

平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「精密三次元鏡面に資する金属プレス加工技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成24年3月

委託者 近畿経済産業局

委託先 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(高度化目標、技術的目標)	1
1-2 研究体制(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)	3
1-3 成果概要	7
1-4 当該プロジェクト連絡窓口	8
第2章 本 論	
2-1 複合プレス加工金型の開発	
2-1-1 ヒートシンク成形技術	9
i) 横形フィン押出し成形	9
ii) 縦形フィン押出し成形	10
2-1-2 複合鍛造技術の開発	
i) リフレクタ表面の品質向上	12
ii) 複合鍛造の有限要素法解析	13
iii) ヒートシンクの熱解析	14
2-1-3 材料による影響	
i) 成形における材質の影響	15
ii) 洗浄性について	15
2-2 マルチ反射鏡のプレス加工成形技術の開発	
2-2-1 マルチ加工金型の開発	
i) リフレクタ間距離	16
ii) 成形鏡面の表面粗さ	17
iii) 連続成形時の鏡面白色化と対策	18
2-2-2 ワーク送り装置の開発	18
2-2-3 マルチ用バニシング技術の開発	
i) ローラバニシングの原理	19
ii) 押し付け荷重と表面粗さ	20
第3章 総 括	20

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

発光ダイオード LED (Light Emitting Diode) は、電圧を加えることで発光する半導体素子である。この LED による照明は、白熱電球に比べ消費電力が少なく長寿命で、蛍光灯や水銀灯のように水銀を使用しないため環境負荷も少ない「21世紀の照明」といわれている。特に近年、道路灯・街路灯やプロジェクターなどに高輝度の LED が用いられようとしている。LED 光が白熱電球等に比べ単一指向性の高い光であることから、この性質を利用して、反射鏡（リフレクタ）などを用いることにより、必要な範囲だけに均一に集光させて照射効率を上げるように工夫されている。

しかし、高輝度 LED は大電流を流すと非常に明るい光を発するが、発光する光の強さは電流量に比例するため、電流量が増えると、発熱量が増えることになり、LED 周辺の温度は 150℃～200℃レベルとなることから、反射鏡の放熱性が課題となっている。また、高輝度 LED 照明の反射鏡は現在プラスチック射出成形品の表面にアルミ蒸着処理したものをを用いているが、反射鏡の深部への蒸着が難しく反射率が低く、高反射率が求められている。

さらに、高輝度 LED 発光時の高熱によるプラスチック劣化、屋外における紫外線によるプラスチック劣化などで低寿命となっている。また、プラスチックは熱伝導率が低く、放熱性が悪いため、熱をため込み LED 周囲温度が高温になると LED の発光効率が低下し、必要光量を得るためさらに大電流を流し、その結果、発熱量が増えるといった悪循環となる。

さらに、耐熱性を向上させた高級プラスチックが用いられているが、成形時の流動性が悪く表面粗さが粗いため、アルミ蒸着の前に反射面の表面粗さを改善する必要があり、また、膜の密着性を確保するためアンダーコートを施したり、アルミ蒸着膜の水分劣化防止のためトップコーティングを行うなど、後加工工程も多く、生産リードタイムも長くかかるなどの課題がある。また、LED から出る熱を取り除くために大型のヒートシンク（放熱フィン等）を別に取り付ける必要があり、反射鏡、LED 基板およびヒートシンクの3部品を組み付けるといった、組み立て工数、加工工数等が多くかかっていた。

本研究開発では、これらの課題を解決するために、熱や紫外線による劣化が無く、放熱性が高く、さらにリサイクルが容易で環境にやさしい材料であるアルミニウム材を用いて、LED 照明用反射鏡を製作することにより、川下製造業の高精度、高品位、短納期化および環境配慮といったニーズに答えることができる。さらに、反射鏡とヒートシンクをプレス加工で一体成形することにより、組み立て工数を減らすとともに部品点数を減らし、低コスト化が図れる。

2) 研究の概要

LED 照明用反射鏡の生産は、現在、プラスチック射出成形品の表面にアルミ蒸着処理したものが用いられているが、プラスチックの劣化、放熱性、反射率などの課題がある。本研究開発では、このような問題を解決するために、非劣化、高放熱性のアルミニウム

材を用いた LED 照明用自己冷却反射鏡を金属プレス加工のみで作製する新規高度プレス加工技術を開発する。この新加工法は押し出しなどの塑性鍛造金型を作り、超音波振動等を加えながら成形および抜形の限界を追求し、ヒートシンク成形技術、複合鍛造技術の開発、アルミ材料による影響および複合プレス加工金型のアスペクト比 3 以上を達成する。併せて、一枚のアルミ板に複数個加工できる金型を検討し、試作実験を行い、マルチ加工金型の開発、ワーク送り装置の開発およびマルチ用バニシング技術の開発によりマルチ反射鏡のプレス一貫製造システムを構築することにある。

3) 実施内容

①複合プレス加工金型の開発

①-1 ヒートシンク成形技術 (高橋金属株式会社、滋賀県東北部工業技術センター)

塑性冷間鍛造の押し出し方法を用いて、ヒートシンクのフィン部の形状を成形する。そのときの金型の主要形状が成形性にどのように影響するか、具体的には材料の加圧方向とフィン部の押し出し方向の組み合わせ、材料が押し出し部に流れ込む部分のR形状、押し出し部に流れ込まずに滞留する材料による成形への影響が考えられる。また、放熱特性についての評価も行なう。そして、フィン形状の長さ/厚み比 3 以上 (同時複数フィン成形) を目指す。

①-2 複合鍛造技術の開発 (高橋金属株式会社、滋賀県東北部工業技術センター)

鏡面の据え込み成形とフィンの押し出し成形を同時に行う金型の基本構想設計や有限要素法解析を行うとともに詳細設計を行い、試作・検証実験を行い、また放熱や反射特性についての評価も行なう。据え込み成形と押し出し成形を組み合わせた複合鍛造技術を開発する。

①-3 材料による影響 (高橋金属株式会社、滋賀県東北部工業技術センター)

アルミニウム材料の種類は数多くあるが、材質等が鏡面性 (表面粗さ) や洗浄性にどれだけの影響を与えるのか、また据え込み・押し出し加工、バニシング加工にどれだけの影響を与えるのか検証を行い、最適な材質を選定する。

②マルチ反射鏡のプレス加工成形技術の開発

②-1 マルチ加工金型の開発 (高橋金属株式会社、滋賀県東北部工業技術センター)

一枚のアルミニウム板内に複数個の反射鏡を成形する加工金型を、ワークを移動させる時の送り精度、送り速度等の観点から個別成形、あるいは同時成形を検討し試作開発する。開発したマルチ反射鏡金型を用いて試作トライを行い、反射特性についての評価も行なう。そして、リフレクタ間距離がリフレクタ直径 $1/3$ 以下のマルチ反射鏡を成形加工出来る金型を作製する。

