

平成22年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「板鍛造の高度化による（省エネ・省資源指向の）  
トリプルカップ成形技術の開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成23年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 財団法人中部科学技術センター

## 目 次

第1章 研究開発の概要	1
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）	1
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	6
2-1 トリプルカップ成形技術の確立	6
2-1-1 単発加工における実機データの比較・分析	6
2-1-2 加工シミュレーションの解析結果と実機トライ結果との比較検討	8
2-2 連続加工トライによる量産化技術の検討	13
2-2-1 連続加工における実機トライデータの比較・分析	13
2-2-2 加工シミュレーションの解析結果と実機トライ結果との比較検討	22
2-3 極圧剤を極力排除した加工油の開発	28
2-3-1 各種ラボ評価結果と実機トライ結果の比較	28
2-3-2 連続加工トライによる評価	32
第3章 全体総括	34
3-1 研究開発の成果	34
3-2 研究開発後の課題・事業化展開	34

## 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) 研究の背景と目的

自動車等の機能部品は複雑化・高精度化と同時に製造上の環境配慮が求められている。

板鍛造は後加工の削減や必要加工圧の低減等、省エネ効果が大きく、本研究開発では板鍛造を高度化して、トリプルカップのネットシェイプ成形を目指す。具体的には端面圧縮による分流制御技術の開発と極圧剤を極力排除した加工油の開発を通して、製造上の環境負荷低減を図りながら複雑3次元形状を作り出す成形技術の確立を目指す。

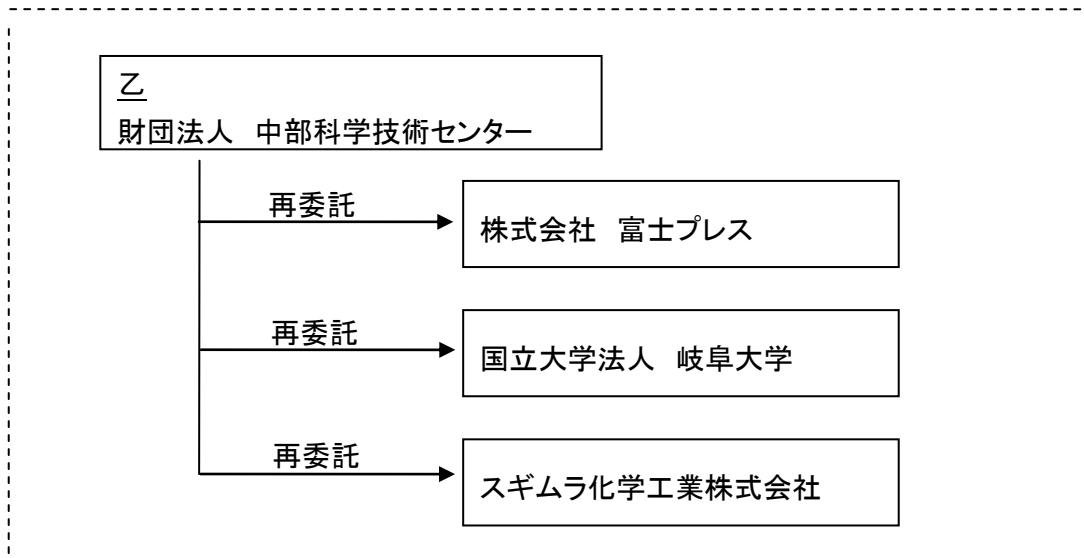
#### 2) 研究の目標

- ・複雑形状化 : ボス部合計高さ $\geq 30$  mm
- ・コスト低減 : 加工費&金型費 $\leq 1/2$  (従来技術との比較)
- ・省エネ : 必要エネルギー $\leq 1/2$  (従来技術「鍛造+切削」との比較)
- ・省資源 : 薄板素材利用 (=板厚3 mm以下) による材料費低減
- ・環境負荷低減 : 塩素フリー極圧剤配合割合 $\leq 40\%$

### 1-2 研究体制

#### 1) 研究組織及び管理体制

##### ① 研究組織 (全体)

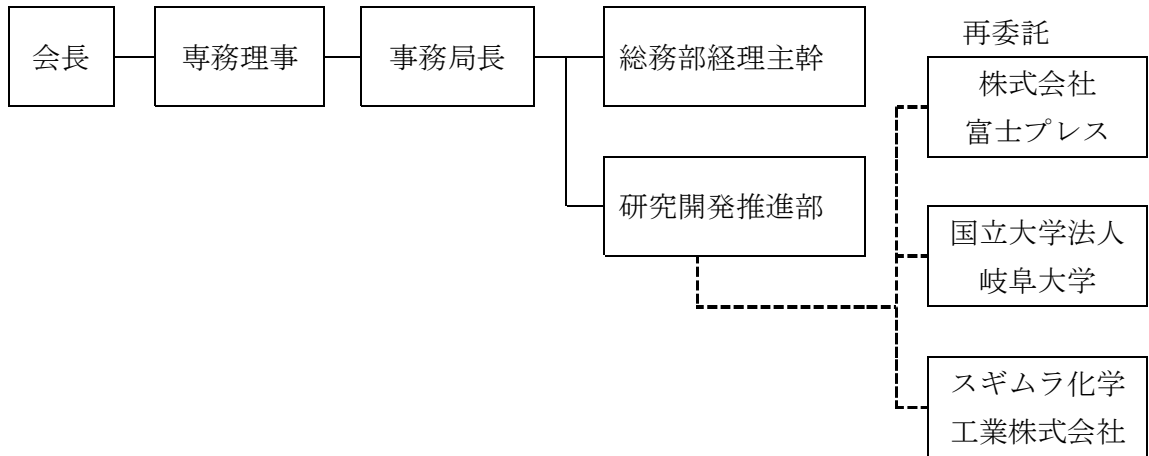


総括研究代表者(PL) 株式会社富士プレス 総務部長 磯村 治	副総括研究代表者(SL) 国立大学法人岐阜大学工学部 教授 王 志剛
------------------------------------	---------------------------------------

2) 管理体制

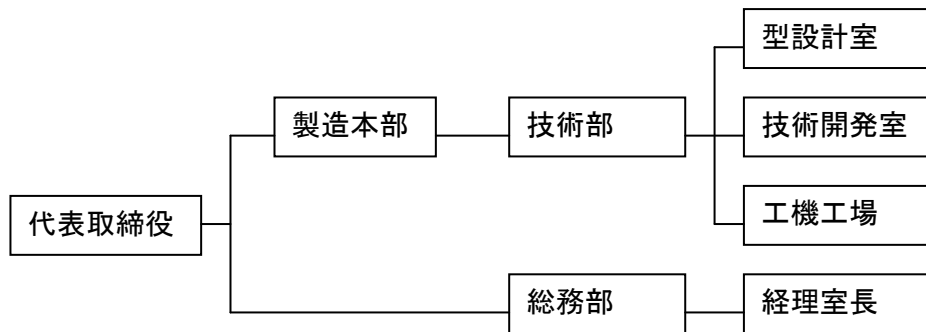
①-1 事業管理者

財団法人中部科学技術センター

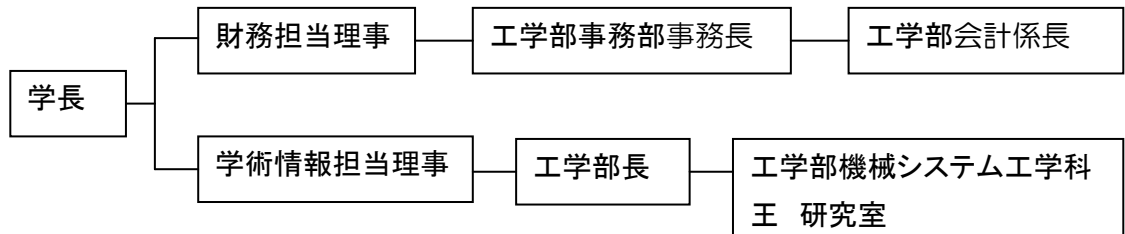


①-2 (再委託先)

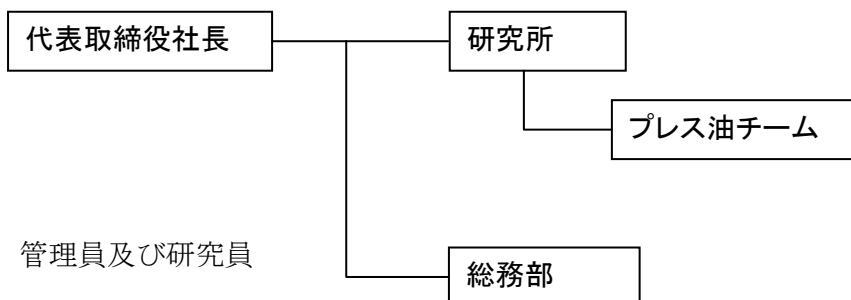
株式会社富士プレス



国立大学法人岐阜大学



スギムラ化学工業株式会社



2) 管理員及び研究員

【事業管理者】 財団法人中部科学技術センター

管理員

氏名	所属・役職
永田 達也	研究開発推進部長
福嶋 昭	研究開発推進部 担当部長
大澤 秀敏	研究開発推進部 担当部長
平澤 進	研究開発推進部 主幹
高須 容功	研究開発推進部 主任
宮島 和恵	研究開発推進部 主任

【再委託先】

研究員

株式会社富士プレス

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
磯村 治	総務部部長兼技術開発室長	2-1,2-2,2-3
田口 徹	技術部 部長	2-1,2-2,2-3
森 正広	技術部 主監	2-1,2-2,2-3
川口 正行	技術部工機工場 工場長	2-1,2-2,2-3
蟹江 俊哉	技術部型設計室 1グループ長	2-1,2-2,2-3
竹内 孝	技術部型設計室 2グループ	2-1,2-2,2-3

国立大学法人 岐阜大学

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
王 志剛	工学部機械システム工学科 教授	2-1,2-2

スギムラ化学工業株式会社

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
五藤 英司	研究所プレス油チーム 係長	2-3

【アドバイザー】

安藤 元良	(株)デンソー 機能品2部第3設計室 室長
中野 隆志	アイダエンジニアリング(株) 開発本部技術企画室 室長
丹羽 司	ユケン工業(株) 加工品事業部機能加工グループ技術課 課長
小久保 友博	大府商工会議所 地域振興課 主事

### 1-3 成果概要

#### 1) トリプルカップ成形技術の確立

##### 1) - 1 単発加工における実機データの比較・分析

トリプルカップ形状のネットシェイプ成形を目指して、4種類の工程設定をもとに複動ダイセットを製作し、単発工程での実機トライを行った。そのトライ・データを分析した結果、2種類の工程設定内容により目標形状を達成したことが確認できた。

##### 1) - 2 加工シミュレーションの解析結果と実機トライ結果との比較検討

目標形状や寸法精度の向上を図るために加工シミュレーション結果と実機トライ結果を比較検討した。加工荷重低減策と巻き込み対策の二つを検討したが、両者とも金型部品形状の最適化による素材流動の改善が重要であることがシミュレーションの結果から明確になった。ただし、この方向での実機トライは2)の連続加工トライにおいて巻き込み対策の検証のみ実施できた。

#### 2) 連続加工トライによる量産化技術の検討

##### 2) - 1 連続加工における実機トライ・データの比較・分析

上記1)におけるトリプルカップ成形技術の確立結果をもとに量産化技術の検討をして、量産加工における素材流動の最適化を目指した。新たに製作した連続加工が可能なトライ用金型を使用して諸条件（プレス・モーション、金型表面処理、潤滑剤）の観点から収集データを比較・分析した。プレス・モーションに関してはナックル・モーションが最適であることが明確になった。金型表面処理に関してはCrNが最適であるが、焼き付き防止の観点からコーティング前の面粗度確保も重要であることが明らかになった。潤滑剤に関しては下記3)に記載する。

