

【公開版】

令和2年度
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「トランスファープレス技術を用いたソナーセンサー用の
アルミ成形技術およびIoT活用の製品保証技術の開発」

研究開発成果等報告書

令和3年5月

担当局 近畿経済産業局
補助事業者 公益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

1-1-1 研究開発の背景・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

1-1-2 研究目的及び目標・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

1-1-3 目的及び目標に対しての実施結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

1-2-1 研究組織・管理体制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

1-2-2 研究者・協力者・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4

1-3 成果概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6

1-4 当該研究開発の連絡窓口・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8

第2章 本論

1. ITR工法の開発

【1-1】CAE解析を用いた各工程の最適加工条件の確立・・・・・・・・・・ 9

【1-2】最適加工条件の有効性確認・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12

【1-3】トランスファー装置を用いたITR工法の開発・・・・・・・・・・ 30

2. FG管理システムの開発

【2-1】筐体底面切削に特化した小型加工機の開発・・・・・・・・・・ 32

【2-2】周波数測定を行う自動測定機の開発・・・・・・・・・・・・・・・・ 35

【2-3】切削加工と測定結果を連携させた生産ラインの開発・・・・・・・・ 37

第3章 全体総括

3-1 複数年の研究開発成果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 40

3-2 研究開発後の課題・事業化展開・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 41

第1章 研究開発の概要

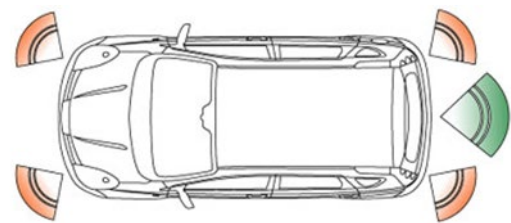
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 研究開発の背景

自動車の利便性や安全性を高める機能の一つとして、駐車の際に車体と周囲の障害物が近付きすぎるとアラームを鳴らす駐車支援システムがあり、ソナーセンサー(図1. 1)に代表される検知システムが搭載されている。世界市場規模は2016年で450万台以上に搭載されており、近年では駐車スペースをセンサーで検知し、自動で駐車を行う自動駐車システムも開発されてきており、将来には自動運転技術への活用も期待される。技術の発展に伴って、近距離用のセンサーであるソナーセンサーには高精度が求められており、ソナーセンサーの筐体には高品質・高精度・高耐久性が要求される精密金属部品が使用されている。この筐体はアルミニウム製で、現状、精度要求が高いことから、鍛造加工と切削加工を組合せて製作されている。

ソナーセンサーは筐体の形状によって性能・機能・品質が左右されるため、筐体に対しての要求品質が特に厳しく、また、筐体底面が車の外部に露出することから、筐体底面の外観品質についても厳しい要求がある。今後ソナーセンサー搭載車が普及していくため、コストを抑える必要があるが、従来の工法であるインパクト成形の後での切削加工において、別々の機械を用いるとパーツフィーダーが必要となりコスト削減に限界がある。

本開発ではトランスファー機構を用いた高精度インパクト成形加工技術を開発し、プレス加工から重要特定評価までの一貫生産ライン化を実現し、グローバル競争がますます激化する自動車用部品の高品質低コスト化を目指していく。



ソナーセンサーによる検知範囲

図1. 1 自動車用ソナーセンサー

1-1-2 研究目的及び目標

【研究目的】

自動車用ソナーセンサーは今後の自動運転化に向けて品質及び安全性の確保、高効率化等に対する川下製造業者からの要求水準が高まっており、これに対して部品全般の高度化が必要とされている。そのため、センサーを構成する筐体部品について、より高い加工精度が求められている。そこで、素材に対する処理が不必要になる日伸工業(株)の独自工法である膨ら

【公開版】

み成形を本形状に応用し、かつトランスファー装置を用いて素材からフランジ部の成形までの一貫生産ラインを構築することで搬送のロスを削減し、コスト低減が可能な生産体制の構築を行う。この工法を本事業では“ITR工法”(Impact Transfer=トランスファー装置を用いたインパクト成形を含むプレス加工)と呼称する。

課題は底面厚みの厳しい公差に対しての品質保証方法であり、現状は自動測定システムによって板厚が全数保証されているが、川下企業の使用目的を考慮し、板厚ではなく周波数にて管理するという高精度な新技術を開発する。このシステムを本事業では“FG管理システム”(Function Guarantee=機能保証)と呼称する。

【本研究の目標】

従来は製作困難であったフランジ付き部品をプレス加工化し、川下企業の使用目的を考慮した周波数にて管理する技術を開発する。

【本研究成果の活用による事業化の目標】

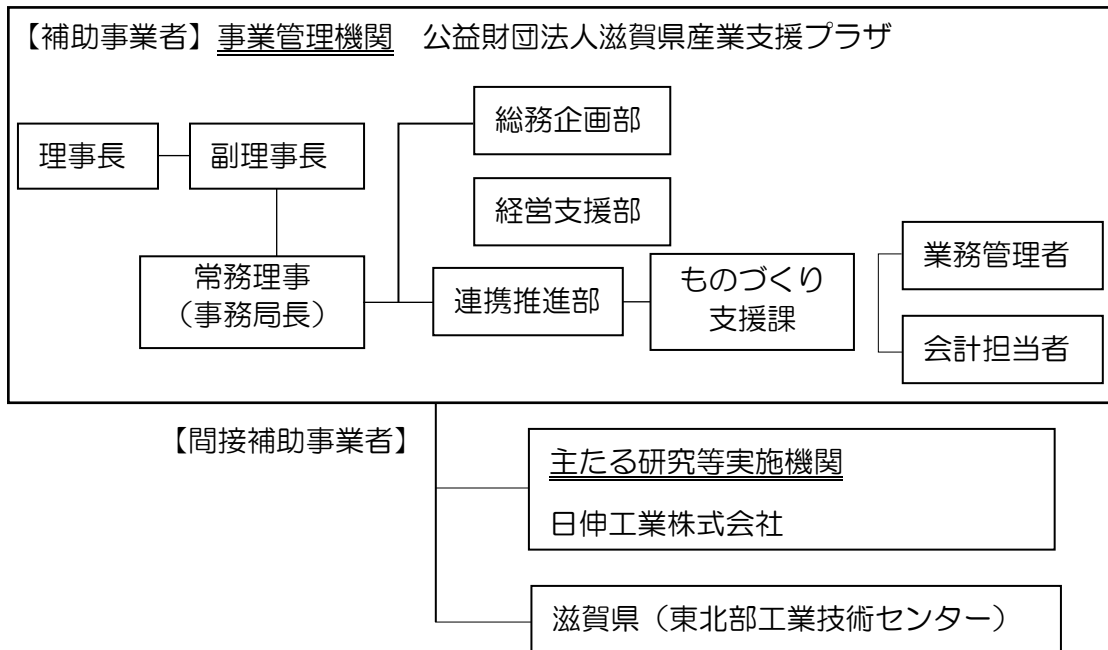
- (ア) 周波数の精度が従来よりも高精度で、低単価な次世代ソナーセンサーを製作する。
- (イ) 切削加工機と周波数測定機の連動技術はアルミ製以外の部品においても展開することが可能であり、IoT活用を他品種に波及させる。
- (ウ) プレス加工は非軸対称の製品でも加工可能であり、タップ加工や孔明け加工をはじめとする付加価値を与える加工を取り入れられるため、アルミ鍛造技術の取得により、幅広く他業界への展開を図る。

1-1-3 目的及び目標に対しての実施結果

本研究開発において、フランジ付き部品のプレス加工化に成功し、周波数にて管理するシステムを構築した。その結果、本技術を活用することにより、一貫生産ライン及び周波数保証が可能となり、高品質低コスト化が可能となった。

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織・管理体制



総括研究代表者（PL）
 氏名：深山 誠治
 所属組織：日伸工業株式会社
 所属役職：常務取締役

副総括研究代表者（SL）
 氏名：深尾 典久
 所属組織：滋賀県東北部工業技術センター
 所属役職：金属材料係 係長・主任専門員

1-2-2 研究者・協力者

① 研究者氏名

【間接補助事業者】日伸工業株式会社

氏名	所属部署・役職	実施内容（担当テーマ）
深山 誠治 (PL)	常務取締役	【1-1】 【1-2】 【1-3】 【2-1】 【2-1】 【2-1】
三島 昇	取締役 営業部長	【1-1】 【1-2】 【1-3】 【2-1】 【2-1】 【2-1】
柏原 靖彦	技術部 課長	【1-1】 【1-2】 【1-3】 【2-1】 【2-1】 【2-1】
馬場 保	技術部 主事	【1-1】 【1-2】 【1-3】 【2-1】 【2-1】 【2-1】
松下 祐輔	技術部 技師補	【1-1】 【1-2】 【1-3】 【2-1】 【2-1】 【2-1】
岩田 一晃	技術部	【1-1】 【1-2】 【1-3】 【2-1】 【2-1】 【2-1】

【間接補助事業者】滋賀県（東北部工業技術センター）

氏名	所属部署・役職	実施内容（担当テーマ）
深尾 典久	金属材料係 係長・主任専門員	【2-1】 【2-2】 【2-3】
間瀬 慧	機械システム係 主任技師	【2-1】 【2-2】 【2-3】

② 事業管理機関

【補助事業者】公益財団法人滋賀県産業支援プラザ

氏名	所属部署・役職	実施内容
平井 圭介	連携推進部長 (兼ものづくり支援課長)	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
篠原 弘美	連携推進部 ものづくり支援課 調査役	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
徳久 千尋	連携推進部 ものづくり支援課 主事	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
加藤 慎滋	連携推進部 ものづくり支援課 参与	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務、 間接補助事業先との連絡調整業務

【公開版】

③ 協力者

氏 名	所属部署・役職	実施内容
島本 隆之	株式会社村田製作所 機能デバイス事業部 機能デバイ ス商品開発1部 開発2課	川下企業の立場から開発製品に対する市場 適合性、ニーズ等について助言する。
中野 隆志	テクノオフィス凛 代表	本研究開発におけるプレス加工工程及び構 造設計のアドバイス。

1-3 成果概要

本研究開発では、CAEによる金属流動解析を活用してフランジ付き部品のプレス加工化開発に取り組みITR工法を確立した。品質保証に対しては切削加工と周波数測定を連動させ、自動で加工量を補正するFG管理システムの開発を行った。その結果、各技術の実現により、フランジ付き部品の高品質低コスト化が可能となった。

この中で、平成30年度～令和元年度の開発により、令和2年度に川下企業から事業化に向けた新形状が提示された。本書では変更前と変更後についてそれぞれ「従来形状」と「新形状」と記載する。新形状の基本形状は従来形状と同等であるが、長辺側外径板厚よりもフランジ厚みの方が薄い形状であるという特徴がある。

【1】 ITR工法の開発

【1-1】 CAE解析を用いた各工程の最適加工条件の確立

技術的課題と懸念していた「インパクト成形における反り」「フランジの成形」の対策案についてCAE解析を繰り返した結果、「インパクト成形における反り」に対しては、後方押し出し加工を2回に分けることで対策する加工法を考案し、「フランジの成形」に対しては、しごき加工を行った後で、角度が付いた状態のフランジ部を後方押し出し加工する加工法を考案した。「フランジの成形」に関しては数多くのパターンに及ぶ解析を実施して加工方法を考案した。結果として、数多くの解析を実施していたことから、プレステスト用金型での試作で発生したトラブルに対しての原因分析が素早く行えた。

なお、新形状になり変更した工法においても解析を実施することで、製品製作の実現に寄与した。

【1-2】 最適加工条件の有効性確認

サブテーマ【1-1】 CAE解析を用いた各工程の最適加工条件の確立の結果により検討した加工方法を実施するプレステスト用金型で試作を行い、発生した課題に対して、金型の形状・材質・構造の改善、製品形状見直しなどを実施し、製品形状の製作を達成した。新形状に対しても、プレステスト用金型で試作を重ねることで製品製作を達成した。

【1-3】トランスファー装置を用いたITR工法の開発

サブテーマ【1-2】最適加工条件の有効性確認によって開発したプレス工程は材料を立てたり寝かしたりという工程となっていたため、製品を90°回転させる工程を2工程、製品を180°反転させる工程を1工程組み込んだ仕様のトランスファー装置にした。このことによりプレステスト用金型での製作方法と連続生産金型での製作方法が同等となり、加工した製品についても精度は同等な結果を得られた。

【2】FG管理システムの開発

【2-1】筐体底面切削に特化した小型加工機の開発

底厚と周波数の関係性を導出するため、切削加工製とプレス加工製それぞれのサンプルを用いて底面切削を実施し、周波数との関係性を構築した。また、連続生産金型で製作された製品で底面切削加工を実施し、同一ロットでのバラつきならびに平面度での目標値を達成した。