②-2 ワーク送り装置の開発 (高橋金属株式会社、滋賀県東北部工業技術センター)

生産性の観点からプレス金型でアルミニウム板材を打ち抜き加工、据え込み加工、バ

ニシング加工と連続的に加工していくことになることから、複数のプレス工程間を精度良く搬送できる送り装置を検討し、複数のプレス工程間を精度(0.1mm)良く搬送できる送り装置の開発を目指す。

②-3 マルチ用バニシング技術の開発

(高橋金属株式会社、滋賀県東北部工業技術センター)

単品の鏡面のバニシング加工はこれまでの研究で行ってきており、この結果をもとにマルチ加工の場合のバニシング加工について、マルチ用バニシング金型を設計・製作し、検証を行うとともに、表面粗さ Sa0.02 μ m を目指す。

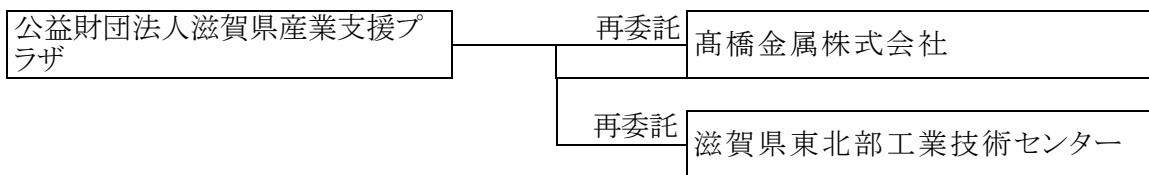
③プロジェクトの管理・運営 (公益財団法人滋賀県産業支援プラザ)

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)

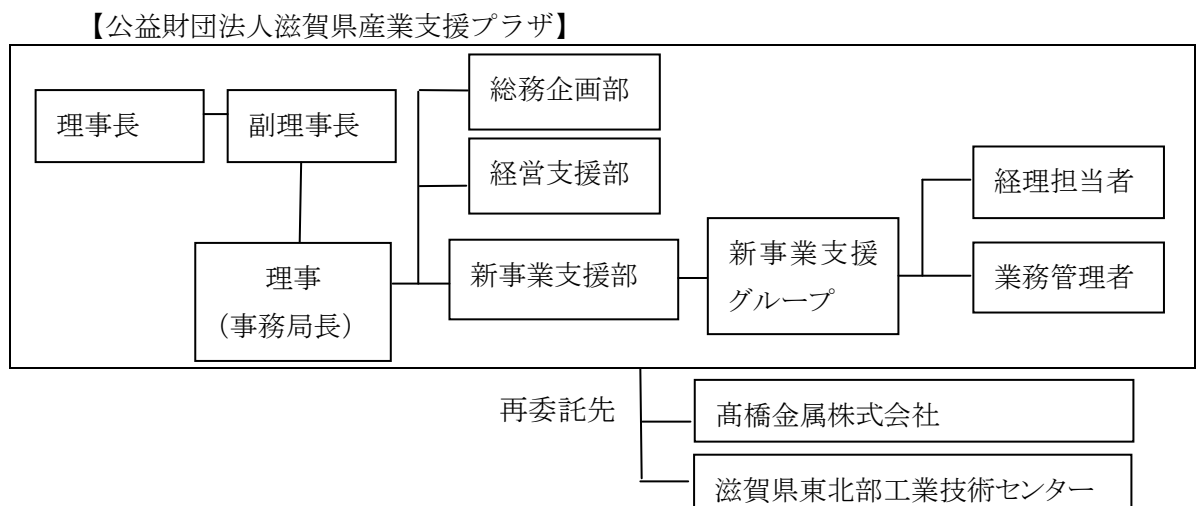


総括研究代表者(PL)
 所属:高橋金属株式会社
 役職:商品企画部 参事
 氏名:河村 安太郎

副総括研究代表者(SL)
 所属:滋賀県東北部工業技術センター
 役職:機械・金属材料担当 主任技師
 氏名:今田 琢巳

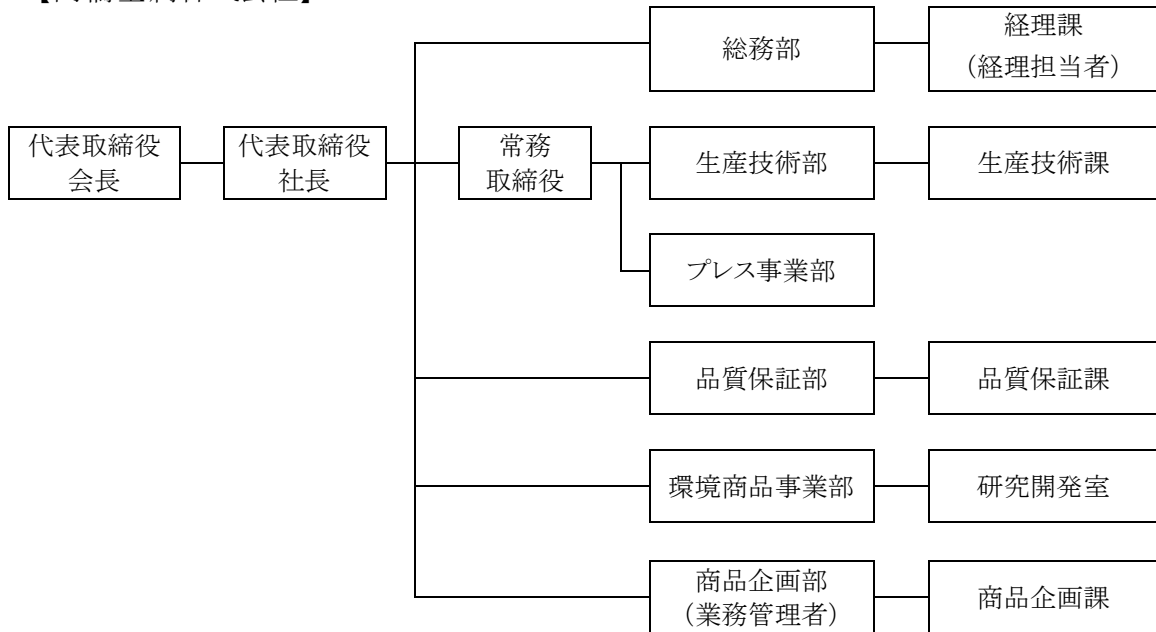
2) 管理体制

①事業管理機関

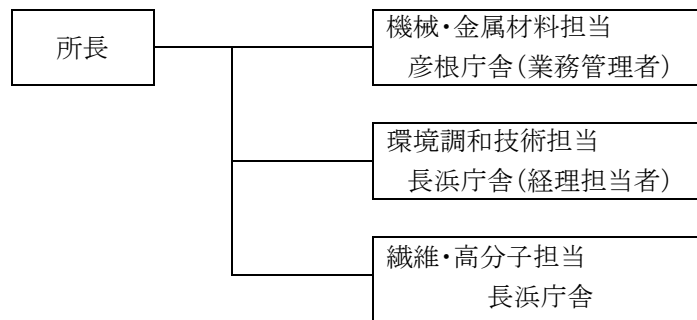


②(再委託先)

