

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「複雑形状品の高精度プレス技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成22年3月

委託者 近畿経済産業局

委託先 財団法人滋賀県産業支援プラザ

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(高度化目標、技術的目標)	1~3
1-2	研究体制(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)	3~6
1-3	成果概要	7~14
1-4	当該プロジェクト連絡窓口	8

第2章 本 論

2-1	厚板(8mm以上)から複雑3次元形状部品を プレスのみにて創製する加工法の確立	9~11
2-1-1	多回プレスを用いたシェービング工法の研究開発	9
2-1-1-1	実施概要	9
2-1-1-2	実施内容	9
	i) 電動サーボプレスの特徴	9
	ii) 実験方法	10
2-1-1-3	結果と考察	10
	i) 多回モーションによるシェービング加工	10
2-1-1-4	まとめと今後の課題	11
2-1-2	多回プレスを用いたU字曲げ工法の研究開発	11~13
2-1-2-1	実施概要	11
2-1-2-2	実験内容	12
	i) 実験方法	12
2-1-2-3	結果および考察	12
	i) 板厚の違いによるスプリングバックへの影響	12
	ii) スプリングバックのバラツキ量の検討	13
2-1-2-4	まとめと今後の課題	13
2-2	プレス一貫ラインでの複合加工を可能とする技術の確立	14~15
2-2-1	実施概要	14
2-2-2	実施内容	14
2-2-3	実験方法・結果および考察	14
	2-2-3-1 プレス一貫ライン金型の開発	14
	2-2-3-2 多回追従型高精度材料送り装置の開発	15
	2-2-3-3 複雑形状品の実用化	15
2-2-4	まとめと今後の課題	15

2-3	シェービング金型の耐久性及び表面粗さの向上	16
2-3-1	シェービング加工における潤滑油の検討	16
2-3-1-1	実施概要	16
2-3-1-2	実施内容	16
2-3-1-3	まとめと今後の課題	16
2-3-2	セラミック系工具による耐久性の向上	17～18
2-3-2-1	実施概要	17
2-3-2-2	実験方法	17
2-3-2-3	結果と考察	17
	i) セラミックスパンチの耐久性	17
2-3-2-4	まとめと今後の課題	18
第3章	総括	20～21

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(高度化目標、技術的目標)

(1)実施計画の細目

1)研究の目的

自動車、家電製品、IT機器(パソコンや携帯電話)など、ものづくりの分野では、ニーズの多様化に対する迅速な対応(多品種少量生産)、製品の高精度化、軽量化、コストの削減、さらには材料のロスや後加工を少なくしたニアネットシェイプ加工の要求が強い。特に自動車産業では、部品の共通化が進められているので一つの部品で欠陥が発生すると複数の車種に影響が広がり、社会的に大きな問題に発展する。この観点から品質管理体制の強化が望まれている。自動車等部品の場合、形状が複雑な機能部品が多く使用されており、これらの複雑形状部品は、まず鋳造や熱間鍛造又は肉厚が薄く比較的強度を必要としない部品においては鋼板(6mm 以下)によるプレス加工によって最終形状に近い塊状の出発材料を作り、その後、切削加工によって穴あけ加工や仕上げ加工を行っている。このような方法では、鋳造や鍛造 又はプレス加工と切削加工など専門加工業者にまたがって加工しているため、生産面での責任体制が必ずしも明確でなく、不具合が起こった場合の原因究明にも時間がかかるなどの問題がある。

本研究開発では、厚板から切削加工レスの新規高精度プレス加工法の開発と共に、金型工具の耐久性向上を図り、プレス一貫ラインによる高生産性、低コスト、短納期、品質管理の強化を達成することで部材加工産業に貢献する。

2)研究の概要

自動車等の複雑形状機能部品の生産は、従来鋳造・熱間鍛造業者で塊状物を一次加工し、その後切削業者で加工し仕上げており、納期が長い、コストが高い、業者をまたぐため品質管理体制の課題がある。本研究開発では、このような問題を解決するために、複雑形状部品の製造を従来法[(鋳造や熱間鍛造)+(切削加工)]又は[(プレス加工)+(切削加工)]の代わりに、厚板(8mm 以上)のプレス加工を中心にした新規加工法を開発する。この新加工法は多回プレス(プレスの1ストローク分を多数回の寸動によりプレスする新しいプレス工法で多回プレスと呼ぶことにする。)を用いたプレスのみの一貫ライン生産である。

3)実施内容

①厚板(8mm 以上)から複雑3次元形状部品をプレスのみにて創製する加工法の確立

i)多回プレスを用いたシェービング工法の研究開発

(高橋金属(株)、滋賀県東北部工業技術センター)

対象部品である厚板(8mm 以上)、材質(S45C)において最適な条件を見出すため、多回プレスの動きや速度が制御できる電動サーボプレスを用い、最も効果があると思われるシェービング金型のパンチの1回の切り込み量、戻り量とパンチの速度や負荷などの加工パラメータと、被加工材に加わる力の分布やクラックの進展、表面形状や寸法精度を真円度測定機や表面粗さ測定機等を用いて測定・分析し、評価検証する。また、FEM 解析により多回プレスシェービング加工のシミュレーションを行い、加工メカニズムを検証し整合性を図る。

さらに、実用部品形状においては対向する穴に同時に多回プレスシェービングを行い、同軸

度 30 μ m を得る複動金型を作製する必要がある。そこでシェービング加工金型の構造を試作検討するとともに、1回の移動量、速度波形などの各パラメータの条件を明らかにし、目標値を達成する。

ii)多回プレスを用いたU字曲げ工法の研究開発

(高橋金属(株)、滋賀県東北部工業技術センター)

対象部品の厚板(8mm以上)においてスプリングバック量の低減化を図るために、多回プレス加工方法を曲げ加工にも適用し、研究用金型と電動サーボプレスを用いて寸動の動きや速度とスプリングバック量の関係を評価検証し実用化を図っていく。

また、実験によるデータを基にして FEM 解析によりシミュレーションを行い、曲げに影響するパラメータを解析することによりメカニズムを明らかにする。

また、下死点において板厚方向に圧縮応力を付加する決め押し手法にて決め押し時間とスプリングバック量の関係や下死点での多数回決め押しにて、決め押し回数と曲げスプリングバック量の関係を検討する。さらに被加工材質や形状を変えて多回プレス曲げ加工試験を行い、最適多回プレス加工条件を見出す。

②プレス一貫ラインでの複合加工を可能とする技術の確立

(高橋金属(株)、滋賀県東北部工業技術センター)

多回プレス工法での最適条件値を用いることにより、シェービング加工の高精度化とU字曲げの高精度化を達成することが出来る。しかし多回プレスによる複合加工は他に試みられたことは無く、金型設計および構造に新たなノウハウを必要とし、複合化した場合の精度検証も必要となる。

高橋金属(株)では 45 トン～500 トンまでの数多くの順送金型等の複合金型を自社内にて金型設計・製作とプレス加工を全て行っている。この金型設計技術や生産技術を活用し、滋賀県東北部工業技術センターと共同で、多回プレス工法を複合化した金型の構成を検討、開発設計、金型の試作を行い、複合化された多回プレス加工におけるプレス一貫ライン生産技術を確立する。

