

平成26年度戦略的基盤技術高度化支援事業（継続事業）

「板鍛造プレスにおけるフランジ移動技術の構築と
自動車用複雑三次元形状プレス部品の開発」

研究開発成果等報告書

平成27年3月

委託者 東北経済産業局

委託先 株式会社北上オフィスプラザ

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

第2章 本論

1 フランジ切断・移動・固定技術

- 1-1 はじめに
- 1-2 切断部の最適化設計
- 1-3 フランジ固定部の最適化設計
- 1-4 フランジ移動実証型の試作と検証
- 1-5 まとめ

2 厚板ハイテン材のプレス精度確保

- 2-1 はじめに
- 2-2 深絞り・リストライク工程の高精度化設計とその検証
- 2-3 穴の打ち抜き加工の高精度化
- 2-4 まとめ

3 カムリンクプレス機の最適化開発（最適プレスモーションの決定）

- 3-1 はじめに
- 3-2 カムリンクプレス機の最適化開発（最適カム構造）
- 3-3 まとめ

4 ワークと型の食い付き防止と潤滑・離型

- 4-1 はじめに
- 4-2 型構造の考案
- 4-3 潤滑・離型技術
- 4-4 まとめ

5 インプロセス成形不良検出

- 5-1 はじめに
- 5-2 インプロセス成形不良検出
- 5-3 まとめ

6 製品評価

6-1 はじめに

6-2 製品評価

6-3 まとめ

7 量産化技術

7-1 はじめに

7-2 量産化技術

7-3 まとめ

8 事業化に関する調査

8-1 はじめに

8-2 事業化に関する調査

8-3 まとめ

最終章 全体総括

第1章 研究開発の概要

総括研究代表者 株式会社ベスト 鈴木 高繁

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

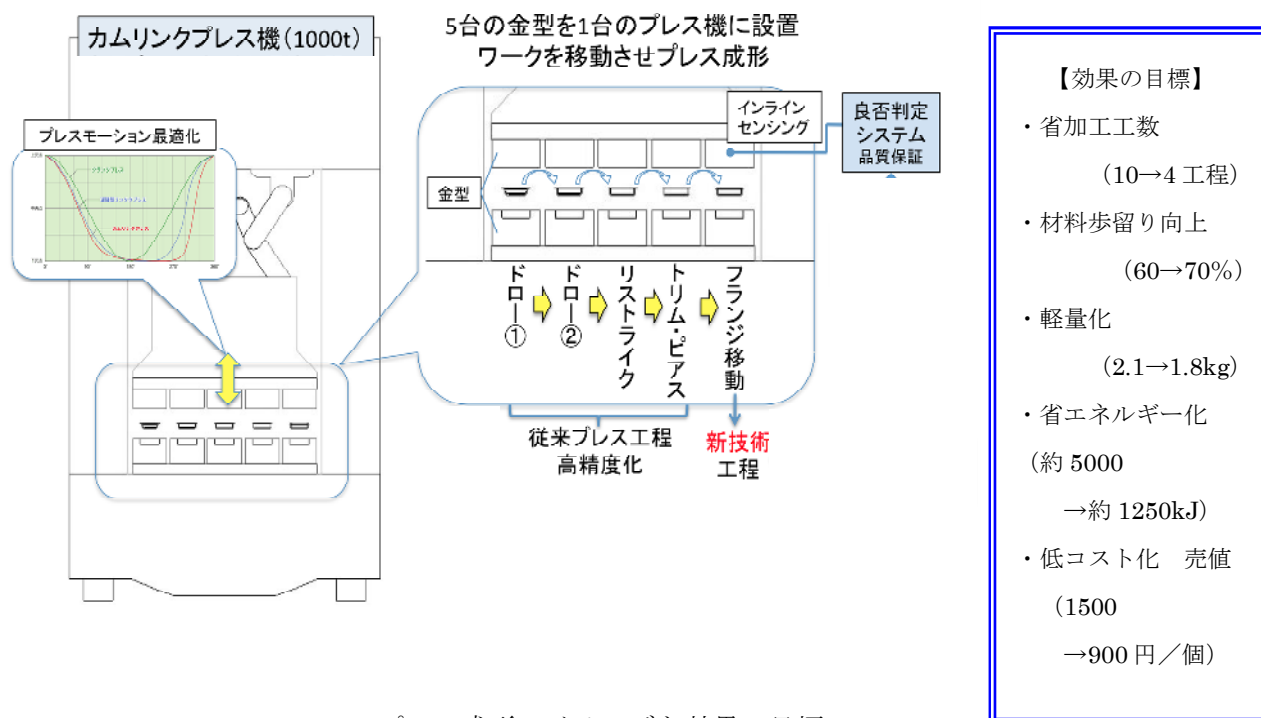
自動車用部品製造の足回り・駆動系の機能部品においては、部品の信頼性を考慮し、鋳造や熱間鍛造した素材から切削・研削して加工する方法がとられ30年以上変わらない工程で製造されてきた。また、これまでの板鍛造プレスでは、深絞り、側面の中間部にフランジ形状を持つ部品や、外径/深さ比の大きい部品など、複雑形状に対する成形は困難であった。

しかし、現在は、このような足回り・駆動系の部品にも、低コスト化、省エネルギー化が可能である板鍛造プレスの適用が注目されている。そして、さらなる軽量化のために、材料はハイテン材の採用が増え、形状凍結性が良く、き裂発生の問題も無い高度なプレス技術の構築が要望されている。