【高橋金属株式会社】



【滋賀県東北部工業技術センター】



(2)管理員及び研究員

【事業管理機関】 公益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)
篠原 弘美	新事業支援部新事業支援グループ 主幹	③
山中 義文	新事業支援部新事業支援グループ 参与	③

【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、②
村田 猛	商品企画部 商品企画課 技師	①、②

河村安太郎	商品企画部 参事	①、②
中村 喜昭	商品企画部 主任	①、②
藤谷 憲治	生産技術部 部長	①、②
南部 宗五	生産技術部 生産技術課 主任	①、②
世継 武志	プレス事業部 班長	②
三橋 順	品質保証部 品質保証課 主任	①、②
三宅 俊幸	環境商品事業部 研究開発室 主任	①

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	①、②
今田 琢巳	機械・金属材料担当 主任技師	①、②

(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
河村 安太郎	高橋金属株式会社 商品企画部・参事	P L
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	S L
西村 清司	高橋金属株式会社 商品企画部・部長	
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	
藤谷 憲治	高橋金属株式会社 生産技術部・部長	
南部 宗五	高橋金属株式会社 生産技術部 生産技術課・主任	
世継 武志	高橋金属株式会社 プレス事業部・係長	
三橋 順	高橋金属株式会社 品質保証部 品質保証課・主任	
三宅 俊幸	高橋金属株式会社 環境商品事業部 研究開発室・主任	
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	
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	国立大学法人鳴門教育大学 教授	アドバイザー

西野 精一	阿南工業高等専門学校 教授	アドバイザー
正木 陽介	パナソニック 電工株式会社 照明事業本部 部長	アドバイザー
鈴木 睦雄	古河スカイ株式会社 関西支社長	アドバイザー
堀岡 義彦	株式会社ワイ．イー．ブイ 代表取締役	アドバイザー
今道 高志	滋賀県商工観光労働部新産業振興課 モノづくり技術振興室 副主幹	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①、②項について。
畑中 伸夫	有限要素法解析についてのアドバイスを受ける。主に①、②項について。
西野 精一	バニシング加工技術についてのアドバイスを受ける。主に②項について。
正木 陽介	LED 照明機器についての情報提供を受ける。主に①、②項について。
鈴木 睦雄	アルミ材料についての情報提供を受ける。主に①、②項について。
堀岡 義彦	LED 照明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①、②項について。

1-3 成果概要

各研究開発実施内容において以下の成果を得た。

①複合プレス加工金型の開発

①-1 ヒートシンク成形技術

金型の表面状態の影響などの成形条件や抜型条件に検討を加え、フィン形状の長さ/厚み比3以上（同時複数フィン成形）の成形を追求した。その結果、縦形フィン押し出し成形の有限要素法解析と金型実験を繰り返し、フィン形状の長さ/厚み比3以上を達成した。

①-2 複合鍛造技術の開発

リフレクタの鏡面性のさらなる向上及びプレス成形性の安定化を図ることを目的に、鏡面部の白化原因となっていたアルミの凝着を改善させるため、プレス油の最適化及びパンチへの表面処理について検討を実施した。その結果、リフレクタ鏡面部の表面粗さ $Sa0.015\mu m$ 以下で、反射特性が目標比較品（切削品）と同等以上のリフレクタを安定的に加工できる、鍛造工法による鏡面成形技術を確立した。

また、ヒートシンク成形と鏡面成形を同時に成形する金型工程や構造について、FEM解析について事前検証しながら検討し、ヒートシンクと鏡面部を同時に成形できる複合鍛造技術を開発した。

①-3 材料による影響

据え込み・押し出し加工やバニシング加工において、アルミ材料の材質を変えて成形加工実験を行った結果、材質による成形時の割れや鏡面の成形性などの加工技術の構築ができた。

また、鏡面状態を長期にわたり維持させるため、各種表面処理方法及び洗浄方法について検討を実施した。その結果、成形後に酸性洗浄液により洗浄することで、リフレクタ鏡面部の表面凹凸が平滑化されることがわかった。また、高温高湿試験（温度50℃、相対湿度95%、試験時間400時間）後も鏡面状態を維持できることが確認できた。

②マルチ反射鏡のプレス加工成形技術の開発

②-1 マルチ加工金型の開発

薄板の据え込み成形について有限要素法解析と金型実験を繰り返した結果、リフレクタ間距離がリフレクタ直径の $1/3$ 以下のマルチ反射鏡を成形加工出来る技術を確立した。また、アルミの凝着性を改善した結果、表面粗さ $Sa0.03\mu m$ 以下のマルチリフレクタ成形技術が構築できた。

②-2 ワーク送り装置の開発

複数のプレス工程間を精度良く搬送できる送り装置を検討し、複数のプレス工程間を位置精度0.1mm以下で搬送できるワーク送り装置を開発した。

②-3 マルチ用バニシング技術の開発

マルチ用バニシング金型の構造と加工条件の検討を実施した。その結果、押し込み荷重とバニシング回数を最適化にすることにより、プレス成形鏡面の表面粗さがSa0.1 μ mからSa0.03 μ mへ、鏡面性を向上できる効果を確認した。

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

公益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

担当者：山中 義文

TEL : 077-511-1414、FAX : 077-511-1418、E-mail : yamanaka@shigaplaza.or.jp

第2章 本論

2-1 複合プレス加工金型の開発

2-1-1 ヒートシンク成形技術

塑性冷間鍛造の押し出し方法を用いて、ヒートシンクのフィン部の形状を成形する。そのときの金型の主要形状が成形性にどのように影響するか、具体的には材料の加圧方向とフィン部の押し出し方向の組み合わせ、材料が押し出し部に流れ込む部分のR形状、押し出し部に流れ込まずに滞留する材料による成形への影響が考えられる。有限要素法解析による事前検討を行いフィン形状の長さ/厚み比3以上（同時複数フィン成形）を目指す。