##### 2) - 2 加工シミュレーションの解析結果と実機トライ結果との比較検討

加工シミュレーションの結果を実機トライによる連続加工結果と比較検討し、目標形状・寸法精度の達成を図った。成果としては①成形不良（巻き込み）の解消と②端面圧縮工程および底面圧縮工程での背圧不足による成形結果への影響確認ができた。加工シミュレーションの結果を実機トライによる連続加工結果と比較検討し、目標形状・寸法精度の達成を図った。成果としては①成形不良（巻き込み）の解消と②端面圧縮工程および底面圧縮工程での背圧不足による成形結果への影響確認ができた。

#### 3) 極圧剤を極力排除した加工油の開発

##### 3) - 1 各種ラボ評価結果と実機トライ結果の比較

120KN 万能薄板試験機を用いた絞りしごき試験と実機トライ結果との比較により、量産トライに使用する油剤の最適配合の特定を目指した。成果としては油剤動粘度適正值と油性向上剤の適正配合割合の特定、硫黄系・リン系極圧剤の配合割合が成形結果に及ぼす影響等に関する知見が得られた。

##### 3) - 2 連続加工トライによる評価

トリプルカップ量産加工に対応しうる油性剤の構築を、極圧剤の配合割合を40%以下に抑えながら目指した。成果としてはY36P36とY64SⅢ36の2種類の加工油を使用した連続加工トライの結果が得られた。それによれば、ともに一定の現場量産性

が確認できたが、量産加工に最適な油剤組成を構築するためには、さらなる現場量産状態の再現が必要と考えられる。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

事業管理者

財団法人 中部科学技術センター

〒460-0011 愛知県名古屋市中区大須一丁目35番18号

一光大須ビル 7階

研究開発推進部 担当部長 大澤 秀敏

TEL : 052-231-6723 FAX : 052-204-1469

E-mail : h. osawa@cstc.or.jp

## 第2章 本論

### 2-1 トリプルカップ成形技術の確立

#### 2-1-1 単発加工における実機データの比較・分析

##### (1) 研究目的

本研究開発では端面圧縮絞り法を応用して工程短縮を図りながら、素材の分流制御を高度化することでトリプルカップ形状のネットシェイプ成形を目指した。

そのためにまず単発工程での各種実機トライデータを比較・分析して最適加工条件を特定した。

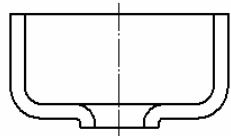
##### (2) 研究目標

トリプルカップ仕様：ボス部合計高さ $\geq 30$  mm、内径交差=レンジで $0.08$  mm以下、内径真円度 $\leq \phi 0.05$  mm

##### (3) 実験方法

###### 1) 分流タイプ A (材料：SPCE-SD、 $t=2.6$ )

No.1, 2 の 2 種類の工程でトライを実施する。(全て単発加工)

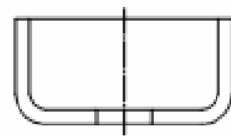
工程 No.	プリフォーム	第一ステージ	第二ステージ	第三ステージ
No.1		複動成形	第一しごき	第二しごき
No.2		高機能複動成形		

その他の条件

- ①複動成形、高機能複動成形ともにカップ端面圧縮力は $440$  KN
- ②高機能複動成形は複動成形より下型部品のスロークが $10$  mm長い
- ③ボス部分流ポイントに当たる金型部品の表面処理はともに Y コート・タイプ R(CrN)。
- ④潤滑剤はともに FM1 を使用。

###### 2) 分流タイプ B (材料：SPCE-SD、 $t=2.6$ )

No.3,4 の 2 種類の工程でトライを実施する。(全て単発加工)

工程 No.	プリフォーム	第一ステージ	第二ステージ	第三ステージ
No.3		複動成形		
No.4		複動成形	第一しごき	第二しごき

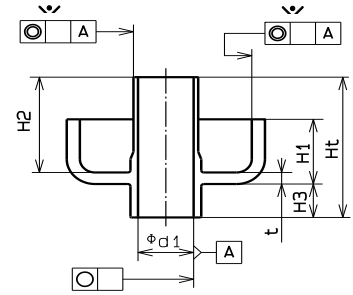
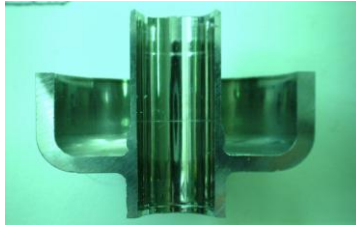
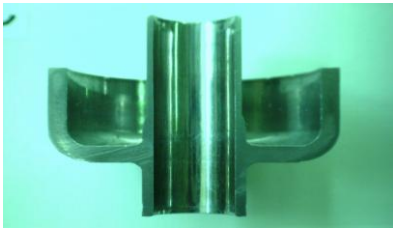
その他の条件

- ⑤複動成形、高機能複動成形ともにカップ端面圧縮力は $440$  KN
- ⑥ボス部分流ポイントに当たる金型部品の表面処理はともに Y コート・タイプ R(CrN)。
- ⑦潤滑剤はともに FM1 を使用。



(4) 研究成果

1) 分流タイプ A による成果

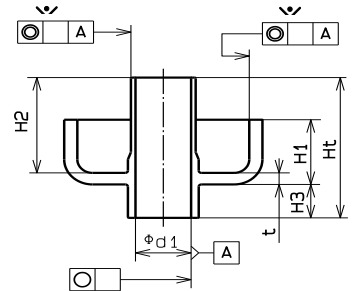
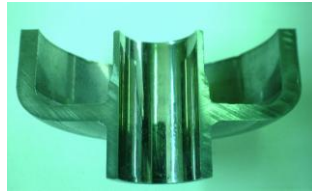
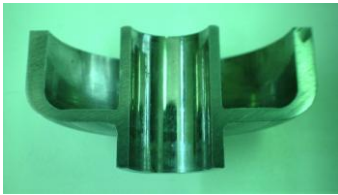


寸法測定結果

		Ht	φ d1				同軸度		面粗度
			径寸法			真円度	①	②	φ d1
			max	min	レンジ	max			Rz(μ m)
工程 No.1	平均	31.12	11	10.94	0.059	0.037	0.042	0.032	0.78
	σ n	1.011	0.01	0.022	/	0.021	0.019	0.013	/
	個数	13	5	5	/	5	5	5	1
工程 No.2	平均	29.95	11	10.96	0.04	0.015	/	/	/
	σ n	1.04	0.003	0.003	0.004	0.003	/	/	/
	個数	3	3	3	3	3	/	/	/

単位 mm

2) 分流タイプ B による成果



寸法測定結果

		Ht	φ d1				同軸度		面粗度
			径寸法			真円度	①	②	φ d1
			max	min	レンジ	max			Rz(μ m)
工程 No.3	平均	24.54	10.96	10.92	0.035	0.024	0.046	0.034	0.39
	σ n	0.01	0.01	0.005	/	0.012	0.013	0.012	/
	個数	6	6	6	/	6	6	6	1
工程 No.4	平均	22.96	11	10.97	0.031	0.009	0.032	0.039	0.7
	σ n	0.381	/	0.022	/	0.03	/	/	/
	個数	5	3	5	/	3	3	3	1

単位 mm

(5) まとめ

1) 目標達成度 (ボス部関係寸法)

	高さ	達成度	内径レンジ	達成度	内径真円度	達成度
目標値	30mm 以上		0.08mm 以下		φ 0.05mm 以下	
工程 No.1	31.1	○	0.06	○	0.04	○
工程 No.2	30.0	○	0.04	○	0.02	○
工程 No.3	24.5	△	0.04	○	0.02	○
工程 No.4	23.0	△	0.03	○	0.01	○

2) 初期の目標値は工程 No.1 と 2 で達成できた。

ただし n 数が少ないので、トランスファー型での連続加工にて n 増しをして確認をしていく必要がある。

3) 一方、分流タイプ B の工程 No.3 と 4 では、金型に許される最大の加圧力を加えても目標値の 30mm 以上は達成できなかった。ただし川下ニーズを調査した範囲では上記達成度でも十分事業化が可能である。参考までにトライを行った SPCE 以外の材料でのボス高さは A1070, A5052 で約 27mm A2017 で 12.7mm SUY で 15.7mm であった、これらの材料についてもニーズがあれば事業化は可能である。

4) 内径公差は工程 No.3 で 0.035mm、工程 No.4 で 0.031mm であり分流タイプ A よりも高品質で目標のレンジ 0.08mm 以下をクリアした。また内径最小部の位置が複合分流に比べツバ部よりも先端側に近い側にある事がわかった。これは分流タイプ A はマンドレルでしごき上げていくのに対し分流タイプ B はマンドレルが固定であるためと思われる。

5) 真円度については分流タイプ A と B は同程度で目標値の 0.05mm 以下を十分達成する事ができた。

2-1-2 加工シミュレーションの解析結果の収集および実機トライ結果との比較検討

(1) 研究目的

加工シミュレーションの結果を実機トライ結果と比較検討し、目標形状・寸法精度の向上を図る。

(2) 研究目標

圧力条件ごとの素材流れ・歪み状態・内部応力等の確認と改善を実施する。

(3) 実験方法

材料

①成形体・・・弾塑性体

ヤング率 : 206000 MPa

ポアソン比 : 0.3

降伏点 : 153 Mpa

硬化特性 : 右表参照

②インナーパンチ・・・弾性体

ヤング率、ポアソン比 同上

③アウターパンチ・・・同上

④下マンドレル・・・同上

⑤カウンターパンチ・・・同上

歪み	応力(MPa)
0	153
0.03	230
0.06	272
0.1	306
0.15	336
0.25	370
0.5	408
1	445

⑥ダイ . . . 同上  
 プログラム JOH / NIKE2D  
 要素 4 接点軸対称要素  
 要素・接点数

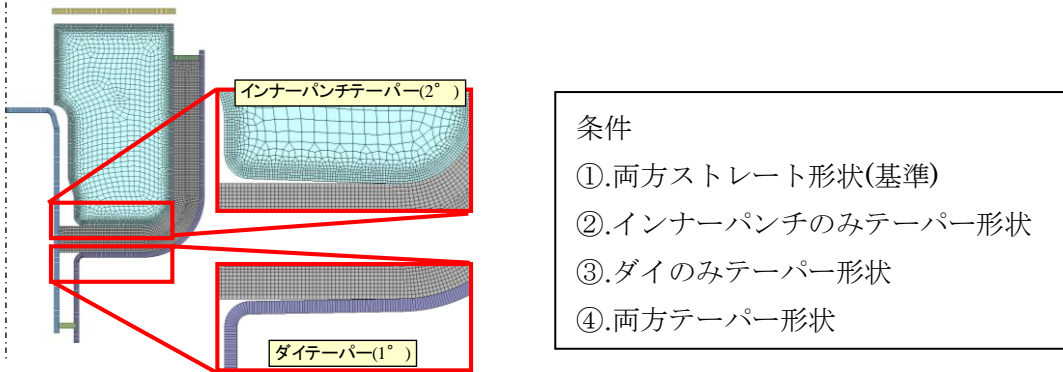
要素数	接点数
19808	18419

摩擦係数 0.1

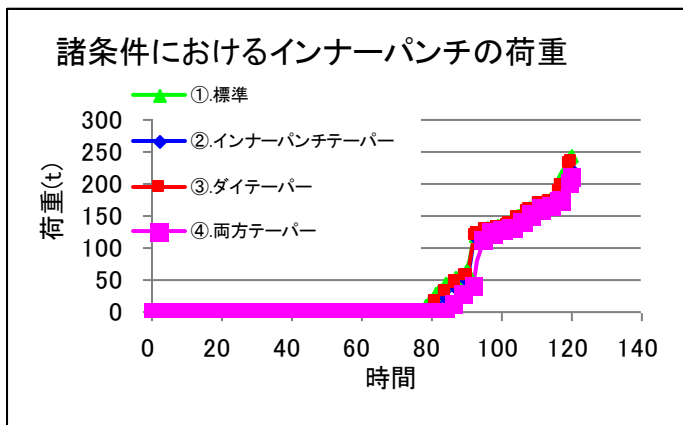
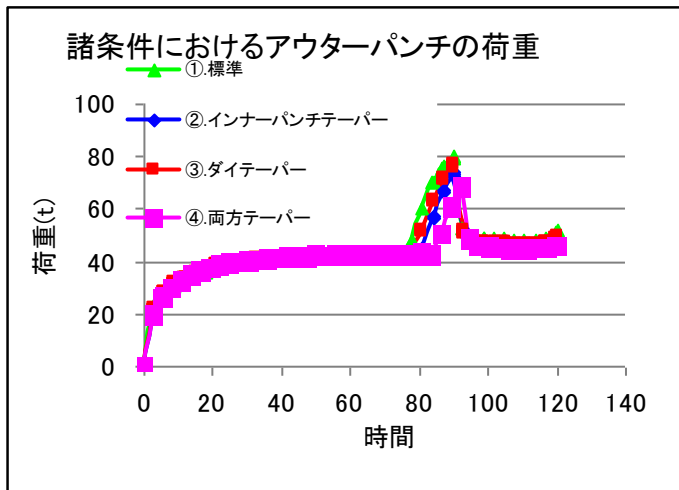
(4) 研究成果