本研究開発では、このような要望に応えるために、川辺産業株式会社、株式会社ベスト及び国立大学法人岩手大学が研究実施者になり、厚板で段差付フランジ面を持つ複雑三次元プレス部品を板鍛造プレス加工で製造する技術開発を行うことを目的としている。

また、板鍛造プレスにおけるフランジ移動および深絞り加工に関わる金型技術の構築により、板鍛造プレス技術の高精度化を図り、それによる軽自動車クラスのブレーキドラム部品の開発と量産化および市販化を目指す。

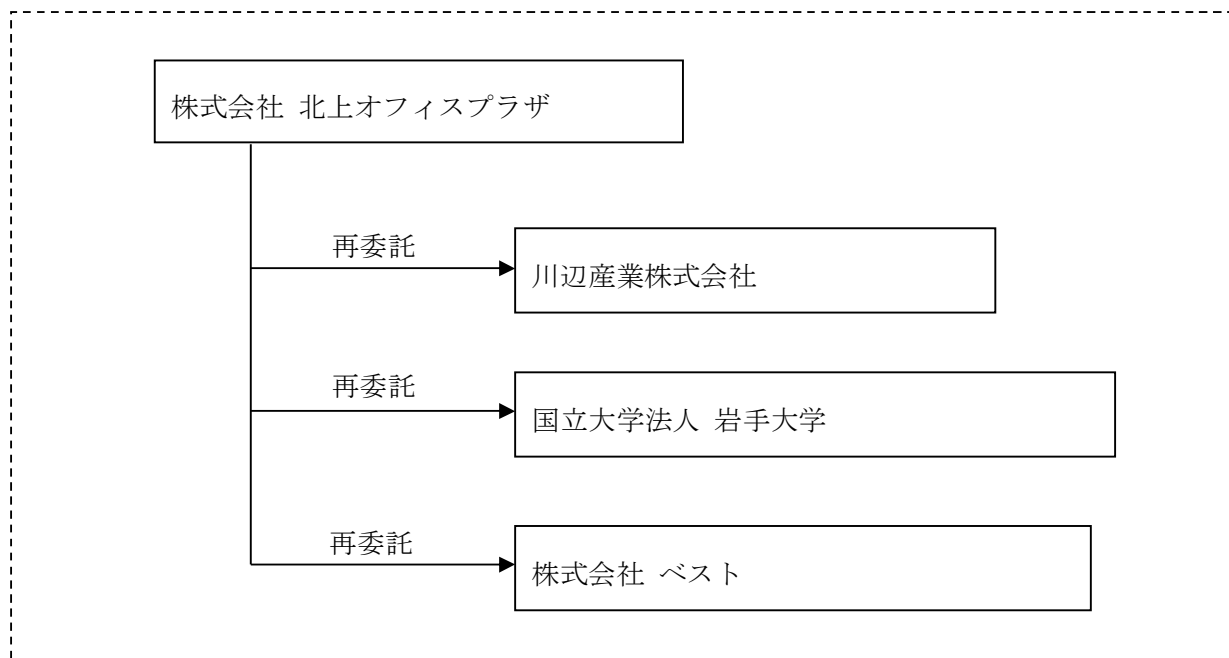
下図に本開発におけるプレス成形のイメージと効果の目標を示す。



プレス成形のイメージと効果の目標

1-2 研究体制

(1) 研究組織（全体）

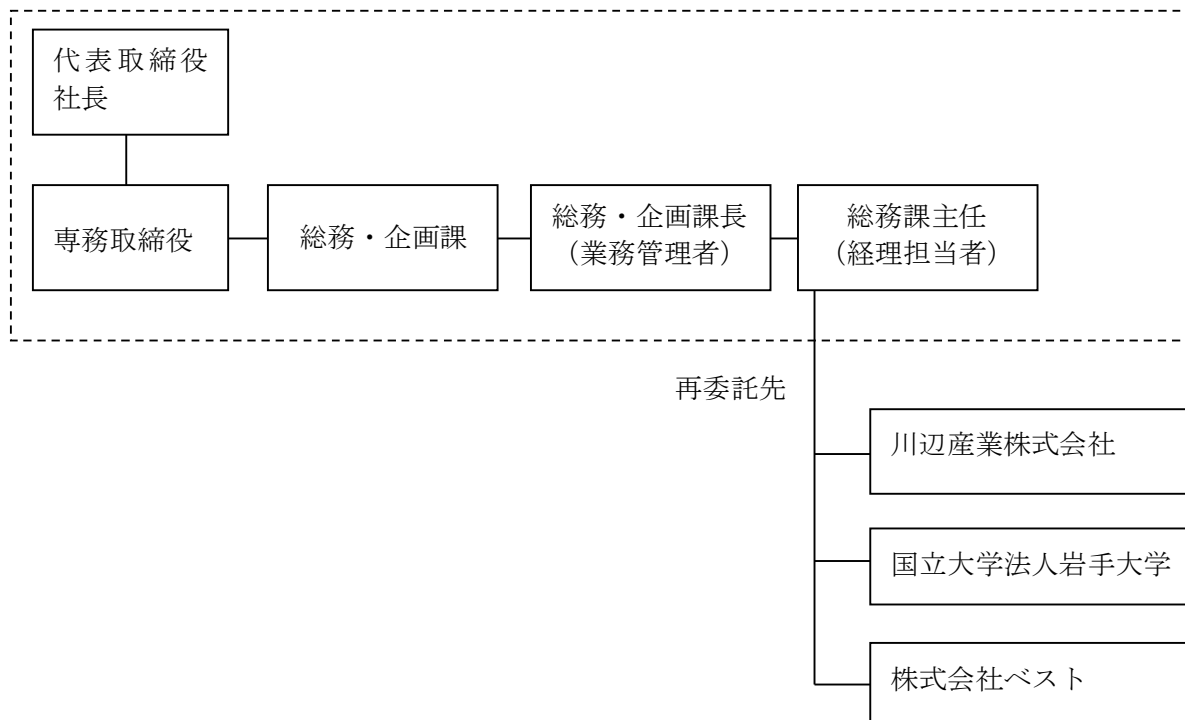


総括研究代表者（PL）
所属：株式会社ベスト
役職：顧問
氏名：鈴木高繁

副総括研究代表者（SL）
所属：国立大学法人岩手大学
役職：准教授
氏名：清水友治

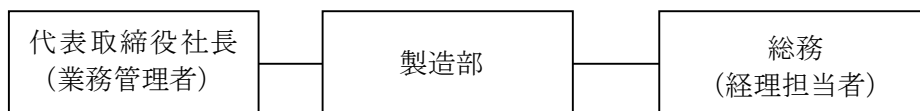
(2) 管理体制

①事業管理者 [株式会社 北上オフィスプラザ]

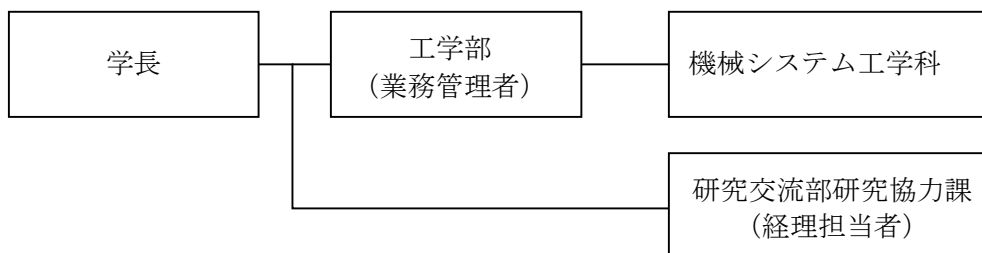


②再委託先

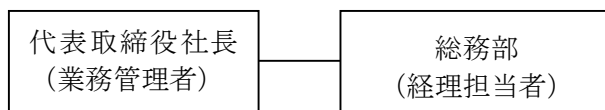
川辺産業株式会社



国立大学法人岩手大学



株式会社ベスト



(3) 研究者氏名

川辺産業株式会社

氏名	所属・役職
川邊 助之	代表取締役社長
菅原 正光	製造部 部長
佐々木 保	製造部

国立大学法人岩手大学

氏名	所属・役職
清水 友治	工学部 機械システム工学科 准教授

株式会社ベスト

氏名	所属・役職
藤原 澄夫	代表取締役社長
鈴木 高繁	顧問

(4) 協力者

アドバイザー

氏名	主な指導・協力事項
杉原 清春	プレス技術のアドバイス (株式会社杉原プレス研究所 代表取締役)
富田 伸児	プレス技術のアドバイス (株式会社杉原プレス研究所 技師)