i) 横形フィン押し出し成形

横形フィンは、丸棒を圧縮して横側面のフィン部に材料を流れ込ます側方押し出し方法で成形することとした。

弾塑性有限要素法による事前検討は、図1に示すような横形フィン成形モデルで実施した。

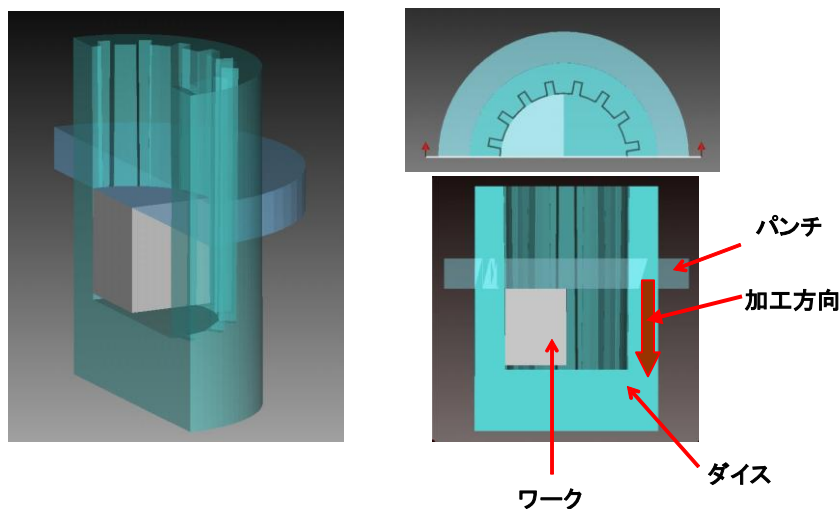


図1 横形フィン成形の有限要素法解析モデル

図2に時間毎の有限要素法解析結果を示す。上部パンチにより材料が圧縮され、ダイス内面に材料が大きな圧力で押し付けられ、引き続いてダイスの凹部(フィン部)に急激に流れ込んでいることが解明できた。

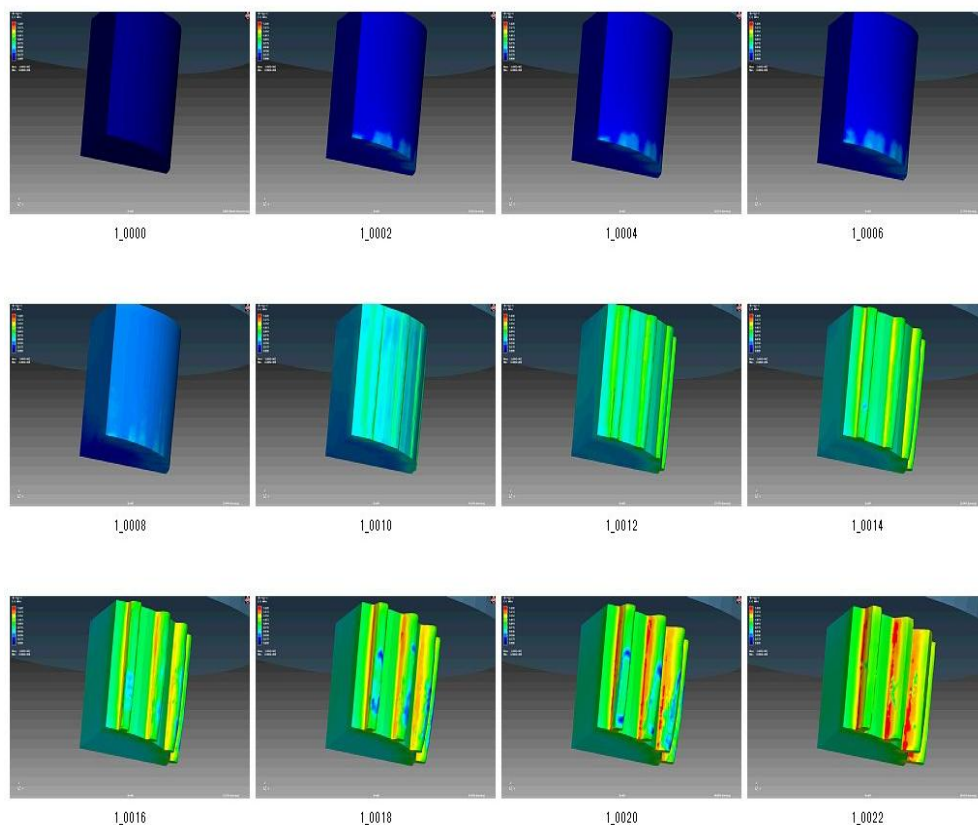


図 2 横形フィン成形の有限要素法解析結果

有限要素法解析結果をもとに金型を製作し、プレス成形検証を行った。図 3 に検証した横形フィンの成形品を示す。全ての横形フィンが精度よく成形されており、横形フィンが成形可能であることが検証できた。



図 3 横形フィンの成形品

また、材料が横形フィンに流れ込む部分の角部の R 形状を変えて成形実験を行ったところ、フィン長さが R 形状に影響される傾向がつかめた。

ii) 縦形フィン押し成形

縦形フィンは、丸棒を圧縮してダイス下面のフィン部に材料を流れ込ます前方押し方法で成形することとした。

弾塑性有限要素法による事前検討は、図 4 に示すような縦形フィン成形モデルで実施した。

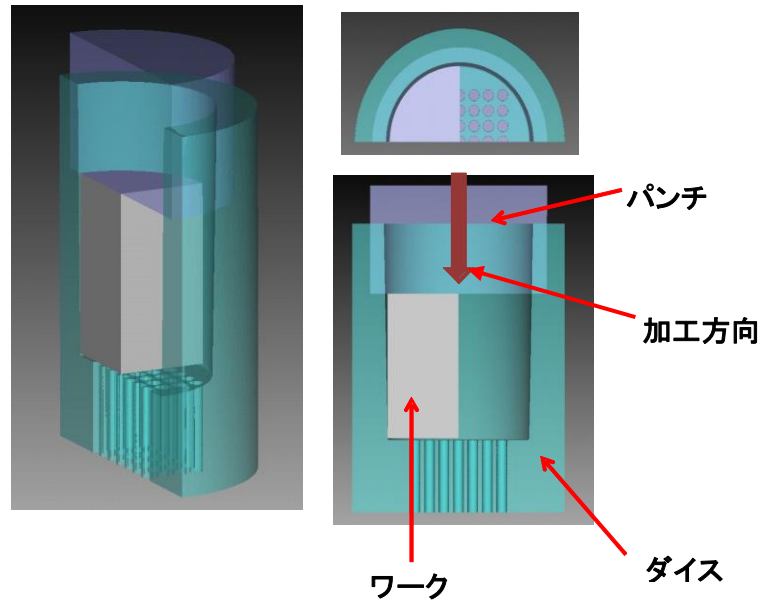


図4 縦形フィン成形の有限要素法解析モデル

図5に時間毎の有限要素法解析結果を示す。上部パンチにより材料が圧縮され、ダイス内面下部に材料が大きな圧力で押し付けられ、引き続いてダイスの孔部(フィン部)に流れ込んでいることが解明できた。

