

平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「高度順送プレス加工・トランスファー加工の応用による
アルミ薄板・複合一体化形状品 自動プレス加工技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成26年 3月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社ひたちなかテクノセンター

目 次

目 次	1
第1章 研究開発の概要	2
1-1. 研究開発の背景・研究目的および目標	2
1-2. 研究体制	7
1-3. 成果概要	9
1-4. 当該研究開発の連絡窓口	10
第2章 研究開発実施内容・成果	11
2-1. 本研究開発の概要	11
2-2. 0.7mm 薄板の製品強化構造の開発	13
2-3. 順送・トランスファー 2 つの加工を連結した金型構造の開発	18
2-4. 順送・トランスファー連結加工を実現する高機能サーボプレス機の開発	19
2-5. 総合成形技術の開発	20
第3章 全体総括	22
3-1. 研究開発事業総括	22
3-2. 今後の展望	22

第1章 研究開発の概要

1-1. 研究開発の背景・研究目的および目標

1-1-1 研究開発の背景

自動車産業においては、燃費向上や排ガス規制等への環境対応に絡んでハイブリットカー、EV(電気自動車)の実用車も発売され、エコ車両が主流になりつつあり、低価格化への指向が強く、韓国、中国、インドも加わった国際市場における激しいコスト競争、グローバル化が必須になり、今以上に先端的技术による高品質、長寿命化への追求を伴うコスト削減が、わが国の自動車産業の生き残る道と考えられる。このような状況において自動車に求められる環境性能(社会的ニーズ)、燃費性能、安全性能、車両性能(ユーザーニーズ)面での日本車の有するきめ細かさが注目されている。これらの性能実現を国内自動車部品産業は高い技術力で支えているが、要求に応え続けるための製造技術の高度化とともに、海外部品メーカーとの価格競争力を維持・向上し続けるためのコストダウンにつながる技術革新をこれまで以上に推進しなければならない。さらなる技術の高度化および効率化に向けた生産体制の再構築等については、長年の試行錯誤の中で蓄積された独自の技術やノウハウを活用し、多様かつ高度なニーズに対し、最適な生産方式を開発し、高精度かつ低コストを実現する必要がある。

中小企業における研究開発活動は、利益率の向上に大きく寄与しているケースが少なくない。経済が減速し、企業間の生き残り競争が激しくなる状況の下、人材育成、設計・製造プロセス、生産設備の改善・最適化を図るとともに技術革新と効率化生産の追及により、高精度、高性能かつ低コストの部品生産に特化し、激しい経済環境の下においても売上の維持・拡大を図るため研究開発を通じた技術革新と高度な生産技術の構築を実現することが重要である。

平成18年6月には、自動車、情報家電、ロボット、燃料電池など製造業の競争力を支える中小企業の持つ基盤技術支援を目的に「中小企業のものづくり基盤技術の高度化に関する法律(中小ものづくり高度化法)」が施行された。この法律では、重要産業分野を指定し、「特定ものづくり基盤技術の高度化指針」として今後中小企業が目指すべき技術開発の方向性と将来ビジョンを定めている。

このような社会的背景に基づき、対象部品にカーエアコンシステムのエバポレータ機構に用いるエバポレータタンク品を選定し、アルミ薄板精密プレス加工技術の高度化によるアルミ薄板・複合一体化形状品 自動プレス加工技術の開発を目的に本事業を提案した。

本提案事業は、国内でトップシェアを保有するカーエアコン製造メーカーである某自動車部品メーカーが省エネ型で高効率な次世代カーエアコンシステムの開発を行うに際し、これへの開発協力の要請を受けた。これについて、(株)三和精機は、長年にわたり培ってきたアルミ薄板プレス加工の高度技術と、設計・製造プロセス、生産設備の改善・開発力、および高精度・高性能かつ低コストな生産システムの開発力をベースに、次世代自動車用のエバポレータ機構部品の開発ニーズ(アルミ板厚を50%薄肉化・軽量化・低コスト化)に対応可能と判断し、このような(株)三和精機が保有する、高度な技術開発力を背景として、川下企業の強い共同開発要請に応えるもので有る。

プレス加工技術は、複雑な形状部品を量産する技術として、自動車産業を中心として急成長し、これに搭載するカーエアコンの構成部品に対しても同様な、大幅な軽量化、コストダウンの要求が強まっている。開発対象のエバポレータ・タンク品は従来、アルミ板厚1.4mmを用いたプレス自動加工であったが、川下顧客から大幅な軽量化を目的に0.7mmアルミ材を用いた三次元複雑・一体化形状のタンク製品を最適生産方式で創成・供給するプレス自動加工技術の強い開発要請を受けた。

現状の薄板プレス加工において、材料強度が弱く、加工変形が多発、位置決めが不安定、搬送定置セットの困難さ等から人手により変形・位置決め・反転搬送等を監視しながら、手動単発プレス加工となり、この加工方法では川下顧客の軽量化、自動化、低コスト化のニーズには応えられない。

表 1-1 選定した川下分野と高度化目標

金属プレス加工に係る技術において達成すべき高度化目標
(1) 自動車に関する事項
① 川下製造業者の抱える課題及びニーズ
ア. 低コスト化
イ. 複雑形状化・一体化成形
オ. 軽量化
② 高度化目標
ア. 複雑3次元形状等を創成する金型及び一体成形技術の構築
イ. アルミニウム合金等の難加工材に対応した金型及び成形技術の構築
オ. 複合加工、部品組立及び工程短縮等を可能とする技術の向上
ク. プレス機械の精度・剛性・運転性能・知能化等の高機能化

1-1-2 カーエアコン用エバポレータ機構とエバポレータタンク品

図 1-1 はカーエアコン用熱交換器エバポレータ外観図を示す。川下企業の某自動車部品メーカーはHV ACシステムのカーエアコンを製造する国内大手(6社)の1社で、国内・海外事業所(25カ国)で展開するトップメーカーの位置を占めている。

本開発対象のエバポレータタンクは、川下顧客からの大幅な軽量化を目的に、従来1.4mmのアルミ板材から0.7mmアルミ板材への薄板・軽量化を指向する製品開発の要求である。

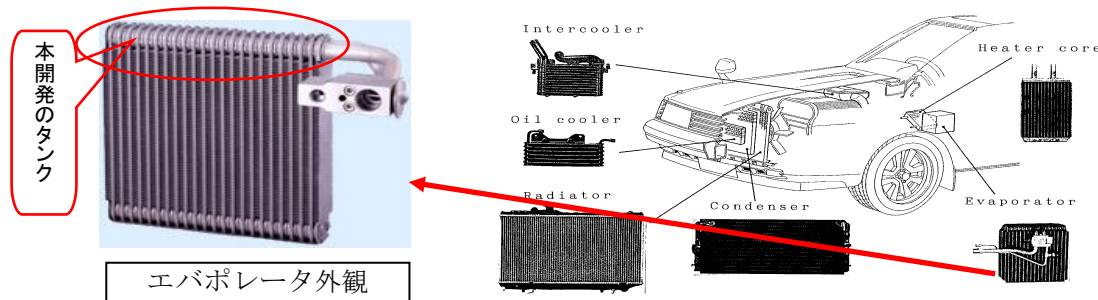


図 1-1 カーエアコン用エバポレータ外観図

図 1-2 は今回開発構想の0.7mmアルミ板厚のタンク外観を示す。図 1-3 はタンクを成形する板材厚の変遷を示す。次世代自動車開発への軽量化ニーズにより、アルミ板厚は1.4mm⇒0.7mmへと大幅に板厚の薄板化への進展が加速している。

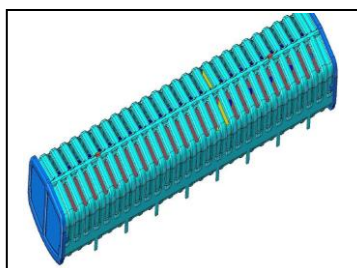


図 1-2 新開発エバポレータ用タンクの外観

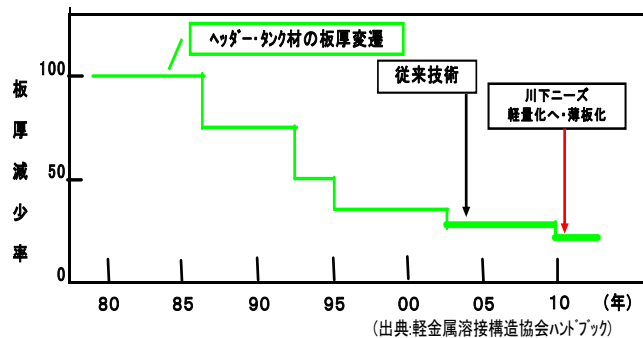
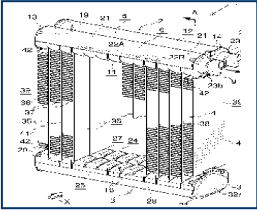
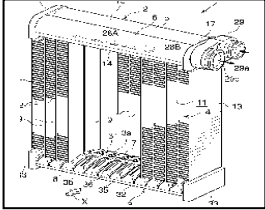
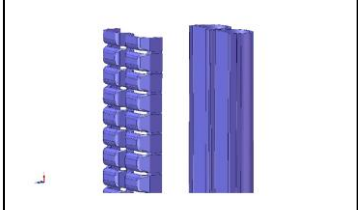