③シェービング金型の耐久性及び表面粗さの向上

i)シェービング加工における潤滑油の検討

(高橋金属(株)、滋賀県東北部工業技術センター)

多回プレス工法によるシェービング加工において、耐久性及び表面粗さの向上を図るためには耐凝着性及耐焼き付き性に優れた潤滑油の選定が求められる。

そこで、従来の冷間鍛造やプレスせん断加工にて磨耗性に効果の大きいリン酸系極圧剤が添加された潤滑油等を選定しシェービング加工の取代、加工速度、加工材質別に加工試験を行い、シェービング加工での仕上げ面粗度、金型工具の磨耗量との関係を明らかにし、最適な潤滑油を選定する。

ii) 金型材質と表面処理による耐久性の向上

(高橋金属(株))

金型工具の耐久性向上には金型材質の選定と表面処理(窒化、PVD コーティング等)が効果的であり、高橋金属(株)では炭素鋼(S45C)での打ち抜きにおいて高速度鋼にイオン窒化処理およびPVD コーティングの表面処理を実施した工具にて効果を確認している。そこで金型材質と表面処理厚さ等を変えた金型工具を用いて、連続多回プレス実験を行い、金型への加工材の付着・溶着、金型の摩耗・剥離の状況、加工材の変形度合い・表面粗さ等について評価検証・選定し、目標を達成する。

iii) セラミック系工具による耐久性の向上

(関西セラミックス(株)、高橋金属(株))

仕上げ精度を保証するシェービング加工金型は、金型工具摩耗による仕上げ精度の劣化を排除することが重要となる。耐摩耗性にはセラミック系工具が適しているが、衝撃に弱いため、従来のプレス加工においては使われていない。今回の多回プレス工法においては加工時の速度や動きを自由にコントロールでき、工具への衝撃を小さくできることから従来の切削用セラミック系工具にて使用されている窒化ケイ素、高純度アルミナ等のセラミックにて適応の可能性が高いと判断している。

そこで、これらセラミック材料の粒度や配合及び焼結条件を検討し、多回プレス工法のシェービングに適したセラミック系工具を開発し、耐久性の向上を図る。

④ プロジェクトの管理・運営

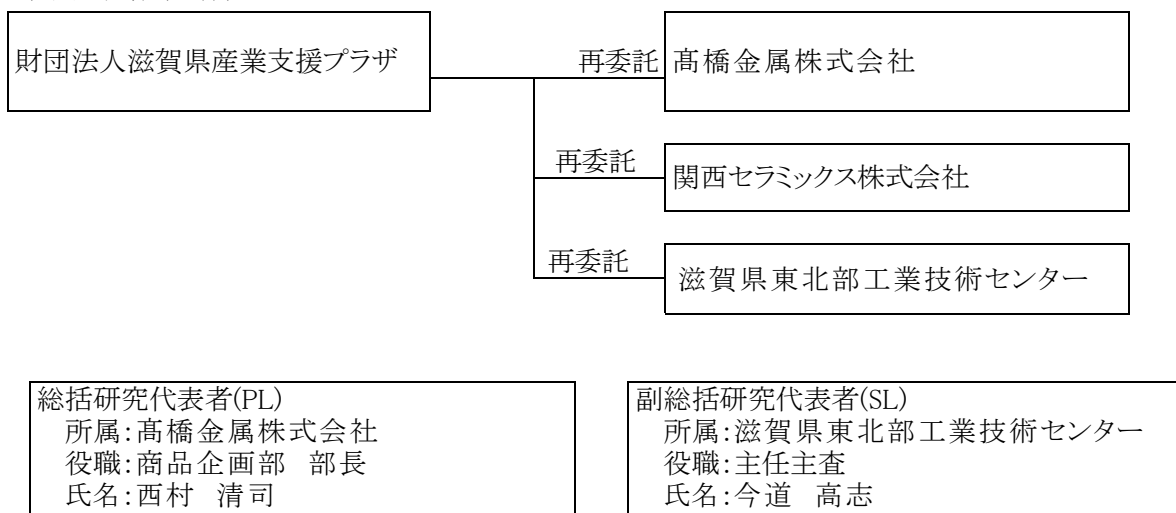
(財団法人滋賀県産業支援プラザ)

本プロジェクト事業が適切かつ効果的に運営され、所期の目的が達成されると共に大きな成果が得られるよう、また、適切な経費の執行がなされるようプロジェクトの運営・管理を実施する。

1-2 研究体制(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

(1) 研究組織及び管理体制

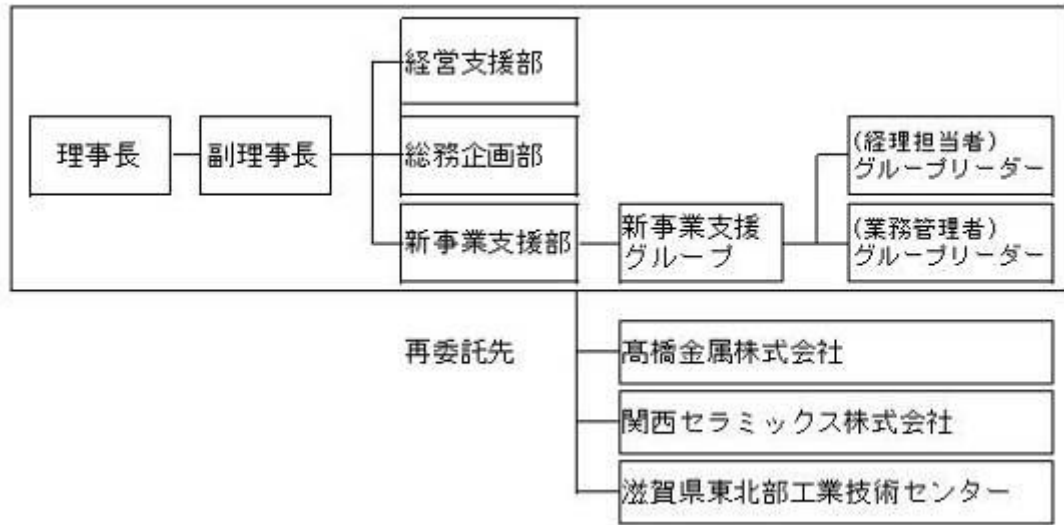
1) 研究組織(全体)