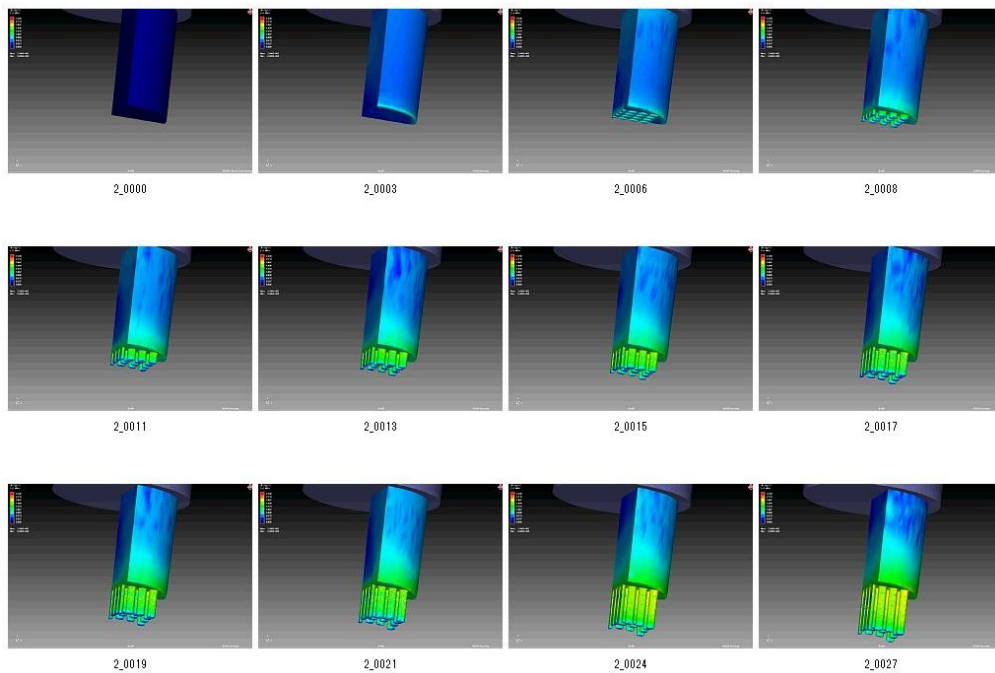


図5 縦形フィン成形の有限要素法解析結果

有限要素法解析結果をもとに金型を製作し、プレス成形検証を行った。図6に検証した縦形フィンの成形品を示す。フィン外径 ϕ 3mm に対しフィン長さ9~18mm でフィン形状の長さ/厚み比3~6 となっており、目標の長さ/厚み比3.0 以上を達成した。



図6 縦形フィンの成形品

また、材料が縦形フィンに流れ込む部分の角部の R 形状を変えて有限要素法解析を行ったところ、フィン長さが R 形状に影響されることがわかった。

さらに、縦形フィンのピッチを変えて成形実験を行ったところ、フィンの成形長さが変わり、底面に滞留する材料の量が成形長さに影響することがわかった。

2-1-2 複合鍛造技術の開発

鏡面の据え込み成形とフィンの押出し成形を同時に行う金型の基本構想設計や、有限要素法解析を行うとともに詳細設計を行い、試作・検証実験を行った。また、放熱や反射特性についての評価も行なう。さらにリフレクタ表面の品質向上に取り組み、据え込み成形と押出し成形を組み合わせた複合鍛造技術を開発する。

i) リフレクタ表面の品質向上

リフレクタの鏡面性のさらなる向上及びプレス成形性の安定化を図ることを目的に、鏡面部の白化原因となっていたアルミの凝着を改善させるため、プレス油の最適化及びパンチへの表面処理について検討を実施した。その結果、図7に示すように、リフレクタ鏡面部の表面粗さ $Sa0.02\mu m$ 以下で、反射特性が目標比較品（切削品）と同等以上のリフレクタを安定的に加工できる、鍛造工法による鏡面成形技術を確立した。



表面粗さ $Sa0.009\mu m$
プレス成形品



表面粗さ $Sa0.015\mu m$
ダイヤモンドバイト切削品

図7 プレス成形品とダイヤモンドバイト切削品

この両者のリフレクタをLED照明装置に取り付け、500mm 離れた位置での照度を測定したところ、プレス成形品の中心照度が少し高くなっており、単結晶ダイヤモンドバイトで精密切削したリフレクタモデルと同等以上の反射特性であることを評価できた。

ii) 複合鍛造の有限要素法解析

ヒートシンク成形と鏡面成形を同時に行う金型工程や構造を検討するため、有限要素法解析を行なった。

解析は弾塑性有限要素法によって、図8に示すような複合鍛造成形（横型フィン）モデルで実施した。

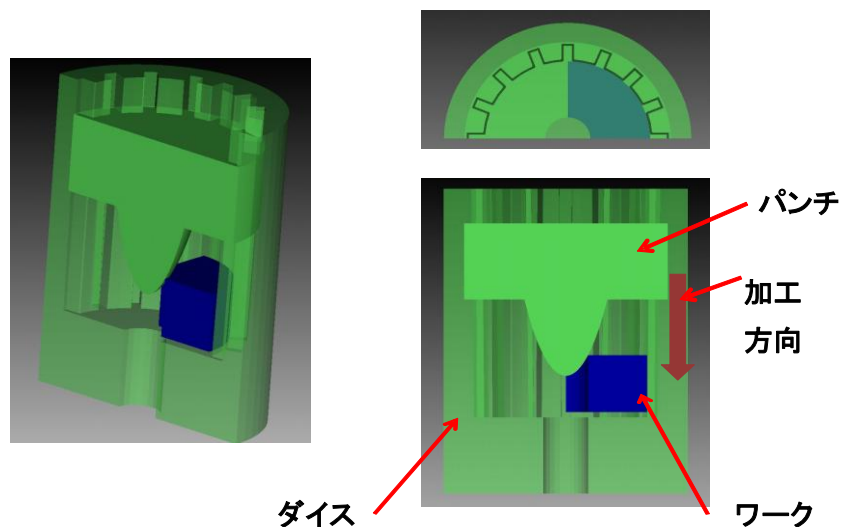


図8 複合鍛造成形（横型フィン）の有限要素法解析モデル

図9に時間毎の有限要素法解析結果を示す。パンチの鏡面部が鏡面が成形された後、ダイスのフィン部に急激に流れ込んでいることが解明できた。この結果をもとに金型を複合鍛造金型を設計製作し、ヒートシンクと鏡面部を同時に成形できる複合鍛造技術を開発した。