図 1-3 エバポレータ用タンクの成形材厚の変遷

表 1-2 新規エバポレータ小型化・軽量化への顧客ニーズと業界動向

	従来チュウブタイプ	川下ニーズと開発チュウブタイプ
外観構造		
タンク形状		
タンク製造法	・上 ・下 ・内 ・外	<ul style="list-style-type: none"> ・上・下タンクはアルミ板のプレス多段工程順送加工 ・肉厚が 0.7 mm 薄板の採用の目標 ・軽量化の加速(目標:50%軽量化)
性能向上とポイント		・構成部品を薄板プレス成形加工により、コンパクト化と軽量化が可能
コアの幅寸法	58mm	38mm
熱交換器の性能効率	100	130

本研究開発は、省エネ型次世代カーエアコンシステムを構成するエバポレータ機構品（アルミ板厚の 50% 薄肉化と軽量化構造タンク品）を製造可能とするアルミ薄板のプレス自動加工技術を開発することである。

1-1-3 自動車とカーエアコンの市場

国内主要な自動車メーカーの平成19年度及び20年度の生産台数を表 1-3 に示す。

自動車の生産量は、平成20年度は平成19年度の84%に激減しているが、それでも、年間約1988万台の生産量があり、このうち国内生産量は998万台となっている。この不況を脱すれば、平成19年度の生産量に復活すると予想され、更に、中国やインドなどの伸びはそれを上回るものと考えられる。

表 1-3 国内主要自動車メーカーの自動車生産数 (千台)

メーカー	トヨタ	日産	ホンダ	三菱	スズキ	合計
平成19年度	9,430	3,656	3,900	1,450	2,803	21,239
平成20年度	8,534	3,431	3,911	1,411	2,596	19,883

(出展:各メーカーの営業報告書より)

以上のように、自動車と熱交換器の市場は大きく、特に、軽量化方式による製品需要はますます拡大していくことが予想される。本研究開発では、薄板・難加工材の精密プレス成形加工技術を高度化し、更なるコスト低減、製造時間の短縮および軽量化・高精度化と均一化を目標にし、世界から一歩先んじたプレス成形・製造技術を構築することにある。

本研究開発の超薄板三次元一体化形状の精密成形プレス技術を開発することにより、省エネ・軽量化タイプの熱交換器を搭載する環境配慮タイプと、次世代自動車での搭載率は今後、急速に拡大することが予想され、国内生産量における比率は総生産量の70%以上を占めることが予想される。

1-1-4 エバポレータタンク品の製造方式と研究開発の動向

従来技術での 0.7mm 極薄板に対する現状加工は、多数の人手による単発プレス加工の製造方式となっている（図 1-4）。

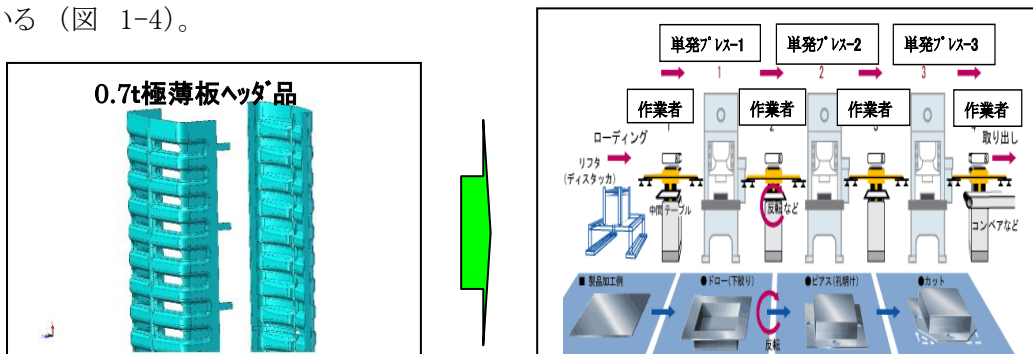


図 1-4 0.7mm 極薄板に対応する現状技術:人手による単発プレス加工の製造方法

極薄板エバポレータタンクの製造方式を定性面から製造法を比較し 表 1-4 に示す。

表 1-4 極薄板エバポレータタンクの製造方法の比較

	精度	工数	コスト	技術難易	軽量化	総合
単発プレス+切削加工	○	1	1	普通	対応可	△
個々に順送とランスファ加工	△	0.2	0.2	高い	板厚限界	△

プレス加工技術は、複雑な形状部品を量産する技術として、自動車産業を中心として急成長してきた。しかも自動車産業のグローバル化に伴い、部品に対する低価格化の加速と、顧客のニーズの多様化に従い、多種少量、短納期の要求に対応する薄板プレス加工において、更なる、生産技術の高度化が望まれている。

1-1-5 0.7mm アルミ薄板材を用いた薄板プレス技術の開発動向

川下企業への精密プレスユニット品の供給に際しては、(株)三和精機は製品設計から製造工法開発・精度・コスト・生産性向上、更にこれを実現するフレキシブルな供給体制まで、一貫した精密プレス加工技術を提供している。今回の 0.7mm アルミ材を用いたエバポレータタンクの開発においても、川下顧客の製品開発へ、(株)三和精機のプレス技術を高度化した総合技術による開発手法にマッチし、この開発手法こそが、(株)三和精機のような中小企業が国内で生き残る生命線でもある。

国内・外のプレス技術開発動向を表 1-5 に示す。デンソーが 0.8mm アルミ材を用いたプレス自動化技術開発済みであるが、国内中小企業は未だ実現していない。この現状から、本開発の 0.7mm アルミ薄板プレス加工技術の開発は、ダントツ技術として川下企業が待ち望む開発であり、加工精度、コスト面から、国際競争力強化へ大きく寄与できる技術である。

表 1-5 国内・外のアルミ薄板プレス技術開発動向

メーカー名	薄板プレス技術開発の動向
デンソー	0.8mm 薄板アルミ材を用いたプレス技術を開発済 (現行プリウスに搭載)
国内中小企業	薄板化へ未だ不可
中国、海外メーカー	不可(人海戦術による手加工)
三和精機	0.7mm 薄板アルミ材を用いたプレス技術を開発中。

熱交換器エバポレータタンクの0.7mm薄板プレス製造法の比較を表1-6に示す。

表 1-6 熱交換器エバポレータタンクの製造方法の比較 (①、②は現状技術)

	精度	工数	コスト	技術難易	軽量化	総合
①単発プレス複数 +切削加工	○	10	10	普通	対応可	△
②部品により順送加工 トランスファー加工使い分け	△	4	4	高い	板厚限界	△
新技術による プレス成形品	○	1	1	高い	対応可	◎

薄板プレス加工の現状技術は、材料強度が弱いために、加工変形が多発し、位置決めが不安定かつハンドリングが難しいことから、変形・位置決め・反転搬送等を作業員が監視しながら、手動単発プレス加工と切削加工をしている。従来プレス自動加工である順送加工は、大量生産が可能という特徴はあるが素材歩留まりが悪いという欠点がある。一方、プレス自動加工のトランスファー加工は、素材歩留まりが良いが生産性が悪い欠点がある。

1-1-6 研究目的及び目標

本開発は、順送加工とトランスファー加工の特徴を活かし、それぞれの欠点を新しい金型構造の開発と、ハード面から、高機能なサーボプレスを開発することにより、順送・トランスファー連結加工による自動加工技術を実現するものである。

本開発により、プレス工程1発での生産、すなわち後処理の機械加工なしを実現することで、製造時間の短縮及びプレス加工機の設備投下数の削減など設備面の物理的ネックを解消し、需要変動にフレキシブルな供給体制を組むことが可能となる。その結果、素材利用率95%以上、製品コスト低減90%以上を実現するものである。

目標を達成するために、次のような4つの開発項目について研究開発する。

- 1) 0.7mm薄板製品構造で製品性能と多工程のプレス変形と搬送移動に耐え得るリブ、支柱等の強化構造を保有する薄板製品構造を開発する。
- 2) 順送トランスファー2つの自動加工を連結し、多工程を集約・連続処理する高度な金型構造を開発する。
- 3) 順送加工と深いストロークで成形工程を制御する多段モーション成形機能とトランスファー搬送装置を付加した高度なサーボプレス機を開発する。
- 4) 0.7mm極薄板の順送トランスファー連結・一貫連続加工の最適条件、総合成形技術を開発する。