1) 加工荷重低減対策 その1 (分流タイプ B)

直接分流において加工荷重を低減する為の検討を行った。この対策は分流タイプ A でも有効な対策であるが分流タイプ B での評価を行うこととする。

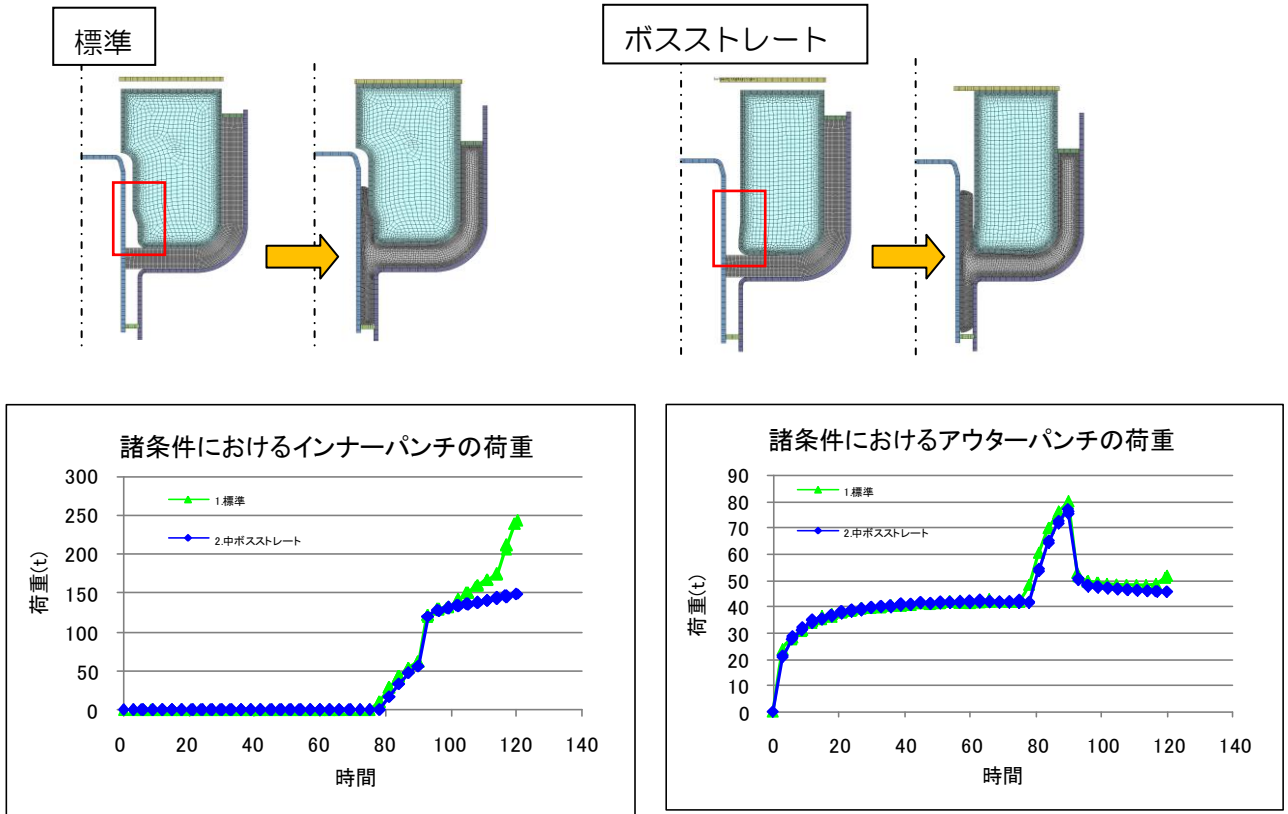


前項に設定した4つの条件で解析を行い、アウターパンチ及びインナーパンチにかかる加工荷重の比較を行った。



## 2) 加工荷重低減対策 その2 (分流タイプ B)

インナーパンチ形状を変更することで荷重が低減できないかを検討した。中ボス径を標準の2段のものと、ストレート形状にしたものとのインナーパンチ、アウトーパーンチにかかる荷重を比較する。



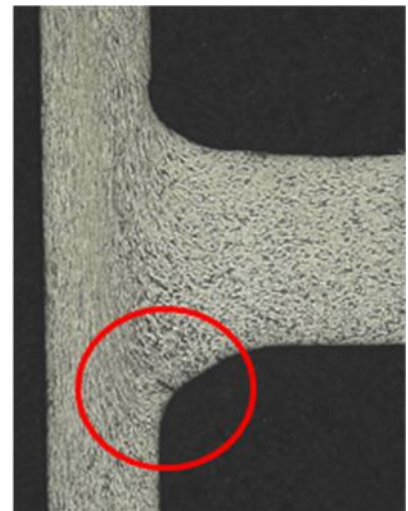
## 3) 分流タイプ A&B 巻き込み現象のメカニズム解析

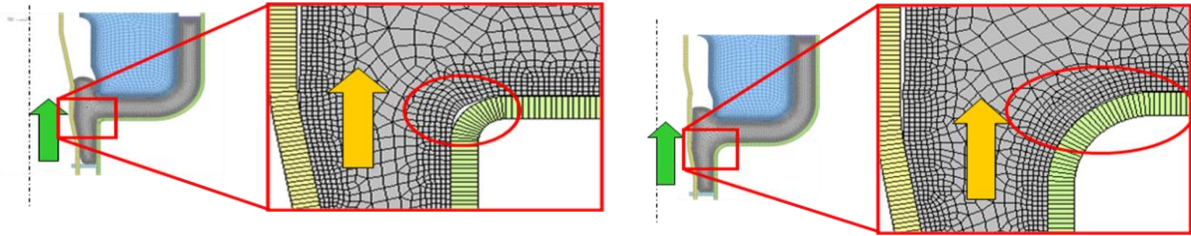
実機トライにて分流タイプ A 及び B において巻き込みの発生が確認された。この原因を突き止めるため、解析による検証を行った。

### 3) - 1 分流タイプ A

右図の位置、下ボスのダイ R の部分に巻き込み確認できる。

下図解析結果より、下マンドレルが上昇してしごきあげる時にワークを持ち上げ、ダイ R 部に空間が出来る。その空間があることで製品が折りたたまれ、巻き込みに発展する。R が小さい為に応力集中が起き、ダイ R 部分が変形し易くなる為起こると考えられる。

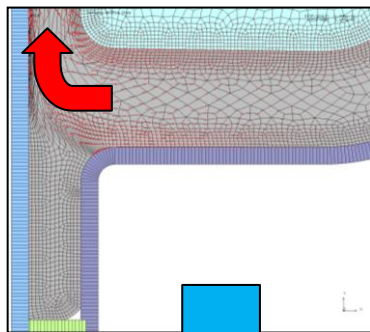
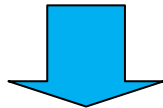




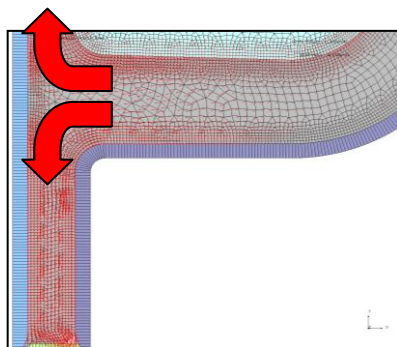
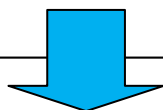
対策として、ダイ R を大きくして応力集中の緩和をする解析を行った。  
 ダイ R を R1.5mm から R2.0mm にして解析を行った結果が以下の図になる。  
 ダイ R を大きくすることで巻き込みの原因となるような形状になっていない  
 為、有効であると判断される。

### 3) - 2 分流タイプ B

分流タイプ A と同様に、分流タイプ B でもほぼ同じ  
 位置に巻き込みが確認されたものがあった。  
 巻き込みの発生するものは下ボスが早い段階で充満  
 したものであった為、その状態を設定し解析を行った  
 ものが下図のような結果である。



下ボスが充満すると天井板厚を潰したボリューム  
 の大半は上ボスに流れていく。材料の流れていると  
 ころと流れていないところがある為はその境目から  
 巻き込みが発生すると考えられる。



左図は下ボスの充満するタイミングを遅くした  
 うえで金型を下死点まで下した状態である。上下  
 ボス両方向に材料の流れがある為巻き込みの発生  
 がないと考えられる。

(5) まとめ

1) 加工荷重低減策

インナーパンチで増加した板厚を潰し始めるまでは、どの条件でもアウターパンチにかかる荷重は変わらない。板厚を潰すタイミングは①が一番早い。これは他の条件に対して上下方向へワークが分流する量が少なく、板厚の増加量が多いことを示している。よってダイ、インナーパンチの両方にテーパーを付けてワークの流れをよくした方がアウターパンチにかかる荷重が低減できる。

アウターパンチで押し込んだ際に増加する板厚を潰した時にこれも両方にテーパー形状をつけたもの④がワークと型の接触タイミングも遅く、荷重も低い値を示した。以上の結果から、テーパー形状でワークの流れを良くすることによって加工荷重の低減を図ることが可能である。

荷重低減策その2ではインナーパンチにかかる加工荷重が大きく異なる結果となった。加工過程において標準形状のインナーパンチでは径が1段小さく絞られるまでは中ボスがストレートのものと加工荷重が変わらないが、それ以降は径が絞られることで抵抗が増しそれに伴い加工荷重も上昇する。

また、ボス高さについては中ボスがストレートのものの方が上ボスは高くなり、下ボスは低くなる。これについても上ボスの径が小さく絞られることがない為にワークが上方向へ伸びる。その結果下ボス方向のボリュームが不足し、所定の高さまで充滿しない。

以上のことから、加工荷重を低くする為にはワークの流れ良くすることが重要であることが分かる。ただし、ワークを分流させる場合は偏って流れないように形状を検討する必要がある。