2)管理体制

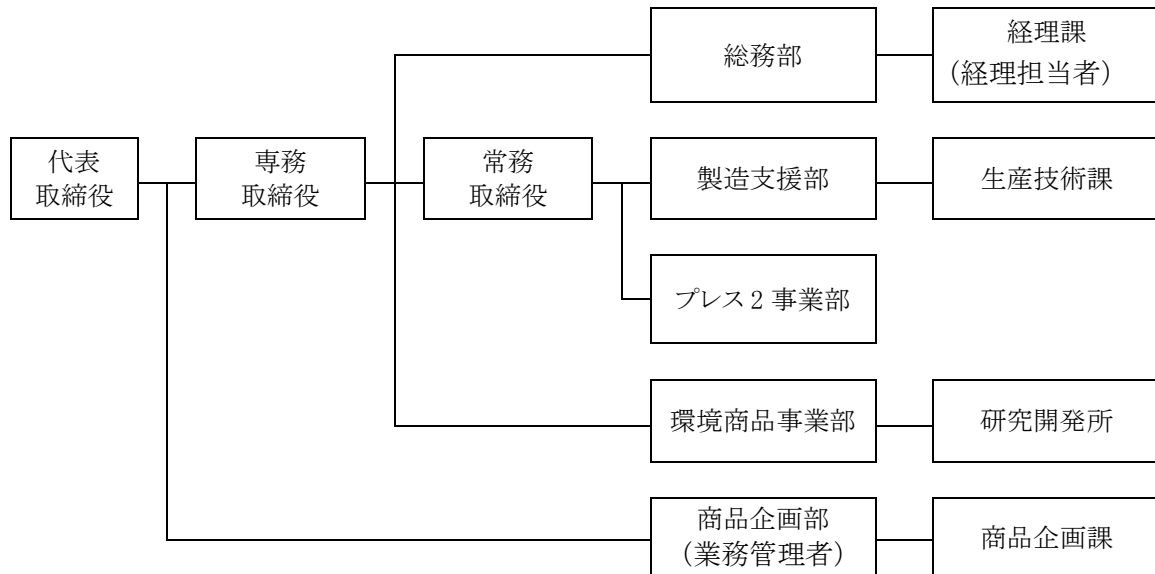
①事業管理者

【財団法人滋賀県産業支援プラザ】

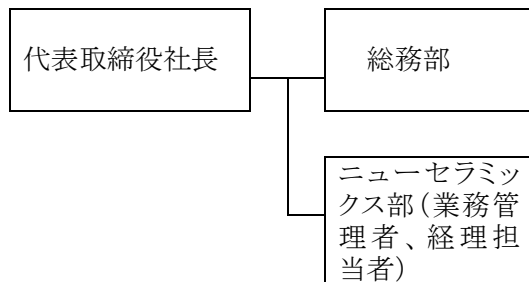


②再委託先

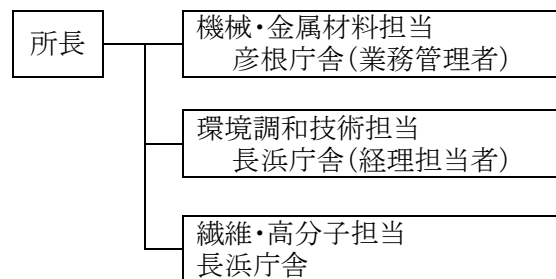
【高橋金属株式会社】



【関西セラミックス株式会社】



【滋賀県東北部工業技術センター】



(2) 研究員及びプロジェクト管理員

【事業管理者】 財団法人滋賀県産業支援プラザ

① 管理員(プロジェクト管理員)

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
西尾 隆臣	新事業支援部新事業支援グループ 主幹	④
巽 哲夫	新事業支援部新事業支援グループ 参与 専門相談員	④

【再委託先】

高橋金属株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
西村 清司	商品企画部・部長	① i)、① ii)、②
村田 猛	商品企画課・技師	① i)、① ii)、②、 ③ ii)、③ iii)
中村 喜昭	商品企画課・主任	① i)、① ii)、②、 ③ i)、③ ii)
河村安太郎	商品企画課・参事	① i)、① ii)、②、 ③ ii)、③ iii)
藤谷 憲治	生産技術課・課長	① i)、③ i)、 ③ ii)
上林 守	生産技術課・課員	①、②
南部 宗吾	生産技術係・係長	① ii)
辰巳 重則	プレス2事業部・課長	②
三橋 順	品質保証部・部員	① i)、① ii)、②、 ③ ii)、③ iii)

関西セラミックス株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
北川 朝男	取締役専務	③ iii)

滋賀県東北部工業技術センター

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
所 敏夫	機械・金属材料担当 専門員	③ i)
今道 高志	機械・金属材料担当 主任主査	① i)、① ii)、②
今田 琢巳	機械・金属材料担当 主任技師	① i)、① ii)、③ i)

(3) 他からの指導・協力者名及び指導協力事項

①推進委員会

氏名	所属・役職	備考
西村 清司	高橋金属株式会社商品企画部 部長	PL
今道 高志	滋賀県東北部工業技術センター 機械・金属材料担当 主任主査	SL
村田 猛	高橋金属株式会社商品企画部 商品企画課 技師	
中村 喜昭	高橋金属株式会社商品企画部 商品企画課 主任	
河村安太郎	高橋金属株式会社商品企画部 商品企画課 参事	
北川 朝男	関西セラミックス株式会社 専務取締役	
所 敏夫	滋賀県東北部工業技術センター 機械・金属材料担当 専門員	
今田 琢巳	滋賀県東北部工業技術センター 機械・金属材料担当 主任技師	
山口 克彦	国立大学法人京都工芸繊維大学名誉教授	アドバイザー
畑中 伸夫	独立行政法人国立高等専門学校機構 阿南工業高等専門 学校 機械工学科 教授	アドバイザー
加木 将仁	大同アミスター株式会社大阪営業所 所長	アドバイザー
瀬本 正三	大同化学工業株式会社奈良生産技術事業所 取締役所長	アドバイザー
樋口 逸久	元光洋精工株式会社生産管理部	アドバイザー
深江 伸宜	ヤンマー株式会社小型エンジン事業本部精密機器事業部 品質管理部長	アドバイザー

②指導・協力事項

氏名	指導・協力事項
山口 克彦	プレス技術における塑性加工全般の技術動向についてのアドバイスを受ける。主に①②項について。
畑中 伸夫	プレス技術におけるFEM解析に関するアドバイスを受ける。主に①②項について。
加木 将仁	金型への表面処理技術に関するアドバイスを受ける。主に③ ii)について。
瀬本 正三	潤滑油の市場および技術動向についての情報提供を受ける。主に③ i)項について。
樋口 逸久	自動車操舵部品等の自動車産業における市場動向についての情報提供を受ける。主に①②項について。
深江 伸宜	ディーゼルエンジン精密部品等の小型産業機械分野における市場動向についての情報提供を受ける。主に①②項について。

1-3 成果概要

各サブテーマにおいて以下の成果を得た。

①厚板(8mm以上)から複雑3次元形状部品をプレスのみにて創製する加工法の確立

i)多回プレスを用いたシェービング工法の研究開発

多回プレスシェービング工法での0.5mmまでの取り代面の表面粗さRa1.6 μ m以下の繰り返し・再現性の確認をするとともに、FEM解析結果に基づく工法改善トライを行い、0.5mm以上取り代面の破断面20%未満および表面粗さRa1.6 μ m以下の確立を目指した。

その結果、0.5mm以上の多回プレスシェービング加工において破断面20%未満の加工が出来るようになり、表面粗さも目標値Ra1.6 μ m以下を達成した。

ii)多回プレスを用いたU字曲げ工法の研究開発

厚板8mmのU字曲げにおけるスプリングバック量のバラツキ量低減を目指し、端面加圧U字曲げ工法について検討を実施した。その結果、端面加圧加工を実施する場合、フランジ部をダイスで全拘束し、圧縮時のプレス速度および圧縮量を制御することにより、スプリングバックの低減効果が得られることが分かった。また、SPHC材で端面加圧工法によるスプリングバックのバラツキ量を検証した結果、端面圧縮加工を加えることにより、スプリングバック量のバラツキ量が0.08°(圧縮加工無し0.22°)と目標値(0.2°以下)を達成でき、高精度なU字曲げプレス加工技術を構築できた。