上記四つの開発項目毎に、従来技術と本技術開発の目標値を下表に示す。

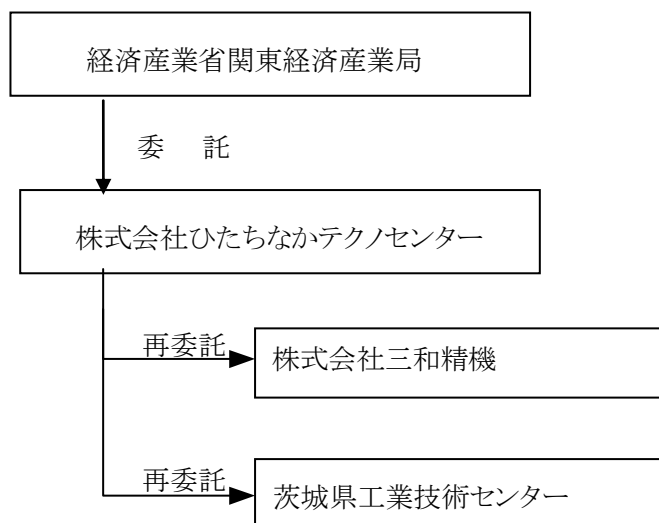
項目	現行技術	開発技術
1) 0.7mm薄板の製品強化構造の開発	・アルミ伸び率: 4%以上 (JIS H4000)	・アルミ伸び率: 20%以上 (従来の5倍)
2) 順送・トランスファー2つの加工を連結した金型構造の開発	・順送とトランスファーの2つを融合した設備は世の中には未だない	・順送・トランスファー連結金型 ① 金型配置数、順送工程: 5工程、トランスファー工程:10工程 ②コイル材～全加工を連結し一貫生産する

3) 順送・トランスファー 連結加工を実現 する高機能サーボプ レス機の開発。	<ul style="list-style-type: none"> ・人手による位置決め・搬送 (取付け⇒加工⇒取出し⇒ 次加工搬送、又は反転取付) ・そのため、加工時間: 10 分 	<ul style="list-style-type: none"> ・搬送モーション:4次元、 バキューム駆動方式 ・搬送スピード:150mm/ 秒 ・3次元駆動+反転機能を保有
4) 総合成形技術 の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・順送とトランスファーの2つ を融合した設備はない ・素材利用率 60% 	<ul style="list-style-type: none"> ・自動加工: 1 工程、・作業に係る人員: 1 人 ・加工時間:1 分/1 工程 ・生産能力: 20 万個/月 ・自動加工可能アルミ板厚:0.7mm ・コスト目標(100,000 個):90%低減 ・素材利用率:95%以上

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織・管理体制

本研究開発における組織の全体構成を図 1-7 に、管理体制を図 1-8 に示す。



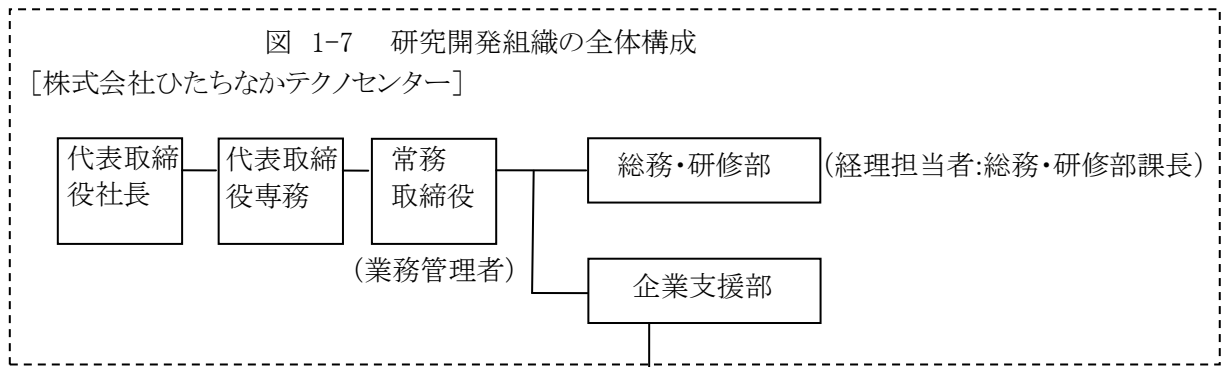


図 1-8 研究開発組織の管理体制

1-2-2 研究者氏名および協力者氏名

本研究開発における研究者氏名および協力者氏名を表 1-7 に示す。

表 1-7 本研究開発の研究者氏名および協力者氏名

氏名	所属・役職	備考
磯前 保広	株式会社三和精機 金型事業部長	総括研究代表者
谷萩 雄一郎	茨城県工業技術センター 技術融合部門 主任	副総括研究代表者
川和 廣行	株式会社三和精機 製造部 研究員	
大高 理秀	茨城県工業技術センター 技術融合部門 部門長	
小石川 勝男	茨城県工業技術センター 技術融合部門 主任研究員	
浅野 健治	茨城県工業技術センター 技術融合部門 主任研究員	
山下 宏	茨城県工業技術センター 技術融合部門 技師	
行武 栄太郎	茨城県工業技術センター 先端材料部門 主任	
上田 聖	茨城県工業技術センター 先端材料部門 技師	
伊藤 吾朗	国立大学法人茨城大学工学部機械工学科 教授	アドバイザー
大野 隆行	某自動車部品メーカー 自動車機器システム事業 部 部長	アドバイザー

1-3 成果概要

1-3-1 0.7mm 薄板の製品強化構造の開発

0.7mm 薄板製品で製品性能と多工程成形プレス変形と搬送移動に耐え得る薄板製品構造を創成し、開発する。この0.7mm 薄板製品は現在の量産品より50%の軽量化となる、厚さ0.7mm 素材を用いた新製品の開発を行い、次の成果が得られた。①アルミクラッド材の引張強度試験を行い、アルミニウム合金A3003TWと比較して、強度を20%程度上回ることを求めた。②リブや支柱の追加により、50%の薄肉化に対して十分な強度を有する製品構造を設計した。③その結果、繰り返し耐圧試験の要求性能(15万回)を満たす新型タンクを開発することができた。

1-3-2 順送・トランスファー 2つの加工を連結した金型構造の開発

複雑・一体形状のモデル製品を基に、多工程連結・連続成形する金型構造開発し、サーボプレス機に搭載できる絞り型試験型を製作する。これには、①サーボプレス機に絞り試験治具を搭載し、成形シミュレーションと成形挙動の検証・比較を行う。最適成形工法へ改良、複合同時加工の適用と工程短縮検討を行いながら、最適でコンパクトな金型構造モデルを開発する。②最適でコンパクトな金型構造モデルを基に、成形シミュレーション解析を行いながら、多工程曲げ・絞り連結・連続加工となる絞り型試験型モデルを開発する。この絞り連結・連続成形加工を実現するため、金型機構内へ連続成形する機能を盛り込み、自動プレス加工となる絞り型試験型とサーボプレス高機能テスト用連続成形試験型を開発し、製作する。

1-3-3 順送・トランスファー連結加工を実現する高機能サーボプレス機の開発

順送加工とトランスファー加工の連結機能と成すため、多段階成形工程サイクル内でサーボ制御による、複合成形機能を盛り込んだ高機能なサーボプレス機を開発・製作する。本装置には、高機能なサーボプレス機に、多段成形フリーモーション機能を開発・組み込み、金型機構内の複合同時成形の制御を可能とする。これには、最適な加工条件フリーモーションを100種メモリー保存する機能を組み込み、サーボプレス高機能テスト用連続成形試験型を用い、高精度・高安定性成形加工を実現する。

また、10段階のスライド変速設定機能とスライドアジャスト制御機能を開発・組み込む。機械剛性と高精度を具備するため、スライド等速モーション機能と下死点一時停止機能、自由自在に加圧制御が出来るハイブリッドモーション機能を開発し、組み込む。

さらに、サーボプレス機内でアルミ薄板連続成形品の自動搬送を可能にする5軸トランスファー搬送装置を開発、製作し導入した。これは、①フレームの開放構造を採用し、装置の軽量と低コスト化を図った。②ラック+ピニオン駆動方式、5軸ダイレクトサーボ駆動による滑らかな高速搬送を実現した。③15工程トランスファー成形に対し、15工程個々に個別ミスグリッパ検出装置を装着し、高速・正確搬送を実現した。高速・正確搬送機器として、アルミ薄板の安定・正確・傷なし搬送を可能とする自動搬送用で反転ユニット機能を有する掴みフィンガーを開発した。

更に、薄板コイル材の供給装置を開発し、自動供給～金型挿入ステージ間の円滑・連続搬送の高速・確実・安定搬送を可能にする5軸自動搬送装置の開発とコイル材～一貫連続成形ラインを製作し導入する。これは、④0.7mm 薄板コイルライン装置を導入しサーボプレス・搬送装置と連結する。⑤搬送フィンガー