早瀬 實	大型金型技術のアドバイス (株式会社ナガラ 代表取締役)
柳瀬 秀樹	大型金型技術のアドバイス (株式会社ナガラ 技師)
佐藤 謙一	<ul style="list-style-type: none"> ・自動車業界の動向及び情報等 (新規部品、備品企画) ・製造段階での技術的アドバイス ・製品評価でのアドバイス (トヨタ車体株式会社 生産技術改革室 EV 開発グループ グループ長)

研究推進委員会委員

氏名	所属・役職	備考
鈴木 高繁	株式会社ベスト 顧問	P L
清水 友治	国立大学法人岩手大学 准教授	S L
川邊 助之	川辺産業株式会社 代表取締役社長	
菅原 正光	川辺産業株式会社 製造部 部長	
佐々木 保	川辺産業株式会社 製造部	
藤原 澄夫	株式会社ベスト 代表取締役社長	
杉原 清春	株式会社杉原プレス研究所 代表取締役	アドバイザー
富田 伸児	同上 技師	アドバイザー
早瀬 實	株式会社ナガラ 代表取締役	アドバイザー
柳瀬 秀樹	同上 技師	アドバイザー
佐藤 謙一	トヨタ車体株式会社 生産技術改革室 EV 開発グループグループ長	アドバイザー
川辺 憲	株式会社北上オフィスプラザ 総務・企画課長	管理員

1-3 成果概要

平成24年度は、開発部品であるブレーキドラムの1/4モデル金型（実際の寸法の外径1/2、投影面積で1/4）の各工程の解析を行い、最適値を求めた。予備絞り、絞り、成形（リストライク）、フランジ切断・移動・固定の実証試験（原理確認）および、要素技術試験用金型（高精度打ち抜き型）の実証試験を行った。1/4モデルでは十分な精度の試作部品を製作することができた。また、高精度打ち抜きのトライでは、全せん断面の打ち抜きを達成することができた。カムリンクプレスの最適化開発では、カム機構を除く部分の設計と製作を行った。また、プレスモーションの解析を行い、カム機構部の設計値を決定した。量産対応技術として、摩耗試験により最適金型材料の候補を見いだすことができた。インプロセス成形不良検出法の予備検討として、金型の設計図からAEセンサーの取付け位置と、プレスモーションカーブを参考にトリガ点を決定した。