2) 巻き込み対策

金型部品形状の変更や加工タイミングの適切化等により材料の流れをコントロールすることで巻き込みの発生を防ぐことができることが明確になった。

## 2-2 連続加工トライによる量産化技術の検討

### 2-2-1 連続加工における実機トライデータの比較・分析

#### (1) 研究目的

2-1におけるトリプルカップ成形技術の確立成果をもとに量産化技術の検討をする。新たに製作した連続加工が可能なトライ用金型を使用して連続加工によるデータを収集し、その上で連続加工トライの諸条件（プレスモーション・金型表面処理・潤滑剤）の観点から、収集データを比較・分析し、素材流動プロセスの改善を図る。

#### (2) 研究目標

上記条件の観点から実機連続トライデータを比較・分析しながらトリプルカップ成形の量産加工における素材流動の最適化をめざす。

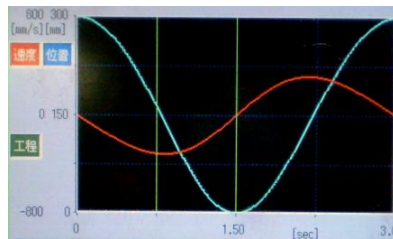
#### (3) 実験方法

##### 1) プレス・モーション・カーブによる素材流動の最適化検討

##### 1) -1 プレス・モーション・カーブの違いによる成形結果を調査する。

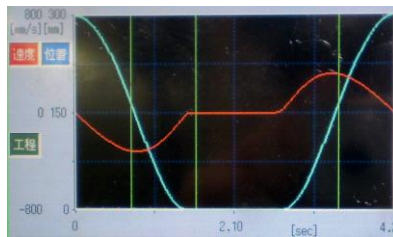
<使用した3種類のプレス・モーション・カーブ>

##### a. クランクモーション



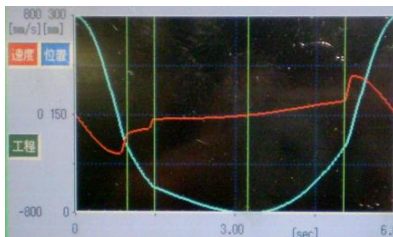
スライドスピード：  
53.2mm/s

##### b. クランクモーション（下死点1秒停止）



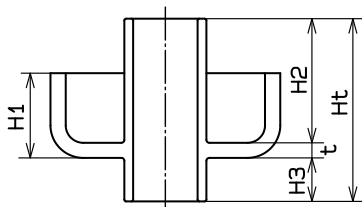
スライドスピード：  
53.2mm/s

##### c. ナックルモーション



スライドスピード：  
16.4mm/s

上記、3種類のモーションで製作した製品寸法を測定する。

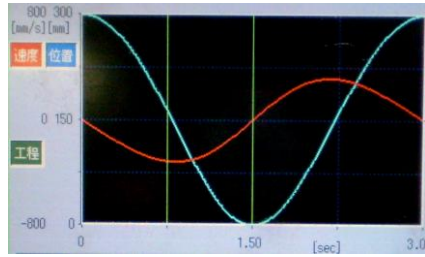


100ショット生産した後、5個を取り出し n=5 での平均値を算出する。

1) -2 プレス・モーション・カーブの違いによる時系列における寸法変化、及び焼き付きを調査する

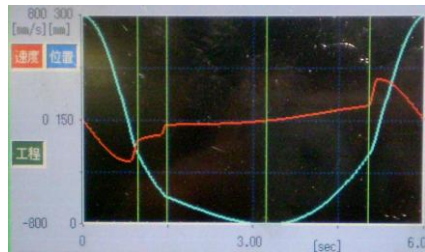
<使用した2種類のプレス・モーション・カーブ>

A. クランクモーション



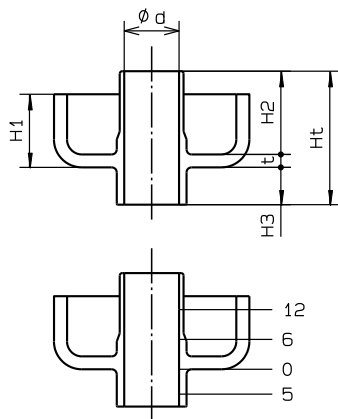
スライドスピード：  
53.2mm/s

B. ナックルモーション



スライドスピード：  
16.4mm/s

上記、2種類のモーションで1,000ショットの連続生産を行い、製品の下記寸法を測定する。



1,000ショットまでを100ショット毎に3個ずつ取り出し、 $n=3$ での平均値を算出する。

内径  $\phi d$  及び  $\phi d$  の円筒度については、左記断面寸法にて測定する。

<焼き付き調査をする金型部品>

底面据え込み工程

製品名	端面圧縮ダイ	据え込みハンチ	マンドレル
工程名	7 底面据え込み	7 底面据え込み	7 底面据え込み
皮膜	コートタイプR (CrN)	コートタイプR (CrN)	コートタイプR (CrN)
概略寸法	$\phi 175 \times 46$ mm	$\phi 55 \times 81.9$ mm	$\phi 13 \times 90$ mm
型材	SKH51	SKH51	SKH51
全体写真			

第三しごき工程

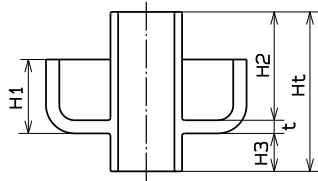
製品名	第三しごきハンチ
工程名	10 第三しごき
皮膜	コートタイプR (CrN)
概略寸法	$\phi 20 \times 102$ mm
型材	SKH51
全体写真	

上記、4部品を量産テスト後にビデオマイクロスコープにて拡大観察する。

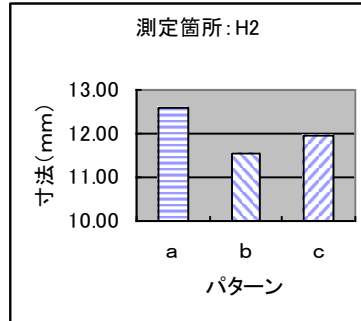
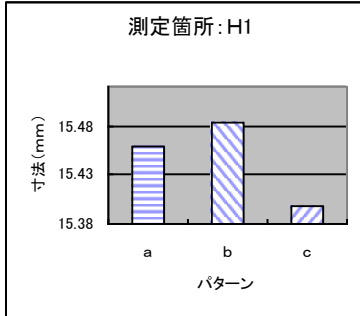


(4) 研究成果

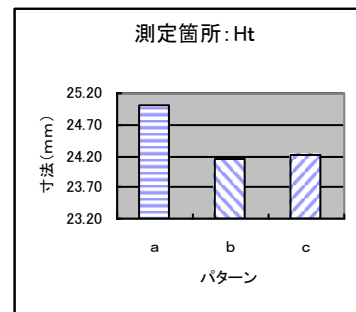
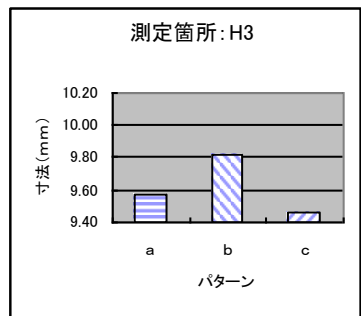
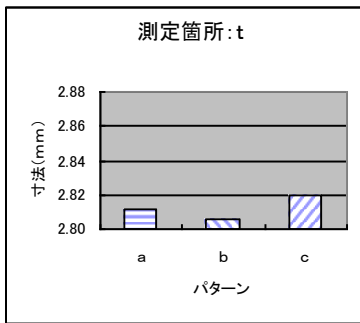
1) プレス・モーション・カーブの違いによる成形結果



100ショット生産した後、5個を取り出し n=5 での平均値を算出する。

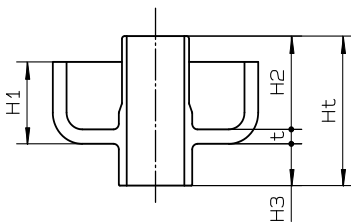


a. クランクモーション  
b. 同上 (下死点1秒停止)  
c. ナックルモーション



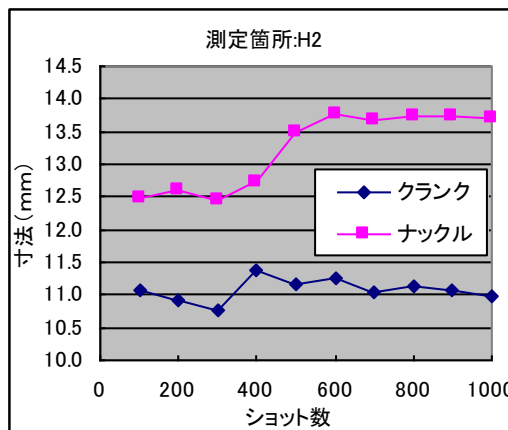
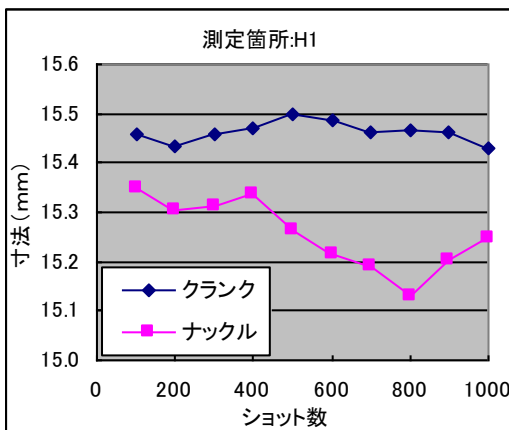
2) プレス・モーション・カーブの違いによる寸法の時系列変化、及び焼き付き調査の結果

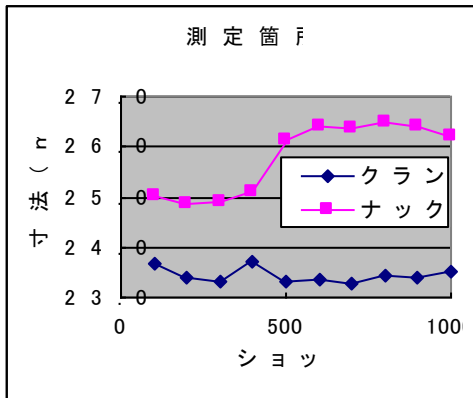
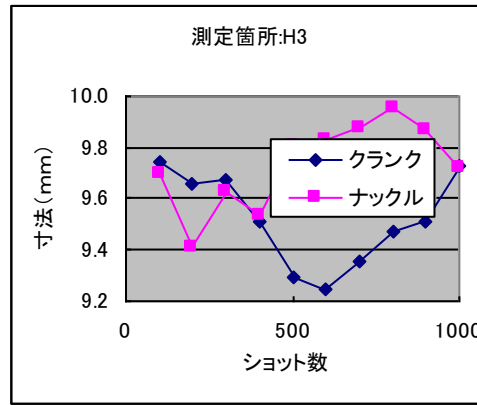
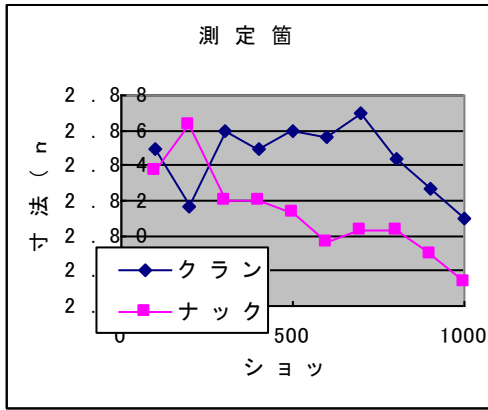
<ボス高さ関係寸法>



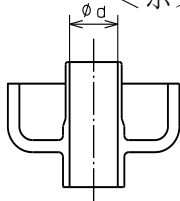
1000ショットまでを100ショット毎に3個ずつ取り出し、n=3での平均値を算出する。