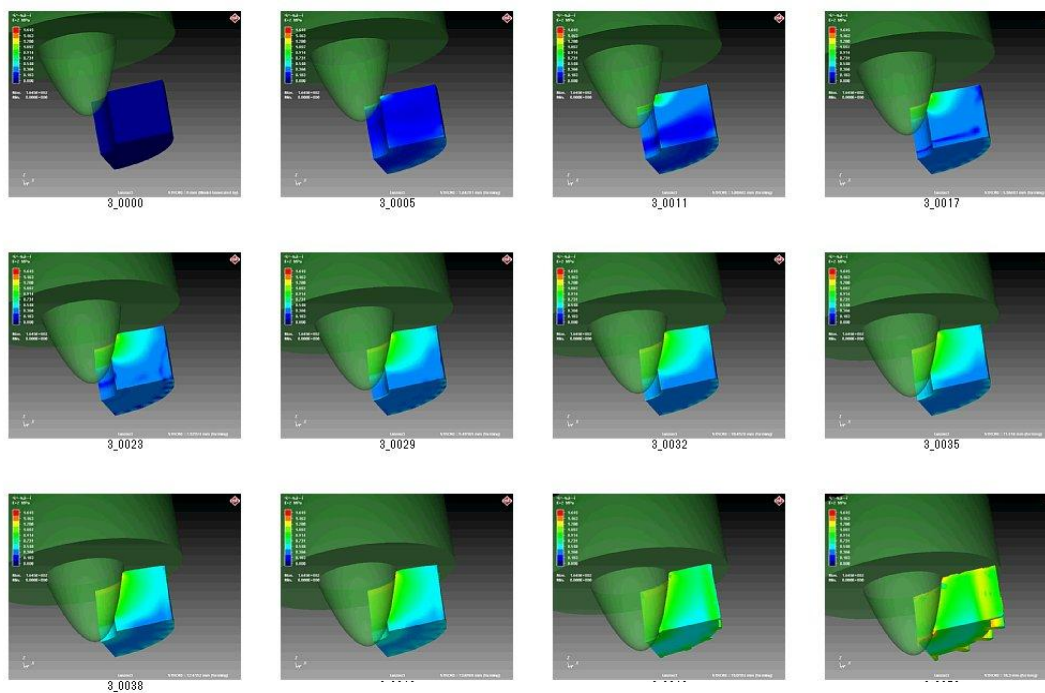


図9 複合鍛造成形（横型フィン）の有限要素法解析結果

図10に複合鍛造成形（縦型フィン）の有限要素法解析結果を示す。パンチの鏡面部が成形された後、ダイスのフィン部に急激に流れ込んでいることがわかる。この結果をもとに金型を複合鍛造金型を設計製作し、ヒートシンクと鏡面部を同時に成形できる複合鍛造技術を開発した。

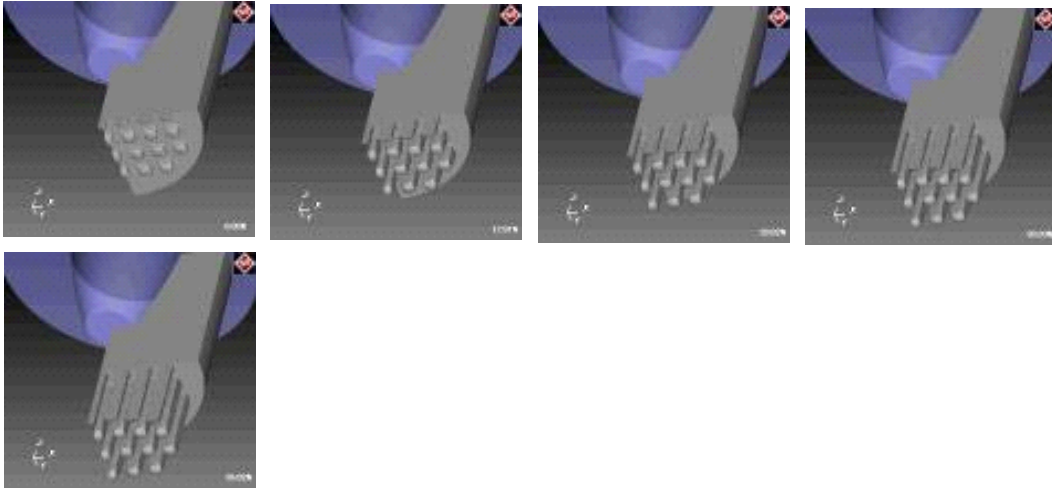


図 10 複合鍛造成形（縦型フィン）の有限要素法解析結果

iii) ヒートシンクの熱解析

ヒートシンクの放熱特性を調べるため、有限要素法熱解析を実施した。

図 11 は熱解析に用いたモデルである。図 12 は解析結果（飽和状態の温度分布）である。実物による温度測定結果と温度分布が合致しており、ヒートシンク形状の検討に活用できることがわかった。

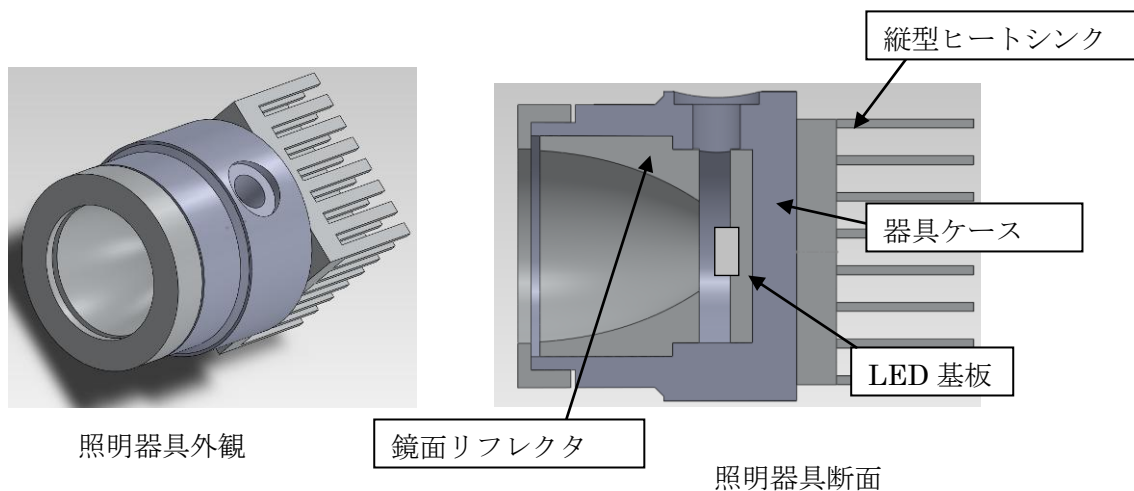


図 11 熱解析に用いたモデル

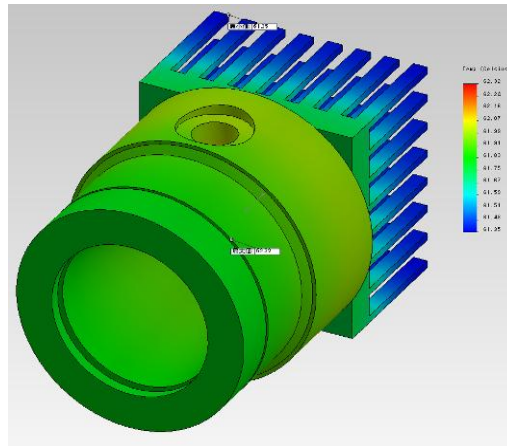


図 12 熱解析の結果（飽和状態の温度分布）

2-1-3 材料による影響

アルミニウム材料の種類は数多くあるが、材質等が鏡面性（表面粗さ）や洗浄性にどれだけの影響を与えるのか、また据え込み・押出し加工、バニシング加工にどれだけの影響を与えるのか検証を行い、最適な材質を選定する。

i) 成形における材質の影響

据え込み・押出し加工やバニシング加工において、アルミ材料の材質を変えて成形加工実験を行った結果、材質による成形時の割れや鏡面の成形性などの加工技術の構築ができた。

ii) 洗浄性について

プレス加工品にはプレス加工油などが付着しており洗浄が必要であるが、アルミなど軟らかい材質で且つ鏡面を持つプレス成形品はキズが付き易い。そこで、洗浄方法や洗浄条件について検討を行い、最適な洗浄方法を見出した。図13は墨汁によるぬれ性評価の結果である。墨汁がはじかず、脱脂が行われていることがわかる。