の高速化・確実化へ対応する課題解消への改良搬送フィンガーの開発し、より高速・確実搬送を実現する。
⑥コイル材の正確・高速移送のためのコイル材供給ガイド構造を薄板材の波打ちやうねり移送を解消する
為の円滑供給装置の改良する構造とし、波打ちやうねり移送の課題を解決する改良構造への開発に取組
み、より高速・確実搬送を実現する。⑦開発された機器を搭載した一貫自動成形ライン実用機を用いて、
自動成形・連続搬送機能確認とラインの連続運転によるライン実用機としての生産性の把握を実施した。

1-3-4 総合成形技術の開発

導入したデジタル制御式サーボプレスと5軸トランスファー搬送装置、及び薄板コイル材の供給装置を
有機的に結合した、一貫・無人・自動連続成形加工ライン実用機による量産工程を検討すると、15工程の
順送・トランスファー連結加工方式での成形は、本サポイン事業の当初の目標である「高度化目標の達成
評価」を実施した。薄板コイル材～一貫自動化・無人加工ラインを用いた成形加工を導入することで、大
幅なコストダウン(材料費では、従来使用のアルミ材 1.2mm から 0.7mm への薄板化と新成形工法による材料
利用率向上開発により、トータル材料費低減:56%の低減率が達成した。加工費では、コイル材～一貫・無
人・連続成形ラインによる加工費低減:92%の低減率が達成できた)等のコストダウンの実績が得られると共に、
生産能力の飛躍的な向上と均質な品質が得られる等、プレス加工において、大きな技術革新が得られた。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

当該研究開発の連絡窓口

名称：株式会社ひたちなかテクノセンター

住所：茨城県ひたちなか市新光町38番地

代表者役職・氏名：常務取締役 江尻 一彦

連絡担当者所属役職・氏名:企業支援部次長 浅野 俊之

TEL:029-264-2200

FAX:029-264-2203

E-mail: asano@htc.co.jp

第2章 研究開発実施内容・成果

2-1 本研究開発の概要

2-1-1 従来工法の概略

順送加工とトランスファー加工の特徴を活かした特化技術でプレス成形技術を高度化しながら、ハード面から、高機能サーボプレスを開発することにより、コイル材～貫自動プレス加工を実現する。

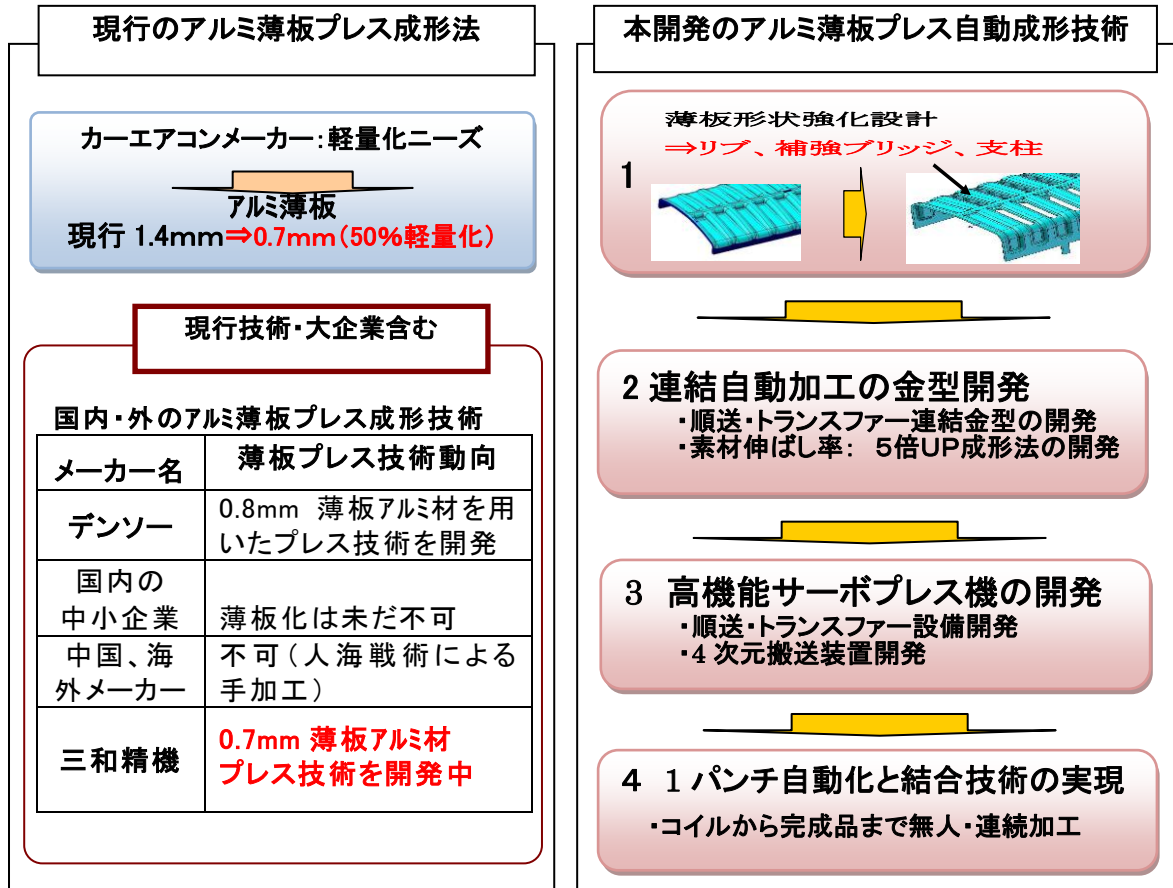


図 2-1 今回研究開発するアルミ薄板成形加工と現在の薄板プレス成形法との比較

熱交換器エバポレータタンクの0.7mm薄板プレス製造法の比較を表2-1に示す。

表 2-1 熱交換器エバポレータタンクの製造方法の比較（①、②は現状技術）

	精度	工数	コスト	技術難易	軽量化	総合
①単発プレス複数 +切削加工	○	10	10	普通	対応可	△
②部品により順送加工 トランスファー加工使い分け	△	4	4	高い	板厚限界	△
新技術による プレス成形品	○	1	1	高い	対応可	◎

2-1-2 薄板複雑一体化品のプレス成形技術の課題

本開発は、前述のように順送加工とトランスファー加工の特徴を活かし、それぞれの欠点を新しい金型技術とサーボプレスを開発することにより、順送・トランスファー連結加工技術を実現するものである。なお開発に当たっては、当社の金型技術、プレス加工技術と川下企業某自動車部品メーカーの設計技術及びサーボプレスメーカーの技術を融合し、併せて茨城県工業技術センターの技術指導と、国立大学法人茨城大学工学部のアドバイスを得るものとする。

解決すべき課題

- 1) 0.7mm 薄板製品構造で製品性能と多工程のプレス変形と搬送移動に耐え得るリブ、支柱等の強化構造を保有する 薄板製品構造を開発すること。
- 2) 順送→トランスファー 2 つの自動加工を連結し、多工程を集約・連続処理する高度な金型構造を開発すること。
- 3) 順送加工と深いストロークで成形工程を制御する多段モーション成形機能とトランスファー搬送装置を付加した高度なサーボプレス機を開発すること。
- 4) 0.7mm 極薄板の順送→トランスファー連結・一貫連続加工の最適条件、総合成形技術を開発することである。

