

平成 21 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「情報家電に搭載される LED 機能部品の低コスト生産技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成 22 年 3 月

委託者 関東経済産業局

委託先 財団法人群馬県産業支援機構

目次

第1章 研究開発概要

1-1 研究開発の背景・研究目的

1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者名簿、協力者

1-3 成果概要

1-4 当該プロジェクトの連絡窓口

第2章 反射面形成リードフレーム製造方法の考案

第3章 反射面形成リードフレーム製造装置（プレス金型）設計及び製作

第4章 反射面形成リードフレームに対応した特願 2007-106574 製作

第5章 プレス加工技術構築

第6章 めっき技術構築

第7章 全体概要

第1章 研究開発概要

1-1 研究開発の背景・研究目的

1) 研究の必要性、社会的背景

LED 産業では基本特許の有効期限切れ、新興国の技術向上による国際競争激化に伴い、革新的な低コスト化が急務であった。

2) 研究の目的

本研究の目的は、情報家電に搭載されるLEDについて製造イノベーションを実用化することである。プレス加工において従来の表面実装型LED部材、一部の接着された樹脂が反射面を形成しているリードフレームの代替品、一部の折り曲げ部が反射面を形成しているリードフレーム（以下、反射面形成リードフレーム）の低コスト生産技術を構築する。更に、LEDリフレクタのめっきにおいて、反射率の低下を抑制するAgめっき技術を確立する。