油が付着しており、墨汁がはじいている。

脱脂ができ、墨汁がぬれる。

図 13 墨汁によるぬれ性評価の結果

また、図14に示す独自脱気装置を備えた超音波洗浄装置を用いることにより、リフレクタの鏡面にダメージを与えず且つ洗浄効果が高い洗浄方法を見つけることが出来た。

また、酸性電解イオン水を洗浄に用いることにより、表面をさらに滑らかにするエッチング効果が確認でき、リフレクタ表面粗さの精度向上に寄与することが検証できた。



図 14 独自脱気装置を備えた超音波洗浄装置

なお、図 15 に示す恒温恒湿槽を用いて洗浄品の高温高湿度環境試験を行った。その結果、温度 50°C、相対湿度 95%、400 時間において鏡面部の変化は見られなかった。



図 15 恒温恒湿槽

2-2 マルチ反射鏡のプレス加工成形技術の開発

2-2-1 マルチ加工金型の開発

一枚のアルミニウム板内に複数個の反射鏡を成形する加工金型を、個別成形、あるいは同時成形を検討し試作開発する。開発したマルチ反射鏡金型を用いて試作トライを行なう。そして、リフレクタ間距離 (L) がリフレクタ直径の $1/3$ 以下のマルチ反射鏡を成形加工出来る金型を製作する。

i) リフレクタ間距離

板材の成形において複数個の鏡面を狭い間隔で成形することは難しい。図 16 は実験に用いたマルチリフレクタ成形金型の成形品形状図である。リフレクタ間距離 (3mm) はリフレクタ直径 (16mm) の $1/6$ である。

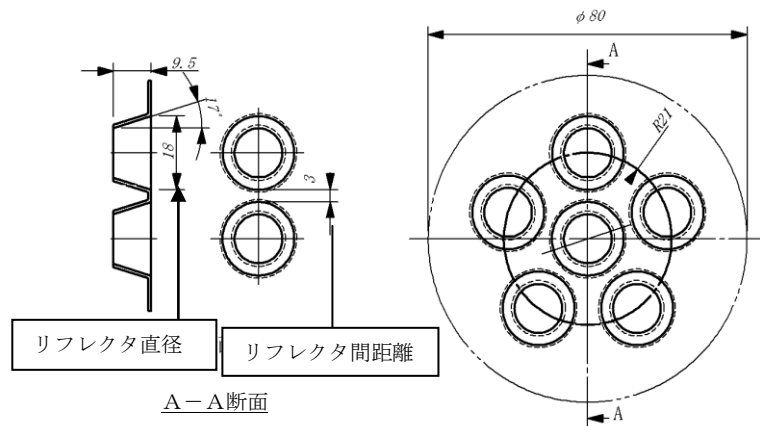


図 16 マルチリフレクタ形状図

図 17 は実験でプレス成形したマルチリフレクタ成形品である。図 16 に示す寸法どおりに成形されており、リフレクタ間距離がリフレクタ直径の 1/3 以下の目標を達成した。



図 17 マルチリフレクタ成形品

ii) 成形鏡面の表面粗さ

成形方法やプレス加工油やパンチ表面処理などの影響などを調べ、最適な成形条件を見出した。図 18 にマルチリフレクタのプレス成形鏡面を示す。鏡面は Sa 0.03 μm の表面粗さとなった。



図 18 マルチリフレクタのプレス成形鏡面

iii) 連続成形時の鏡面白色化と対策

マルチリフレクタの成形加工を連続して行う（連続成形）と、成形品の鏡面部が白色化した。そこで、連続加工した時のパンチと成形品の白色化状況を詳細に調べ、パンチの表面処理（コーティング）と加工油を変えたときの白色化の影響を調べた。

その結果、白色化は、連続成形加工でパンチ表面にアルミニウムが凝着し、これが転写されて成形品表面に微細な凹凸を形成し、光の乱反射で白く見えていることがわかった。

材料 A, B, C を表面コーティングした3種類のパンチと、A, B の2種類のプレス加工油を組み合わせて連続加工実験を行ったところ、プレス加工油 A では、パンチ B とパンチ C は白色化し表面粗さが1個目成形品 Sa0.03 μ m から20個目成形品 Sa0.10 μ m と悪化した。パンチ A はほとんど変化せず、パンチ表面コーティングが影響することがわかった。またプレス加工油 B では、パンチ A, B, C とも連続加工しても白色化せず表面粗さも変化しなく、プレス加工油が大きく影響することがわかった。

2-2-2 ワーク送り装置の開発

生産性の観点からプレス金型でアルミニウム板材を打ち抜き加工、据え込み加工、バニシング加工と連続的に加工していくことになることから、複数のプレス工程間を精度良く搬送できる送り装置を検討し、複数のプレス工程間を位置精度 0.1mm 以下で搬送できる送り装置の開発を目指す。

マルチリフレクタ成形品は複数個の成形鏡面を持っており、鏡面を1個ずつ加工するためにバニシング金型を複数個配置するか、マルチリフレクタ成形品を動かして1個のバニシング金型の下に1個ずつ成形鏡面を持ってくる必要がある。

しかし、製品によって異なるがダウンライトのマルチリフレクタなど1個1個のリフレクタの間隔が狭いものがあり、バニシング金型同士が干渉するため複数個配置できず、マルチリフレクタ成形品を動かす必要がある。また、プレス成形金型とバニシング金型では、加工のタイミングが異なるため、プレス機から取り出してバニシングを行う鏡面プレス用送り装置を開発した。この開発においてマルチリフレクタ成形品を動かす方法について検討を行い、マルチリフレクタを正確に動かし、かつバニシング加工力を受けても動かない送り装置を設計・製作した。図 19 に開発した鏡面プレス用送り装置の写真を示す。

この送り装置を用いることにより、マルチリフレクタ成形品を搬送位置からバニシング位置までの搬送する精度は、位置精度 ± 0.05 mm、複数個の成形鏡面をバニシング位置に搬送する装置の位置精度 ± 0.02 mm で搬送されており、目標とする位置精度 0.1mm 以下を達成した。