2-1-3 薄板複雑一体化品の自動化・連続プレス成形工法と開発の構想

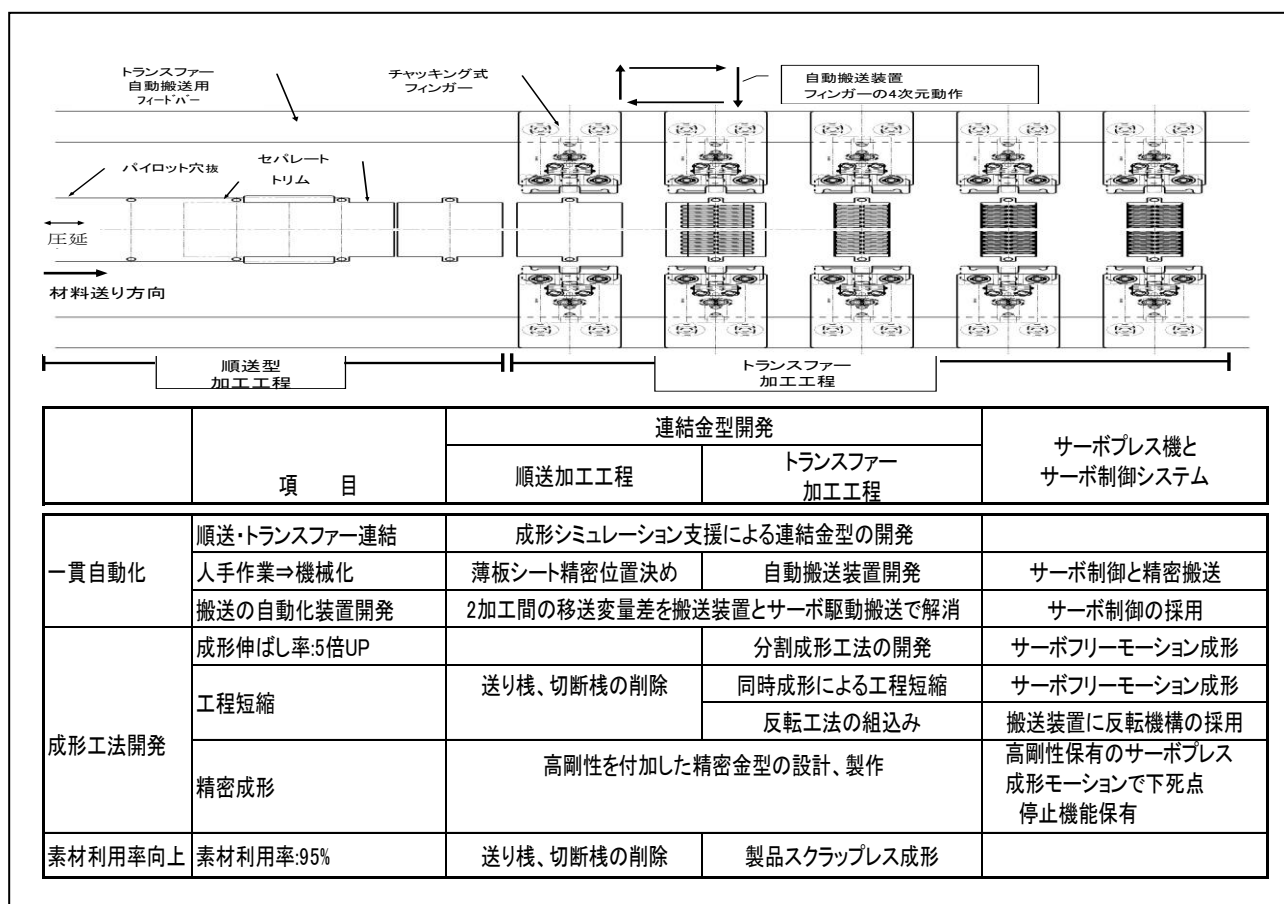


図 2-1-1 新プレス技術開発構想（順送+トランスファー連結成形工法）

2-2 0.7mm 薄板の製品強化構造の開発

0.7mm 薄板製品で製品性能と多工程成形プレス変形と搬送移動に耐え得る薄板製品構造を創成し、開発する。この0.7mm 薄板製品は現在の量産品より50%の軽量化となる、厚さ0.7mm 素材を用いた新製品の開発を行った。

2-2-1 タンク成形工法での減肉防止へのシミュレーションの適用

(1) 成形シミュレーション

成形時の板厚や応力状態を確認するため、成形シミュレーションを行った。使用したソフトウェアは、eta/DYNAFORM ver. 5.8(サイバネットシステム株式会社)である。解析結果を速やかに金型設計にフィードバックするために解析時間の短縮を図り、解析対象のモデルを一部簡略化した。解析条件は、成形時間0.1[秒]、クリアランス0.02[mm]、摩擦係数0.1とした。本シミュレーションのモデル形状は第1次試作モデルをベースに実施した。板厚分布をそれぞれ図2-2-1, 2-2-2に示す。