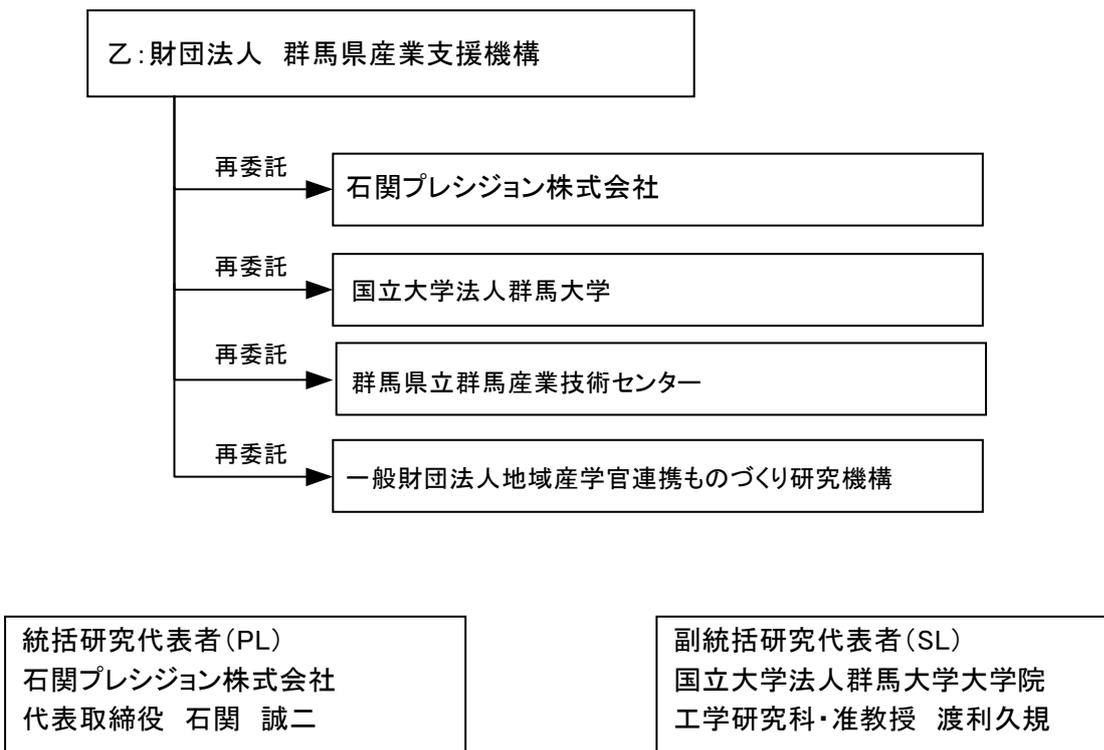
3) 研究の目標

一部折り曲げ部を形成する反射面形成リードフレーム（以下、反射面形成リードフレーム）低コスト生産技術を構築するため、①～⑤の研究開発を行なう。

- 【1】 反射面形成リードフレーム製造方法の考案
- 【2】 反射面形成リードフレーム製造装置（プレス金型）設計及び製作
- 【3】 反射面形成リードフレームに対応した特願 2007-106574 製作
- 【4】 プレス加工技術構築
- 【5】 めっき技術構築

1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者名簿、協力者）

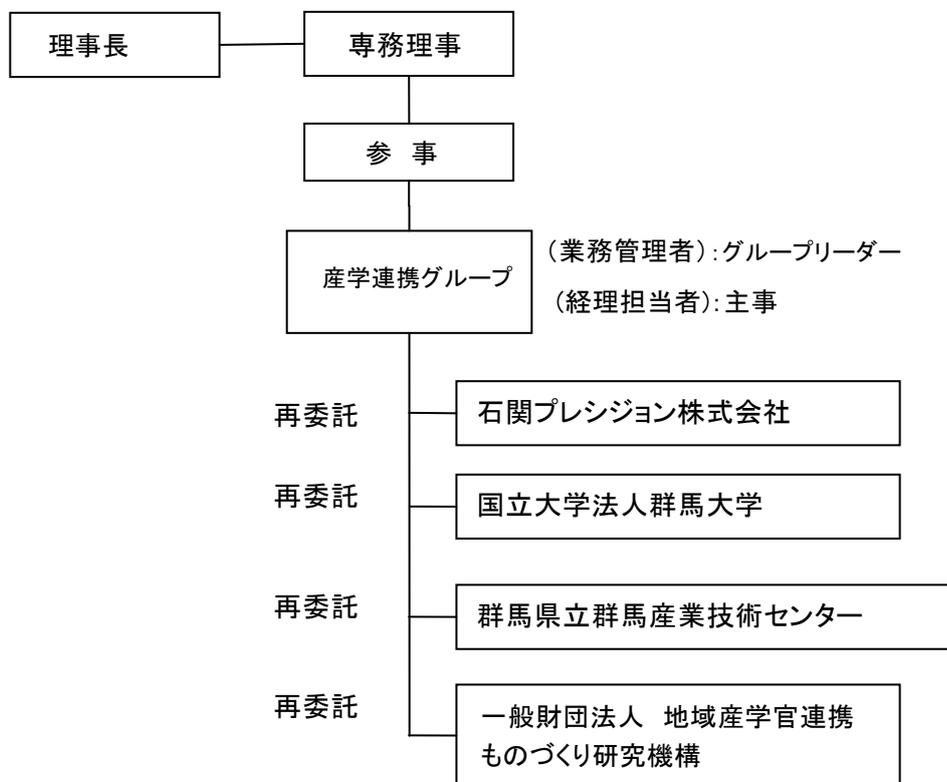
（2）研究組織及び管理体制：



2) 管理体制

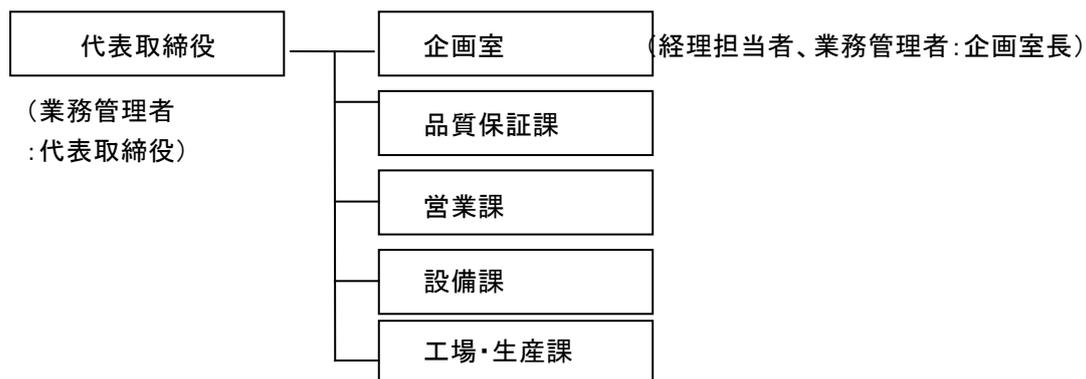
① 事業管理者

[財団法人 群馬県産業支援機構]