【2-2】周波数測定を行う自動測定機の開発

東北部工業技術センターが製作した小型の周波数測定機について、川下企業使用の周波数測定機と相関が取れていることを確認した。川下企業使用の周波数測定機は内部構造が開示されておらず、メンテナンスやソフトウェア関係の自由度が低いことに対し、東北部工業技術センター製周波数測定機はいずれの自由度も高くコストも安価であることから、事業化に対してより有利な設備開発を行うことができた。

【2-3】切削加工と測定結果を連携させた生産ラインの開発

東北部工業技術センター製周波数測定機は周波数のピーク値を検出する仕組みになっており、ピーク値をパソコンに取り込み、切削機へのオフセット量変換を行うことで切削機との連動を構築した。システム構築に際し、使用設備ならびにソフトウェアが明確であるため川下企業使用の周波数測定機と比較し、汎用性が高く、今後の設備設計においても優れるシステム構築を達成した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

【事業管理機関】

公益財団法人滋賀県産業支援プラザ

連携推進部 ものづくり支援課 参与 加藤 慎滋

〒 520-0806 滋賀県大津市打出浜2番1号 コラボしが21内

電話 077-511-1414 FAX 077-511-1418

E-mail : s-katou@shigaplaza.or.jp

【主たる研究等実施機関】

日伸工業株式会社

技術部 技師補 松下 祐輔

〒 520-2152 滋賀県大津市月輪一丁目1番1号

電話 077-543-2467 FAX 077-543-2451

E-mail : y.matsushita@nissinjpn.co.jp

第2章 本論

1. ITR工法の開発

【1-1】CAE解析を用いた各工程の最適加工条件の確立

○インパクト成形における反り

本開発で目指す製品形状は厚板部側の断面形状において、底部板厚が短辺側側壁厚より薄く、インパクト成形の性質に反しており、これまでの技術では厚板部の底面外R部が反ってしまうため、反りを考慮した工法もしくは反りを抑制する工法開発が必要であった。

この課題に対して、CAE解析を用いてこの課題に対する解決策を講じた。図2. 1加工レイアウトにおける#5後方押し出し(1)及び#6後方押し出し(2)が課題を解決する工程に該当する。名称を「後方押し出し」としているのは、「インパクト成形」とは加工速度を利用した1回での加工方法を指すが、本改善によって複数工程での加工となるため、「後方押し出し」と改めている。この2工程の概要図を図2. 2及び図2. 3に示す。

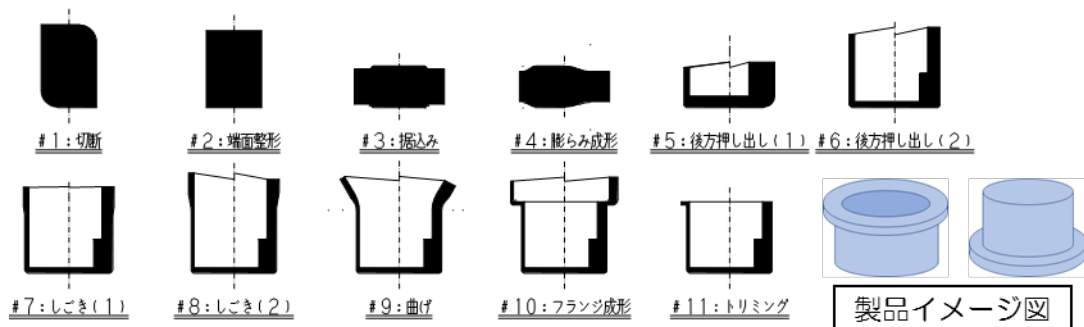


図2. 1 従来形状の加工レイアウトと製品イメージ図

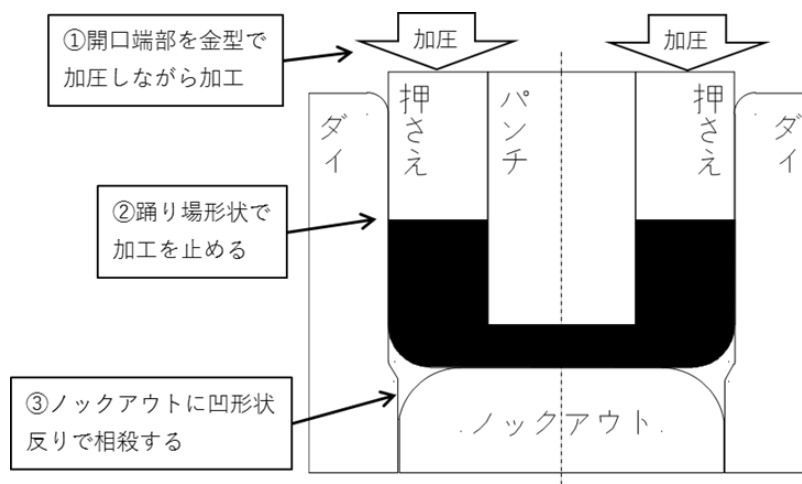


図2. 2 #5後方押し出し(1)概要図

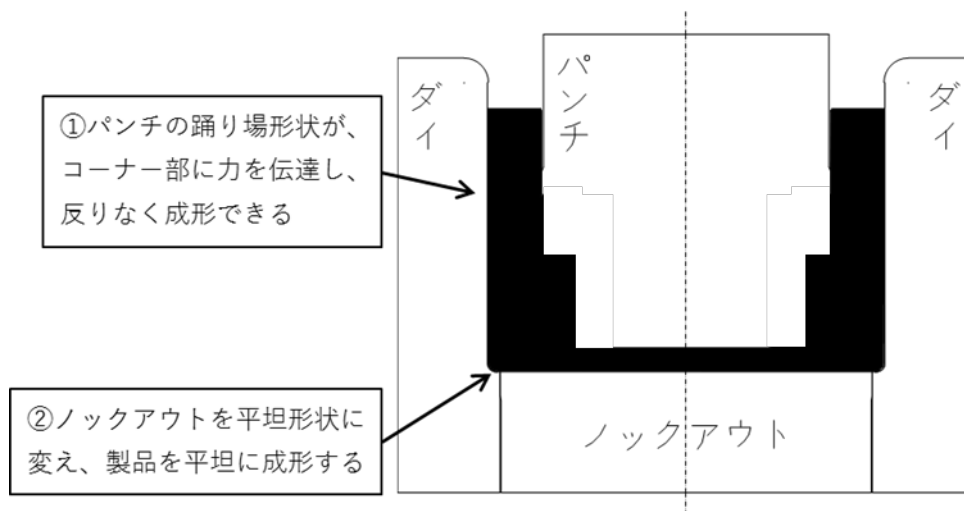


図2.3 #6後方押し出し(2)概要図

これらの対策案をCAE解析した結果を図2.4及び図2.5に示す。

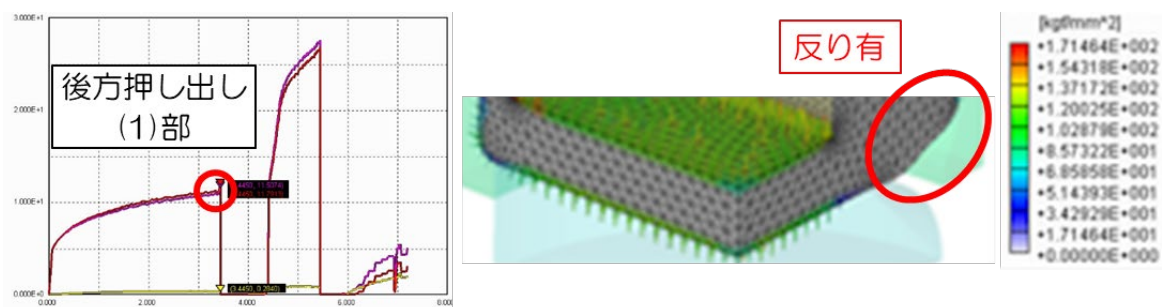


図2.4 #5後方押し出し(1)解析結果

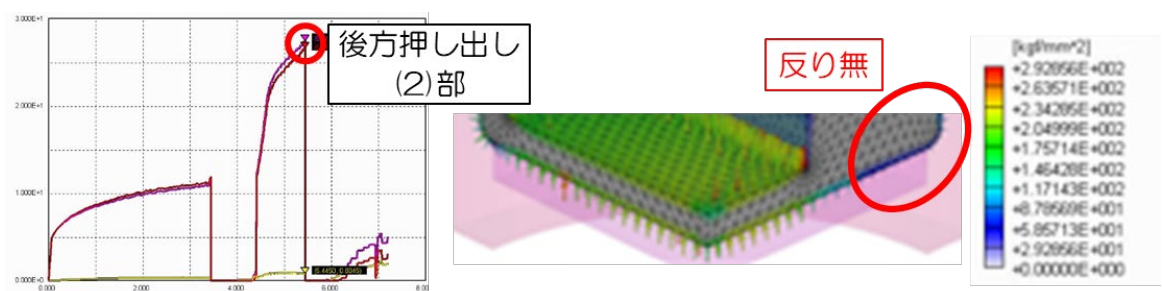


図2.5 #6後方押し出し(2)解析結果

図は最も負荷がかかる下死点状態における面圧を表示させており、#6後方押し出し(2)では局所的に約290kgf/mm²、加工部の大部分は200~250kgf/mm²という解析結果を示している。これは、当初の目標値350kgf/mm²以下を達成する結果である。

○フランジの成形

本開発で目指す製品形状（従来形状）はフランジ形状を設ける必要があり、長辺側外径板厚よりもフランジ厚みの方が厚い形状であったため、インパクト成形の性質に反している。

これによって開発が難航していた。

この課題に対して、CAE解析を用いて解決策を講じた。図2. 1 従来形状の加工レイアウトにおける#7しごき（1）～#10フランジ成形が課題を解決する工程に該当する。

この4工程の概要図を図2. 6に示す。

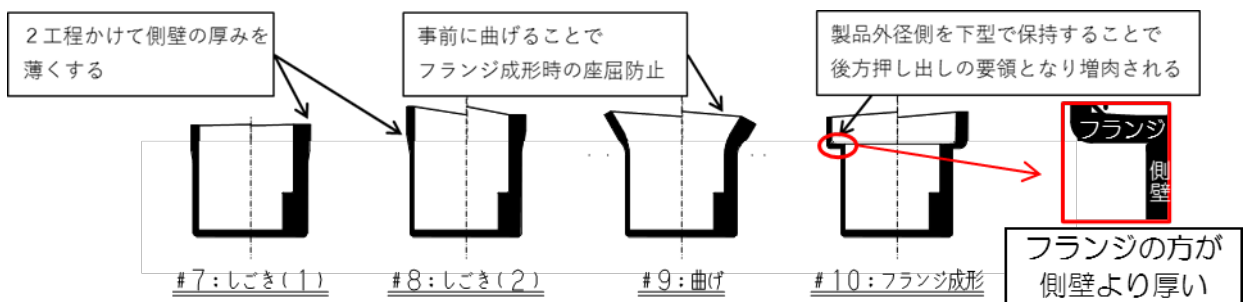


図2. 6 #7しごき（1）～#10フランジ成形概要図

#10フランジ成形についてCAE解析した結果を図2. 7に示す。

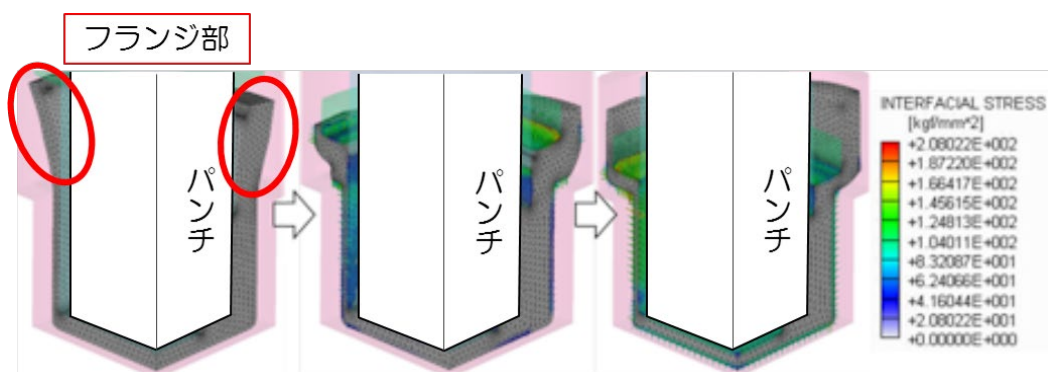


図2. 7 #10CAE解析結果

図2. 7は最も負荷がかかると見込まれる下死点状態における面圧を表示させており、#10フランジ成形では局所的に約 208kgf/mm²、加工部の大部分は 120～170kgf/mm²という解析結果を示している。これは前述した#6後方押し出し（2）工程の面圧よりも低い。しかしながらこの加工方法では開口端部内側にバリが発生する恐れがあり、試作品製作時に出来栄えを確認し、加工調整を行った。