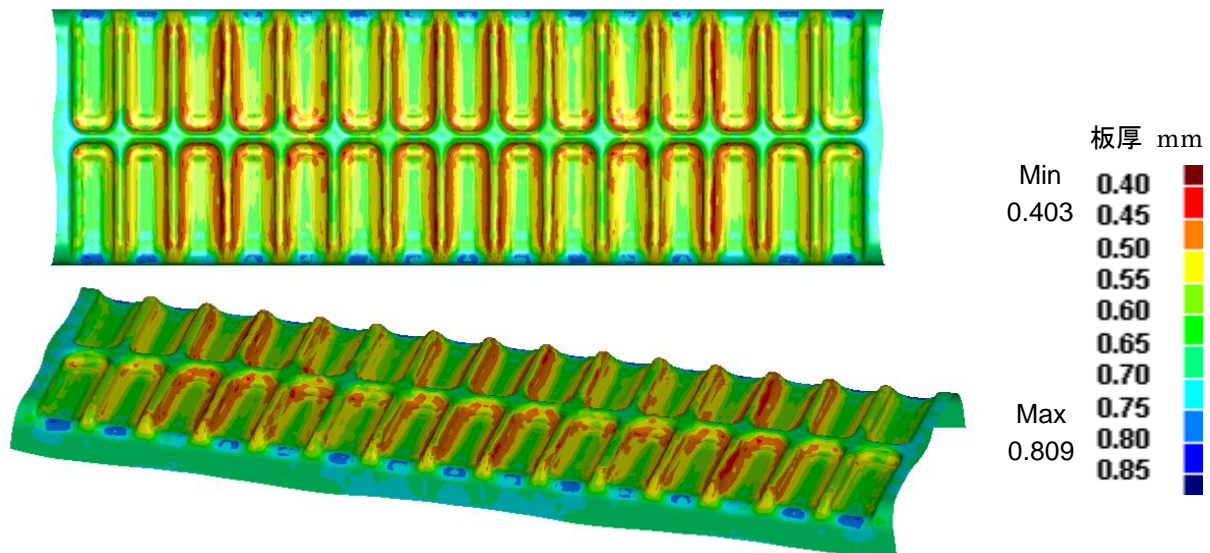


図 2-2-1 板厚分布

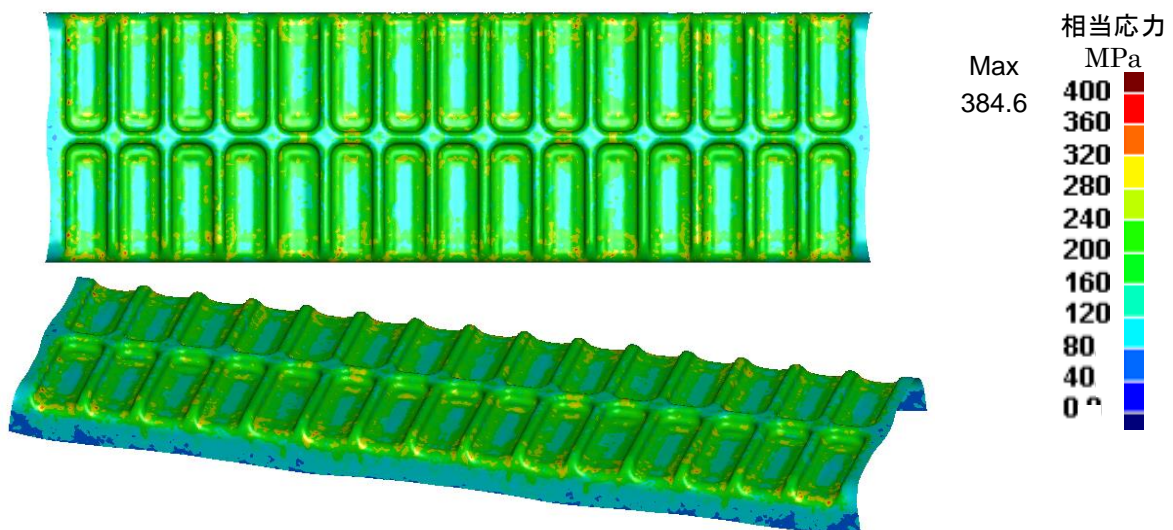


図 2-2-2 応力分布

図 2-2-1 の板厚分布はリブ部付近で板厚が減少したが、長手方向に板厚の偏りが無いことが確認できた。

(2) 板厚分布の比較

断面内の板厚分布を求めるため図 2-2-3 に示す断面を作成し、シミュレーションでの板厚分布を求めた。結果を図 2-2-4 に示す。

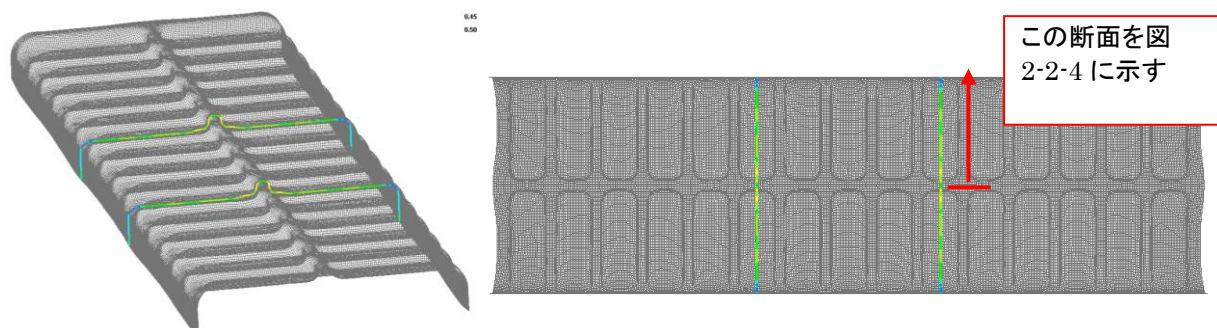


図 2-2-3 板厚を求める断面

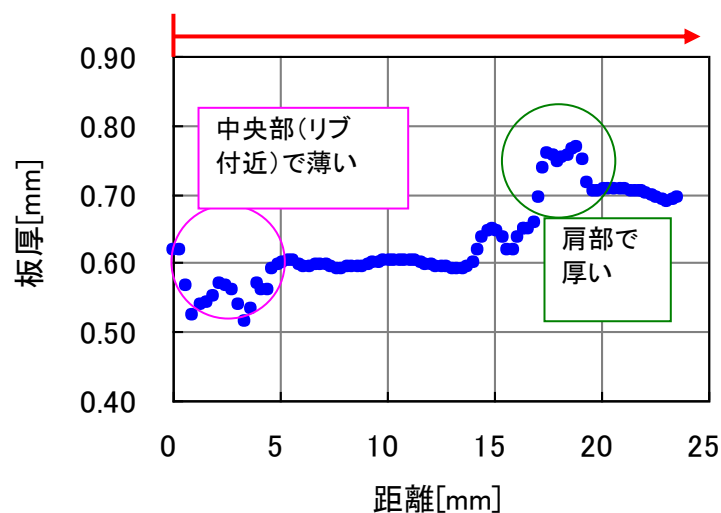


図 2-2-4 断面内板厚分布

図 2-2-4 では、リブ付近の中央部で板厚が薄く肩部で厚い。このシミュレーション結果を検証するため、株式会社三和精機のメカプレスを使用して成形試験を行った。その成形品(図 2-2-5)を切断し、切断面を顕微鏡で観察して板厚を求めた。板厚の測定箇所を図 2-2-6 に、板厚分布を図 2-2-7 に示す。

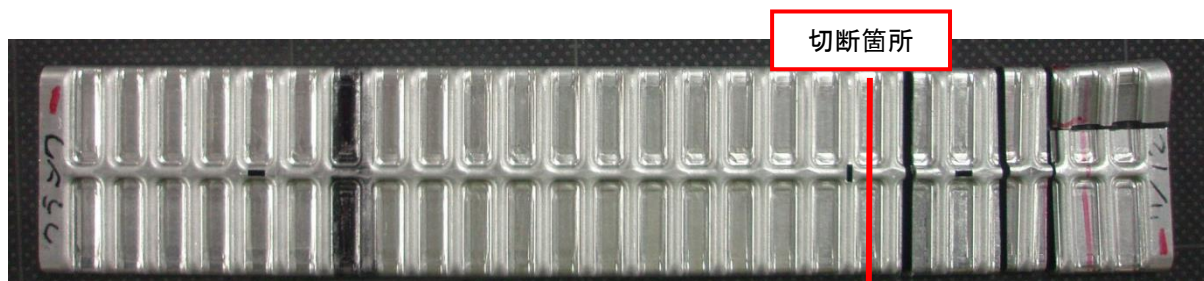


図 2-2-5 成形品の供試材

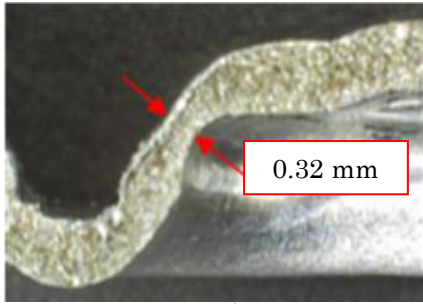


図 2-2-9 リブ部断面

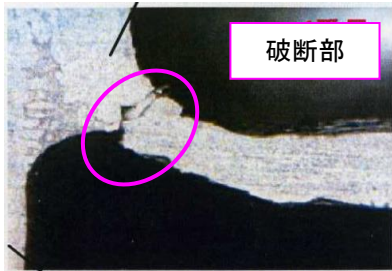


図 2-2-10 破断部断面(第1次試作)

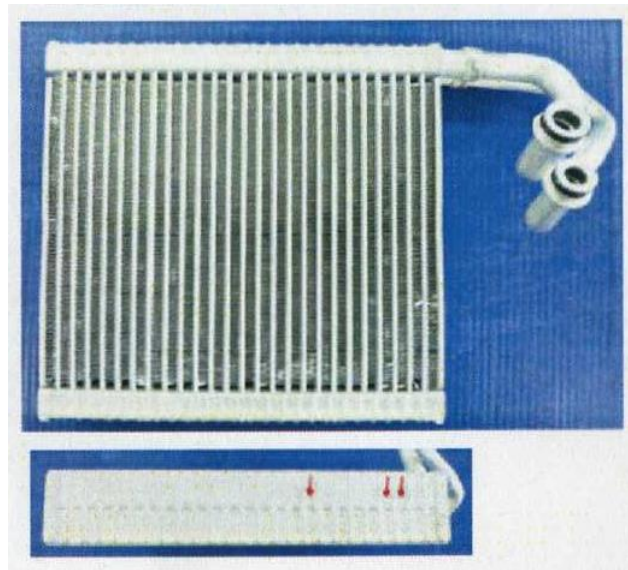


図 2-2-11 試験ユニットの亀裂部(第1次試作)

(2) 第2次試作

第1次試作ではリブ部付近での板厚の減少が破断原因となった。そこで成形方法を多段階にすることでリブ部付近の板厚減少を 0.50mm に抑制した。(図 2-2-12) 繰り返し耐圧試験は 9.1 万回と向上したが 15 万回には至らなかった。試験ユニットにおける亀裂部を図 2-2-14 に、破断部の断面形状を図 2-2-13 に示す。

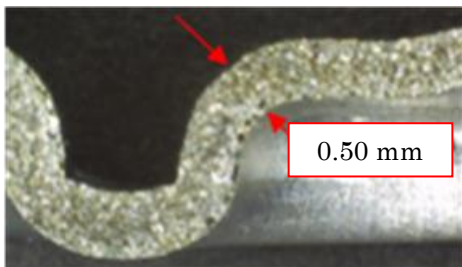


図 2-2-12 リブ部断面



図 2-2-13 破断部断面(第2次試作)

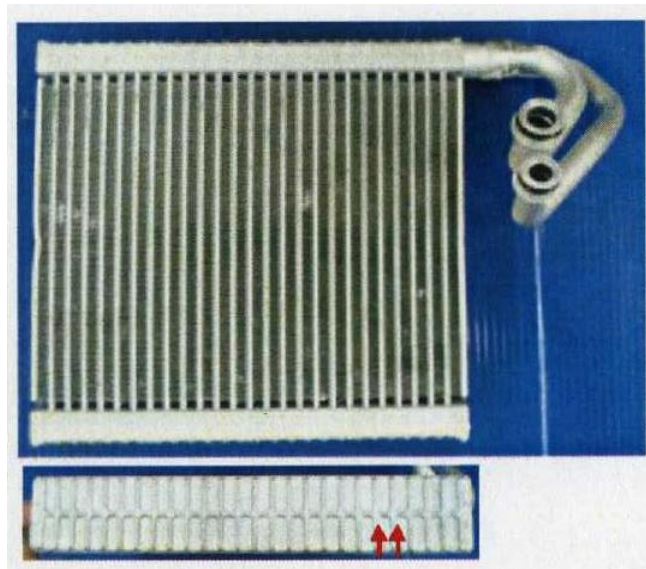


図 2-2-14 試験ユニットの亀裂部(第2次試作)

(3) 第3次試作

第2次試作の金型形状を変更し、素材のしわ押さえに隙間を設けて成形性の向上を図り、リブ部の減肉を 0.62mm と緩和した。その結果、繰り返し耐圧試験は 18 万回となり要求性能を達成できた。リブ部の断面を図 2-2-15 に示す。

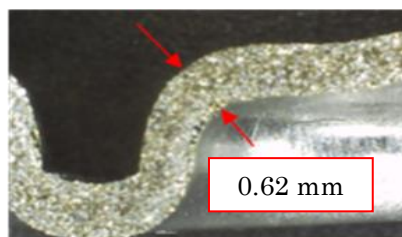



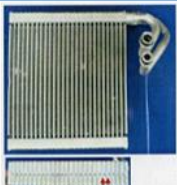


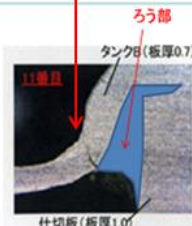
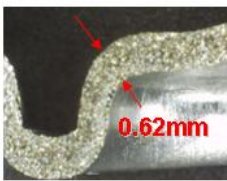