図 19 開発した鏡面プレス用送り装置の写真

2-2-3 マルチ用バニシング技術の開発

単品の鏡面のバニシング加工はこれまでの研究で行ってきており、この結果をもとにマルチのバニシング加工について、マルチ用バニシング金型を設計・製作し、検証を行うとともに、表面粗さ $Sa0.02\mu m$ を目指す。

i) ローラバニシングの原理

図 20 は、ローラバニシングの原理図である。図に示したワーク保持ダイスにマルチリフレクタ（反射鏡）試料を取り付け、ローラバニシング工具を回転させながらこの試料に押し当て、リフレクタ面に接触したローラは工具の回転を従動して回転し、リフレクタ面の凹凸を押し潰す。これにより、ローラはリフレクタ面に擦り傷をつけることなく鏡面に成形される。

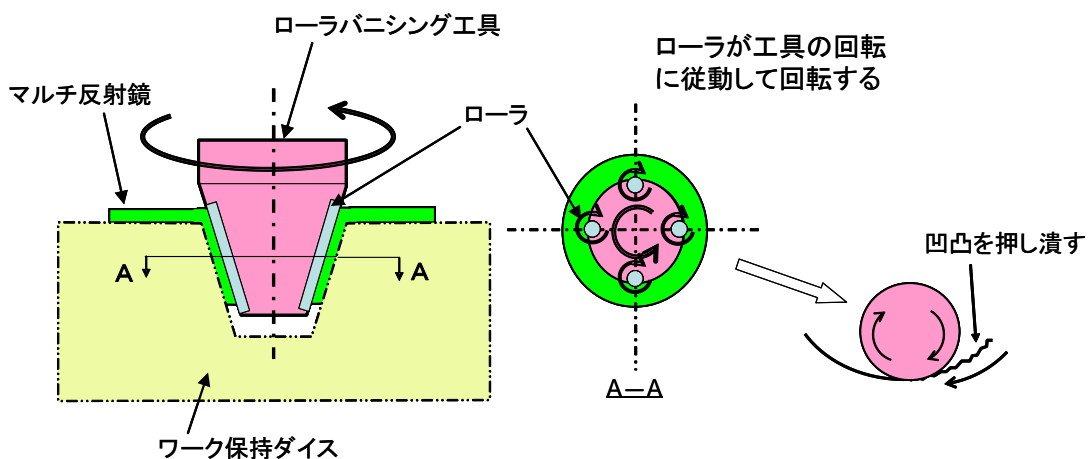


図 20 ローラバニシングの原理図

ii) 押し付け荷重と表面粗さ

表面粗さ Sa0.1 μm のプレス成形鏡面を用いて、ローラバニシング工具の押し付け荷重による表面粗さの改善について調べた。

図 21 にローラバニシング加工後の表面粗さを示す。図より押し付け荷重を 50kg、100kg とすると、表面粗さ Sa0.1 μm が Sa0.03 μm に改善している。このことから、ローラバニシング加工が有効であることがわかった。

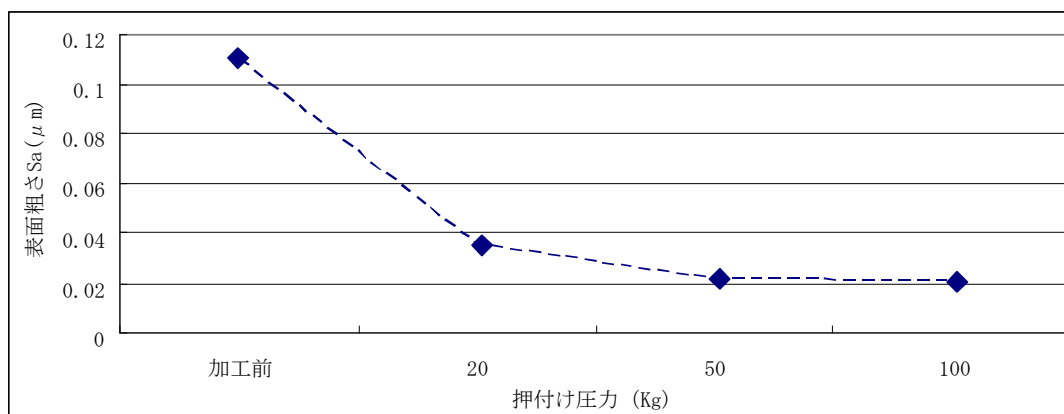


図 21 バニシング加工後の表面粗さ

第3章 総括

高輝度 LED 照明用反射鏡の生産は、現在、プラスチック射出成形品の表面にアルミ蒸着処理したものを用いているが、プラスチックの劣化、放熱性、反射率などの課題がある。

本研究開発では、これらの課題を解決するために、非劣化、高放熱性のアルミニウム材を用いた LED 照明用自己冷却反射鏡を金属プレス加工工法のみで作製する新規高度プレス加工技術を開発した。これらの高輝度用アルミ反射鏡は高精度、高品位、短納期、環境配慮を達成し、部材加工産業に貢献できるものである。

本研究開発により得られた成果は以下のとおりである。

1. 冷間プレス加工工法でアルミ一体品のリフレクタ鏡面加工技術が構築できた。また、この技術についても特許出願化を図れた。(リフレクタ鏡面部の表面粗さは Sa0.02 μm 以下を達成)
2. アルミ板材から成形し、鏡面部の表面粗さ Sa0.03 μm 以下で、リフレクタ間距離がリフレクタ直径 1/3 であるマルチリフレクタの鏡面加工技術を確立できた。
3. リフレクタの成形方法において有限要素法解析で検証し、実証検証との照合性が図れプレス鍛造工法におけるリフレクタ成形の技術ノウハウとして確立できた。
4. 鏡面用特殊金型パンチの開発が図れ、低摩擦で成形するとともにアルミ材の凝着が少ない油の開発も含めて構築できた。
5. 独自脱気装置を備えた超音波洗浄装置を用い、鏡面リフレクタの精密脱脂洗浄方法を開発した。また、酸性電解イオン水洗浄工程でもエッチング効果が確認でき、リフレクタ表面粗さの精度向上に寄与することが検証できた。

研究開発の最終年度に当たり事業化につながる活動として、プレス成形した鏡面リフレクタを活用し、スポットライト照明機器（図22）やボラード照明機器（図23）としてのサンプルモデルが製作できた。今後の営業拡販活動に活用し、実用化展開を進めていく。

研究推進面では、6つの研究グループを組織し、グループリーダーを中心に研究を進めるとともに、毎月全員が集まり研究内容の共有化と討議を行う月例会を開催し、研究推進に努めた。また川下産業等より LED 照明情報と技術課題情報等を積極的に入手し本研究開発面に活かすと共に、材料メーカーとの連携で鏡面に適した最適材料にて取り組み、全反射率の高いリフレクタを開発することが出来た。また大学や工業高等専門学校と定期的に技術検討会を持ち、研究活動で直面する課題について直接指導を受け、研究を飛躍的に高めることが出来た。



図22 スポットライト照明機器
(サンプルモデル)



図23 ボラード照明機器
(サンプルモデル)