平成25年度は、1/4モデルの解析結果を用い、フルサイズモデルの金型を設計製作し、予備絞り、絞り、成形（リストライク）、フランジ切断・移動・固定の実証試験（原理確認）および、要素技術試験用金型（高精度打ち抜き型）の実証試験を行った。その結果、ほぼ十分な精度の試作部品を製作することができた。また、高精度打ち抜きのトライでは、C面を持つ、全せん断面の打ち抜きを達成することができた。カムリンクプレスの最適化開発では、平成25年度計画しているカム機構部分の製作を行い、平成24年度設計したプレスモーションを測定し、設計値どおりであることを確認した。量産対応技術として、潤滑剤の配合を検討した。また、インプロセス成形不良検出法として、フランジ切断時のAE信号を測定し、MTシステムによるその評価を試みた。

平成26年度は、平成25年度のフルサイズモデルの実証金型の結果を用い、フルサイズモ

デル金型の改造を行い、予備絞り、絞り、リストライク、フランジ切断・移動・固定をしたワークの精度評価と量産性向上の検討確認及びフルサイズモデルの実証金型のトリム（外形）・ピアス（穴の打抜）工程（高精度打ち抜き型）の実証試験を行った。その結果、ブレーキドラムの内側側面においても、十分な精度のワークを製作することができた。また、ブレーキドラム底面の高精度打ち抜きを行い、C面を持つ、全せん断面の打抜きを達成することができた。量産対応技術として、プレスロックアウト装置とプレスクッション装置を開発し設置した。また、インプロセス成形不良検出法として、フランジ切断時のAE信号を測定し、RT法により評価を行い、切断状態の良否の判別の可能性を得た。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

住所：〒024-0051 岩手県北上市相去町山田2番地18

株式会社 北上オフィスプラザ 総務・企画課長 川辺 憲

Tel : 0197-71-2171 Fax : 0197-71-2173

E-mail : kkawabe@kitakami.ne.jp

第2章 本論

1 フランジ切断・移動・固定技術

川辺産業株式会社	川邊 助之
川辺産業株式会社	菅原 正光
川辺産業株式会社	佐々木 保
国立大学法人岩手大学	清水 友治

1-1 はじめに

プレス成形によるブレーキドラムの製造技術の確立のために、平成24年度は、川辺産業株式会社が、株式会社ベストおよび株式会社ナガラにアドバイス・協力を依頼し、形状寸法を実際のものより小さくした製品用（外径で1/2とし、投影面積で1/4となるため、ここでは、1/4モデルと呼ぶ）の金型による実証を行った。

平成25年度は、1/4モデルの成果を用い、フルサイズモデルの試作を行った。川辺産業株式会社が、株式会社ベストおよび株式会社ナガラにアドバイス・協力を依頼し、平成24年度のフルサイズモデルの成果を用い、より高精度化となる改善を行いフルサイズモデルの試作を行った。

平成26年度は、平成25年度のフルサイズモデルの成果を用い、昨年度問題であった、底面の変形などを解決し、プレス部品のより精度を向上させる金型の改善を行い、その試作を行った。



図1 ブレーキドラム

1-2 切断部の最適化設計

平成24年度は、解析のために必要な、応力-ひずみ線図を求めるため、プレスに使用する材料の引張試験片を作成し、引張試験を行い詳細なプレス成形の解析を行い、それら設計値の最適なものを見いだした。平成25年度は、平成24年度の解析結果を活用し金型を設計した。

1-3 フランジ固定部の最適化設計

この工程は、テーパガイドをフランジの外側面に接触させ、フランジを中心に向かって押込むことでカシメるものである。テーパガイドとフランジ外側面の接触圧が高く、テーパガイド面が著しく摩耗することが考えられる。低接触圧になるように、テーパガイドの最適角度を解析により検討した、その結果を用いてフランジ固定工程の設計図を作成した。

1-4 フランジ移動実証型の試作と検証

平成24年度は、1/4モデルでフランジ移動の実証を行った。型の詳細設計の段階で、構造的に切断・移動と固定（カシメ）工程を1型に組込めるか、2型に分割するかを検討し、構造上無理のない2型とした。平成25年度は、平成24年度の結果より、川辺産業株式会社が、フルサイズモデルの金型を試作しフランジ切断・移動・固定の実証を行った。平成26年度は、フルサイズモデル金型のフランジ移動実証型を活用し、より高精度化となる改善を川辺産業株式会社が行い適切な材料を選択することで、耐久性のある量産性の良い金型へと改造を行った。図2に、フランジ移動後の写真を示す。これよりフルサイズモデルでは、切断・移動・固定について、十分に良好な結果が得られたが、切断力の影響もあり底面に若干変形が見られた。

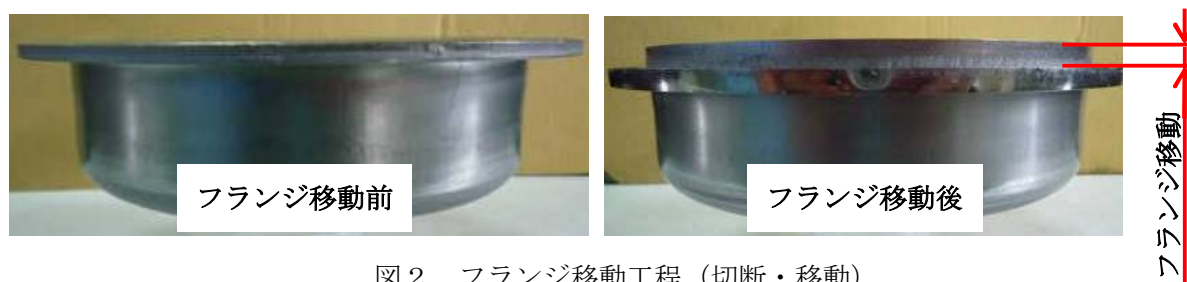


図2 フランジ移動工程（切断・移動）

また、カシメ固定力は、カシメ前後の外形測定を行い判断していたが、油圧式の圧力測定器で確認をした。その結果30MPa以上ある事がわかり、カシメ固定力が十分であることを確認することができた。