図 2-2-15 リブ部断面

(4) 試作結果とまとめ

計4回の試作の結果について、表 2-2-1 に示す結論を示した。

表 2-2-1 試作結果のまとめ

項目	事前検討試作品	第1次試作品	第2次試作品	第3次試作品
亀裂部 (朱記部)				
リブ部板厚	0.6mm	0.32mm	0.5mm	0.62~0.65mm
破壊部 形状				
寿命	122k回	70k回	91k回	180K回

(5) まとめ

現在の量産品より 50%の軽量化となる厚さ 0.7mm 素材を用いた新製品の開発を行い、次の成果が得られた。

- アルミクラッド材の引張強度試験を行い、アルミニウム合金 A3003TW と比較して、強度を 20%程度上回ることを求めた。
- リブや支柱の追加により、50%の薄肉化に対して十分な強度を有する製品構造を設計した。
- その結果、繰り返し耐圧試験の要求性能(15 万回)を満たす新型タンクを開発することができた。

2-3 順送・トランスファー 2 つの加工を連結した金型構造の開発

コイル材からの一貫成形を目的とした連結・連続成形金型構想は、表 2-3-1 で示すように 5 点の機能を盛り込んだ連結・連続成形金型を開発する。これは、①順送・トランスファー工程を連結する金型である、②コイル材からの一貫連続成形を可能とする金型である、③トランスファー装置と連携した一貫自動化機能を保有していること、④薄板の伸び率を5倍UPする、特殊成形工法を盛り込んだ金型であること、⑤送り機、切断機を排除した工法を金型へ盛り込み、素材利用率:95%を目指す、等を目指した連続金型の開発を目指す。

表2-3-1 連結・連続成形金型の構想計画

開発目標	連結金型開発	
	順送加工工程	トランスファー加工工程
一貫自動化	成形シミュレーション支援による連結金型の開発	
	薄板シート精密位置決め	自動搬送装置開発
	2加工間の移送変量差を搬送装置とサーボ駆動搬送で解消	
成形工法開発	送り機、切断機の削除	分割成形工法の開発
		同時成形による工程短縮
		反転工法の組み込み
高剛性を付加した精密金型の設計、製作		
素材利用率向上	送り機、切断機の削除	製品スクラップレス成形

まずアルミ薄板製品の連続成形加工工程設計において、①順送・トランスファー工程を連結する金型である、②コイル材からの一貫連続成形を可能とする金型と工程概要を図 2-3-1 で示す。

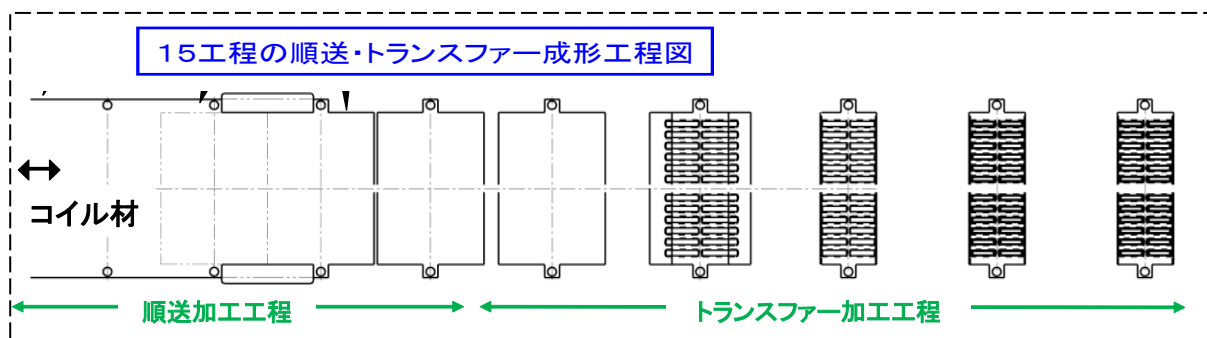


図 2-3-1 15工程の順送・トランスファー連結・連続成形工程の計画

順送・トランスファーの 2 つの加工を有機的に連結した金型構造の開発をまとめると

- 順送・トランスファー加工を連結し、連続加工を可能とする一貫自動化機能を包含した 新プレス加工方式の連続成形金型を開発した。
- 特殊成形工法を金型内へ組み込み、薄板成形工法内へ伸び率:5倍化を成す特殊成形加工法を取込み、薄板複合製品の成形を実現する 連続成形金型を開発した。
- 順送・トランスファー加工を連結し連続加工が可能となり、送り機、切断機の排除する工法を取込みし スクラップレス成形により、素材利用率:95%が実現できた。
- 特殊成形工法を型内へ組み込み、薄板成形への伸び率:5倍化を薄板成形へ適用と連続成形を行い、その結果、成形品精度において形状精度、肉厚減肉目標を大幅達成する、高精度な製品が得られた。

2-4 順送・トランスファー連結加工を実現する高機能サーボプレス機の開発

順送加工とトランスファー加工の連結機能と成すため、多段階成形工程サイクル内でサーボ制御による、複合成形機能を盛り込んだ高機能なサーボプレス機を開発・製作する。本装置には、高機能なサーボプレス機に、多段階成形フリーモーション機能を開発・組み込み、金型機構内の複合同時成形の制御を可能とする。これには、機械剛性と高精度を具備するため、スライド等速モーション機能と下死点一時停止機能、自由自在に加圧制御が出来るハイブリッドモーション機能を開発し、組み込む。

さらに、サーボプレス機内でアルミ薄板連続成形品の自動搬送を可能にする5軸トランスファー搬送装置を開発、製作し導入した。これは、①フレームの開放構造を採用し、装置の軽量と低コスト化を図った。②ラック+ピニオン駆動方式、5軸ダイレクトサーボ駆動による滑らかな高速搬送を実現した。③15工程トランスファー搬送成形に対し、15工程個々に個別ミスグリッパ検出装置を装着し、高速・正確搬送を実現した。高速・正確搬送機器として、アルミ薄板の安定・正確・傷なし搬送を可能とする自動搬送用で反転ユニット機能を有する掴みフィンガーを開発した。

(1) 軽量・低コストな開放構造の5軸搬送装置の構想と開発仕様

5軸搬送装置の開発構想と開発目標を 表 2-4-1 に示した。

表 2-4-1 5軸搬送装置の開発構想と開発目標

開発目標	5軸搬送装置の開発目標と特徴
軽量・低コスト化	<ul style="list-style-type: none"> ・フレームの密閉構造→開放構造を採用 ・フィーダーフレームへ矩形パイプ形状の採用
高速搬送	<ul style="list-style-type: none"> ・ラック+ピニオン駆動方式採用による滑らかな高速搬送を実現 ・5軸ダイレクトサーボ駆動による精密位置決め搬送を実現
高機能な制御	<ul style="list-style-type: none"> ・5軸ダイレクトサーボ駆動による精密位置決め・高速搬送を実現 ・15工程トランスファー成形に対し個別ミスグリッパ検出装置を装着

また、5軸搬送装置の開発構想と仕様、トランスファー・フィーダーと掴みフィンガーの組み込み構想を 図 2-4-2 に示した。

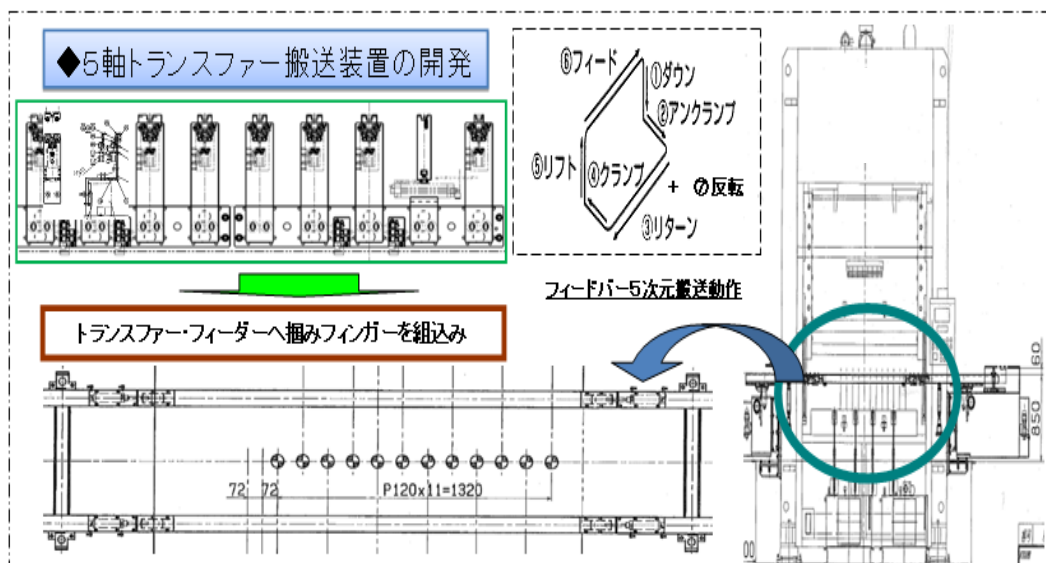


図 2-4-2 、5軸搬送装置の開発仕様、トランスファー・フィーダーとフィンガー組み込み構想

(2) サーボプレスと搬送装置と制御機器の仕様、組立調整

サーボプレスと搬送装置と制御機器の仕様を 図 2-4-3、図 2-4-4 に示した。



5軸トランスファー搬送装置を搭載した
サーボプレス機 外観



開発・設置した 5軸トランスファー搬送装置

図 2-4-3 サーボプレスと搬送装置の開発

	項目	仕様
1	送り方向	左から右へ
2	フィードストローク	300 mm
3	クランプストローク	150 mm
4	リフトストローク	60 mm
5	クランプ内幅	500 mm
6	速度	20~40 spm
7	フィードバー上面高さ	350 mm
8	最大搬送重量	40 kgf
9	搬送精度	0.1 mm
10	工程数	15
11	ミスグリッパ検出装置	15工程