②プレス一貫ラインでの複合加工を可能とする技術の確立

プレス一貫ラインで材料送り装置の開発により、複合型での加工を行った。また、プレス一貫ライン金型による初期トライを実施し、データ取りおよび課題の抽出・検討を行った。その結果、目標とする複雑形状製品の増肉成形、対向穴加工が行うことができ、プレス一貫ラインによる加工化が図れた。また、FEM解析で複雑形状品の全工程が再現・確認された。

③シェービング金型の耐久性及び表面粗さの向上

i)シェービング加工における潤滑油の検討

これまでにプレス一貫ラインに最適な潤滑油の選定が完了したため、本潤滑油を用いて実用化製品の加工試験を進め、最適な塗布量や塗布方法など実用化検証を進めた。その結果、最適な潤滑油を用いて、加工実験を繰り返し行い、実用化の目標とする複雑形状品が精度良く製作できた。また、潤滑による摩擦係数の違いについても有限要素法解析により、明らかとなった。

ii)セラミック系工具による耐久性の向上

セラミックスに摩擦係数低減形状の加工を加えたジルコニアセラミックスパンチを用いて、取り代を大きくした試料に多回プレスシェービング実験を繰り返し実施した。その結果、繰り返しシェービング加工実験を実施しても金型パンチにはほぼ影響なく、目標とする加工面(表面粗さRa1.0以下)も得られており、実用性が見通しが得られた。

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

財団法人滋賀県産業支援プラザ 新事業支援部新事業支援グループ

〒520-0806

大津市打出浜 2-1 コラボしが 21

TEL : 077-511-1414、FAX : 077-511-1418

第2章 本論

2-1 厚板(8mm 以上)から複雑3次元形状部品をプレスのみにて創製する加工法の確立

2-1-1 多回プレスを用いたシェービング工法の研究開発

2-1-1-1 実施概要

対象部品である厚板(8mm 以上)、材質(S45C)において最適な条件を見出すため、多回プレスの動きや速度が制御できる電動サーボプレスを用い、最も効果があると思われるシェービング金型のパンチの1回の切り込み量、戻り量とパンチの速度や負荷などの加工パラメータと、被加工材に加わる力の分布やクラックの進展を明らかにした。また、FEM解析により多回プレスシェービング加工のシミュレーションを行い、加工メカニズムを検証し整合性を図る。

さらに、実用品形状においては対向する穴に同時に多回プレスシェービングを行い同軸度 $30\mu\text{m}$ を得る複動金型を作製し、シェービング加工金型の構造を試作検討するとともに、1回の移動量、速度波形などの各パラメータの条件を明らかにし、目標値を達成する。

2-1-1-2 実施内容

i) 電動サーボプレスの特徴

従来のプレス機械においてはクランク機構によりフライホイルの回転運動をスライドの上下運動に変えて移動させており、加工モーションはクランク機構によって図 2-1-1(a)示す、決められた動きしかできなかった。(以下、クランクプレスと表記する。)

これに対し、電動サーボプレスでは従来のフライホイルを低速高トルクサーボモータに替えることにより、サーボモータに動きを指令することで、フリーモーションを実現したプレス機械となっている。図 2-1-2 に示す平成 19 年度導入した電動サーボプレスはプレス加工時の行き工程移動量および戻り工程移動量をそれぞれ自由に設定でき、加工するプレス加工モーションが可能である。これにより図 2-1-1(b)に示すような上下に寸動の動きを多数回繰り返して、徐々に加工する多回プレスモーションが可能となる。(以下、多回モーション(モーション 1)と表記する。)

また、サーボプレス機の特徴である、高トルクサーボモータにより、低速加工も可能となる。(以下、ソフトモーションと表記する。)

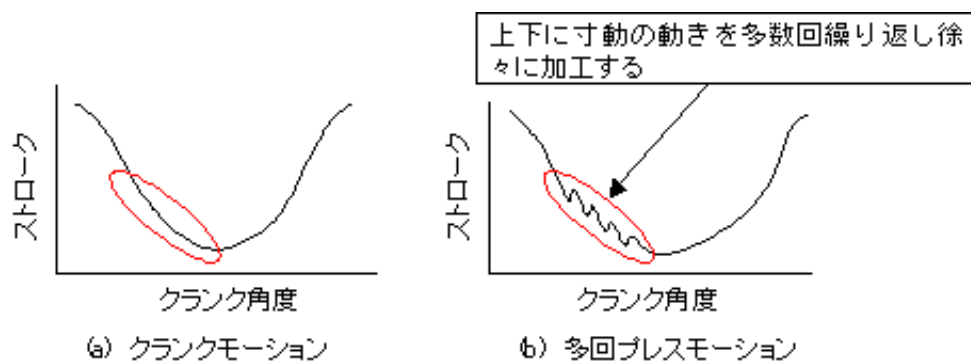


図 2-1-1 プレス加工モーション



図 2-1-2 電動サーボプレス

ii) 多回モーシオンによるシェービング加工の実験方法

シェービング加工形状は、川下企業からの実形状部品を想定し、シェービング加工穴と外形との最小距離を板厚に対し 60%となるような形状とした。本研究目的であるプレス一貫ラインの構築の観点から外形・下穴をプレス打ち抜き加工材とした。

下穴加工したものに加工方向にダレが見られ、シェービング加工に良い結果となった。

2-1-1-3 結果と考察

i) 多回モーシオンによるシェービング加工

材質 S45C におけるプレスとシェービング取り代のシェービング加工面への影響(加工表面の状態)について、実験した結果、70%以上のせん断面の確保ができた。スクイ角のみパンチでは、SPHC と同じような結果となり、逃げ形状Rの効果が認められた。また、ソフトモーシオンの場合、破断面が多くなっている。加工速度によりパンチ刃先の摩擦係数が変わり影響したと考えられる。また、S45C は、破断しやすい材料でもあることからモーシオンの違いが大きく出たと思われる。

次いで、シェービング加工品の試験後形状を真円度・円筒形状測定機で測定した結果を図 2-1-3 に示す。真円度等の測定はパンチの挿入開始部を 0mm として、1.0mm、3.5mm および 6.0mm の位置の内径3断面を測定した。各々の図には円筒形状 1.0mm の断面および表面粗さ測定結果を示している。

ここでは平均表面粗さRaの測定結果に着目してみると、平均表面粗さRa $0.2\mu\text{m}$ 以下の値が得られており、本プロジェクトが目標とするRa $1.6\mu\text{m}$ 以下の 10%程度に達している。

