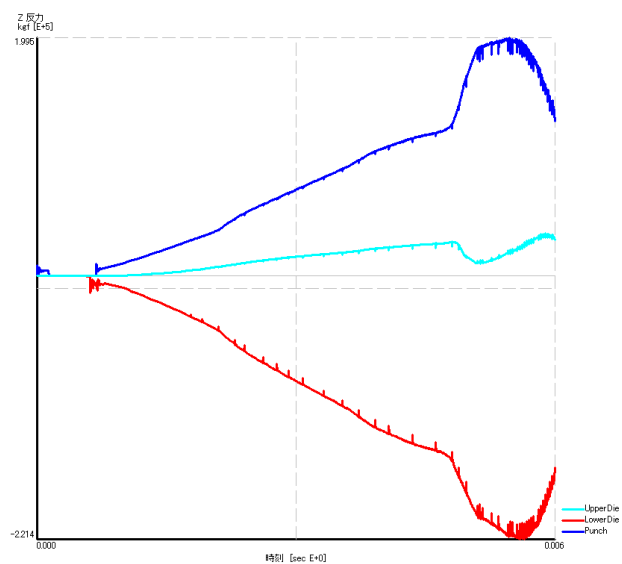


図-15 型応力

・解析に使用した3Dモデルをもとに開発したダイセットを図-16に示す。



図-16 ダイセット 実写

2-2 複動ダイセットによるニアネットシェイプ技術の確立

(1) 対象製品 No1 による結果

開発した複動ダイセットを、250Ton プレスに実装し鍛造試作を行った。
従来はハンマーによる鍛造であったために、成形荷重を単純には比較できないが、歩留りの向上は目標を達成した。

- ・ 荷重：最大 86.6 t（従来工法 600 t）
従来工法に比べ 500 t 以上の軽減ができた
- ・ 歩留り：100%
従来工法の現状歩留 68%に比べ 32%の改善ができた。
- ・ カム部耐久性
 - ・ 約 250 個鍛造を行いカムの耐久性に問題は無かった。

今後の課題：金型命数は継続研究とし、引き続き検証を行う。

従来工法との比較を表-1 に示す。

	荷重	加熱温度	使用材料	材料歩留まり (要研削対し)
従来加工方法 (2個) M55Eハンマー *1	600ton/個 相当	1,250°C	955g/個	70%
試作(1個) 250tプレス	86.6ton	750°C	668g	100%

表-1

*1 M55Eハンマーは1500Tonプレスに相当

(2) 対象製品 No2による結果

開発した複動ダイセットを、250Ton プレスに実装し鍛造試作を行った。
従来はハンマーによる鍛造であったために、成形荷重を単純には比較できないが、歩留りの向上は目標を達成した。しかしながら本対象品は形状が複雑で、今回の開発の中では最難関であり、満足な良品を得るには至らなかった。引き続き補完研究で良品完成を目指す。

- ・ 荷重：最大 98.6 t（従来工法 600 t）

従来工法に比べ 500 t 以上の軽減ができた

- ・ 歩留：98%

従来工法の現状の歩留は、54.8%であり、まだ少々のバリがあるが
40%以上の改善ができた。

- ・ カム部耐久性

埋め込みカムにし効果があった

従来工法との比較を表-2 に示す。

	荷重	加熱温度	使用材料	材料歩留まり
従来加工方法 2tハンマー(3個) 2tハンマー *2	1,800t (600 t /個)	1,250℃	2,174 g (725g/個)	55%
試作(1個) 250tプレス	98.1t	1,250℃	400 g	100%

表-2

*2 2tハンマーは2000Tonプレスに相当

(3) 対象製品 No3による結果

平成 22 年度に開発したダイセットは 600Ton プレスに実装し鍛造試作を行い、良好な成形を実証したが、600Ton プレスは現在量産ラインでのトリミングプレスとして使用されており加工速度が極めて遅い。

生産性を考慮すると、高速プレスでの成形が望ましく、平成 23 年度にダイセットを新規に設計・制作した。その結果高速プレスでの鍛造試験が可能となり、新規ダイセットを 1500Ton プレスに実装し、鍛造試作を行った。

成形荷重の目標は達成、歩留りの向上は従来共に 100%で同じ。従来の加工は油圧ダイクッションを使用しており形状が制限されるが、本開発のダイセットは種々の形状に対応可能であり、他の製品への可能性が大きくなった。

- ・ 荷重：最大 356 t（従来工法 550 t）

従来工法に比べ、約 200 t の改善ができた。

- ・ 歩留：100%（従来工法 100%）

- ・ カムの耐久性：カム部が開く傾向にある。

・

従来工法との比較を表-3 に示す。

	荷 重	加熱温度	使用材料	材料歩留
1500ton プレス 油圧ダイクッション	550ton	720℃	890 g	100%
1500ton プレス 試作ダイセット式	356ton	720℃	890 g	100%

表-3

(4) 対象製品 No4による結果

平成 23 年度新規対象とした対象製品 No4 を、平成 22 年度に開発した対象製品 No.3用のダイセットを流用し 600Ton プレスに実装し鍛造試作を行い、良好な成形を実証した。期間の終盤段階の開発で、鍛造試験の回数も少ないため、量産化に向け継続して補完研究を行う。