図 2-4-4 制御機器の仕様

(3) 順送・トランスファー連結加工を実現する高機能サーボプレス機の開発のまとめ

- 軽量・低コストな開放構造の5軸自動搬送トランスファー・フィーダー装置が開発できた。
- 高速搬送装置を開発した。これは、ラック+ピニオン駆動方式採用と5軸ダイレクトサーボ駆動による高速で精密位置決め搬送を行える装置が完成した。
- 高機能な制御装置を開発した。これは、5軸ダイレクトサーボ駆動による高速で精密位置決め搬送と15工程トランスファー搬送成形に対し、15工程個々に個別ミスグリッパ検出装置を装着した装置であり、搬送装置開発へ機能の高度化を図った。

2-5 総合成形技術の開発

導入したデジタル制御式サーボプレスと5軸トランスファー搬送装置、及び薄板コイル材の供給装置を有機的に結合した、一貫・無人・自動連続成形加工ライン実用機による量産工程を検討すると、15工程の順送・トランスファー連結加工方式での成形は、本サポイン事業の当初の目標である「高度化目標の達成評価」を実施した。薄板コイル材一貫自動化・無人加工ラインを用いた成形加工を導入することで、大幅なコストダウン(材料費では、従来使用のアルミ材 1.2mm から 0.7mm への薄板化と新成形工法による材料利用率向上開発により、トータル材料費低減:56%の低減率が達成した。加工費では、コイル材

～一貫・無人・連続成形ラインによる加工費低減:92%の低減率が達成できた)等のコストダウンの実績が得られると共に、生産能力の飛躍的な向上と均質な品質が得られる等、プレス加工において、大きな技術革新が得られた。

(1) 高度化目標の達成、及び研究開発の成果

研究開発 項目	研究開発の目標	研究開発 成果	達成度
1)0.7mm薄板の製品強化構造の開発	・アルミ伸び率: 20%以上 (従来技術の5倍)	・アルミ伸び率:20%実現 ※材厚減肉:-48%⇒-7%へ改善 ・特殊成形工法の開発:寄せ上げ成形法	100%

研究開発 項目	研究開発の目標	研究開発 成果	達成度
2)順送・トランスファー2つの加工を連結する金型構造の開発	・順送とトランスファー連結金型 ①金型配置数⇒順送:3工程 トランスファー:6工程 ②コイル材～全加工工程を連結し 一貫生産 加工時間:0.5分/外	・順送とトランスファー連結方式を実現 ・コイル材～全加工工程を連結し、連続自動成形ラインを構築し、2製品に適用 加工時間: 0.05分/タクトを実現	100%

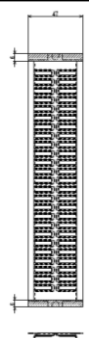
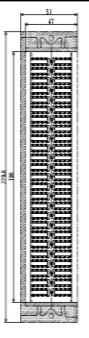
研究開発 項目	研究開発の目標	研究開発 成果	達成度
3)順送・トランスファー連結加工を実現する高機能サーボプレス機の開発	・搬送モーション:4次元 :トランスファー駆動方式 ・搬送スピード:150mm/秒 ・3次元駆動+反転機能を保有	・5次元、トランスファー駆動の搬送制御を実現 ・搬送スピード:150mm/秒 ・4次元駆動+反転機能を開発・実用化 ・反転機能を保有する搬送装置開発で 人手の移送、手搬送排除、無人化実現	100%

研究開発 項目	研究開発の目標	研究開発 成果	達成度
4)総合技術の開発	・自動加工:1工程 作業に係る人員:1人 ・加工時間:0.5分/1工程 ・生産能力:20万個/月 ・自動加工可能アルミ板厚:0.7mm ・コスト低減目標(10,000個):90%低減 ・素材利用率:95%以上	・自動加工:1工程 作業に係る人員:1人 ・加工時間:0.05分/1工程 ・生産能力:30万個/月 ・自動加工可能アルミ板厚:0.7mm ・コスト低減目標(10,000個):92%低減 ・素材利用率:95%以上	100%

(2) 開発された製造技術と成果

開発技術
<ul style="list-style-type: none"> ・自動加工: 1工程 作業に係る人員: 1人 ・加工時間: 1工程⇒3秒 ・生産能力: 30万個/月生産 ・自動加工アルミ板厚: 0.7mm ・コスト低減(10万個/月): 92%以上 ・素材利用率: 95%以上

(3) 材料利用率の向上とコストダウンの成果

材料利用率と効果		コスト低減
 <p>材料面積 47mm×215mm=10105平方ミリ</p> <p>スクラップ面積 6mm×47mm×2=564平方ミリ</p> <p>スクラップ割合 564/10105=0.055 (約5%)</p> <p>歩留まり率 約95%</p> <p>新開発の一貫成形加工</p>	 <p>材料面積 51mm×229.6mm=11709.6平方ミリ</p> <p>スクラップ面積 2403.6平方ミリメートル</p> <p>スクラップ割合 2403.6/11709.6=0.205 (約20%)</p> <p>歩留まり率 約80%</p> <p>旧来の成形加工</p>	<p>材料費と加工費の低減</p> <p>①旧技術の板厚より板厚の薄板化への低減 : 1.2mm⇒0.7mm・・・41%の材料費低減</p> <p>②材料板取の素材利用率向上への低減 ・旧方式:素材利用率⇒80%、新方式:素材利用率⇒95% : 15%の材料費低減</p> <p>③加工費の低減 ・旧方式:順送加工+反転加工+成形加工+トリミング=4工程 旧方式加工時間⇒4工程×9秒/工程=36秒/個 ・新方式:1工程・・・1工程×3秒/工程=3秒/個 トータルの加工費低減: 92%低減</p>

第3章 全体総括

3-1 研究開発事業総括

事業実施に当たっては、某自動車部品メーカーの開発チームからのアドバイスと試作品の製品組み込み評価を頂きながら、現場に適したプレス自動加工の開発と自動・一貫製造プロセスの最適化を図りながら、低コスト、基盤装置となる自動製造装置の開発を目指し、極めて短期間で多大な成果を挙げることができた。

一貫無人連続成形加工ラインの高速化・確実化の開発により、高機能なコイル材～一貫連続成形ライン実用機が開発できた。この自動化ライン装置の開発成果として、①無人・連続成形ライン運転:1時間以上の連続運転が実現した。②無人・連続成形ライン運転:1時間以上でのチョコ停ゼロ運転が実現した。③連続成形ライン加工速度:35 ストローク/分の高速運転を実現し、目標とした高機能で高速・実用レベルに充分適用できる、コイル材～一貫連続成形ラインが完成した。しかも一貫連続成形ラインは、5軸高速搬送装置・反転搬送を付加した適用領域の広い高速自動搬送装置を具備し、多分野のプレス自動化開発において活用が期待される。

さらに、0.7mm アルミ薄板プレス加工領域において、コイル材～連続搬送・一貫高速無人成形ラインを適用すれば、顧客が待望する自動車部品製造で薄板材の適用による、軽量化・コストダウン・生産能力の飛躍的な向上が実現する等の今までにない高度なプレス自動化実現と、薄板プレス加工において、大きな技術革新が得られた。

3-2 今後の展望

今回の研究開発によって、0.7mm アルミ薄板・複合一体化形状品成形に必要な数々の技術的知見と競争力強化、差別化技術を得ることができた。これは、顧客が望んでいるコイル材～連続搬送の一貫高速無人成形ラインを活用すれば、自動車部品の軽量化・コストダウン・生産能力の飛躍的な向上が実現した。本開発技術を、25年年末より、次世代自動車のカーエアコン製造メーカー数社へ技術紹介と拡販展開を実施し、複数社と事業化レベルに発展・展開中である。さらに、カーエアコンに限らず、自動販売機・家庭用エアコン・自動車・産業用機械等多くの分野の薄板・複合一体化形状品へも本技術の応用展開を行い、新市場・新製品への参入、顧客拡大や事業化の拡大展開を図っていく。