図3に予備絞り工程から絞り工程のトライの様子を示す。



予備絞り工程



絞り工程

図3 予備絞り工程から絞り工程のトライの様子

図4に開発されたカムリンクプレス（1000t）を示す。



図4 開発されたカムリンクプレス（1000t）でのトライの様子

図5に全行程を示す。

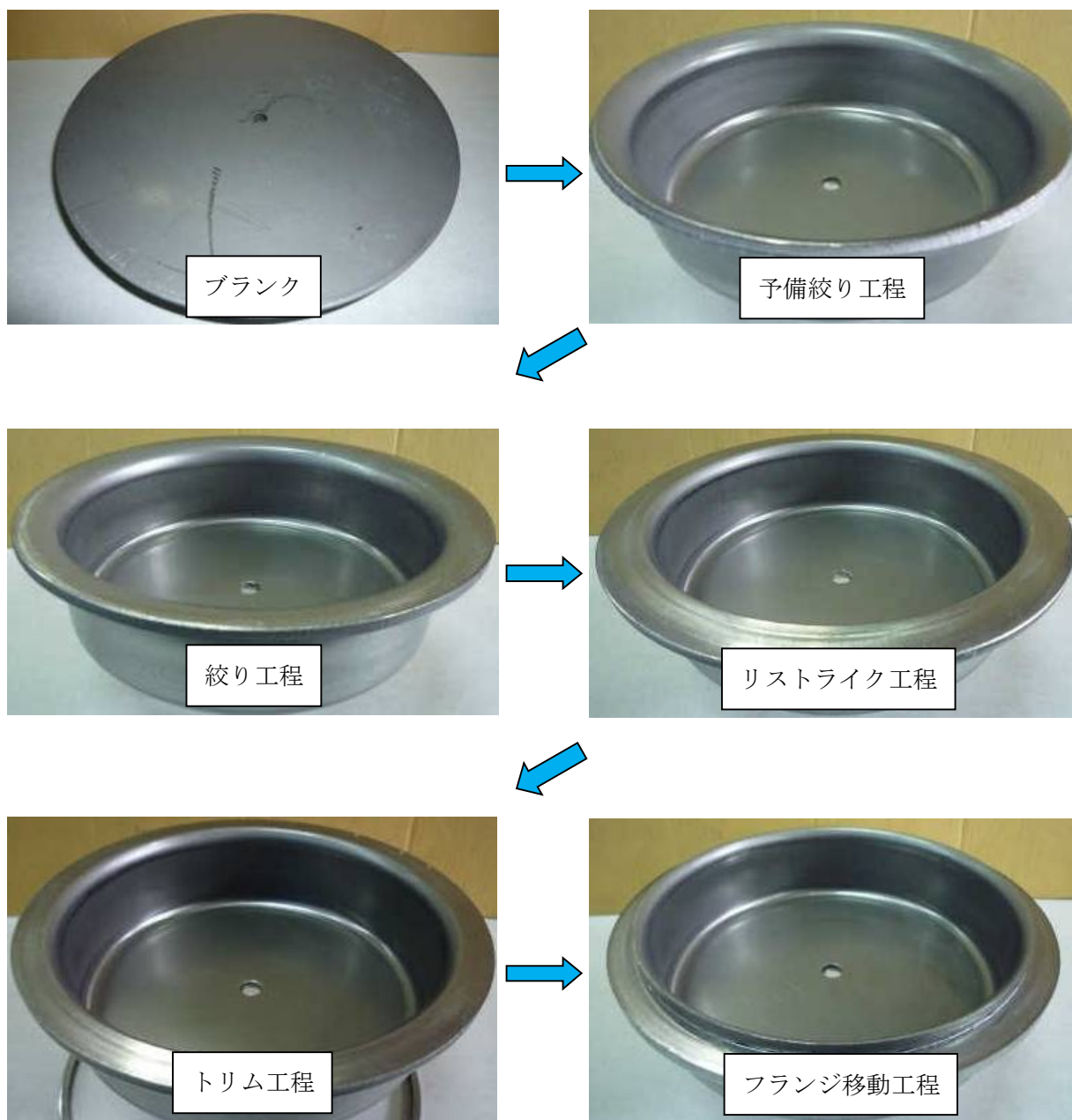


図5-1 ブランクからフランジ移動工程



図 5 - 2 カシメ工程から完成

1 - 5 まとめ

平成25年度の解析結果をふまえ、フルサイズモデルの金型を改造・製作し、カムリンクプレス（1000 t）を用いてトライを行った。その結果、フランジ切断・移動工程では、切断力が大きいため、わずかに底面の変形が改善された。しかし、まだ底面の変形がみられるため対策を行うものとする。フランジ固定工程では、良好な結果が得られた。