また、上記の試験片観察例を図 2-1-33 に示す。図より明らかにせん断面が 70%以上あることが確認できるとともに、表面が鏡面に仕上がっていることがわかる。

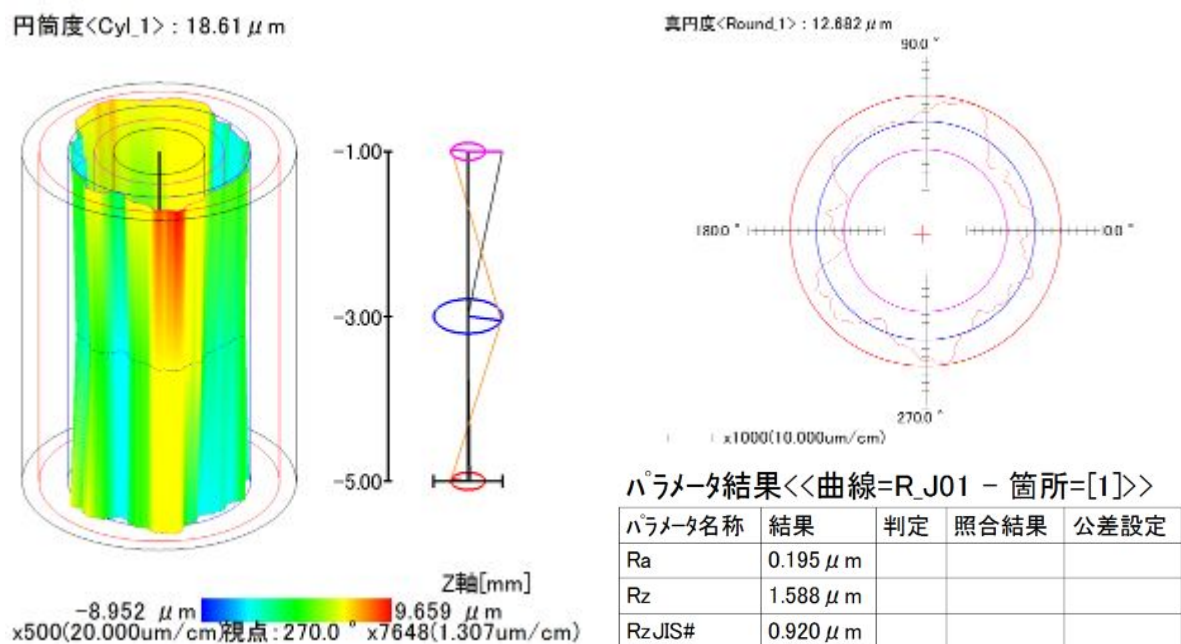


図 2-1-3 取り代 0.5mm の試験後形状



図 2-1-4 多回プレスモーシヨンの試験片観察例(S45C)

2-1-1-4 まとめと今後の課題

多回プレスシェービング工法での取り代 0.5mm までの打ち抜き面(シェービング面)の表面粗さ $Ra1.6 \mu\text{m}$ 以下の繰り返し・再現性の確認をするとともに、FEM 解析結果に基づく工法改善トライを行い、0.5mm 以上取り代面の破断面 20%未満および表面粗さ $Ra1.6 \mu\text{m}$ 以下の確立を目指した。その結果、0.5mm 以上の多回プレスシェービング加工において破断面 20%未満の加工が出来るようになり、表面粗さも目標値 $Ra1.6 \mu\text{m}$ 以下を達成した。

2-1-2 多回プレスを用いたU字曲げ工法の研究開発

2-1-2-1 実施概要

対象部品の厚板(8mm 以上)においてスプリングバック量の低減化を図るために、多回プレス加

工方法を曲げ加工にも適用し、研究用金型と電動サーボプレスを用いて寸動の動きや速度とスプリングバック量の関係性を評価検証し実用化を図っていく。さらに、実験によるデータを基にしてFEM解析によりシミュレーションを行い、曲げに影響するパラメータを解析することによりメカニズムを明らかにする。

また、下死点において板厚方向に圧縮応力を付加する決め押し手法にて決め押し時間とスプリングバック量の関係や下死点での多数回決め押しにて、決め押し回数と曲げスプリングバック量の関係性を検討する。さらに被加工材質や形状を変えて多回プレス曲げ加工試験を行い、最適多回プレス加工条件を見出す。

2-1-2-2 実施内容

i) 実験方法

i-1) 端面加圧U字曲げ工法

U字曲げ加工品におけるスプリングバックのバラツキ量を低減し、高精度なU字曲げプレス加工技術を確立させるべく、端面加圧U字曲げ工法について検討を実施した。

i-2) 端面加圧U字曲げ加工におけるプレス動作(全拘束2工程法)

フランジ部を全拘束した状態で端面圧縮を実施させるため、1工程目で、外部油圧装置でU字曲げ加工を実施し、別工程でフランジ部を全拘束可能な金型にセットし直し加工を実施した。

2-1-2-3 結果および考察

i) 板厚の違いによるスプリングバックへの影響

U字曲げ加工に使用する加工材料は、加工材メーカーの生産ロット間差により、板厚のバラツキがある。そこで、板厚が7.5mm～8.0mm(0.1mm 毎)の加工材を作製し、U字曲げ加工前の板厚の違いによるスプリングバックへの影響を検討した。プレス条件は、曲げ工程ソフトモーション圧縮工程クランクモーション(圧縮量Amm)でU字曲げ端面加圧加工を実施した。なお、U字曲げ加工を実施したパンチとダイスのクリアランスは、板厚が8mmの時にゼロとなるように設計している。

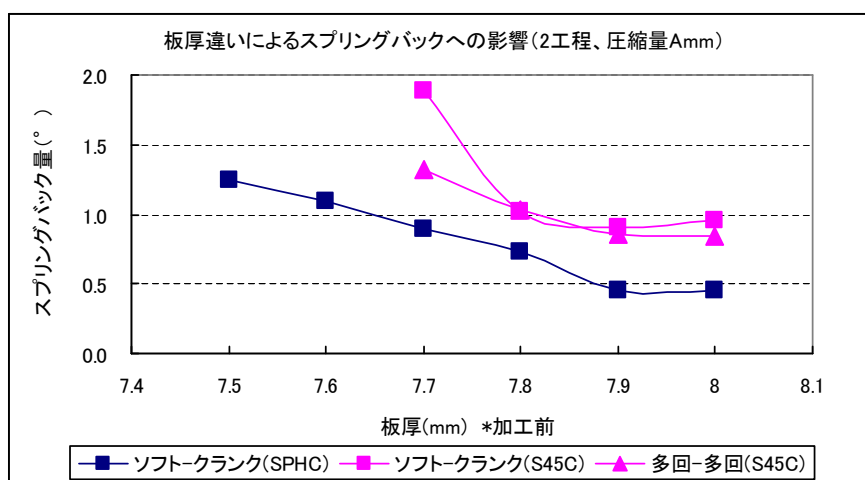


図 2-1-5 板厚の違いによるスプリングバックへの影響

図 2-1-5 にその結果を示したとおり、板厚が 7.8mm の場合、金型設計値どおりの板厚 8mm の場合に比べ、約 0.2° 程度スプリングバックの増加が見られた。パンチ及びダイスと加工材とのクリアランスが片側 0.1mm 以上あると、約 0.2° 程度、スプリングバックが大きくなる。したがって、U 字曲げ加工の加工バラツキを抑制するには、加工前の板厚管理(例えば、 $\pm 0.1\text{mm}$ 以内)を実施する必要がある。

ii) スプリングバックのバラツキ量の検討

スプリングバック量の低減効果が見られた端面加圧加工について、スプリングバックのバラツキ量(バラツキ量の目標値: 0.2° 以下)への効果を検証するため、SPHC 材 10 個について、同一のプレス条件にて加工を実施した。なお、プレス条件は、曲げ工程:ソフトモーショ ン 圧縮工程:ソフトモーショ ン(圧縮量 Cmm)、クッション圧 Dton として実施した。