◆ クランクモーション  
■ ナックルモーション

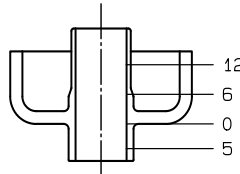




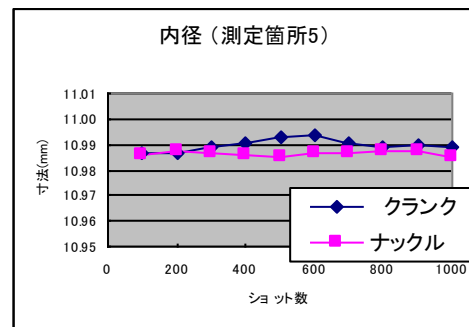
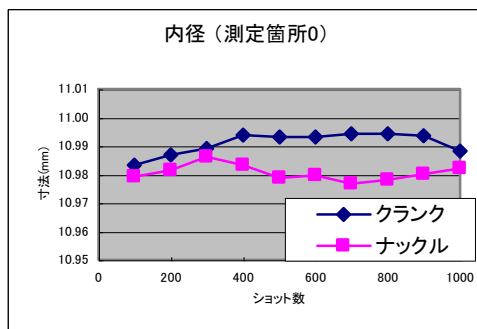
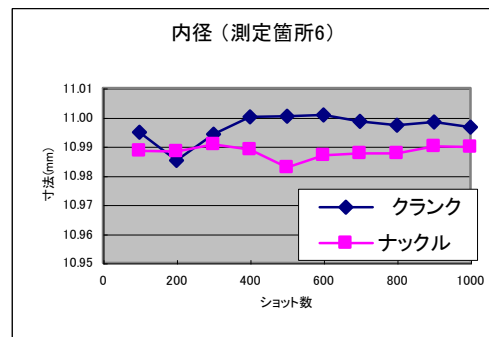
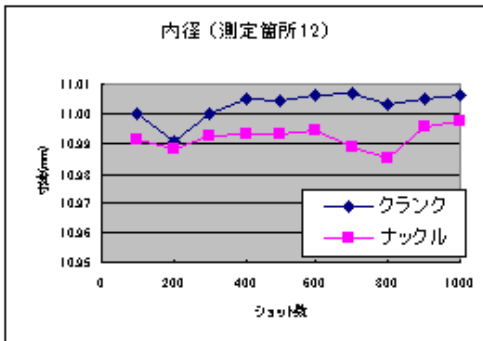
<ボス部内径関係寸法>



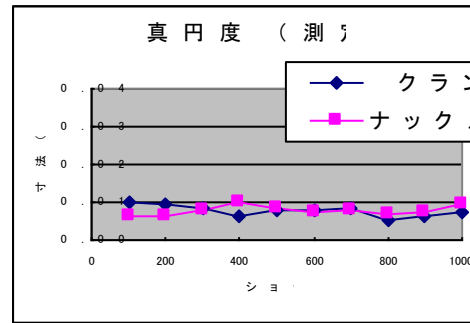
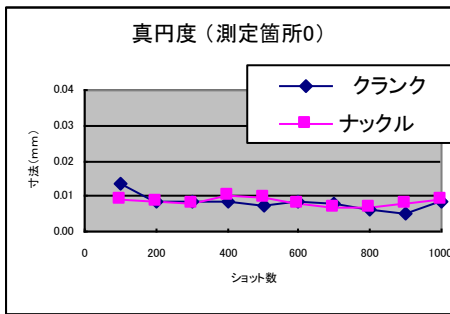
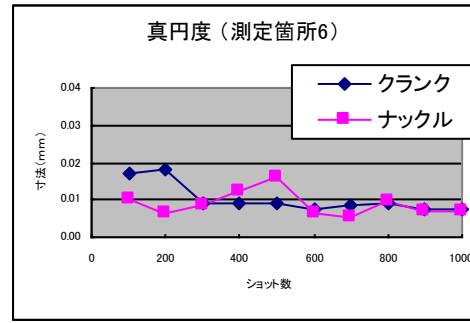
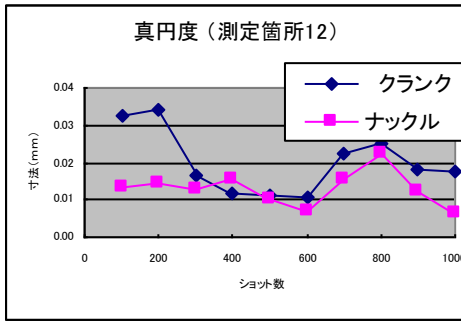
◆ クランクモーション  
■ ナックルモーション



100 ショット毎に 3 個ずつ  
取り出し、 $n=3$  での平均値を  
算出。(合計 1000 ショット)

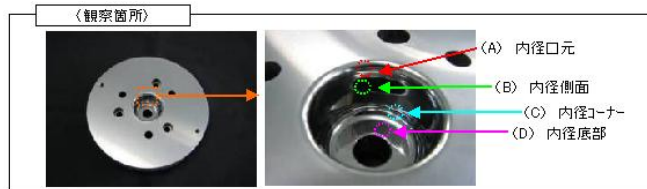


—真円度調査結果—



<焼き付き調査結果>

①端面圧縮ダイ (写真左: クランクモーション、右: ナックルモーション)

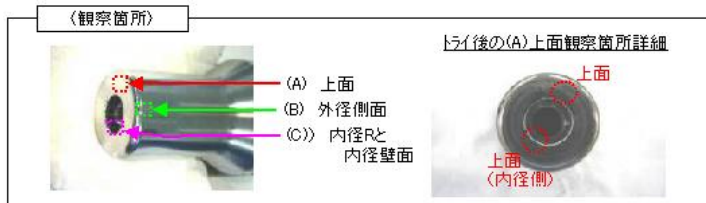


製品名	端面圧縮ダイ	
工程	7 底面掘え込み	
皮膜	YコートタイツR (CrN)	
概略寸法	φ175×46 mm	
型材	SKH51	
カガキ	1	2
モーション	クランク	ナックル
SPM	20	10
生産数	3,000	1,170
(A) 内径口元		
(B) 内径側面		
(C) 内径R		
(D) 内径底部		

①端面圧縮ダイ (写真左：クランクモーション、右：ナックルモーション)

- ・両モーション共に同じ損傷状態だと考えられる。
- ・(A)内径口元は、ほぼ未損傷。
- ・(B)内径側面、(C)内径R、(D)内径底面では、若干の筋状の浅い傷が見られるが、損傷は軽微。

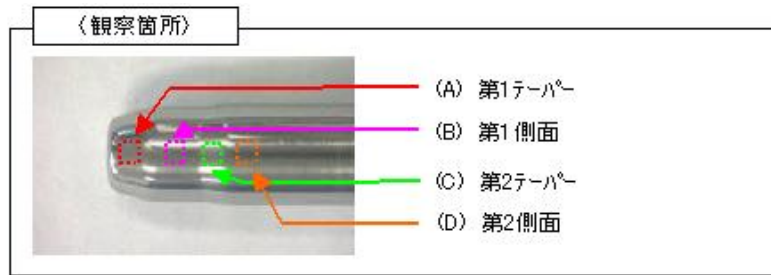
②据え込みパンチ (写真左：クランクモーション、右：ナックルモーション)



製品名	据え込みパンチ	
工程	7 底面据え込み	
皮膜	Yコート 窒化Cr (CrN)	
概略寸法	φ55×81.9 mm	
型材	SKH51	
カチ	1	2
モーション	クランク	ナックル
SPM	20	10
生産数	3,000	1,170
(A) 上面		
(A) 上面 (内径側)		
(B) 外径側面		
(C) 内径Rと内径壁面		

- ・ナックルモーションのパンチが最も損傷が軽微だが、両パンチとも発生している損傷は同じ。
- ・(A)上面は母材まで達するかじり傷が発生しており、部分的に皮膜が完全に消失。
- ・(B)外径側面では表面に加工油の加工油の焼き付きは見られるものの、かじり傷はない。
- ・(C)内径Rと壁面については、内径Rで深いかじり傷が見られるが、内径壁面に関しては加工油が焼き付いた程度。

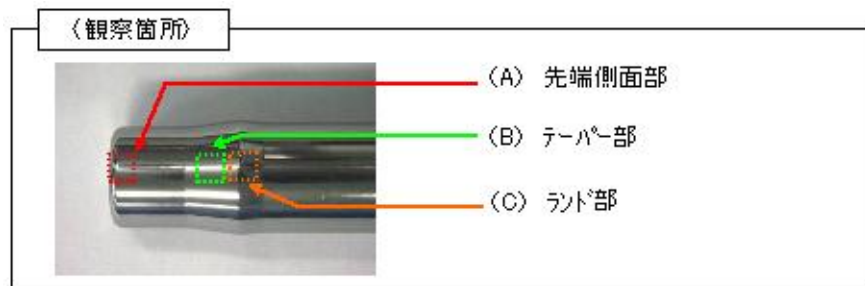
③マンドレル (写真左：クランクモーション、右：ナックルモーション)



製品名	マンドレル	
工程	7/10 底面据え込み	
皮膜	Yコート ｸｲｯﾌﾟR (CrN)	
概略寸法	φ13×90 mm	
型材	SKH51	
加工	1	2
モーション	クランク	ナックル
SPM	20	10
生産数	3,000	1,170
(A) 第1テーパ		
(B) 第1側面		
(C) 第2テーパ		
(D) 第2側面		

- ・致命損傷となるようなかじりは発生していない。
- ・クランクモーションのマンドレルが最も加工油の焼き付きが顕著。
- ・(D)第2側面には、筋状の浅い傷が確認された。
- ・全観察箇所において、トライ後の型表面にも皮膜のドロプレット (=黒点) が見られる事から、皮膜の摩耗はほとんど生じていないものと考えられる。

④第三しごきパンチ（写真左：クランクモーション、右：ナックルモーション）



製品名	第三しごきパンチ	
工程	10/10 第三しごき	
皮膜	Yコート タイプR (CrN)	
概略寸法	φ20×102 mm	
型材	SKH51	
クランク	1	2
モーション	クランク	ナックル
SPM	20	10
生産数	3,000	1,170
(A) 先端側面		
(B) テーパー部		
(C) ランド部		

- ・両モーションのパンチにおいて(B)テーパー部または(C)ランド部で母材に到達するかじり傷が見られ、ナックルモーションのパンチが特に激しく発生している。
- ・(A)先端側面部は加工油の焼き付きは見られるものの、かじり傷は見られない。

(5) まとめ

(5) - 1 プレス・モーション・カーブの違いによる成形結果

- ① クランクモーションは押さえ込みの戻りも少なく、底厚も潰している為、全長ボスは高い。
- ② クランクモーション（下死点停止）は底厚をしっかり潰しているが、クッション圧が負けて押さえ込みの戻りが多くなり、全長ボスは下死点で停止しない時と比べて高くない。また、下死点でプレスを停止して、底厚をしっかり潰す事は下側ボスにボリュームが流れ易くなる。
- ③ ナックルモーションでは押さえ込みの戻りが少ないが、底厚をしっかり潰せていない分、ボス高さは全体的に低い。底厚を潰すことが出来ればボス高さは高くなると考えられる。
- ④ モーションの違いにより素材の流れが中央に流れ易いものと外側に戻りやすいものが有る事で、結果として全長ボスの違いに現れると考えられる。

(5) - 2 プレス・モーション・カーブの違いによる寸法の時系列変化

- ① クランクモーションでは、底厚の変化に不均一な傾向があるが、押さえ込みの戻り量はほぼ一定であるため、上側ボス(H2), 底厚(t), 下側ボス(H3)の中だけでボリュームの調整がされて、結果的に全長ボスとしてはほとんど変化がない。