2 厚板ハイテン材のプレス精度確保

川辺産業株式会社	川邊 助之
川辺産業株式会社	菅原 正光
川辺産業株式会社	佐々木 保
株式会社ベスト	鈴木 高繁
株式会社ベスト	藤原 澄夫

2-1 はじめに

予備絞り、絞り、成形（リストライク）の3段階でブレーキドラムの外形を作る。フランジ固定工程でフランジをカシメるため、フランジ固定後の内径精度に影響する。内径の精度を極力良くすることは、後工程（切削および研磨）の時間を低減させることにつながる。ここでは、試作されたフルサイズモデルの内径を評価した。

また、本開発品のブレーキドラムには、底面に片側C 2.5面つき中心穴及びC 1面つき4穴計5カ所の高精度（公差H8、全せん断面）丸穴が必要である。素材がハイテン材の厚板であるため、C 1・C 2.5面のついた全せん断面化が課題である。

川辺産業株式会社が株式会社ベストにアドバイス・協力を依頼し、平成24年度は、φ14.5mm穴の打抜試験金型を製作し、自社のプレス機によるトライを行った。パンチとダイのクリアランスおよびパンチ先端形状（C面）を変化させトライを行った。平成25年度は、φ14.5mm穴の打抜試験金型を製作し、自社のプレス機によるトライを行った。パンチとダイのクリアランスは平成24年度の成果を活用し設定した。パンチにC1面を取付け、トライを行った。平成26年度は、フルサイズモデルの実証金型のトリム（外形）型・ピラス（穴の打抜き）型を製作し、トライを行った。パンチとダイのクリアランスは平成25年度の成果を用い設定した。パンチにC1、C2.5面を取付け、トライを行った。

2-2 深絞り・リストライク工程の高精度化設計とその検証

平成24年度は、1/4モデルで検証し、平成25年度は、フルサイズにて検証を行った。ドラム本体の高さは、目標値に対し1mm程度小さく、フランジ面の高さは、0.5mm小さかった。フランジ切断時に加わる荷重で、全体としてややつぶされていることが分る。平成26年度は、平成25年度の結果を金型の改善で小さくすることができた。真円度と円筒度の精度を測定するために3次元測定を行った。測定箇所は、高さ方向の10mmピッチの4カ所とした。その結果、真円度0.016mm、円筒度0.053mmが得られ、精度の目標を達成していることが示された。測定結果を図6に示す。

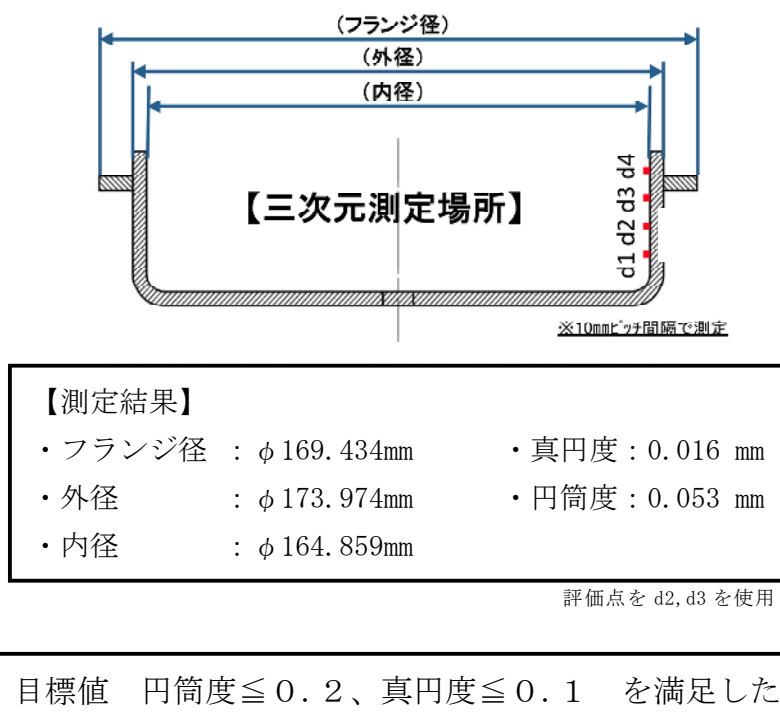


図6 3次元測定による真円度、円筒度

2-3 穴の打ち抜き加工の高精度化

平成24年度は、株式会社ベストの協力・アドバイスのもと $\phi 14.5\text{ mm}$ 穴の打抜試験金型を製作し、全せん断になる切断面を目指し、最適条件を見出した。平成25年度は、打抜試験金型を製作し、トライを行った。 $\phi 14.5\text{ mm}$ 穴の全せん断+C1面の目標形状を達成できた。平成26年度は、フルサイズモデルの実証金型のトリム（外形）・ピアス（穴の打抜き）工程に組み込みトライを行った。その結果 $\phi 14.5\text{ mm}$ 穴の全せん断+C1面、 $\phi 54\text{ mm}$ 穴の全せん断+C2.5面のついた高精度の目標形状を達成できた。図7に目標形状とトライ結果を示す。