その結果を図 2-1-6 に示す。図より、ソフトモーショ ンで U 字曲げ加工を実施した場合、スプリングバック量のバラツキ量は 0.22° であったのに対し、圧縮工程ソフトモーショ ン(圧縮量 Cmm)で圧縮加工を実施すると、スプリングバック量のバラツキ量 0.08° まで低減できることを確認した。したがって、端面圧縮加工を実施することで、スプリングバック量のバラツキ量の目標値 0.2° 以下を達成できた。

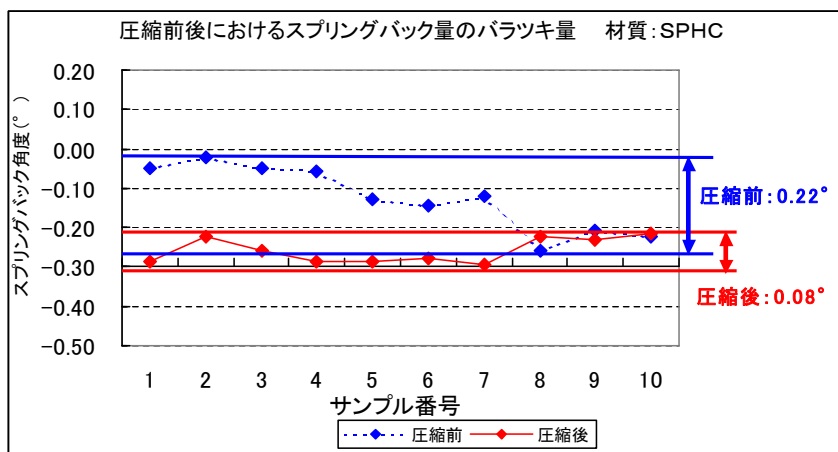


図 2-1-6 圧縮前後におけるスプリングバック量のバラツキ

2-1-2-4 まとめと今後の課題

厚板 8mm の U 字曲げにおけるスプリングバック量のバラツキ量低減を目指し、端面加圧 U 字曲げ工法について検討を実施した。その結果、端面加圧加工を実施する場合、フランジ部をダイスで全拘束し、圧縮時のプレス速度および圧縮量を制御することにより、スプリングバックの低減効果が得られることが分かった。また、SPHC 材で端面加圧工法によるスプリングバックのバラツキ量を検証した結果、端面圧縮加工を加えることにより、スプリングバック量のバラツキ量が 0.08° (圧縮加工無し 0.22°)と目標値 (0.2° 以下)を達成でき、高精度な U 字曲げプレス加工技術を構築できた。

2-2 プレス一貫ラインでの複合加工を可能とする技術の確立

2-2-1 実施概要

高橋金属(株)では 45 トン～500 トンまでの数多くの順送金型等の複合金型を自社内にて金型設計・製作とプレス加工を全て行っている。この金型設計技術や生産技術を活用し、滋賀県東北部工業技術センターと共同で、多回プレス工法を複合化した金型の構成を検討、開発設計、金型の試作を行い、複合化された多回プレス加工におけるプレス一貫ライン生産技術を確立する。

2-2-2 実施内容

本開発目標は、熱間鍛造工法にて形状を作り、その後切削加工にて仕上げられている複雑形状品について、鍛造・切削品から部品化までをプレス加工化することである。これまで川下産業と意見交換を行い、プレス一貫加工品の図面化を行ってきた。

複雑形状品について、プレス一貫ライン加工出来る一貫プレス金型を作製し、プレス実験を行う。同時に、高度精度位置決めと調整機能を持った材料送り装置を開発し、プレス一貫ライン技術の構築を図る。

2-2-3 実験方法・結果および考察

2-2-3-1 プレス一貫ライン金型の開発

単独金型との違いは、サーボプレス機のボルスタおよびラムの間にいくつも工程を順次配列し、一度に加工できることである。複雑形状品の加工には、12 の工程があり、前工程金型と後工程金型の 2 つの金型とした。実際に作製した前工程金型および後工程金型を、図 2-2-1 に示す。

カム穴抜き工程の金型が大きくなるため、製品送りピッチも大きくなる。カム穴抜き金型の大きさに金型を配置すると、サーボプレス機よりはみ出てしまい、収めることが出来ない。対策として、大きさの違う金型を配列したプレス一貫ライン金型を作製し、後述の開発した材料送り装置にて 2 つのピッチを同時に送れる搬送装置の開発を行ない対応した。



図 2-2-1(a) プレス一貫ライン金型写真(前)



図 2-2-1(b) プレス一貫ライン金型写真(後工程金型)

2-2-3-2 多回追従型高精度材料送り装置の開発

サーボプレス機用の多回追従型高精度材料送り装置の作成を行い、実験を実施した。実際に作製した多回追従型高精度材料送り装置を図 2-2-2 に示す。

前述の複雑形状品の大きさの異なる金型に対応するため、2 種類のピッチを同時に送れる材料送り装置の開発が出来た。

多回追従型高精度材料送り装置の駆動源は、エンコーダーによるフィードバック制御が行われているサーボモータを使用し、位置決め精度 $\pm 0.02\text{mm}$ と正確な位置決め精度が可能となった。



図 2-2-2 多回追従型高精度材料送り装置写真

2-2-3-3 複雑形状品の実用化

シャフトとの位置決めと周り止めとなる、キー形状部ではせん断面 80%以上確保出来、その結果、目標とする複雑形状品のプレス一貫ライン化が出来た。

川下産業において、プレス一貫ラインにおいて作製した複雑形状品の実用化試験評価に関する 700 時間連続運転による耐久試験を実施した。

耐久試験評価は初期時の性能を基準とし、耐久後の性能と比較し、各評価項目により実施した。同時に、複雑形状品の変形や割れ等の外観評価試験が行われた。

その結果、複雑形状品の 700 時間駆動前の性能と駆動後の性能を比較し、各評価項目の関係はほぼ同様の傾向を示している。また、連続運転後、複雑形状品の変形や割れが確認されず、良好な結果になった。

2-2-4 まとめと今後の課題

プレス一貫ラインで材料送り装置の開発により、複合型での加工を行った。また、プレス一貫ライン金型による初期トライを実施し、データ取りおよび課題の抽出・検討を行った。その結果、目標とする複雑形状製品のプレス一貫ライン加工が行うことができた。また、FEM 解析で複雑形状品の全工程が再現・確認された。その他、材料送り装置の開発では、自社による開発により技術向上が図れた。