また、曲げ加工を行わずにフランジ成形を行う案も検討したが、図2. 8に示すように加工途中でフランジが座屈してしまい、フランジ部に異常をきたすことが解析から判明されたため、曲げ加工を実施した。

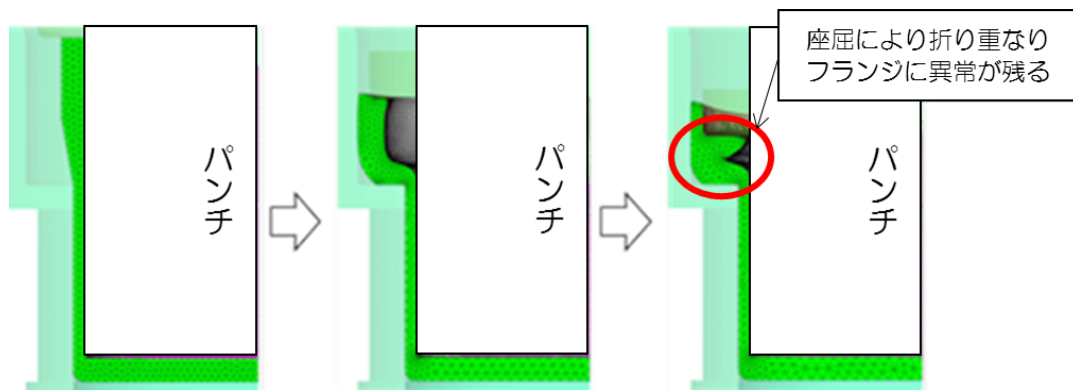


図2. 8 曲げ加工の必要性（薄板側だけの断面図）

新形状についても CAE 解析を実施しており、詳細は【1-2】にて記載する。

【1-2】最適加工条件の有効性確認

■年度単位の概要

[平成30年度] CAE 解析を用いて決定した工程で、試作を行ったところしごき加工にて割れが発生した（図2. 9）。

製作にあたり設計、製作したプレステスト用金型を図2. 10に示す。

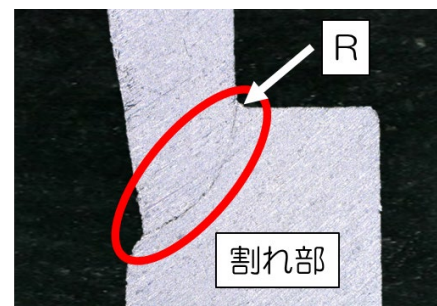


図2. 9 しごき工程での割れ



図2. 10 プレステスト用金型

[令和元年度] 割れに対して、製品機能に支障がない程度でしごき加工での有効な形状を検討し、試作を実施した。割れは残存する結果となったが厚板側は良化傾向になり、製品形状を製作することができた（図2. 11）。



図2. 11 加工完了品断面と工程レイアウト

〔令和2年度〕 平成30年度～令和元年度の開発では割れが残存する結果であったが、従来の課題であった長辺側外径板厚よりもフランジ厚みの方が厚い形状の成形に成功したことにより川下企業から事業化に向けて新形状が提示され、加工工程を再設計して製品製作を行った。新形状の基本形状は平成30年度～令和元年度と同等であるため、これまでの開発での技術を活かせる形状である。

新形状の工程レイアウトは、従来の工程レイアウトにおける#5後方押し出し(1)、#6後方押し出し(2)、#9曲げ工程を1工程にまとめた。これは長辺側外径板厚よりもフランジ厚みの方が薄い形状であるため、しごき加工が不要になることに加えて加工工程が少ない方が底部形状の安定化が可能になるためである。フランジ成形工程を分けた理由としては、CAE解析の結果から1工程での加工では負荷が過大となり金型が破損する荷重となったためである(図2. 12)。



図2. 12 新形状の工程レイアウト(上図は従来形状との比較)

■当初課題に対する成果

○インパクト成形における反り

【1-1】CAE解析を用いた各工程の最適加工条件の確立にて検討した解決策を基に設計した#5後方押し出し(1)の金型構造の概略を図2.13に示す。

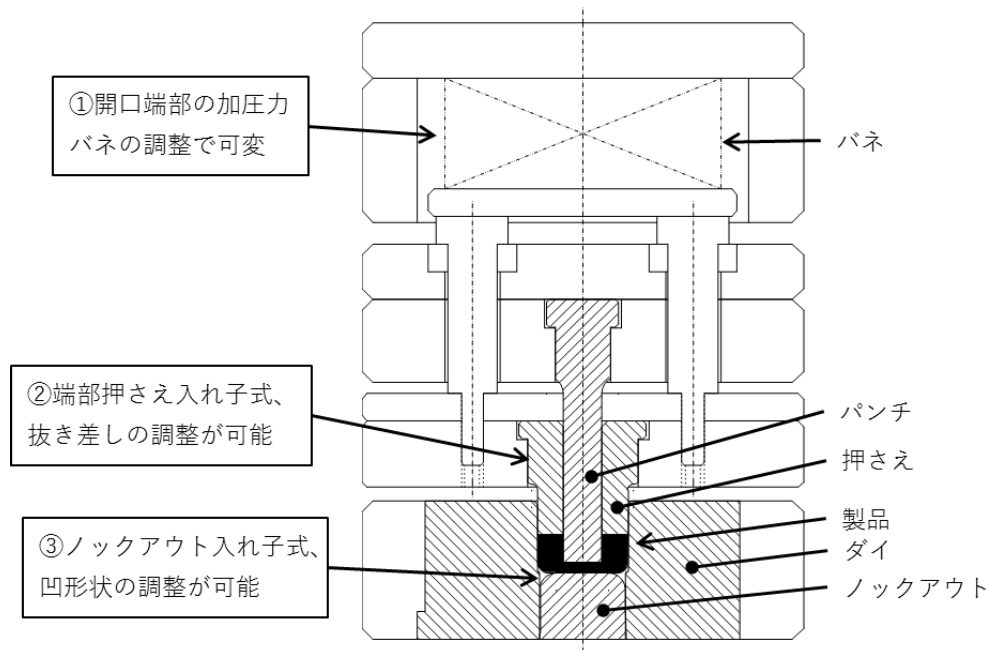


図2.13 #5後方押し出し(1)工程金型概略

金型構造上最大 2857.1kgf 加えられるようになっている。#5後方押し出し(1)時点の開口端部の面積は 118.4mm²であることから、面圧は最大 24.1kgf/mm²となりアルミ材料A5052-Oの耐力 9.2kgf/mm²を上回ることから反り対策の効果が想定された。試作品製作時に 2091.8kgf (面圧 17.7kgf/mm²) を加えて効果を確認した。製品の開口端面を加圧しない場合と加圧した場合の断面を図2.14に示す。

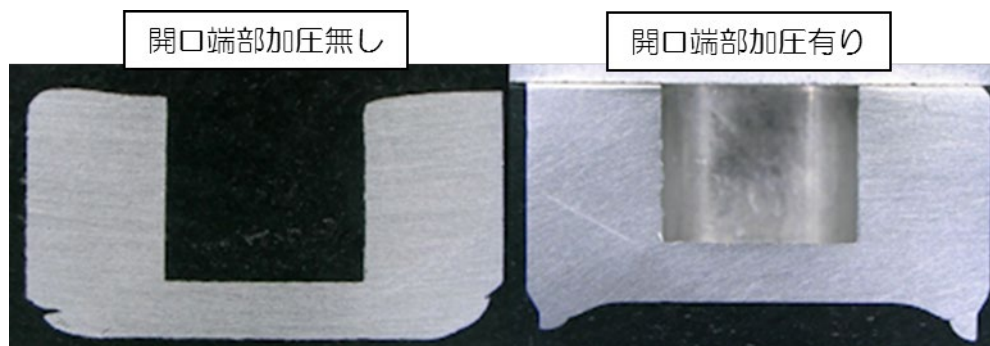


図2.14 開口端部の加圧有無による差

開口端部を加圧すると開口端部が均一化され、CAE解析での想定以上の効果を得た。CAE解析結果の開口端部に注目した視点でのCAE解析結果を実物と比較した物を図2. 15に示す。

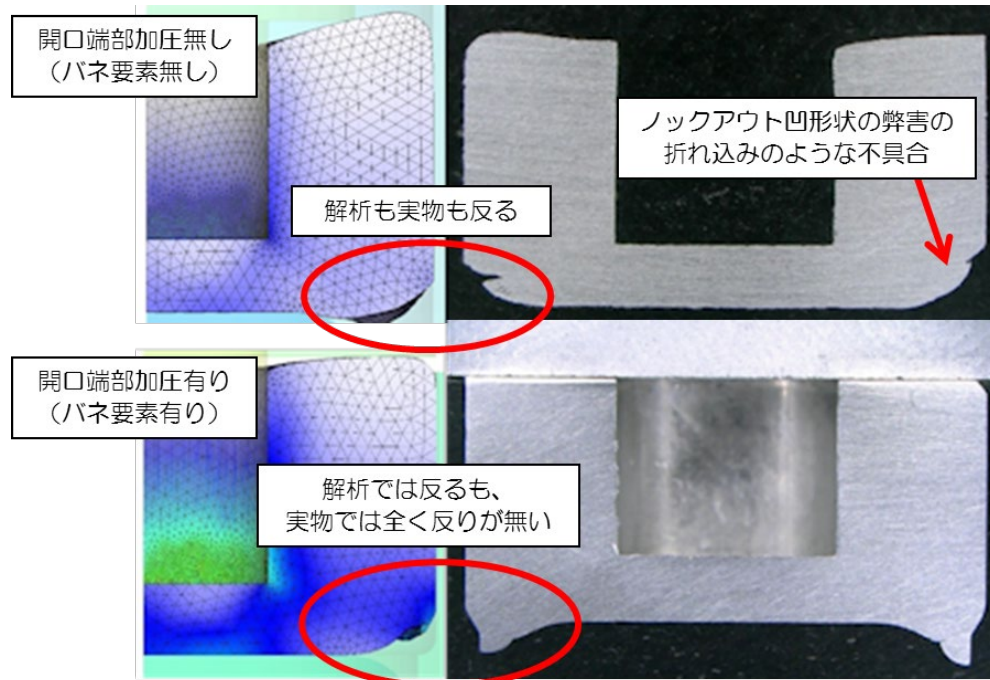


図2. 15 開口端部の加圧有無による差

このことからバネ要素を解析に含むと再現性が落ちてきていることが確認された。ただしこれは本解析に用いたCAEソフトの仕様であり、再現性はCAEソフトによって異なる。

解析よりも結果が好転したことから、下型ノックアウトに凹形状を付けて反り対策をする必要性が薄くなった。よって、下型ノックアウトに凹形状を付ける弊害である製品コーナー部の折れ込みのような不具合を改善できた。

続いてノックアウトの凹形状を廃止し、フラットにした状態で#5後方押し出し(1)加工を実施した。結果を図2. 16に示す。

結果として、端面押さえ金型に荷重を加えることで、従来加工における不具合を解消できたと言える。

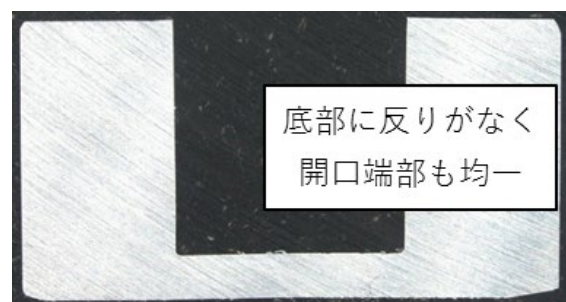


図2. 16 ノックアウト凹形状廃止

製作に用いたバネは金型構造上組み込める最大のガススプリング（下死点時の荷重が約2,800kgf、面圧換算約24.2kgf/mm²）を使用した。

【公開版】

なお、コイルスプリング（下死点時の荷重が約 1,370kgf、面圧換算約 11.8kgf/mm²）を用いた場合は反りが発生し、開口端部も均一とはならなかった。この結果からインパクト成形における反りという課題に対しては開口端部に押さえ金型を設け、面圧換算 24kgf/mm²以上のガススプリングを用いることで解決したと言える。

次に実機での荷重確認を行った。プレステスト用金型でサンプルを製作する際に使用したプレス機には、加工した際の荷重が表示される機能を有しており、表示される数値から実際の荷重を確認した。しかしながら、あくまでプレス機全体に生じた荷重を表示するため、1工程毎に加工するとはいえ、数値としては参考値である。

金型がプレス機に搭載された状態では、プレス機のスライド面に金型の上型が吊るされた状態であるため、空打ち（何も加工しない状態）で運転させても荷重を表示することから、確認方法としては、1工程のみ加工する状態で運転させた際の荷重から、空打ちでの荷重を引くという方法で確認した。解析による荷重値とプレス機の荷重と比較した結果を表 2. 1 に示す。