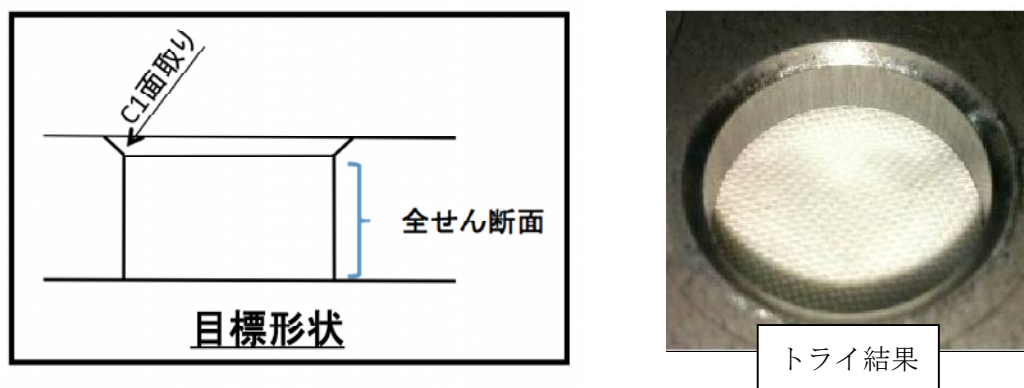


図7 目標形状とトライ結果

2-4 まとめ

フルサイズモデルのサンプルを作成し、フランジ固定工程後の内径の精度を3次元測定により評価した。その結果、真円度は0.016 mmで、円筒度が0.053 mmとなり、良好なことが示され、目標値の円筒度0.2 mm、真円度0.1 mm以下に対し達成する事ができた。

穴の打ち抜き加工の高精度化についても、フルサイズモデルの実証金型を製作し、C面付の穴形状のトライを行った。その結果、非常に良好な全せん断面で高精度なC1、C2.5面のついた穴形状が得られた。

3 カムリンクプレス機の最適化開発（最適カム構造）

川辺産業株式会社	川邊 助之
川辺産業株式会社	菅原 正光
川辺産業株式会社	佐々木 保
国立大学法人岩手大学	清水 友治

3-1 はじめに

予備絞りからリストライクまでの形状凍結性と、フランジ移動工程における、切断段階の精度と固定段階の仕様を満たす最適プレスモーションが要求される。フランジ切断において、せん断加工における過去の知見より、切断面性状の向上には、プレス速度の設定が重要である。また、深絞り時の形状凍結、フランジ固定段階には、プレス速度を落とし十分な保持時間を持つ、なべ底型のプレスモーションが効果的であることも分っている。ここでは、カムリンクプレスにおいて、このような条件を満たすプレスモーションに対応したカムの設計を行った。そのプレスモーションを評価した。

3-2 カムリンクプレス機の最適化開発（最適プレスモーションの評価）

図8に、開発するカムリンクプレスの構造を示す。カム機構とリンク機構によりスライダーが下げられる。このリンク機構により、下死点近傍では、大きな加圧力を発生することができる。設計どおりのプレスモーションになることが確認できた。

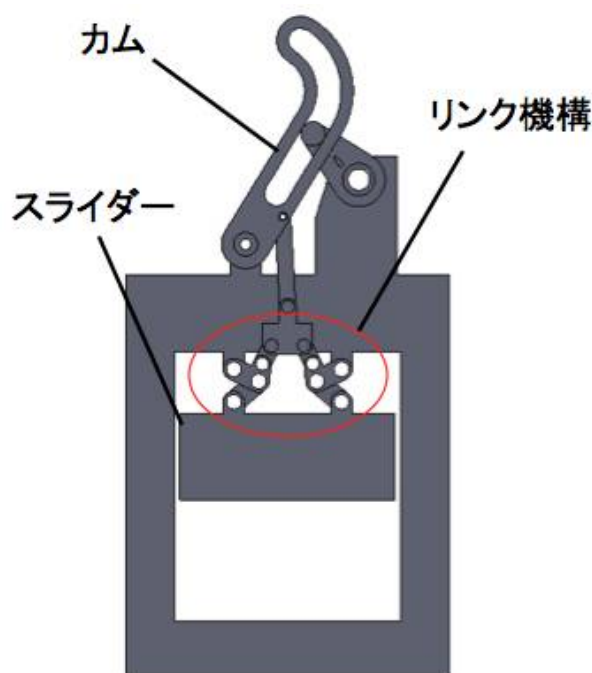


図8 カムリンクプレスの構造

3-3 まとめ

プレスモーシヨン解析の結果より、カムリンクプレスにおける、カム部の設計寸法が要求仕様を十分満たすことが分った。よって、この値をカム機構の設計値とし、製作されたカムリンクプレスのプレスモーシヨンを実測し、設計値どおりであることを確認した。

4 ワークと型の食い付き防止と潤滑・離型

川辺産業株式会社	川邊 助之
川辺産業株式会社	菅原 正光
川辺産業株式会社	佐々木 保
国立大学法人岩手大学	清水 友治

4-1 はじめに

厚板の深絞り加工や、フランジ移動におけるカシメ工程で、金型との高面圧接触、変形時の発熱により、金型への材料の食い付きや、金型の耐久性（摩耗）の問題が発生することが経験的に確実視される。このような問題の多くは、機構的な面の対策として、型構造を工夫し、または、接触部の潤滑性の向上によって解決する。潤滑性の向上については、金型材料、潤滑剤、表面処理の最適な組合せを選定することで達成できる。

4-2 型構造の考案

平成25年度は、食い付き防止機構を考案し、フルサイズモデルのフランジ固定工程のパンチに組込んだ。その金型を図9に示す。これより、食い付きの発生を低減することができた。平成26年度のトライ結果で下型に食い付きが発生した。食い付きを防止する為に、下型のフランジカシメリングにTiC低温処理を実施した。そのフランジカシメリングの画像を図10に示す。