- ② ナックルモーションでは、400ショット辺りから底厚を大きく潰し始めるが、押さえ込みの戻りがほとんど無い（押さえ込み量は逆に大きくなっている）。結果、ボス高さはクランクモーションよりも高く最も良い出来映えとなっている。

400ショットを境に底厚を大きく潰す要因については、設備、金型の膨張による底厚潰し量の増加等が考えられるが、研究成果1)より、素材の流れが中央に流れ易くなるような“潤滑油の変化、摩擦係数の変化等、”別の大きな要因がある事も考えられる。

- ③ 内径寸法に関しては、クランクモーション、ナックルモーションともに1,000ショットまでほとんど変化は見られない。真円度に関しては、クランクモーションにおける“測定箇所12の位置“で0.02以上のバラツキ幅が見られる。上ボスの先端付近であり肉厚も薄い為、寸法がバラツキやすい部位であると考えられる。ボス高さが高く素材の流れが多いにも関わらず、真円度もナックルモーションの方がクランクモーションよりも良い結果となった。

(5) - 3 焼き付き調査結果

◇端面圧縮ダイ・マンドレル

- ・加工油の焼き付きや、筋状の浅い傷が発生しているが、現状は大きな問題にはならないと考える。
- ・焼き付きに対しては、コーティング後の面粗度を平滑にする事で抑制できると考える。

◇据え込みパンチ・第三しごきパンチ

- ・かじりの発生が問題と思われる。高硬度な皮膜をコーティングしているが、加工負荷に対して型材の強度が不足しており、恐らく皮膜の変更だけでは抑制できないと思われる。
- ・そのため、高硬度な型材に変更するか、コーティングの下地処理として窒化処理を実施すべきと考える。
- ・据え込みパンチの外径側面に見られるような加工油の焼き付きは、コーティング後の面粗度を平滑にする事で抑制できると考える。

◇型の面粗度について

- ・コーティング後でも磨きによってコーティング表面を平滑にする事はできるが、ハードコーティングには湿式めっきのような平坦化の能力が無い為、下地の面粗度以上の平滑性は得られない。面粗度は摺動に対する重要なファクターとなる為、据え込みパンチ上面ではコーティング前の面粗度も平滑にした方が良いと考える。

◇モーションの違いによる部品損傷具合の相違点について

- ・底面圧縮工程の据え込みパンチについて、ナックルモーションの方がパンチ上面の損傷が軽微である。はっきりとした理由は未だ明らかになっていないが、ボス全長が高いことから、素材の流れに対する金型部品の摩擦抵抗はナックルモーションの方が低いということが考えられる。
- ・第三しごきパンチについては、クランクモーションの加工スピードがナックルモーションの加工スピードより速い為、潤滑油が摩擦界面へ導入されやすく部品の損傷を軽減出来たと思われる。

## 2-2-2 加工シミュレーションの解析結果と実機トライ結果との比較検討

### (1) 研究目的

圧力条件ごとの素材流れ・歪み状態・内部応力等の確認と改善を実施して、製品成形不良の解消、及び連続加工工程の不具合予測を行う。

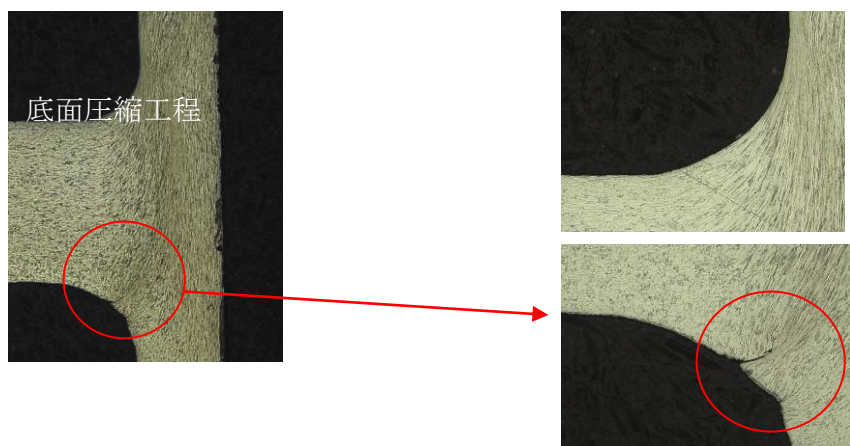
### (2) 目標

加工シミュレーションの結果を実機トライ結果と比較検討し、目標形状・寸法精度の達成を図る。

### (3) 実験方法

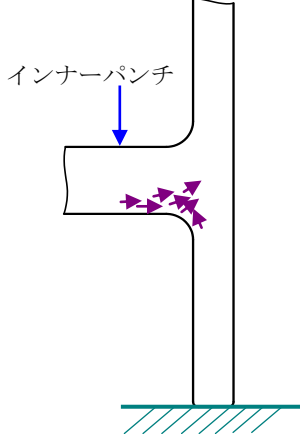
#### 1) 成形不良（巻き込み）の解消

分流パターンA、Bともに成形不良（巻き込み）が見られた。対策をシミュレーションにて予測し、実機確認を行う。





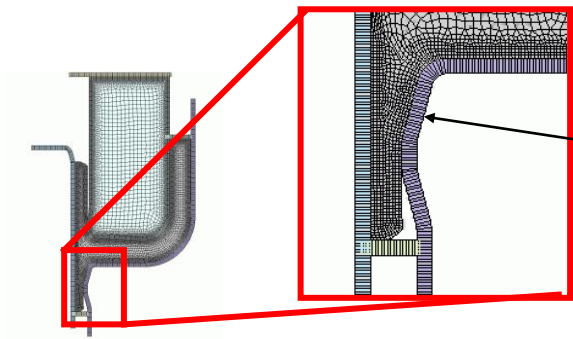
<巻き込み発生の原因>



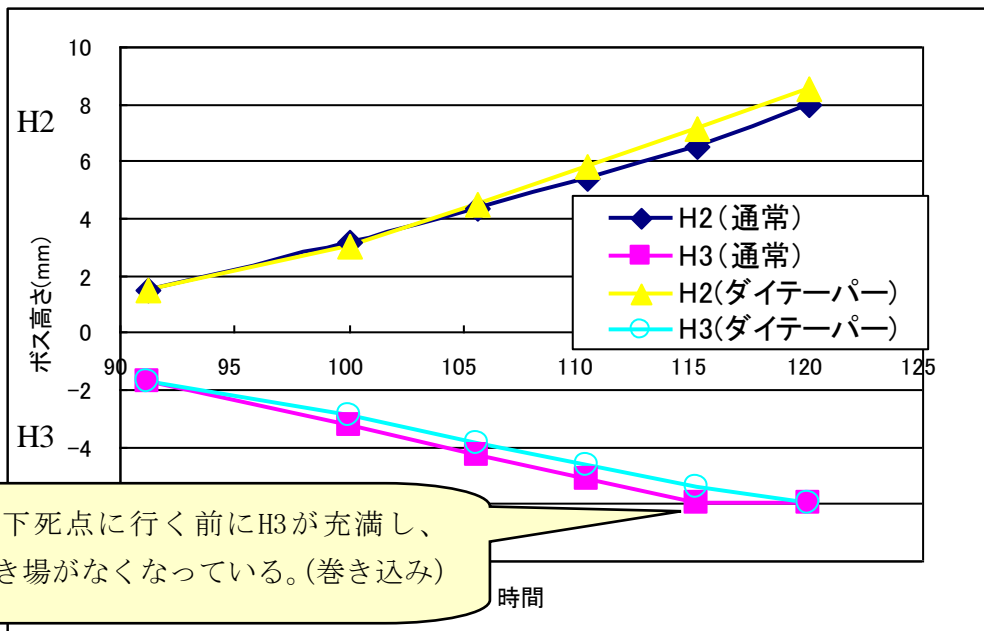
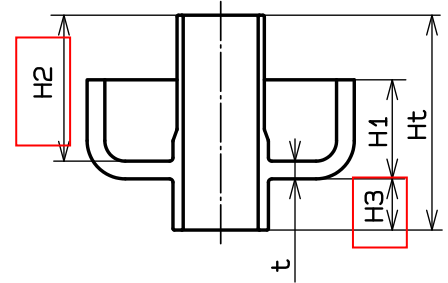
下側に材料が充満した後に、さらにインナーパンチで押込むと素材の流れが左図の様になり巻き込みが発生すると考えられる

<解析による調査>

巻き込み対策として ダイにテーパ形状を付ける事で H3の充満するタイミングを遅らせる事が可能かを検証する。



テーパ形状



金型が下死点に行く前にH3が充満し、肉の行き場がなくなっている。(巻き込み)

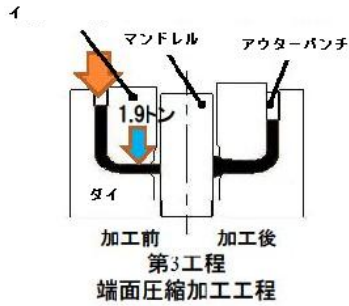
ダイにテーパ形状を付ける事で、H3の充満するタイミングが遅くなり、その分H2のほうへ肉が流れている。

2) <連続加工工程における背圧の違いによる製品への影響>

連続加工型では複動機構を使っていない為、端面圧縮工程及び底面圧縮行程での背圧が試作型に比べて小さい。これによる製品への影響がどのように出るか解析にて検証する。

連続加工でのシミュレーション解析を行う。

**解析条件**

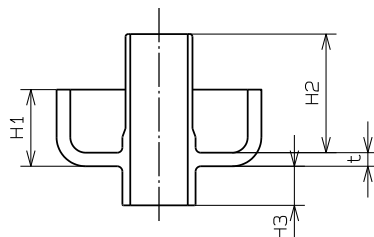


SPCE270	
板厚(mm)	2.6
引張強さ(MPa)	309
工具速度(mm/s)	10
温度	20

**摩擦条件**

Condition number	Frictional coulomb factor $\mu$		
	ダイ	インナーパンチ	マンフレール
111	0.1	0.1	0.1
112	0.1	0.1	0.02
121	0.1	0.02	0.1
122	0.1	0.02	0.02
211	0.02	0.1	0.1
212	0.02	0.1	0.02
221	0.02	0.02	0.1
222	0.02	0.02	0.02

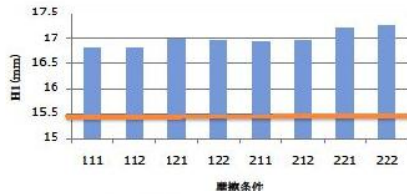
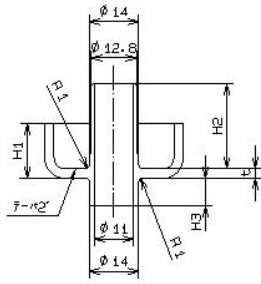
上記の条件で解析を行い、4工程完了での H1~3 寸法の変化量、及び加工荷を確認する。



各工程での解析結果を以下に示す。

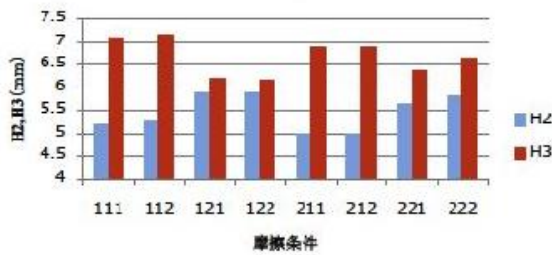
アウターパンチは背圧 1.1 トン、下死点で底付きする。

#### 4 工程完了時の H1~3 寸法の変化量



H1の変化量

摩擦条件	距離 (mm)
111	1.4094
112	1.4164
121	1.571
122	1.5689
211	1.5449
212	1.5568
221	1.809
222	1.8096