表 2. 1 荷重確認結果

工程	平均[kgf]	空打ちとの差	CAE値	差
空打ち	4,182.0			
端面整形	6,303.6	2,121.6		
膨らみ成形	23,715.0	19,533.0		
後方押し出し(1)	15,371.4	11,189.4	11,791.2	-5.1%
後方押し出し(2)	25,704.0	21,522.0	27,387.0	-21.4%

この結果から#6後方押し出し（2）においてはCAE解析での荷重より実際の荷重が小さいことがわかった。原因として、CAE解析における材料パラメータは一般的なA5052-0を使用しているため本開発で使用した実物と厳密には異なることや、CAE解析では加工する際の熱量を考慮していないことが考えられた。

続いて面圧の値を、上記の荷重結果から計算した。面圧を求めるには金型と製品が接触する面積で荷重値を割る。今回の#6後方押し出し（2）での接触面は製品底面と、踊り場形状の面積の和であり、底面部形状の面積は踊り場形状の面積のおおよそ2倍である。ただし、#6後方押し出し（2）において、製品底面と踊り場形状での負荷は一樣ではないため、比率はCAE解析結果から、製品底面の荷重：踊り場形状の荷重＝2：1として計算した。結果を次に示す。

CAE： 荷重 268.5 [kgf] 底面部面圧 219.7 [kgf/mm²]
 実機： 荷重 211.0 [kgf] 底面部面圧 172.7 [kgf/mm²]

計算の整合性確認として、CAE解析結果である 200~250 [kgf/mm²]と比較し、CAE荷重からの計算値 219.7 [kgf/mm²]は整合していると言える。【1-1】CAE解析を用いた各工程の最適加工条件の確立の平成30年度の目標値 350kgf/mm²以下を実際の加工でも達成していることを確認した。

○フランジの成形（従来形状）

新形状は長辺側外径板厚よりもフランジ厚みの方が薄い形状であるため、フランジの成形方法が変化した。まずは従来形状について記載する。

P12に記したようにCAE解析により設計した加工工程ではしごき加工を行った際に厚板部に割れが生じた（図2.17）。

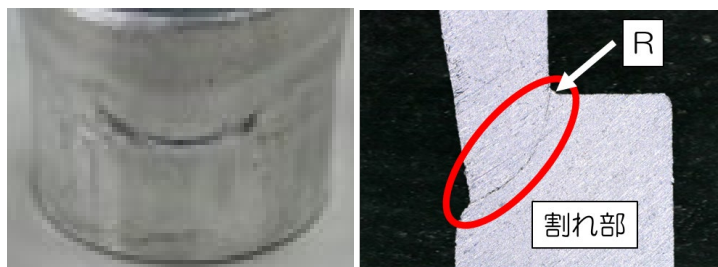


図2.17 平成30年度事業における割れ（図2.9と同一）

割れが発生した踊り場部の形状は、製品形状の変更の余地があるという川下企業の情報から踊り場形状を材料が流動しやすく割れに有利な形に変更して試作を行った。

結果として平成30年度の事業で割れた箇所での割れは改善されたが、別の箇所に割れが生じてしまった。改善前は厚板側の割れであったが、改善後は薄板側に割れが生じた。



図2.18 令和元年度の割れ

しごき加工の指標として、しごき加工を行う前の板厚と、しごき加工後の板厚から算出されるしごき率があるが、アルミのしごき率は40%を超えないのが望ましいとされている。今回設計したしごき率は#7しごき(1)の薄板部で30%と#8しごき(2)の薄板部で28.6%であり、数字上では無理な加工は行っていない。しごき加工で割れが生じるメカニズムを図2.19に示す。図内の二つの力に材料が耐えられない場合に破断は生じる。

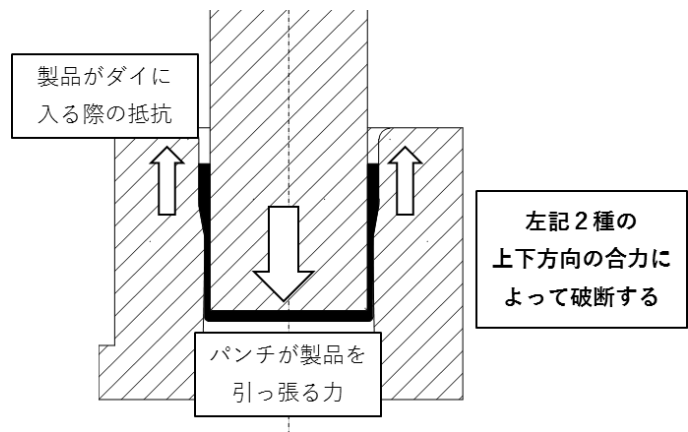


図2.19 一般的なしごき割れの原因

今回の加工で割れが生じた原因は、2つの力に加えて、薄板部と厚板部という板厚差を有することが挙げられる。前述したしごき率は薄板部の数値であり、同様に厚板部では#7しごき(1)の厚板部で6.3%と#8しごき(2)の厚板部で4.5%である。

しごき率の高い方が加工は厳しく材料は伸びる。そのため、しごき率に差がある場合は、薄板側と厚板側で材料の伸び方が異なる。図示したものが図2.20である。このことから図2.19の上下方向の力に加えて、周長方向への力も加わったために割れが生じたと考えられる。

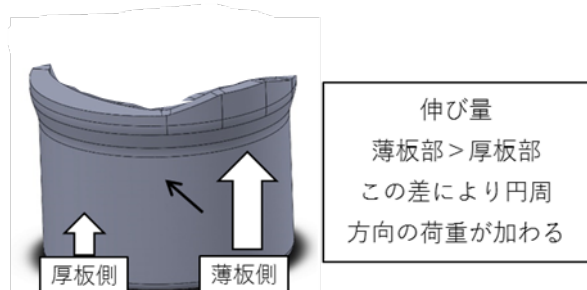


図2.20 しごき率に差がある場合の流動

薄板側の開口端対策として開口端部をパンチで押さえ、製品に圧縮方向の力を加えて薄板側の材料の伸びを抑える試作を行った(図2.21)。テスト結果を図2.22に示す。

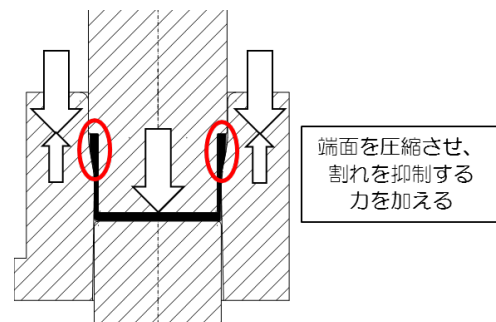


図2.21 製品開口部押さえしごき



図2.22 トライ結果

薄板部に発生していた割れは改善したが、座屈が生じた。これは製品端面押さえしごき実施の際に、副目的としてフランジ部の増肉加工を見込んで、パンチとダイのクリアランスを板厚以上に設定していたためと考えた。座屈が生じたため、増肉加工としては失敗であったが、割れ改善に対しての効果は確認できた。

ただし、端面押さえしごき加工は、端部側に流動する材料をせき止めるため、本来のしごき加工の目的からは反する対策である。よって、しごき加工より前工程で材料のボリュームを薄板側に製作する必要がある、「インパクト成形における反り」の対策である端面加圧を用いた#5後方押し出し(1)により厚板側と薄板側の全高を均一化したことを対策とした。端面加圧有無での全高の差を次に示す。

端面加圧 無 : 厚板側全高 - 薄板側全高 = 1.31mm
 端面加圧 有 : 厚板側全高 - 薄板側全高 = 0.02mm

結果として、薄板側にボリュームを設けることができたと言えるため、しごき加工で薄板側の端面を押さえても必要最小限のボリュームを準備できた。

金型の対策内容として、しごき加工を行う角度(金型形状)を 10° → 18° に変更し、材質を粉末ハイス鋼からサーメットに変更した。しごき加工については角度が 0° に近づくにつれ、製品と金型の接触面積も増大することから当初の 10° から角度を水平方向になる 18° に変更し、接触範囲をテーパ面で約1mm減らした。

材質については耐摩耗性を考慮し、サーメットに変更した。サーメットは日伸工業(株)においてSUS材の別加工で製品表面キズ改善実績が有るが、アルミ材での実績はないため試験的に採用した。

試作を実施したが、端面押さえを行った金型が1ショットでパンチが破損してしまったため、端面押さえを行わない金型を使用し、ダイの条件変更のみとなったが、厚板側の割れは貫通しない程度に留まった(図2.23)。

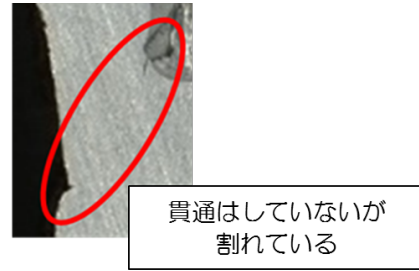


図2.23 割れ部

貫通する割れは改善したため、開発を進めるためにもフランジ成形の加工を行った。#9 曲げ、#10フランジ成形の結果を図2.24、図2.25に示す。

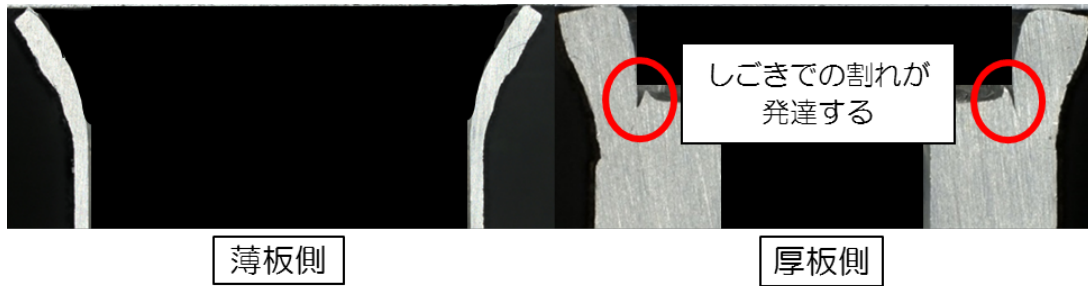


図2.24 曲げ工程断面

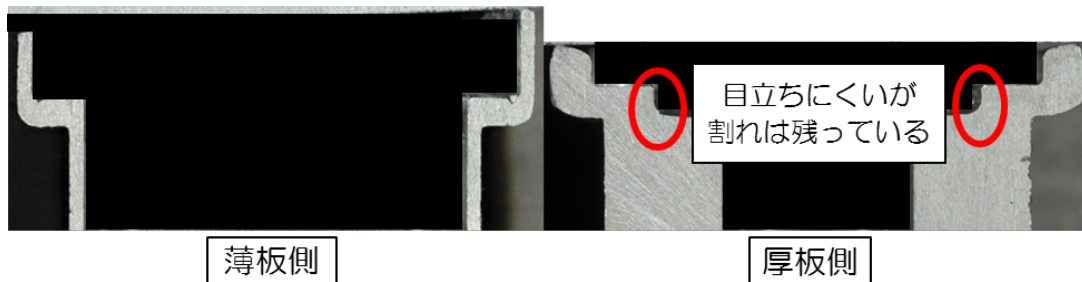


図2.25 フランジ成形工程断面

曲げ、フランジ成形においては、しごき加工の割れのような重欠点が生じることはなかった。次に、本来のフランジ成形での目的であった、不具合部をスクラップになる箇所まで押し流すことにより、不具合の要因である材料の折り重なりを製品に残さないという点について着目した。加工の狙いの概要を図2.26に示す。

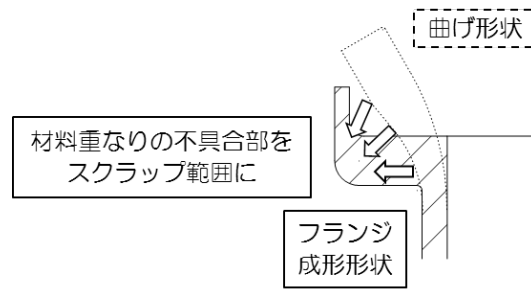


図2. 26 フランジ成形工程薄板側断面

図2. 25薄板側のフランジ部の亀裂が材料重なりの不具合部である。薄板側のフランジの不具合についてはフランジ成形の次工程であるトリミング工程で除去されており想定通りであった（図2. 27）。しかし、厚板側と薄板側の間中部である側壁厚が徐変している範囲で不具合部が製品に残る範囲に留まっていることが確認された。（図2. 28）