2-3 シェービング金型の耐久性及び表面粗さの向上

2-3-1 シェービング加工における潤滑油の検討

2-3-1-1 実施概要

多回プレス工法によるシェービング加工において、耐久性及び表面粗さの向上を図るためには耐凝着性及耐焼き付き性に優れた潤滑油の選定が求められる。

そこで、従来の冷間鍛造やプレスせん断加工にて磨耗性に効果の大きいリン酸系極圧剤が添加された潤滑油等を選定しシェービング加工の取り代、加工速度、加工材質別に加工試験を行い、シェービング加工での仕上げ面粗度、金型工具の磨耗量との関係を明らかにし、最適な潤滑油を選定する。

2-3-1-2 実施内容

i) プレス一貫ラインにおける潤滑油の選定

これまで当研究開発では表 2-3-1 に示す 2 種類の潤滑油の選定を行い、研究開発を進めてきた。しかし、プレス一貫ラインでは工程により潤滑油の変更は不可能なため、潤滑油膜切れが小さく、粘度が $96\text{mm}^2/\text{s}$ と高いイオウカルシウム系の精密打ち抜き油を使用することとした。また、塗布方法についてはプレス一貫ライン内で自動噴霧・滴下・パンチからの染み出し等を行う必要があり、プレス一貫ラインに最適な塗布方法を検討した。この方法により複雑形状品が加工できた。

表 2-3-1 選定潤滑油

	A 潤滑油	B 潤滑油
粘度 (40°C , mm^2/s)	21	96
密度 (g/cm^3)	0.92	0.99
引火点 ($^\circ\text{C}$)	168	164
特徴	S, P 系絞り, 打ち抜き油	S, Ca 系精密打ち抜き油

2-3-1-3 まとめと今後の課題

これまでにプレス一貫ラインに最適な潤滑油の選定が完了したため、本潤滑油を用いて実用化製品の加工試験を進め、最適な塗布量や塗布方法など実用化検証を進めた。その結果、最適な潤滑油を用いて、加工実験を繰り返し行い、実用化の目標とする複雑形状品が精度良く製作できた。また、潤滑による摩擦係数の違いについても有限要素法解析により、明らかとなった。

2-3-2 セラミック系工具による耐久性の向上

2-3-2-1 実施概要

仕上げ精度を保証するシェービング加工金型は、金型工具摩耗による仕上げ精度の劣化を排除することが重要となる。耐摩耗性にはセラミック系工具が適しているが、衝撃に弱いため、従来のプレス加工においては使われていない。今回の多回プレス工法においては加工時の速度や動きを自由にコントロールでき、工具への衝撃を小さくできることから従来の切削用セラミック系工具にて使用されている窒化ケイ素、高純度アルミナ等のセラミックにて適応の可能性が高いと判断している。

そこで、これらセラミック材料の粒度や配合及び焼結条件を検討し、多回プレス工法のシェービングに適したセラミック系工具を開発し、耐久性の向上を図る。

2-3-2-2 実験方法

シェービング加工用パンチには図 2-3-1 に示す耐久性の高い材質であるジルコニア(ZrO_2)で摩擦係数低減形状の加工を施したセラミックスパンチを用いて、取り代 0.2mm の多回プレスシェービング実験を繰り返し実施した。その結果、100 回繰り返して加工面状態を見ると、ほぼ破断面が無い状態で加工できていることが観察でき、金型パンチにもほぼ影響ないことが確認できた。



図 2-3-1 ジルコニアセラミックスパンチ

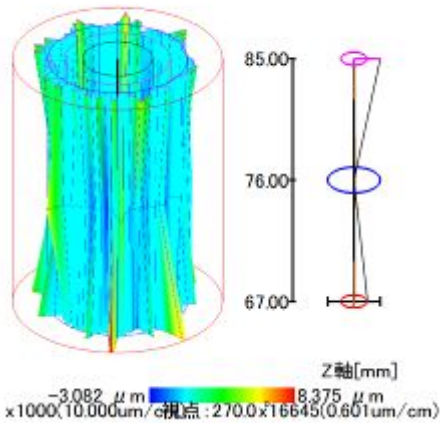
引き続き摩擦係数低減形状の加工を施したジルコニアパンチを使用し、取り代片側 0.4mm の S45C を 100 個、取り代片側 0.5mm の S45C を 100 個についてプレスシェービング実験を行い、パンチの耐久性に関するデータを収集する。

2-3-2-3 結果と考察

i) セラミックスパンチの耐久性

セラミックスパンチの実験前および 100 回、200 回、300 回目終了時点で真円度・円筒形状測定機を用いて形状計測を行った結果を図 2-3-2～2-3-5 に示す。図 2-3-2 の試験前のパンチと各回のパンチを比較してみると、真円度では $7\mu m \sim 10\mu m$ 、円筒度 $6\mu m \sim 12\mu m$ と大きな変化が無いことがわかる。また、破壊といった現象も起こっておらず、プレスシェービング加工において耐久性も確認できた。

円筒度<Cyl_1> : 11.457 μm



真円度<Round_1> : 10.413 μm

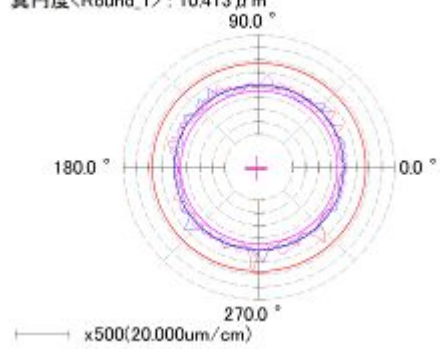
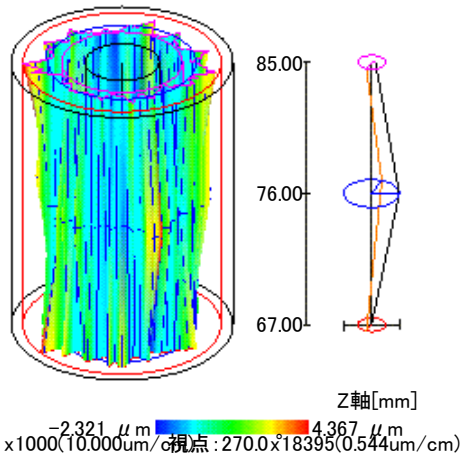


図 2-3-2 摩擦低減形状を付与したジルコニアパンチの形

円筒度<Cyl_1> : 6.688 μm



真円度<Round_1> : 7.054 μm

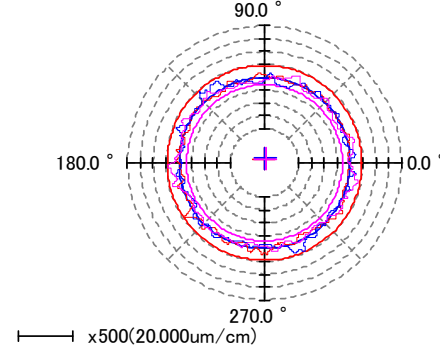
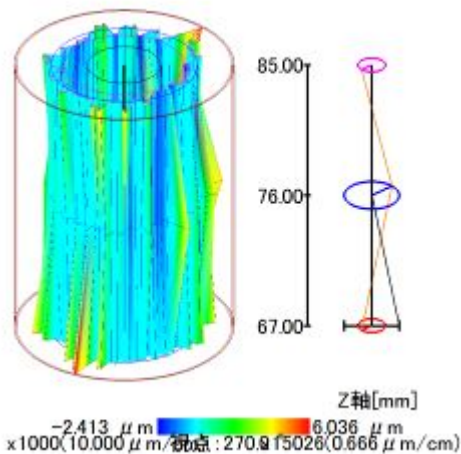