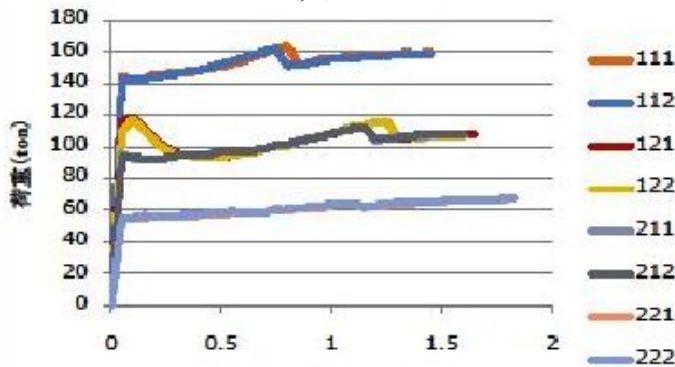


H2,H3の変化量

摩擦条件	H2(mm)	H3(mm)
111	5.18369	7.1046
112	5.2524	7.15018
121	5.89417	6.20073
122	5.87322	6.14319
211	4.98211	6.89073
212	4.99448	6.88874
221	5.65869	6.36808
222	5.80796	6.67489

#### 4 工程完了時の押し込み荷重 (アウターパンチへの押し戻し力)

アウターパンチ



アウターパンチのストローク (mm)

連続加工工程では4工程目アウターパンチの背圧が弱い為、H1寸法側に素材が押し戻される。結果、ボス高さ寸法は試作型のような高さが得られない事が予測される。金型部品の各摩擦条件によって、H1寸法、H2, 3寸法は変化するが、いずれの条件であってもH1寸法が1.3mm以上押し戻され、ボス高さは6mmに満たない。ボス高さを確保する為に、アウターパンチには複動ダイセットと同等な背圧をかけることが必要だと考えられる。

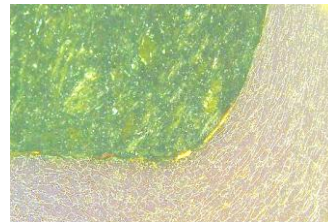
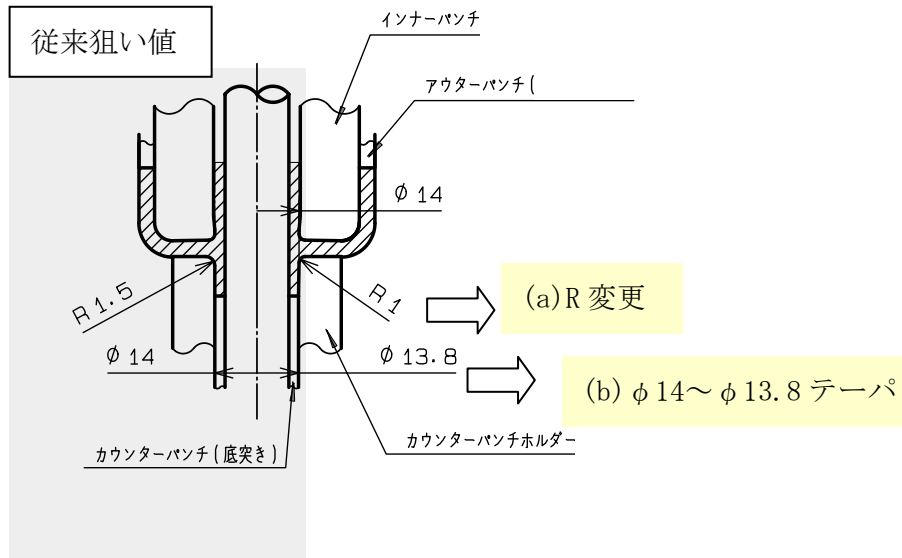
(4) 研究成果

1) 連続加工金型の部品形状変更による巻き込み発生対策検証の結果

・カウンターパンチホルダーの形状を変更して、下側への材料が  
充満するタイミングを遅らせる。

(a) 根元Rの変更。(R1.5→R1.0)

(b) 下ボス径にテーパを設けて抵抗を加える。



巻き込みの発生は見られない。

<まとめ>

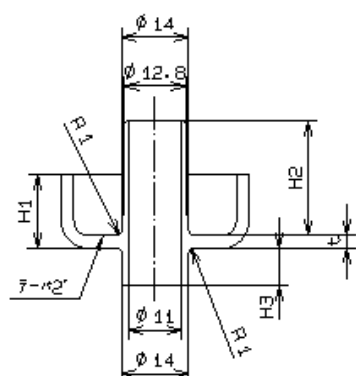
金型の形状を変更して、素材の流れをコントロールする事によって、  
巻き込みの発生を防ぐ事は出来た。

2) 連続加工工程における背圧の違いによる影響に関する実機トライによる結果  
底面据え込み工程の OUTERパンチにかかる背圧を変化させる事により、  
ボス高さ寸法がどう変化するか、実機にて確認を行う。

※背圧が弱いと INNERパンチの押し込みにより、 OUTERパンチが  
押し戻される事がシミュレーションにより予測されたため。

## 7. 底面据え込み工程

### 製品測定結果

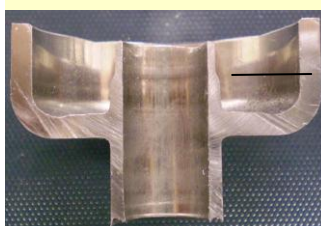


①背圧 1.9t での各高さ寸法



H1 : 16.88  
H2 : 6.36  
H3 : 6.48  
※n=1 測定

②背圧 37t での各高さ寸法



H1 : 14.93  
H2 : 13.63  
H3 : 6.52  
※n=1 測定

<まとめ>

解析で得られた結果通り、アウターパンチにかける背圧を37 t かける事により、(H1)寸法側への素材の流れ（押し戻し）を防ぎ、上側ボス高さ(H2)を高くする事が出来た。

## 2-3 極圧剤を極力排除した加工油の開発

### 2-3-1 各種ラボ評価結果と実機トライ結果の比較

#### (1) 研究目的

今研究では、トリプルカップ成形に特化した板鍛造用加工油を開発することを主目的とし、量産加工に対応し得る油剤組成の構築を目指す。その第一段階として各種ラボ評価の結果と実機トライ結果の比較を通して、第二段階の量産トライに使用する油剤の最適配合の特定を目的とした。

#### (2) 研究目標

使用する極圧添加剤の配合割合を 40%以下に抑えながら、成形ワークボス高さ 30mm 以上を達成することを目標とした。

#### (3) 実験方法

##### (3)-1 ラボ評価試験①120kN 万能薄板試験機を用いた絞りしごき試験(しごき率 20%) 試験油剤一覧

油剤名	S-478MP	Y32	Y50	Y64	Y80	Y90	Y100
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)	55	30	30	30	30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	16	32	50	64	80	100
	硫黄系極圧剤(S)	13	-	-	-	-	-
	リン系極圧剤(P)	13	-	-	-	-	-
	FM剤(F)	-	-	-	-	-	-

油剤名	Y64S18	Y64S36	Y64P18	Y64P36	Y64F18	Y64S18P18	Y64P18F9	Y64S18F9
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)	30	30	30	30	30	30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	64	64	64	64	64	64	64
	硫黄系極圧剤(S)	18	36	-	-	-	18	-
	リン系極圧剤(P)	-	-	18	36	-	18	18
	FM剤(F)	-	-	-	-	18	-	9

添加剤種	種別	特徴
P	リン系極圧剤	汎用タイプ
S	硫黄系極圧剤	極圧性 中
F	FM剤	汎用タイプ

検討油剤の動粘度は 30mm<sup>2</sup>/s に設定。まず油性向上剤の添加量効果を調査し、次いで油性向上剤と極圧添加剤との組み合わせ効果について調査。潤滑性の良否は汎用プレス加工油 S-478MP と比較して評価。

#### (3)-2 実機評価試験① 複動ダイセット単発トライ

ラボ評価試験①で評価した各種油剤にて実機トライ評価を行う。

##### 試験油剤一覧

油剤名	S-478MP	Y32	Y64	Y100
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)	55	30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	16	32	64
	硫黄系極圧剤(S)	13	-	-
	リン系極圧剤(P)	13	-	-
	FM剤(F)	-	-	-

油剤名		Y64S36	Y64P36	Y64F18	Y64S18P18	Y64P18F9	Y64S18F9
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)		30	30	30	30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	64	64	64	64	64	64
	硫黄系極圧剤(S)	36	-	-	18	-	18
	リン系極圧剤(P)	-	36	-	18	18	-
	FM剤(F)	-	-	18	-	9	9

(3) - 3 ラボ潤滑評価試験② 120kN 万能薄板試験機を用いた絞りしごき試験(しごき率20%)

試験油剤一覧

油剤名		S-478MP	Y64P36	Y64P II 36	Y64S II 36	Y64S III 36
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)		55	30	30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	16	64	64	64	64
	硫黄系極圧剤(S)	13	-	-	36	36
	リン系極圧剤(P)	13	36	36	-	-
	FM剤(F)	-	-	-	-	-

油剤名		Y64P36 +Ca系 I 5%	Y64P36 +Ca系 II 5%	Y64P36 +BN系 I 5%	Y64P36 +Mo系 I 5%	Y64P36 +Mo系 II 5%
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)		30	30	30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	64	64	64	64	64
	硫黄系極圧剤(S)	-	-	-	-	-
	リン系極圧剤(P)	36	36	36	36	36
	FM剤(F)	-	-	-	-	-

添加剤種	種別	特徴
P II	リン系極圧剤	Pの高グレード品
S II	硫黄系極圧剤	極圧性 大
S III	硫黄系極圧剤	極圧性 小
Ca系 I	無機系	粒子径 粗粒
Ca系 II	無機系	粒子径 超微粒
BN系	有機系	白色固体
Mo系 I	有機系	液体タイプ
Mo系 II	有機系	黒色固体

(3) - 4 ラボ潤滑評価試験③ 120kN 万能薄板試験機を用いたしごき試験(しごき率50%)

試験油剤一覧

油剤名		S-478MP	Y64P36	Y64P II 36	Y64S III 36	Y75P25
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)		55	30	30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	16	64	64	64	75
	硫黄系極圧剤(S)	13	0	0	36	0
	リン系極圧剤(P)	13	36	36	0	25
	FM剤(F)	0	0	0	0	0

油剤名		Y64P36 +Ca系 I 5%	Y64P36 +Ca系 II 5%	Y64P36 +Mo系 I 5%
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)		30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	64	64	64
	硫黄系極圧剤(S)	-	-	-
	リン系極圧剤(P)	36	36	36
	FM剤(F)	-	-	-

(3) - 5 ラボ潤滑評価試験④ 120kN 万能薄板試験機を用いた絞りしごき一発成形試験油剤一覧

油剤名		S-478MP	Y64P36	Y64P II 36	Y64S III 36	Y64S IV 36
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)		55	30	30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	16	64	64	64	64
	硫黄系極圧剤(S)	13	-	-	36	36
	リン系極圧剤(P)	13	36	36	-	-
	FM剤(F)	-	-	-	-	-

(3) - 6 実機評価試験② 複動ダイセット単発トライ試験油剤一覧

油剤名		S-478MP	Y64P36	Y64P II 36	Y64S III 36
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)		55	30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	16	64	64	64
	硫黄系極圧剤(S)	13	-	-	36
	リン系極圧剤(P)	13	36	36	-
	FM剤(F)	-	-	-	-

油剤名		Y64S IV 36	Y64P II 18S III 18	Y64P II 18S IV 18	Y64S III 18S IV 18
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)		30	30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	64	64	64	64
	硫黄系極圧剤(S)	36	18	18	36
	リン系極圧剤(P)	-	18	18	-
	FM剤(F)	-	-	-	-