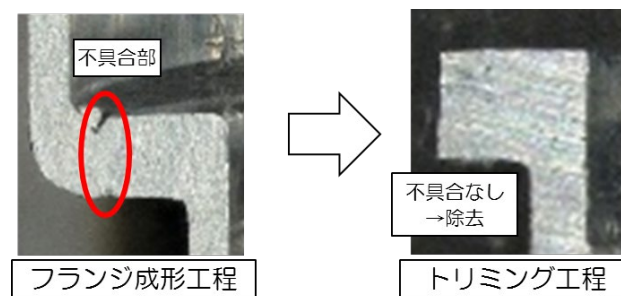


図2. 27 不具合部の除去



図2. 28 不具合部の残存（フランジ面写真）

この原因は、しごき加工での薄板側での材料ボリューム調整、曲げ工程での角度不備が考えられた。まず材料ボリュームについては、曲げ工程後の断面サンプルの測定結果から、フランジ成形加工時の金型と製品の状態は次項図2. 29の状態であると推定され、この時、設計構想としては、曲げた材料をフランジ部に充填し、余肉を高さ方向に押し出すことで不具合部を流動させるが、実情は金型からはみ出している状態になっているため、端部が下型に入りきらずに首吊り状態になる。この状態では、フランジ部での充填が満足にできないことから、材料の流動が不十分であったと推定した。

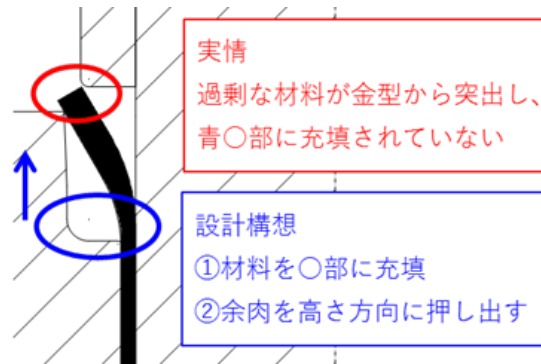


図2. 29 フランジ成形加工時の薄板側

同じく厚板側の測定結果から、フランジ成形の構想では曲げ時の端面を外径側に倒しながら余肉としてトリミングで除去する想定をしていたが、製品垂直方向に潰されているため、端部の折り重なり部が外径側に流動せずに、フランジに残っていた。

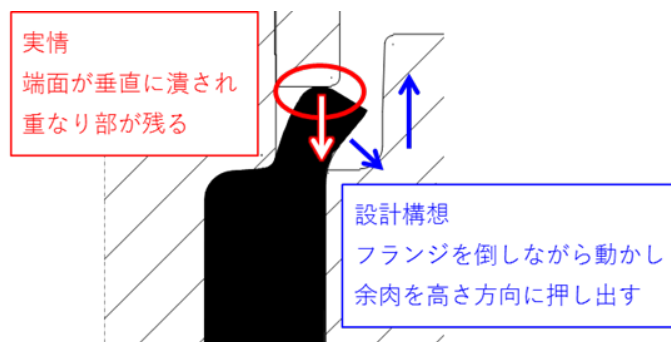


図2. 30 フランジ成形加工時の厚板側

上記課題はあるが、ようやくプレス工程での最終工程であるトリミング加工を実施したサンプルを製作することができ、従来技術では加工不可であった長辺側外径板厚よりもフランジ厚みの方が厚い形状のプレス加工化を達成した。

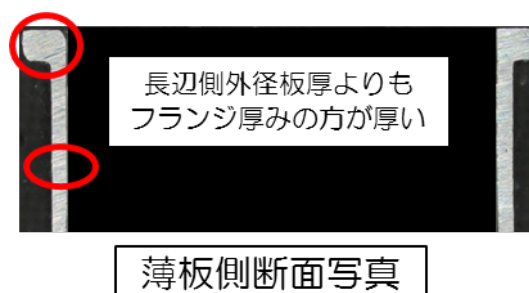


図2. 31 プレス工程完成品断面

【公開版】

ただし、しごき加工における課題は割れのみではなく、底部の変形もあった。底部の変形はしごき加工の際に材料が底部側へ伸びることで底面と踊り場との距離が伸びるため、パンチと底部との間に隙間が生じてしまうことで変形が発生した。これは製品開口部端面押さえの有無に関わらず発生している事象であった。

製作した#7 しごき（1）、#8 しごき（2）工程の金型構造はパンチが一体型であるため、製品の変形に追従できなかった。改善として、パンチを二部品化し、底部を押さえる金型を可動にすることで、底部の伸びが生じても底部が変形しないようにした。製品内径側を保持する可動式金型はマンドレルと呼ばれるため、本構造でのしごき加工をマンドレル式しごきと呼称し、令和元年度事業にて設計・製作・試作を行った。

#6後方押し出し（2）、#7しごき（1）、#8しごき（2）、#10フランジ成形それぞれの底部の変形箇所の拡大写真を図2. 32示す。

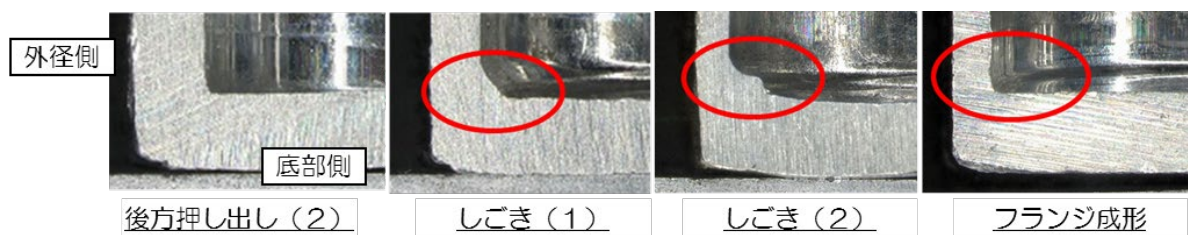


図2. 32 マンドレル式しごき製品断面写真

マンドレル式しごきに変更したにも関わらずしごき加工時の底部が変形していることが確認される。これはマンドレルが内径側を保持できていないことを示し、上型に設置したマンドレル用バネの荷重が不足していると考えられた。

また、#8しごき（2）時点であった底部の変形が、一見フランジ成形でなくなっているように見えるが、突起状の物を潰しているため、製品内底面の平面度を損ねている状態であった。

前述事項とは別にマンドレル式しごきを実施した際に発生した不具合があった。マンドレル式は必ず金型を分割する箇所が生じ、そこへ材料が流入してしまい、柱状の不具合が生じた。しごき加工の次工程である曲げ加工時に削ぎ落とすような加工になっており、肉だまりのように残った。(図2.33)



図2.33 金型の隙間への流入

従来形状での課題は残存している状態ではあるが、これまで加工不可であった長辺側外径板厚よりもフランジ厚みの方が厚い形状の成形に成功したことにより川下企業から事業化に向けて新形状が提示された(図2.34)。

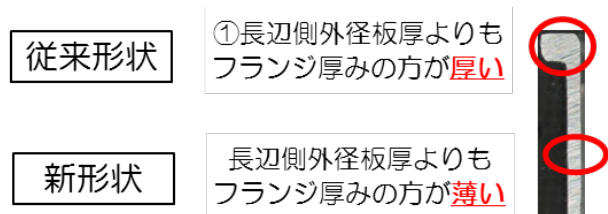


図2.34 新形状の特徴

○フランジの成形(新形状)

従来形状では後方押し出し(1)→後方押し出し(2)→しごき(1)→しごき(2)→曲げ→フランジ成形という設計であったが、新形状の工程レイアウトは後方押し出し→フランジ成形となり、変化があった(図2.12、下記に再度記載)。

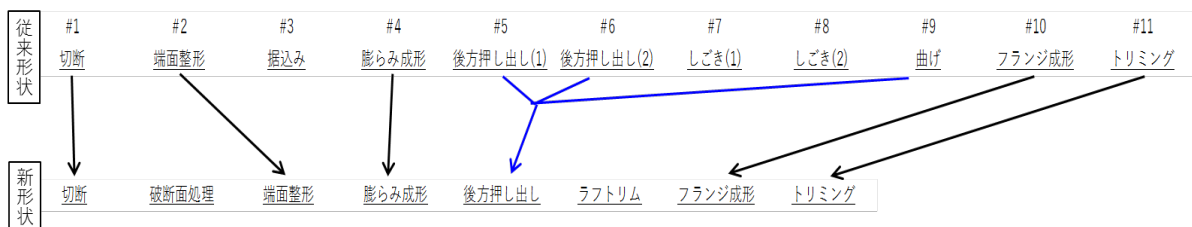


図2.12(再) 新形状の工程レイアウト(上図は従来形状との比較)

【公開版】

長辺側外径板厚よりもフランジ厚みの方が薄い形状にはなっていたが、フランジ形状の製作も難易度が高い工法であった。加工のポイントは後方押し出し工程のパンチ形状で、結論としてはフランジ成形部の形状が I T R 工法開発の最重要部となった。

フランジ成形部は後方押し出し工程でフランジの基礎を製作する箇所にあたり、高さ方向に流動する材料を水平方向に変える箇所となり、金型の負荷に影響する部分である。

解析での面圧は最大約 320kgf/mm^2 と従来形状（約 250kgf/mm^2 ）と比較して高い数値であるが、CAE 解析の荷重値は、実際に加工した際の荷重計による測定値と比較して高くなる傾向であることから、金型に対しては加工可能という結果であった。

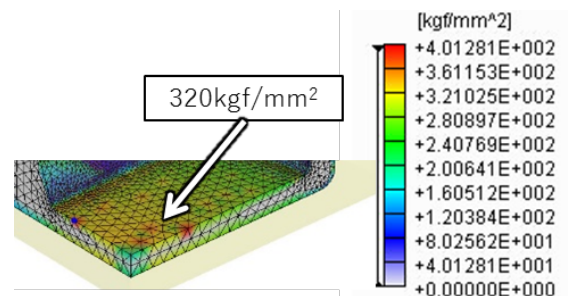


図2.35 解析結果

当初設計では後工程である曲げ加工が行いやすいように内径よりも開口端が開いた形状にすると同時に、金型への負荷を可能な限り減少させる形状でトライを実施した。

結果はCAE解析と異なり厚板側フランジが内側に座屈するという結果となった。薄板側フランジについても必要なボリュームを確保できず、肉量不足になった（図2.36）。



図2.36 試作品

まず厚板側フランジの座屈については、後方押し出し加工時にパンチに製品が食らい付き、人の手で剥がすことはできないため、ストリッパーと呼ばれる金型でパンチから製品を剥がすが、今回の加工ではパンチに食らい付く力が過大であったため、フランジが耐えきれずに座屈するという原因であった。

【公開版】

後方押し出し工程で内側に座屈すると、後工程であるフランジ成形工程で座屈した箇所が折り重なってしまい、フランジ部の不具合となった。一度内側に座屈すると修正は困難であるため座屈対策が必要であった。

続いて、薄板側の肉量不足については前工程の膨らみ成形の形状と後方押し出しの金型表面粗度が起因していた。最初のトライ条件はトライ期間の短縮を主目的とし、金型に表面処理を行っていなかったため、膨らみ成形の形状によって対策し、改善した（図2.37）。表面処理による効果は後述する。

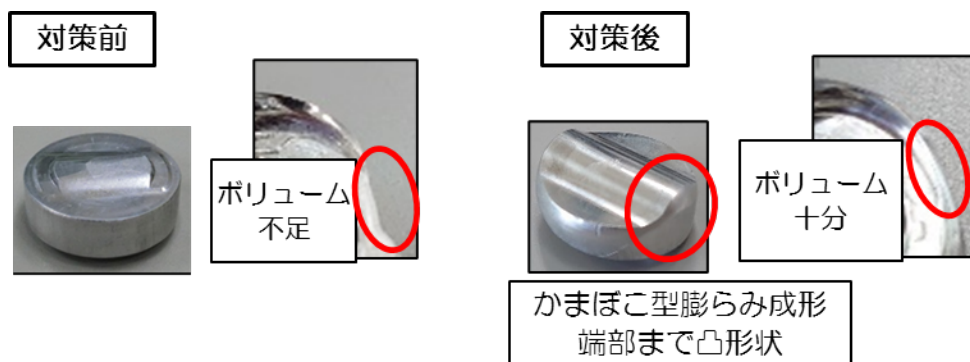


図2.37 肉量対策不足

膨らみ成形を行わずに通常のブランクを用いた場合にはなし得なかったため、形状の自由度も膨らみ成形技術の有効な点であった。

座屈の対策としては、ストリッパーをテーパ形状にする方式と、フランジ形状をストレート形状もしくは鈍角テーパ形状にする方式があり、各方式は表2.2の特徴があり、それぞれについて製作を実施した。表は実施順である。

表2. 2 対策案一覧

方式	概要	後工程	負荷	結果
フランジテーパ	フランジ：鈍角テーパ形状 ストリッパーと接触しても 内側に座屈しない	後方押し出し ↓ フランジ成形	高	× 座屈改善 フランジ表面に割れ 金型破損発生
ストリッパーテーパ形状化	ストリッパー：テーパ形状 フランジを内側に座屈させない	後方押し出し ↓ フランジ成形	中	△ 座屈改善 フランジ表面に割れ
フランジストレート	フランジ：ストレート形状 強度が増し、座屈しない	後方押し出し ↓ 曲げ ↓ フランジ成形	低	× 座屈改善 曲げ根元に割れ

表の3種類の対策の結果から、引張応力が発生させない必要があると判明したため、圧縮応力のみで加工するためには後方押し出し時点でフランジを90°にする必要があった。しかし、フランジテーパ形状のトライにてパンチとダイのクリアランスが極小になると金型が破損するため、トライ結果を反映した図2.