- ・ 荷重：未測定（荷重計未設置）

- ・ 歩留：85%（従来工法 70%）

従来工法に比べ 15%の改善ができた。孔バリ分 15%は限界。

- ・ カム部耐久性：問題なし

従来工法との比較を表-4に示す。

	荷 重	加熱温度	使用材料	材料歩留
1200ton プレス	800ton	1230℃	1030 g	70%
600ton プレス	未計測 600ton 以下	1230℃	850 g	85%

表-4

2-3 量産化に向けた製品の機能テストの実施

製品の評価項目について検討したところ、機械的特性として、引張強さ、最大荷重時の伸び、破断伸び、硬さが評価の対象となった。

ここでは、複動ダイセットによる成形検証実験を行って得た成形品から試験片を切り出し、機械的特性等を、引張試験による材料強度評価および硬さ試験による硬さ評価を行った。

一般的機械的特性の評価試験は、岐阜県機械材料研究所にて行った結果、従来の方法と比べ、開発した鍛造法は、引張強さの向上、破断伸びの低下、硬さの低下が見られるが、どれも微小なバラツキは見られるが、結果として鍛造による加工品としての機械的特性の特徴的な差異はなかった。

対象製品 No1 については、川下ユーザーにおいて、量産品社内規格に基いた製品評価試験を実施し、製品強度耐久性異常なし・さらに破壊までの耐久テスト継続中・であるという結果が得られた。

このことから、本研究で提案する手法を用いれば、「機械設備類の省力化・小型化を可能とする複動ダイセットを用いたバリなし鍛造による複雑形状部材の低コスト量産化技術が可能になる閉塞鍛造加工が出来る事が証明出来た。

2-4 事業化に向けた取組（実施者：まこと工業株式会社）

試作品の機能評価と並行して、まずは自動車部品での採用を目指すため、量産化に向けた付帯設備を設置（バッチ炉は量産には能力不足のため、加熱炉を設置するとともに、自動供給が可能な材料供給装置を開発）、量産試作を実施し、川下ユーザーの製品機能評価を得ながら実製品の量産事業化を目指した。

（1）量産時用設備 300KW誘導加熱炉の設置

300KW誘導加熱炉を設置することにより、量産時と同じ条件で川下ユーザーへ耐久テスト品を納入できた。全体レイアウトを図-17 に示す。



図-17 量産ライン 実写

（2）材料供給装置の設置

材料供給装置を設置することにより、安定的に量産が可能となる。全体レイアウトを図-18 に示す。



(4) 川下ユーザーによる対象製品 No1 の耐久テスト

川下ユーザーにおいて、量産品社内規格に基づいた製品評価試験を実施し、製品強度
耐久性異常なし・さらに破壊までの耐久テスト継続中・であるという結果が得られた。

第3章 全体総括と今後の計画

平成 22 年度より研究開発をはじめ、対象製品 4 種類について、複動ダイセットを開発し、鍛造試験を行った。全製品について、成形は完了し、複動ダイセットによる閉塞鍛造が可能である事を立証できた。川下ユーザーにも協力を頂き、対象製品 No1 の耐久テストを実施し、耐久テストに合格することができ、平成 24 年中に切り替えの話を頂き事業化展開が出来るめどが立った。

対象製品 No3・No4については、川下ユーザーにプレゼンを依頼し、完成品の機能テスト後の事業化に向け前進した。

対象製品 No2については、満足できる製品の成形には至らなかった。平成 24 年以降の補完テストで良品の完成を目指す。

下表は対象製品毎のまとめ。

	対象製品 No1	対象製品 No2	対象製品 No3	対象製品 No4
ダイセット	平成 22 年度完成 平成 23 年度 改造	平成 22 年度完成 平成 23 年度 改造	平成 22 年度完成 ハブ用に転用 平成 23 年度 新作	平成 23 年度 No3用を利用
金型	平成 22 年度一体型 平成 23 年度入子方式に改造・冷却追加	平成 22 年度一体型 平成 23 年度入子方式・カム保持方法の改造	平成 22 年度完成 平成 23 年度高速ダイセット完成	平成 23 年度 新規設計・製作
試作ダイセットの検証実験	250Ton プレスで試作を実施 約 500 個製作 問題点 ノックアウト力不足	250Ton プレスで試作を実施 問題点：パンチズレが直らない	1500 Ton プレスで試作を実施 問題点：少々カムが開く	600Ton プレスで試作を実施
製品の考察 荷重 形状 歩留まり	86.6ton 問題なし 100%	98.1t ツノの厚みバラツキ 100%	荷重：356 t 厚み：プラス限界 100%	荷重：600 t 以下 欠肉部が少々有り 85%
機能評価	川下ユーザーでの評価は、製品強度耐久の結果異状なしの報告を頂く。	岐阜県機械材料研究所によるファイバー及び硬度確認異常なし	機能評価に至らず、補完研究で実施予定	川下ユーザーに依頼予定
事業化への取組	ノックアウト力強化、油圧に改造 金型命数の確認鍛造の継続	形状的に最難関、良品完成を補完研究で目指す	No1 に続く現実性あり。補完研究で事業化を強進する予定	欠肉対策後川下ユーザーへプレゼン予定