添加剤種	種別	特徴
P II	リン系極圧剤	Pの高グレード品
S III	硫黄系極圧剤	極圧性 小
S IV	硫黄系極圧剤	極圧性 極小

(3) - 7 実機評価試験③ 複動ダイセット単発トライ試験油剤一覧

油剤名		S-478MP	Y64P36	Y64P II 36	Y64P II 18S III 18
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)		55	30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	16	64	64	64
	硫黄系極圧剤(S)	13	-	-	18
	リン系極圧剤(P)	13	36	36	18
	FM剤(F)	-	-	-	-



油剤名	Y75P25	Y64P36 +Ca系 I 5%	Y64P36 +Mo系 I 5%
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40℃)	30	30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	75	64
	硫黄系極圧剤(S)	-	-
	リン系極圧剤(P)	25	36
	FM剤(F)	-	-

添加剤種	種別	特徴
Ca系 I	無機系	粒子径 粗粒
Mo系 I	有機系	液体タイプ

#### (4) 結果とまとめ

トリプルカップ成形用加工油の開発を行うにあたって、20%しごき試験にてまずは評価を行った。油性向上剤 Y は、添加量を増やすほど負荷荷重が下がる傾向が見て取れた。油性向上剤による油膜の強化が、本しごき試験の負荷荷重低減に効果を発揮したものと考えられる。また、この油性向上剤を 64%組成系に含有した状態(Y64)で、さらに各種潤滑添加剤を添加した結果、リン系極圧剤 P 添加品(Y64P36)において、硫黄系極圧剤添加品(Y64S36)やFM剤添加品(Y64F18)に比べ、顕著な負荷荷重低減効果が見られた。しごき試験では、材料が板厚減少しながら流入していくため、介在する潤滑膜のすべり性も重要である。本しごき試験でリン系極圧剤が良好な結果を得られたのは、生成した反応膜が硫黄系 S による反応膜に比べてすべり性が高かったためと推測される。FM剤 F については、極圧性をもたない潤滑助剤であるため、しごき試験のような高負荷条件には油膜が耐えられなかったものと考えられる。これらの潤滑挙動は、複動ダイセットによる実機評価でも同様の傾向であったことから、20%しごき試験の結果は実機評価の状態をある程度再現できているものと考えられる。

またリン系極圧剤 P の高グレード品である PII については、ラボ評価試験にてさらに P 以上の負荷荷重低減効果があった。リン系 PII については、金属表面と反応膜を作ってカジリや溶着を防ぐ極圧性能に加え、添加剤自体が油膜を強化する性能を併せ持っていることがプラスに影響したと考えられる。一方硫黄系極圧剤は、極圧性の高いものとして SII を、極圧性の低いものとして SIII、極性をほぼ持たないものとして SIV をそれぞれ試験したが、結果的に低極圧の SIII 含有品(Y64SIII36)にてリン系と同等の低い負荷荷重が得られた。極圧性の高い硫黄系極圧剤は鉄表面と反応しやすく、形成された反応膜によりカジリや溶着を防ぐ効果が高いといわれているが、本試験では逆の結果となった。硫黄系極圧剤によって生成する反応膜も、リン系極圧剤によって生成する反応膜と同様にカジリや溶着を防ぐ性能を持つが、膜自体のすべり性は弱いと考えられる。硫黄系 SIII は、極圧性が低いものの、他の硫黄系に比べて高い油性向上性能を持つことから、本ラボしごき試験において S や SII、SIV に比べ良好な負荷荷重を示した可能性が考えられる。

一方、しごき率を50%まで高めたしごき試験を行ったが、残念ながらこれまでの実機トライの結果や、しごき率20%のラボ試験の結果とは全く異なった逆の結果が得られた。単純に動粘度の高低がそのまま結果に現れた可能性も考えられるが、しごき率が高いと、リン系極圧剤の効果よりも、油性向上剤や硫黄系極圧剤の効果が強くなるのかもしれない。

高負荷の状態での極圧添加剤の挙動を調べるもう一つの方法として、一工程でしごき加工までを行う、絞りしごき一発成形試験を行った。その結果、この条件では従来までの現場実機トライと同様にY64P36がS-478MPに比べ低い負荷荷重となり、高グレードタイプのリン系PⅡ、低極圧性タイプの硫黄系SⅢはさらに低いポンチ負荷荷重が認められた。しかしながらPⅡは、SⅢともに複動ダイセットでの実機トライではリン系Pにボス高さが追いつかない結果であった。高い負荷、発熱を伴う実機では、ラボ試験で有効であった油性向上性能があまり効果を発揮できていない可能性が考えられる。

ラボ試験のポンチ負荷荷重について考えると、しごき率20%の試験では、ポンチ負荷荷重はおおよそ30～35kNであったのに対し、50%しごき試験や絞りしごき一発成形試験では、80kN前後の高い負荷荷重であった。負荷荷重が上がるにつれて加工時に発生する熱は高くなるため、高い負荷荷重が発生する試験条件のほうが、より量産加工を模していると考えられる。ただ、当ラボ試験機では、加工した瞬間は高温になるものの、連続加工ではないため次の試験片をセットするまでに金型は自然に冷却されてしまうことから、十分に量産加工状態を再現できていないといえる。

## 2-3-2 連続加工トライによる評価

### (1) 研究目的

複動ダイセットによる上記単発トライ結果を踏まえ、下記トライ油剤を選定し、量産トライを行う。成形ワークのボス高さの違いを調べる。

### (2) 目標

使用する極圧添加剤の配合割合を40%以下に抑えながら、成形ワークボス高さ30mm以上を達成することを目標とした。

### (3) 実験方法

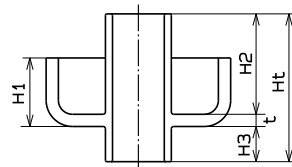
#### 試験油剤一覧

油剤名		Y64P36	Y64SⅢ36
動粘度(mm <sup>2</sup> /s,40°C)		30	30
成分及び 添加量(%)	油性向上剤(Y)	64	64
	硫黄系極圧剤(S)	-	36
	リン系極圧剤(P)	36	-
	FM剤(F)	-	-

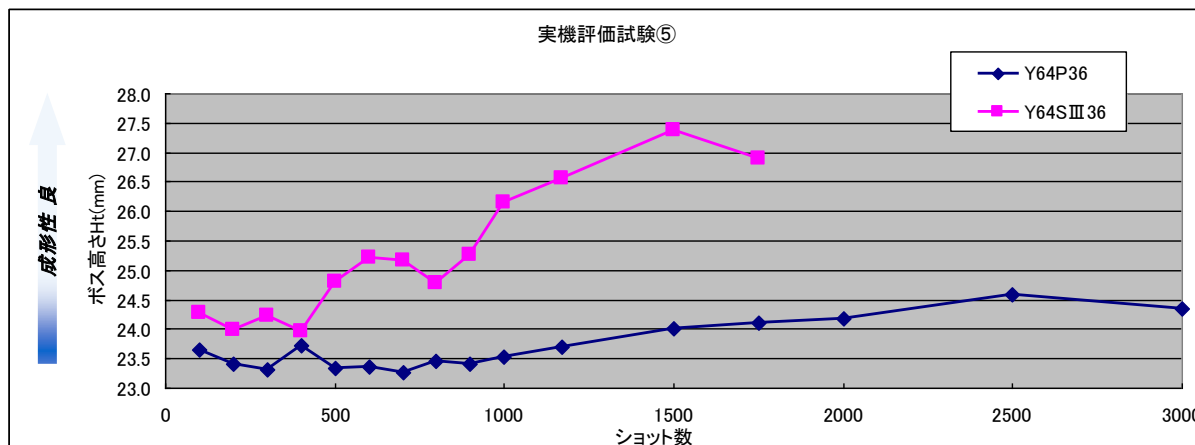
トライ条件

試験個数 各 3000 個

100 個加工毎のトータルボス高さ  $H_t$  を測定し評価した



(4) 実機トライ⑤結果



(5) まとめ

Y64P36 のトータルボス高さ  $H_t$  は、ショット数を増すほど徐々に上昇していく傾向が見られたものの Y64SIII36 に比べて全体的に低く、逆に 1500 ショット加工時の Y64SIII36 でのトータルボス高さ  $H_t$  が最も高くなる結果となった。しかしながら Y64SIII36 では、1700 ショット前後でワークの型への食いつきが発生し、これ以上の連続加工が不可能となった。

量産トライにおいては、Y64P36 が 3000 ショット加工することができた一方、Y64SIII36 では、1700 ショット近辺にてワークの食いつきが発生し、加工が継続できなかった。Y64SIII36 は、ショット数から考えると潤滑性は低いと考えられるが、トータルボス高さでは Y64P36 に比べて高い値が得られたことから、加工条件によっては量産に対応し得る可能性も考えられる。

今回、従来のしごき試験から見出した Y64P36 組成にて一定の現場量産性を達成することができたが、長時間の量産加工では型の蓄熱による寸法精度変化、油膜の薄膜化による型カジリなどが起こりやすくなることから、量産加工に最適な油剤組成を構築するためには、今後はさらなる現場量産状態の再現が必要であると考えている。

## 第3章 全体総括

### 3-1 研究開発の成果

- ① トリプルカップの成形技術確立・・・単発工程としては複動金型を使用した実機トライによって成形物の目標値を全て達成できた。また、加工シミュレーションによる検証を経ることで目標形状や寸法精度の向上を、理論的裏打ちをもって進めることができた。
- ② トリプルカップ成形技術の量産技術としての確立・・・成形物の目標値としてはボス高さを始めとして未達成項目が残ったが、プレス・モーション、金型表面処理、潤滑剤といった観点から分流制御による連続加工に必要な諸条件を検証することができた。また、加工シミュレーションによる検証から、分流制御加工を成功させる上でカップ端面の圧縮力を適正に保持することが重要であることが確認できた。
- ③ 極圧剤を極力排除した加工油の開発・・・分流制御技術という極めて厳しい加工条件に適した加工油の開発を、環境負荷低減という課題を課しつつ進めた。成果としては、油剤動粘度の適正值や油性向上剤の適正配合割合の特定ができたこと、また硫黄系・リン系極圧剤の配合割合が成形結果に及ぼす影響等に関する具体的な知見が得られたことがあげられる。量産加工に適した加工油としては Y36P36 と Y64SⅢ36 による量産トライにより、これら 2 種の油剤組成の適用可能性が確認できたが、最適な油剤組成を構築するためには、量産トライのさらなる継続が必要と考える。

### 3-2 研究開発後の課題・事業化展開

- ① 研究開発後の課題・・・トリプルカップの成形技術を量産技術として確立するためには、研究開発最終年度に作成した量産トライ金型を使用した連続加工トライをさらに継続する必要がある。その中で改善すべき項目として下記 3 項目があげられる。
  - ア) ボス高さのコントロール方法
  - イ) 金型表面処理の、加工部位ごとの最適化
  - ウ) 潤滑剤の最適化
- ② 事業化展開・・・当面のターゲットとしては自動車部品業界での採用を目指しているので、(株)富士プレスの現有顧客や各種展示会での当研究開発成果の紹介を継続することで事業化につながる可能性を絶やさない努力をしている。ただし、当研究成果が採用されて事業化に結びつくためには、自動車産業での車両開発タイミングに適切に乗ることが必須であるので、そうしたチャンスを逃さないようにするため、今後も上記活動を継続していく計画である。また最終年度 3 月時点で、自動車メーカー一社より類似形状部品の試作に関する引き合いがあり現在調整中である。当研究開発内容の中心である「端面圧縮による分流制御加工技術」の利用可能性が図れる内容であり、技術的な打ち合わせに入っている。この事例のように、当研究開発で試作したトリプルカップ形状に類似した製品や、当研究の中で開発した技術の部分的適用といった観点から、さらに事業化の道を探っていく計画である。