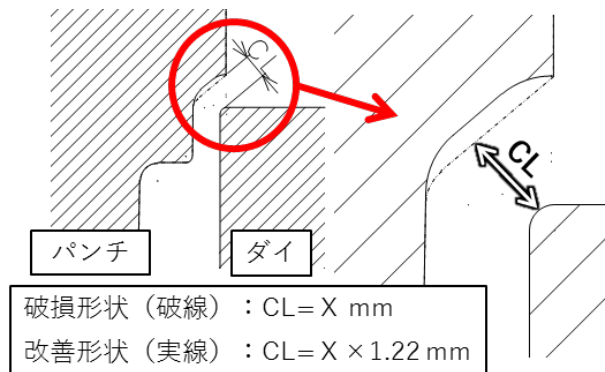


図2. 38 改善形状比較

38の改善形状にて製作を実施した。

改善形状による製作品を図2. 39に示す。フランジに引張応力が生じないため表層割れが改善し、数百個程度ではあるが、試作を継続しても金型破損は発生しなかったため、課題改善に至った。

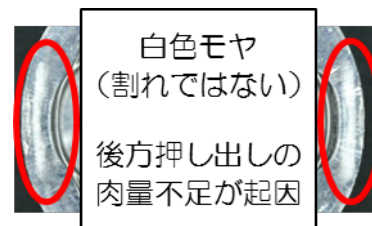


図2. 39 改善形状製品

【公開版】

しかし、薄板側のフランジ面に白いモヤのような外観が生じた。深さは無く亀裂も無いため表層割れではない。白色モヤの原因としては前述した肉量不足であり、膨らみ成形形状を前述したかまぼこ型を用いてもフランジが90°にならず、立ったような形状であるため、フランジ成形の際にエッジ部がフランジ表面に残り、発生しているものである（図2. 40）。

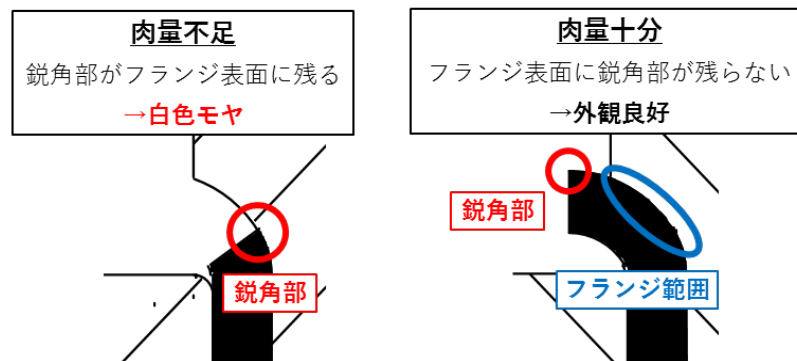


図2. 40 後方押し出し工程薄板側における肉量不足

肉量不足の原因として、膨らみ成形の形状不備や工程設計の不備が考えられたが、CAE解析では十分な肉量を確保できており、解析結果との乖離から金型に異常が発生していないかを確認したところ、後方押し出しパンチの先端部に焼き付きが確認された（図2. 41）。焼き付きとは製品との摩擦によってパンチが摩耗し削れている状態である。焼き付いている箇所は表面粗度が悪化し、摩擦が増すため、後方押し出しの場合は材料流動が妨げられてしまい、面粗度が優れる厚板側に流動してしまう。

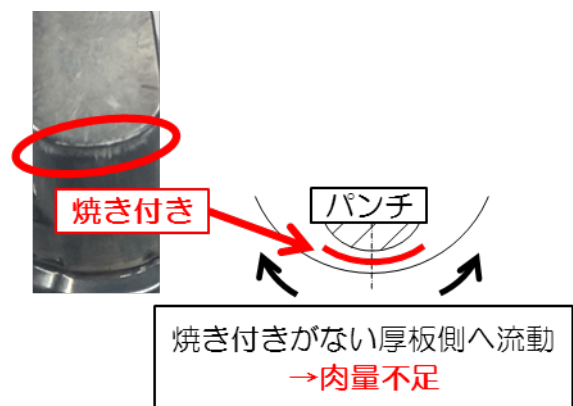


図2. 41 金型の焼き付き

面粗度の改善としてコーティングを金型に実施した。平成30年度ならびに令和元年度の事業では実施していたが、処理に日数がかかることから令和2年度の事業では実施していなかった。コーティングを実施し、製作した製品を図2. 42に示す。肉量不足が解消し、製品に白色モヤが発生せず、かつ表層割れもない状態が完成した。



図2. 42 コーティング実施による完成品

また、令和元年度の製品はフランジの平面度が平面度 0.05mm~0.1mm であり、今回製作した製品のフランジの平面度は 0.026mm であり、平面度についても改善した（図2. 43）。

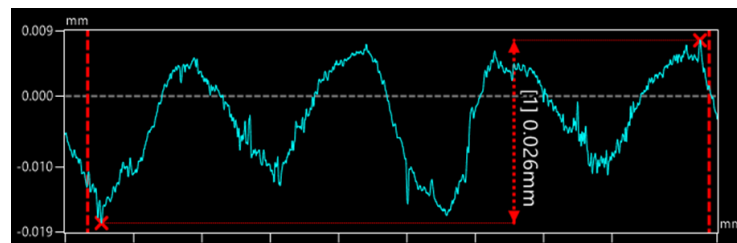


図2. 43 コーティング実施による完成品

加えて、コーティングによって荷重が低下した。プレス機に設置されている荷重計の値から、コーティング無状態での底面部の面圧は $224.9[\text{kgf}/\text{mm}^2]$ に対してコーティング有は $189.4[\text{kgf}/\text{mm}^2]$ であり、15.8%減であった。このことから製品品質面においても加工面においてもコーティングが有効であった。

以上の開発により、フランジ成形のポイントは下記の通りである。

- ① 後方押し出し後の製品に引張応力を生じさせない
- ② 金型の表面粗度をコーティングにより良化させる
- ③ 膨らみ成形の形状で薄板側のボリュームを調整できる

本事業の開発によってソナーセンサー用筐体におけるフランジの成形技術を確立した。

【1-3】トランスファー装置を用いたITR工法の開発

【1-2】最適加工条件の有効性確認で開発した工程レイアウトは単発加工の利点を生かして切断～端面整形～膨らみ成形の各工程間で90°回転を行っていた。目的としては薄板側の肉量調整のためである。90°回転を連続運転で実施する場合、特殊な搬送機構が必要となる。また、プレス加工では一般的に板材を用いるが、本事業では棒材を使用するためブランクを搬送する機構も特殊となる。連続生産金型の工程レイアウトと搬送の概要を図2.44に示す。

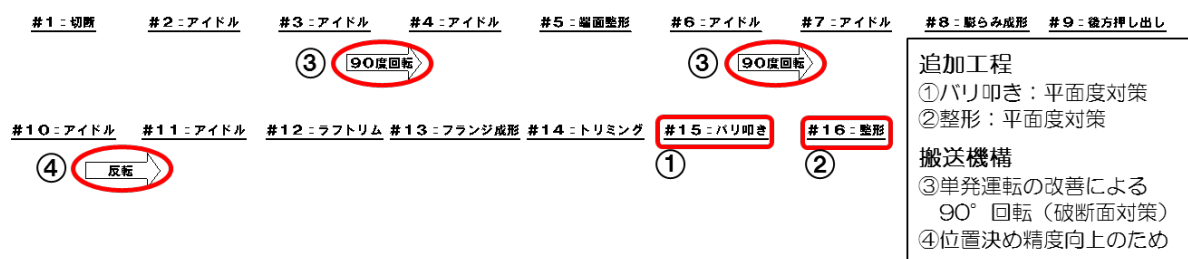


図2.44 連続生産金型工程レイアウトと特徴

設計した工程を実現するため、1工程目→2工程目→3工程目の搬送に棒材を吸着する方式の搬送装置とし、回転工程についても機構を組み込んだ。製作した製品搬送装置を図2.45に示し、製作した連続生産金型を図2.46に示す。



図2.45 製品搬送装置



図2. 46 連続生産金型全景

プレステスト用金型で製作した製品と連続生産金型で製作した製品を比較した。評価項目としては、①側壁厚②フランジ厚③外径④全高⑤フランジ～踊り場面高さとした。

表2. 3 製品の比較

項目	側壁厚 [mm]	フランジ厚 [mm]	外径 [mm]	全高 [mm]	フランジ～ 踊り場面高さ [mm]
プレス テスト用金型	+0.004	+0.007	+0.003	+0.031	+0.014
連続生産 金型	+0.006	+0.002	+0.003	+0.018	+0.003

※いずれもn=3の平均値、数値は川下企業規格中央値からの差

以上の評価によりプレステスト用金型で製作した製品と連続生産金型で製作した製品に差がないと言えることからITR工法の開発を達成した。

2. FG管理システムの開発

【2-1】 筐体底面切削に特化した小型加工機の開発

従来のソナーセンサー用筐体はボンデ処理（表面被膜処理）が実施されていたこともあり、プレス後に除膜処理を実施するため、切削加工機とプレス機の一貫生産ライン化は不可であった。今回、ボンデ処理を実施せず、膨らみ成形によって加工油での成形を開発することから、ボンデ処理の除膜の必要がなく、プレス機と切削加工機を一貫生産ライン化が可能となった。想定している加工は筐体底面部の切削のみであり、仕事量はプレス加工の仕上がりにも左右されるため、プレスでの作り込みと切削加工機でのスピードUP両面での開発が必要であった。その上でプレス加工機からフィーダー等の搬送設備を通して切削加工機に投入できるラインを開発するためには切削加工機は小型である必要があり、性能とサイズの双方を満たす機械の開発を進め、ミクロン単位での加工に対応した設備とした。

製品の底面を切削加工する「仕上切削機」の購入に際して、当社で自社開発していた試作品を用いてテスト加工を行った。材質は同一であり、本開発で行う条件と近い。テスト加工の様子とテスト加工後の製品外観を図2. 47に示す。

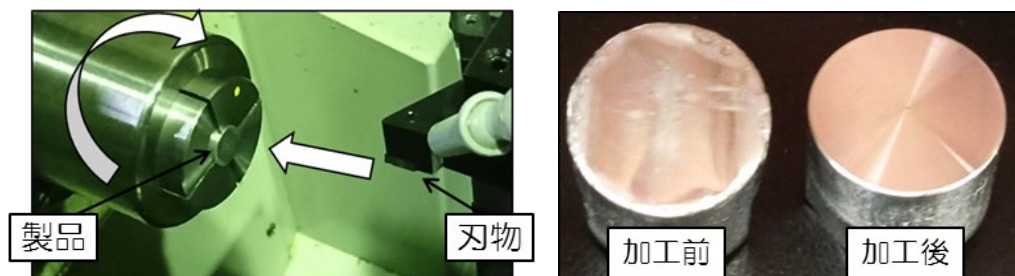


図2. 47 テスト加工の様子と加工前後

テスト品は開口端部が不均一であるため、設備の精度を評価することはできず、板厚の繰り返し精度に課題が残った。ただし、平面度については良好な結果が得られた。

【公開版】

続いて、プレテスト用金型での試作品の底面を加工した。ただし、この時点ではITR工法におけるしごき加工での割れが生じていたため、テスト的な加工であった。

確認事項として、底厚の狙い値に対しての精度が平成30年度の目標値を満たすかどうか確認した。プレテスト用金型のしごき加工の割れの影響により、加工サンプルが限られていたため、1つのサンプルで数度加工できるよう少しずつ加工できる狙い値を設定した。結果として、平成30年度の目標値を達成していることを確認した。