図 2-3-3 100 回目終了後のジルコニアパンチの形状計測結果

円筒度<Cyl_1> : 8.449 μm



真円度<Round_1> : 8.562 μm

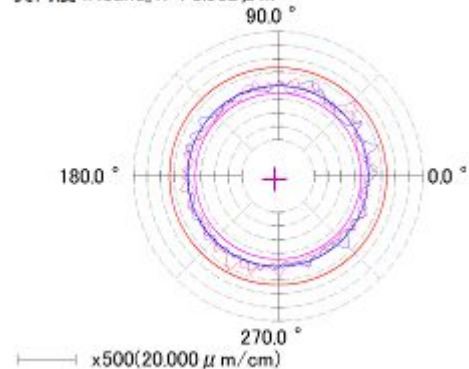


図 2-3-4 200 回目終了後のジルコニアパンチの形状計測結果

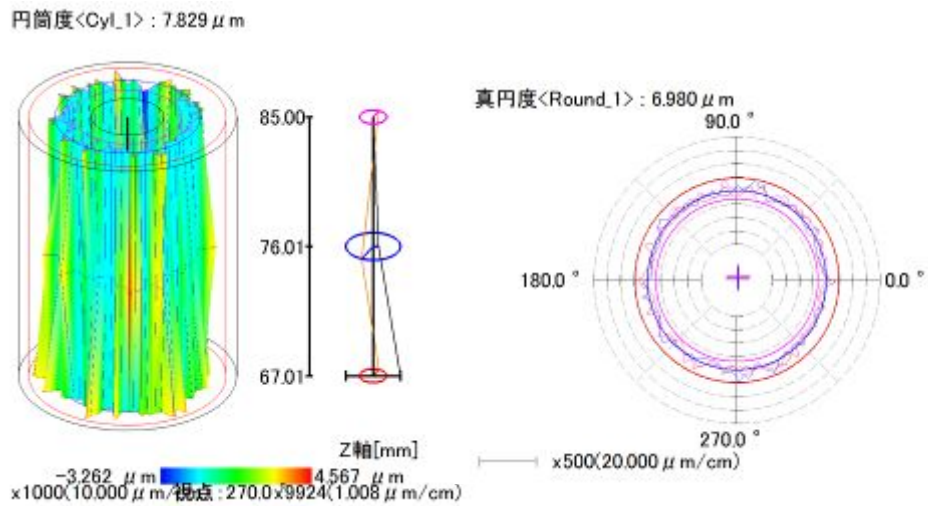


図 2-3-5 300 回目終了後のジルコニアパンチの形状計測結果

2-3-2-4 まとめと今後の課題

セラミックスに摩擦係数低減形状の加工を加えたジルコニアセラミックスパンチを用いて、取り代を大きくした試料に多回プレスシェービング実験を繰り返し実施した。その結果、繰り返しシェービング加工実験を実施しても金型パンチにほぼ影響なく、目標とする加工面(表面粗さ Ra1.0 以下)も得られており、実用性が見通しが得られた。なお、

第3章 総括

自動車等の複雑形状機能部品の生産は、従来鋳造・熱間鍛造業者で塊状物を一次加工し、その後切削業者で加工し仕上げており、納期面、コスト面および品質管理体制の課題があった。

本研究開発では、このような問題を解決するために、複雑形状部品の製造を従来法〔(鋳造や熱間鍛造) + (切削加工)]又は[(プレス加工) + (切削加工)]の代わりに、厚板(8mm以上)のプレス加工を中心にした新規加工法を開発する。この新加工法は多回プレス(プレスの1ストローク分を多数回の寸動によりプレスする新しいプレス工法で多回プレスと呼ぶことにする。)を用いたプレスの一貫ライン生産である。

このように、厚板から切削加工レスの新規高精度プレス加工法の技術開発を推進することにより、プレス一貫ラインによる高生産性、低コスト化、短納期化、品質管理の強化を達成することで部材加工産業に貢献する。

委託研究開発により得られた成果は以下のとおりである。

①厚板(8mm以上)から複雑3次元形状部品をプレスのみにて創製する加工法の確立

i)多回プレスを用いたシェービング工法の研究開発

0.5mm以上の多回プレスシェービング加工において破断面20%未満の加工が出来るようになり、表面粗さも目標値Ra1.6 μ m以下を達成した。

②プレス一貫ラインでの複合加工を可能とする技術の確立

目標とする複雑形状機能部品の増肉成形、対向穴加工が行うことができ、プレス一貫ラインによる加工化が図れた。また、FEM解析で複雑形状機能部品の全工程が再現・検証された。その他、材料送り装置の開発では、自社による開発により技術向上が図れた。

③シェービング金型の耐久性及び表面粗さの向上

i)シェービング加工における潤滑油の検討

最適な潤滑油を用いて、加工実験を繰り返し行い、実用化の目標とする複雑形状品が精度良く製作できた。また、潤滑による摩擦係数の違いについても有限要素法解析により、明らかとなった。

iii)セラミック系工具による耐久性の向上

繰り返しシェービング加工実験を実施しても金型パンチにほぼ影響なく、目標とする加工面(表面粗さRa1.0以下)も得られており、実用性が見通しが得られた。

複雑形状品の高精度プレス技術の研究開発を遂行するにあたり、多回シェービング技術・U字曲げ工法技術・複合金型工法技術等の新技術構築化について進めてきた。本研究の研究項目である複合化プレス一貫ライン金型で製作した複雑形状品の川下企業における700時間耐久試験を受け、性能および耐久性とも良好との評価を得た。さらに、実用化製品の安定的なプレス一貫生産ラインの構築を図る中で、2種類の金型工程間ピッチを同時に搬送する多回追従型高精度材料送り装置を開発できた。このような装置は今までになく装置特許の出願が図れた。

また、委託研究開発のフェーズを合わせるために、コア技術検討会を月1回のペースで開催しアドバイザーの山口名誉教授、大同化学工業(株)、川下産業等に適宜参加していただき、研究内容や技術課題におけるアドバイスおよび新技術や知見検討を次の実験検証計画や研究に反映させ、解

決手法や研究手法の模索や修正を随時おこない確実に推進できた。なお、研究内容におけるアドバイザーである川下企業とは緊密な連携を取り、複雑形状品やその他部品のプレス化について月1回のペースで設計部門との開発技術検討会を開催しており、開発設計段階より委託研究開発で構築してきたコア技術が反映できるようになってきた点が成果としていえる。

また、川下産業よりコア技術を用いたプレス加工部品の引き合いが最近数多くきており、具体的に実テーマの活用展開の兆しがでてきた。さらに、本事業で開発したコア技術を使ったプレス加工部品をインテック大阪で開催された第12回関西機械要素技術展に出展し、来場の川下産業等より高い評価を受けニーズ面の確認が図れた。

以上のように、委託研究開発で構築した「多回プレス工法を活用した複合化プレス一貫ライン生産の技術」が、川下産業で評価を受け、実用化段階のレベルになってきた。