図9 カシメ金型のパンチ構造



図 1 0 フランジカシメリング

フランジカメリングに TiC 低温処理を実施後の対策効果確認の様子を図 1 5 に示す。



図 1 1 カシメ工程トライの様子

4-3 潤滑・離型技術

平成24年度は、金型材料の選定を行った。プレス用板材(SHP440)と、市販されている各金型材SKD11材とその改良材数種類のピンオンフラット方式の往復動摩擦試験を行い、当プレス用板材に対する最も低摩擦、耐摩耗性に優れた材料を選択する。平成25年度は、潤滑剤の選定を行った。プレス用板材(SHP440)と、平成24年度の結果から、最適な材料をピン試験片に用い、潤滑剤の添加量を変更した資料により、ピンオンフラット方式の往復動摩擦試験を行い、カムリンクプレス用板材に対する最も低摩擦、耐摩耗性に優れた潤滑剤の配合を選択した。

図12に実験に用いたピンオンフラット方式の摩耗試験機の写真を示す。この摩耗試験機は往復運動で摩耗試験を行うものである。さ



図12 ピンオンフラット方式摩耗試験機

4-4 まとめ

本開発で使用するプレス用板材(SHP440)と、金型材に一般的に用いられるSKD11とその改良材の摩耗試験を行い、最も適切な金型材料を見つけることができた。

5 インプロセス成形不良検出

国立大学法人岩手大学 清水 友治

5-1 はじめに

ここでは、フランジ切断・移動・固定という全く新しい工法を適用することで部品の生産を実施する。生産工程に、新しい工法を適用する場合、不良品発生の問題がつきまとうことがある。そこで、成形時の AE センサーでデータを取り、製品の良否の判定を試み、開発段階から安定した良品生産を目指す。

5-2 インプロセス成形不良検出

設定されたプレスモーションカーブから、フランジ部の破断のタイミングに合ったトリガ点（計測開始点）を、また、型構造からは AE センサーの取付け位置を決定し、AE センシング診断システムを該当データの計測に対応できるように設定する。

前述のモーションカーブより AE センサーのトリガ点をパンチがフランジ上面 5mm 地点に達したときとした。AE 波の周波数特性と、それを用いた RT 法の評価を行った。

5-3 まとめ

平成 24 度は、プレスモーションカーブから、フランジ部の破断のタイミングに合致したトリガ点を、また、型構造からは AE センサーの取付け位置を決定し、AE センシング診断システムを該当データの計測に対応できるように決定した。

平成 25 年度は、フランジ切断・移動工程において AE センサーを取付け、不良品発生の判断を試みた。その結果、AE 波の大きいものは、マハラノビスの距離も大きくなり、不良品の判断の可能性が得られた。

平成 26 年度は、フランジ切断・移動工程において AE センサーを取付け、その周波数特性に対する RT 法および項目診断を適用し、不良品発生の判断を試みた。その結果、切断状態の不安定なものは、評価値がプラスに、切断状態が安定しているものは、マイナスになり、不良品の判断の可能性が得られた。

6 製品評価

川辺産業株式会社	川邊 助之
川辺産業株式会社	菅原 正光
川辺産業株式会社	佐々木 保

6-1 はじめに

平成26年度に、川辺産業株式会社がアドバイザーの株式会社ナガラを通してユーザーに、開発したブレーキドラムの機能および耐久性の評価を依頼し、ユーザーが製品としての可否を判定する。不具合、問題点がある場合、開発を継続して改善し、ユーザーの超小型自動車への採用を目指す。

6-2 製品評価

ブレーキドラムフルサイズモデルの製品図を基に、測定評価を行った。測定の結果、製品として十分な精度を得るためには内面の旋削加工が必要であることが分かった。

6-3 まとめ

ユーザーにワークを持ち込み、確認していただいた。また、最低限必要な寸法情報をいただきそのデータを元に測定を行った。また、最終的にワーク内面の旋削およびホーニング加工を行い、ユーザーに評価を依頼することとした。

7 量産化技術

川辺産業株式会社	川邊 助之
川辺産業株式会社	菅原 正光
川辺産業株式会社	佐々木 保

7-1 はじめに

平成26年度に、川辺産業株式会社が、株式会社ナガラおよび地元協力企業の協力のもと、これらの研究・開発成果を統合し、超小型車用（1～2人乗）のブレーキドラム（φ200程度まで）の量産化技術を構築する。

7-2 量産化技術

プレスロックアウト装置とプレスクッション装置を開発しカムリンクプレス（1000t）に設置した。図13に設置された装置を示す。



図13 プレスロックアウト装置とプレスクッション装置

7-3 まとめ

プレスロックアウト装置とプレスクッション装置をカムリンクプレス（1000t）に設置し量産化対応を可能とした。

最終章 全体総括

研究開発後の課題として、軽微な内容で、底面の平坦度をさらに上げる必要がある。これは金型の改修で対応する。また、さらに製品の実用評価という課題がある。これは、川下企業のユーザーに依頼し評価して頂く予定である。フランジ部の固定をカンメだけで行っているため、接合強度は基準の 30MPa を十分上回っているが、その疲労強度を保証できないことが懸念事項である。実用評価の結果を受け、必要であれば製品としてさらなる改善を行うこととする。

事業化展開としては、現在、月産 2,000～3,000 個の生産体制とすることができた、そこで、平成 27 年度はユーザーの電気自動車に採用されるよう努めて行く。それとともに、本製品の採用の可能性のある農業用車両などへの展開も検討し、そのメーカーに働きかけていくこととする。また、2～3 年後には、電気自動車あるいは、農業用車両などに採用されるなど実用的な実績を積上げ、軽自動車への参入を目指す。また、軽自動車への採用が決り次第、生産体制も月産 10,000～15,000 個体制となるように整備する。軽自動車に本格的に採用された場合は月産 100,000 個以上の生産が必要とされ、それに見合う生産体制の構築を目指す。