また、加工したサンプルの切削後の底面の平面度をワンショット3D測定機で測定した。結果を図2.48に示す。

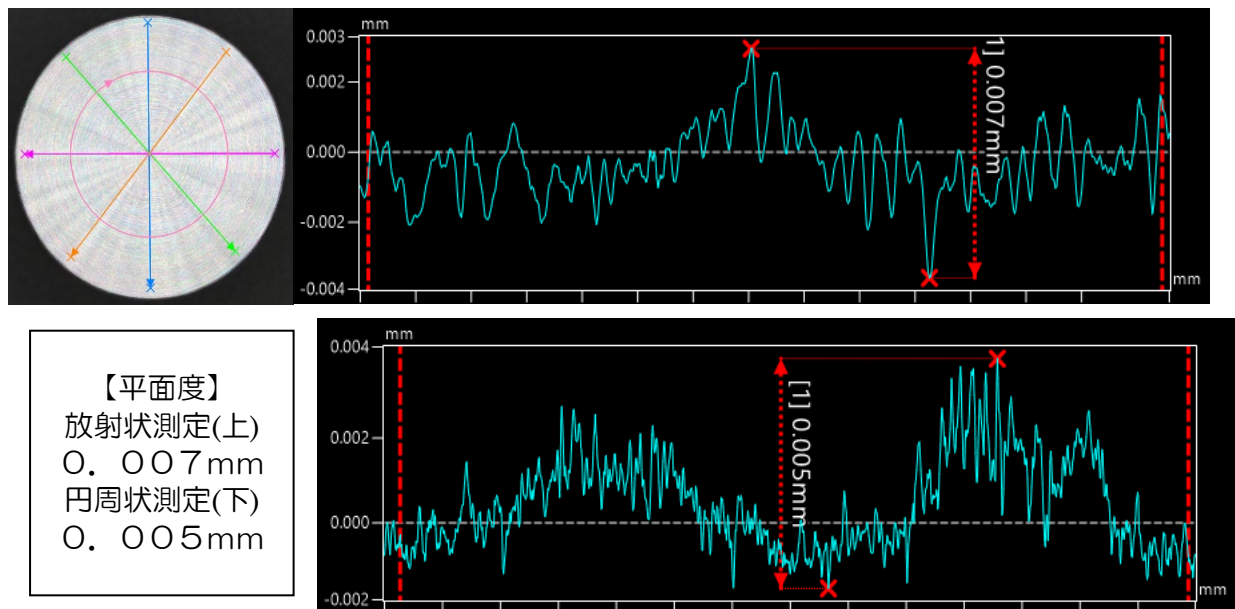


図2.48 平面度測定結果

平面度については川下企業の規格を満たす仕上がりとなった。続いて、切削加工のノウハウ取得のため、機械加工で製作したサンプルを用いてテストを行った。底厚を2種類製作し、ミクロンオーダーを想定する関係性導出の第一歩として、極端に底厚が異なる製品を同じ狙い値で加工を行った場合での違いを確認した。結果としては同様に板厚が仕上がることが確認され、加工前の仕上りの影響は受けなかった。

【公開版】

令和元年度事業にて製作したプレス加工製のサンプルを用いて底面切削加工を行った。計4個の製品を連続で加工した。製作したサンプルならびに測定データを表2. 4に示す。

なお、今回の連続加工は量産時に想定しているパーツフィーダーを用いた物ではなく、手で製品を設置することでの連続加工とした。切削機には手差しでの設置場所を設けており、手動での連続加工が可能になっている。

表2. 4 板厚測定結果

No.	中央部 [mm]	左端 [mm]	右端 [mm]	平均板厚 [mm]
1	+0.007	+0.008	+0.020	+0.012
2	+0.015	+0.017	+0.015	+0.016
3	-0.071	-0.056	-0.064	-0.064
4	-0.002	-0.007	+0.010	+0.000

※数値は狙い値からの差

結果から、同一プログラムでの連続加工にも関わらず平均板厚の最大最小差が0.080mm あることが分かった。このバラつきの原因として考えられることは、切削加工時の製品の保持方法は内面にガイドを当てて保持するため、切削加工の精度はプレス加工製品の内面状態の影響を受けるという事であった。令和元年度でのプレス加工製品は底面が変形し、内面の平面度が残課題となっていたためである。

令和2年度の新形状の製品は内面の形状が異なっているため、新形状用のチャックを製作した(図2. 49)。

製作したチャックを用いてITR工法で開発したプレス加工品に切削加工を実施した(図2. 50)。

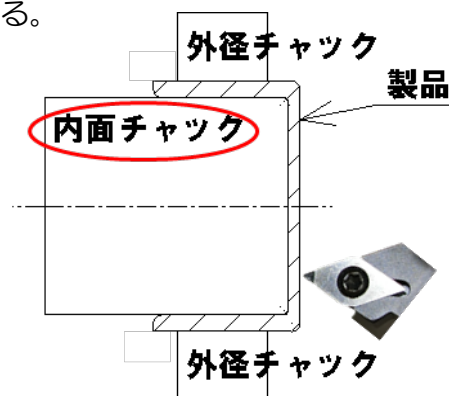


図2. 49 切削時のチャック

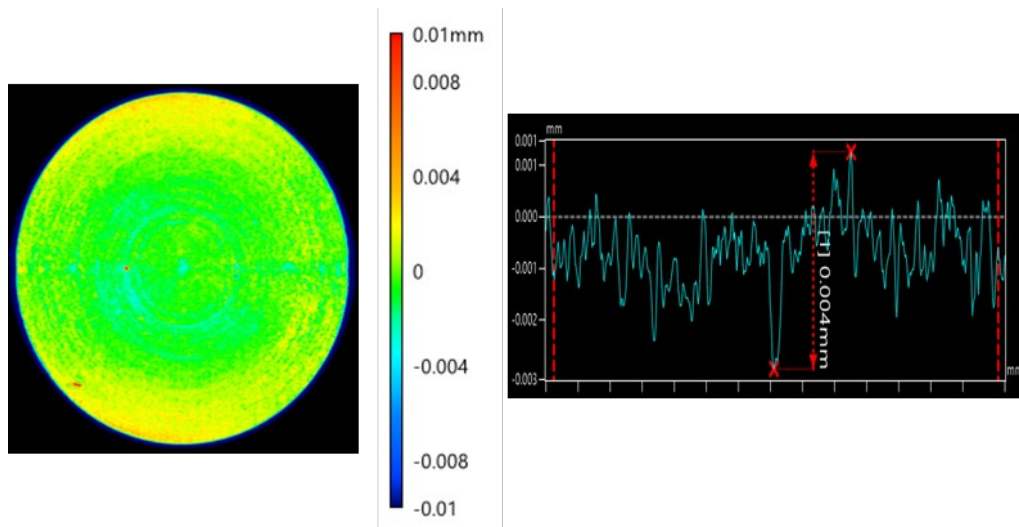


図2.50 切削後製品平面度

平面度は 0.004mm であり、同一ロットでの底厚の差は規格を満たした。底厚のバラつきが良化した要因については、ITR工法における底面平面度の改善が最も寄与した。

この結果により切削加工によって高精度に加工が可能であることを証明し、FG管理システムの根幹である周波数結果からの反映の達成に一步近付く結果を得た。

【2-2】周波数測定を行う自動測定機の開発

周波数という特殊な規格を測定するにあたり、川下企業にて使用されている測定機の同機種を令和元年度に導入した。ただし、川下企業との測定相関を行いやすいという利点はあるが、内部構造が不透明であるためにメンテナンス性と汎用性に乏しいという欠点があった。対して、滋賀県東北部工業技術センターが本事業の中で開発した周波数測定機は、設計から部材選定、組立まで滋賀県東北部工業技術センターにて実施したことから、安価かつメンテナンス性と汎用性に優れるという利点があった。ただし、実際に周波数測定機能を有していないと事業化には導入できないため、各設備にて測定相関を実施した。測定相関結果を図2.51に示す。

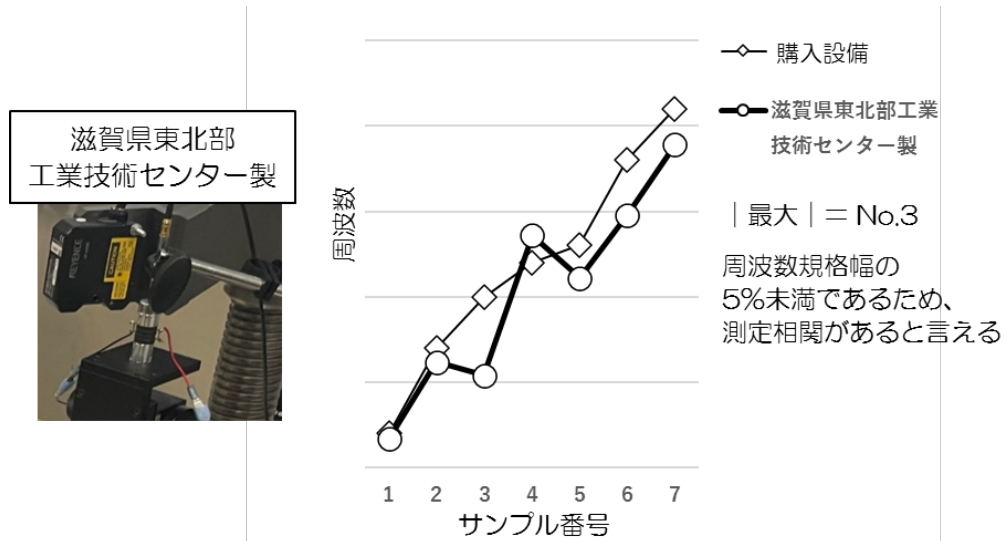


図2. 51 測定相関結果

結果により、滋賀県東北部工業技術センター製周波数測定機でソナーセンサー用筐体の周波数を測定することが可能と判断され、FG管理システムにおける設備設計の利便性が飛躍的に向上した。

ITR工法における工法の改善により、プレス加工製品の底面平面度は川下企業の規格に近しく製作できていたことから、データベースの構築として、プレス加工製品を用いた。

ITR工法開発における試作時はプレス加工の製品で周波数を満足することを目標とし、製作した製品全数周波数測定を行った。全110個の底厚と周波数の関係を図2. 52に示す。図のデータはプレス加工における底厚調整前や調整中のサンプルも含まれるため、底厚と周波数の関係は示すが、底厚のバラツキの意味は持たない。

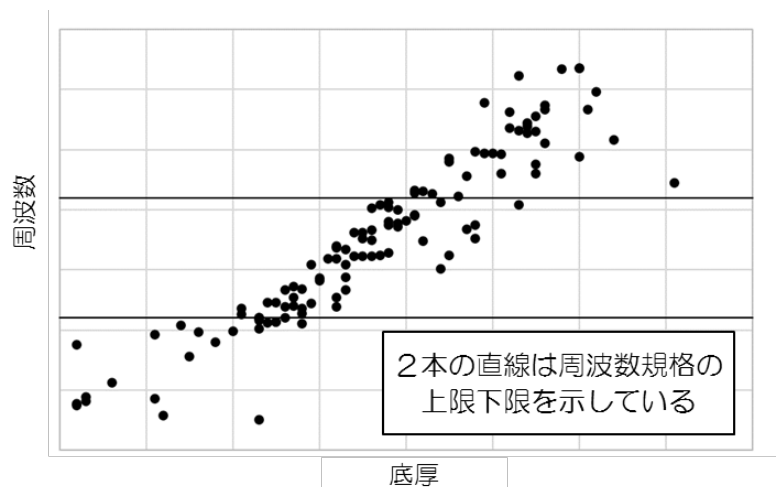


図2. 52 底厚と周波数の関係（調整品含む）

この結果から、さらに同一ロットを抽出した図が図2. 53である。図2. 53は図2. 52を拡大した図になっている（上限下限の2本の直線参考）。

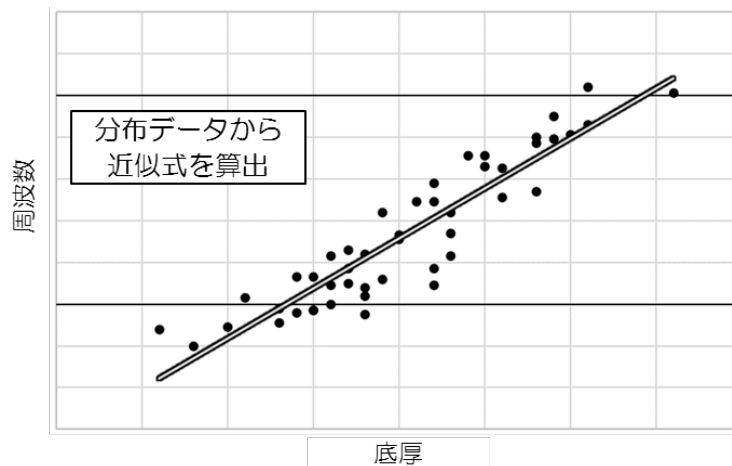


図2. 53 底厚と周波数の関係（同一ロット）

データから近似直線と直線式を導出した。y（周波数）が規格センター値である時のx（底厚）の値が理想の底厚という考え方である。比較的小さい範囲での近似式導出であるため、計算式の精度が未知数であり、4ロットにて比較を行った。

ロットサイズが多くても50個であるが、少数ロットでもyが規格センター値である時のxの値の誤差が、底面切削のバラつきに対して約1/3であることから、許容できる。

計算式は底厚以外の条件が同一である場合にのみ有効であり、試作時においても外径が+0.02mm変化するだけでxの値に差が生じた。

ただし、量産時には外径を含む底厚以外の寸法は同一ロット内でのバラつきが少なく、事業化の際にはロット毎に実施する測定によりロットを跨いだ傾向管理を行うことが重要となり、計算式を都度更新することで高精度が実現可能である。

【2-3】 切削加工と測定結果を連携させた生産ラインの開発

FG管理システムは切削機に対して、周波数情報から変換した指示を与え、オフセット量を変更することで高精度化を達成する技術である。

具体的な技術概要として滋賀県東北部工業技術センター製周波数測定機を用いてソナーセンサー用筐体の周波数のピーク値をパソコンに送信し、パソコンで底厚と周波数の関係式から切削機のオフセット量変更を指示する（図2. 54）。

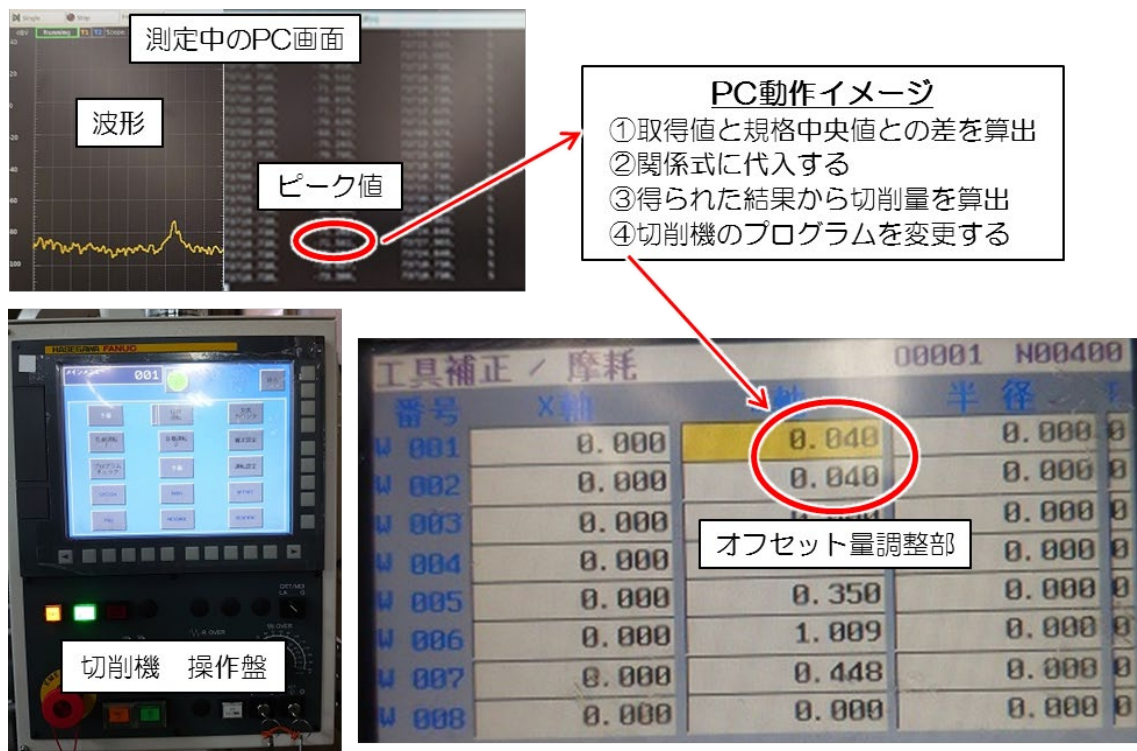


図2.54 FG管理システム連携図

実際に構築した設備間の連携を図2.55に示す。

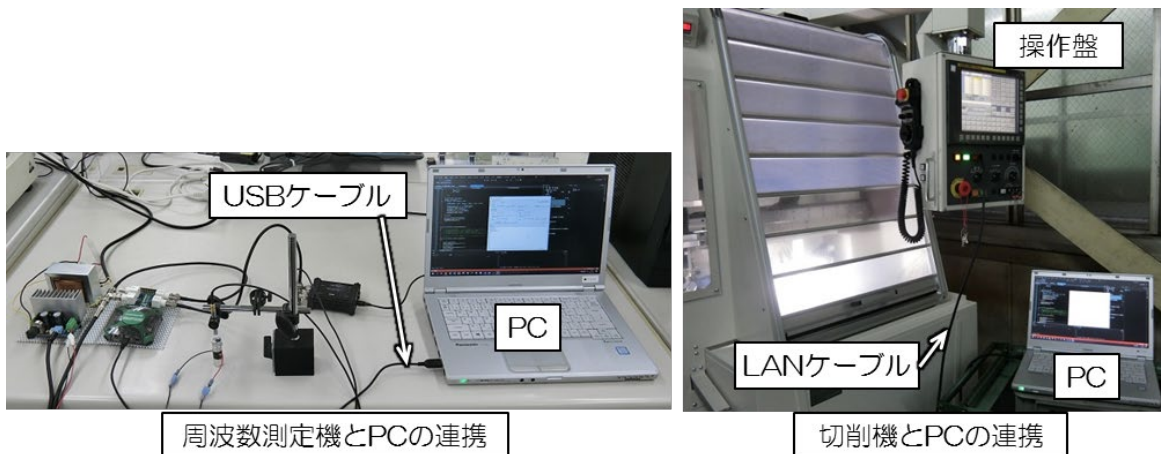
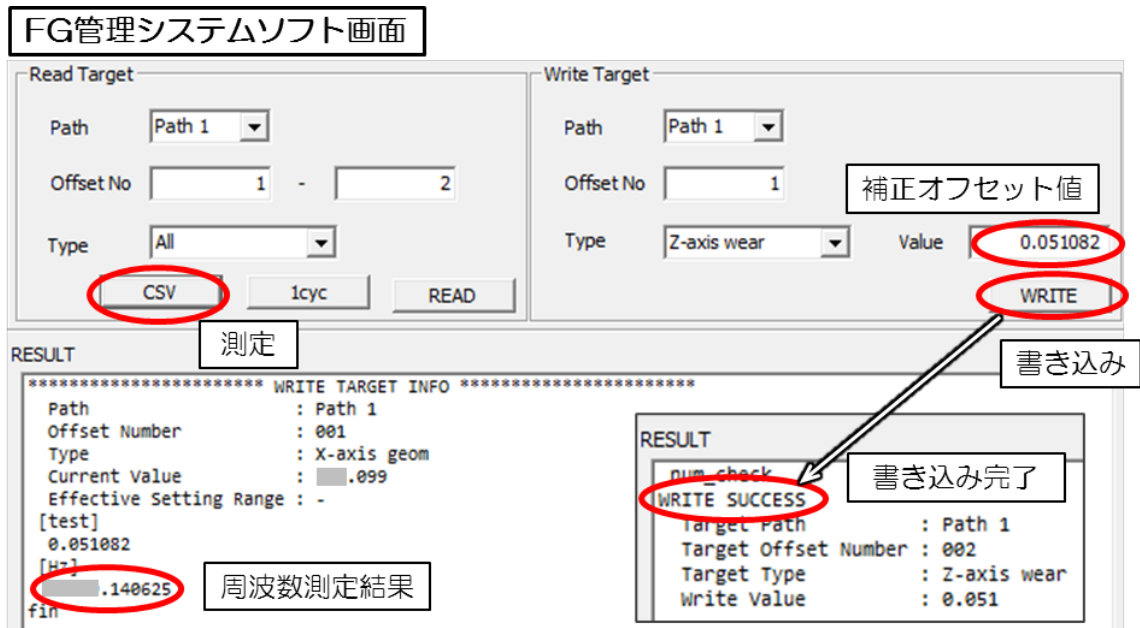


図2.55 FG管理システム設備連携

構築したシステムを用いて「プレス加工品を切削 → オフセット量を変更 → 同一ロット品の切削」を行い、オフセット量変更後の製品の周波数が規格を満たすか検証した。結果として周波数の測定結果は下限値を-100%とすると、-106.2%であり、関係式に当てはめて、センター値となる切削機のオフセット量は0.051と算出、ソフトウェアの制御により切削機のオフセット量が変更していることを確認した（図2.56）



加工機オフセット設定画面

工具補正 / 摩耗			
番号	X軸	Y軸	Z軸
W 001	0.000	0.040	0.000
W 002	0.000	0.040	0.000
W 003	0.000	0.000	0.000

実行前

工具補正 / 摩耗			
番号	X軸	Y軸	Z軸
W 001	0.000	0.051	0.000
W 002	0.000	0.051	0.000
W 003	0.000	0.000	0.000

実行後

図2. 56 FG管理システムソフト実行結果

オフセット量0.051で製作した同一ロット製品の周波数は+4.2%（100%未満であればOK）であり、目標を達成した。

以上の結果から、周波数の調整を切削加工で行うというFG管理システムの構想を実現し、FG管理システム開発を達成した。

今後は事業化にあたり底厚と周波数の関係性データベースが豊富になることにより、より高精度な制御な量産体制を構築することを目指していく。

第3章 全体総括

3-1 複数年の研究開発成果

自動車用ソナーセンサーは今後の自動運転化に向けて品質及び安全性の確保、高効率化等に対する川下製造業者からの要求水準が高まっており、これに対して部品全般の高度化が必要とされている。

本事業の期間を通じた総括として、大きな加工力を必要とする後方押し出しに対して、CAE解析で工法検討・不具合解析を重ね、実際の試作で生じた課題に対して都度対策を行うことで、製品の製作に成功し、複雑な動作を行うトランスファー装置を用いることで事業化に向けたプレス加工技術開発を行った。

また、製品の用途を考慮したFG管理システムは滋賀県東北部工業技術センターが製作した周波数測定機を用いることで、汎用性に優れる小型設備開発が可能となり、ソフトウェアを構築して自動でプログラムを変更するシステム開発に成功した。事業内においては有線接続であったが、無線化することでIoT活用の製品保証技術となるため目的を達成した。

各研究開発テーマでの技術的目標とその結果を表3. 1にまとめる。

表3. 1 板厚測定結果

【1】 ITR工法の開発 【1-1】 CAE解析を用いた各工程の最適加工条件の確立 【1-2】 最適加工条件の有効性確認 【1-3】 トランスファー装置を用いた ITR工法の開発	
目標：トランスファー装置を用いてフランジ付き形状の製品を製作する 実施内容：CAE解析と試作を重ねて加工技術を高度化 目標： <ul style="list-style-type: none"> ・最大350kgf/mm²以下 ・製品寸法川下企業規格内 ・テスト金型製品と連続生産金型製品の精度が同等でること 	結果：しごき加工を取り入れた工法で残課題はあるが長辺側外径板厚よりもフランジ厚みの方が厚い形状の製作に成功した。新形状に対しても連続生産金型と、トランスファー装置を使用することで製作できた。 目標に対する成果： <ul style="list-style-type: none"> ・最大189.4kgf/mm²：○ ・切削加工部以外規格内：○ ・形状の寸法が同等：○ (P31表2. 3)
【2】 FG管理システムの開発 【2-1】 筐体底面切削に特化した小型加工機の開発 【2-2】 周波数測定を行う自動測定機の開発 【2-3】 切削加工と測定結果を連携させた生産ラインの開発	

【公開版】

<p>目標：周波数測定による製品保証システムを構築し、切削機と連動させる</p> <p>実施内容：周波数測定機と切削機とパソコンを連携させ、周波数測定結果から切削量を変更するプログラムを開発</p> <p>数値目標： ・プログラムを変更した後に切削加工を実施した製品の周波数が川下企業規格内</p>	<p>結果：東北部工業技術センターが製作した周波数測定機は小型で汎用性があることにより、切削機との連携システムを開発した。</p> <p>目標に対する成果： ・変更前 規格-106.2% (NG) 変更後 規格+42% (OK) :○</p>
---	---

3-2 研究開発後の課題・事業化展開

自動車用ソナーセンサーの市場は車の安全性向上、自動運転技術向上に伴い拡大しており、本事業ではITR工法の開発により少量の製作を行っているが、事業化に向けては大量生産する技術が必要となり、現状の課題である。冷間鍛造技術においては大量生産を行った際に金型が高熱になり、寸法が変化するなどの影響があるため、今後も開発を継続してITR工法の高度化を行い、事業化に結び付ける。

FG管理システムの開発においては有線でのシステムを実現したため、無線化に必要な設備を検討しておくことで、事業化の際にIoT活用の独自システムを構築できるようにする。本システムの肝は川下企業の機能を保証するという点と、自動で切削加工が調整されるという仕組みであり、この考え方は、従来ではプレス加工で製作不可と判断していた製品に対しての解決手段の1つとなり、今後の販売活動における提案する幅が広がったと言える。

また、アルミニウムは加工性に優れた軽い金属として広く世に使用されており、一例として車載電池に使用されている。本事業で得られた後方押し出しならびにフランジ成形のノウハウは、全く異なる分野の製品にも展開が可能であり、これまでは円筒形状の製品が主力であったが、今回の技術を用いれば異形の製品も製作できることから、製品の機能を理解した提案活動を行う事で、幅広く展開することができる。

以上