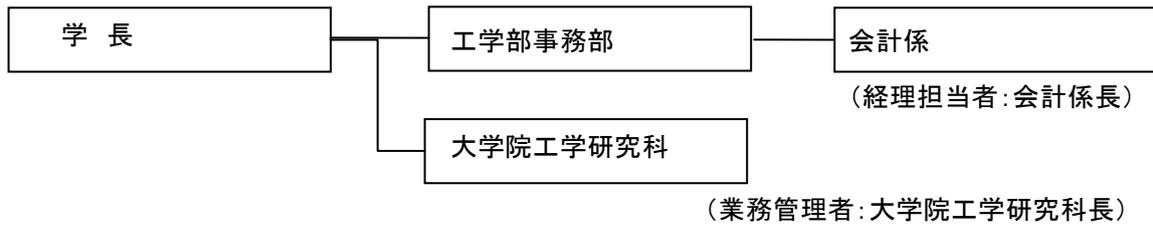


② 再委託先

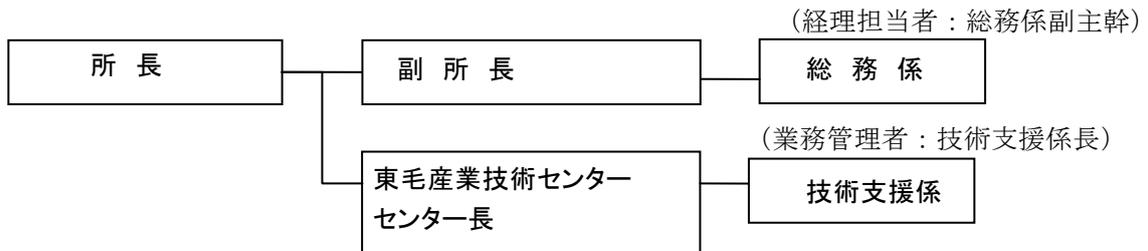
[石関プレジジョン株式会社]



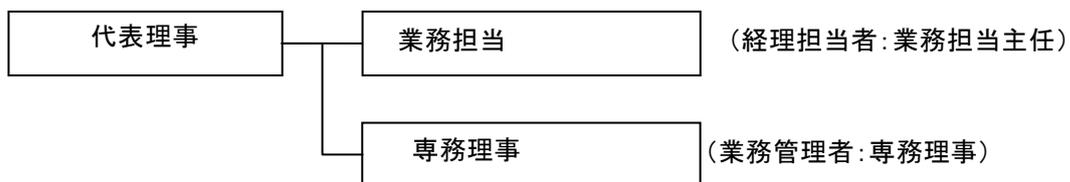
[国立大学法人群馬大学]



[群馬県立群馬産業技術センター]



一般財団法人 地域産学官連携ものづくり研究機構



(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】財団法人群馬県産業支援機構

①管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
藤村 聡	産学連携グループ グループリーダー	⑥
高橋 雅史	産学連携グループ 主事	⑥

【再委託先】

(研究員)

石関プレジジョン株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
石関 誠二	代表取締役	①②③④⑤
石関 成彦	取締役 企画室室長	①②③④⑤
石田 富美男	工場長	④⑤
黒木 貴志	設備課長	④
羽鳥 幸信	品質保証課長	④
新井 和幸	設備課係長	④
大西 学	営業課係長	④⑤
島津 光雄	設備課	④⑤
金澤 広之	設備課	④⑤
河合 秀治	生産課係長	④
樺澤 輝夫	生産課	④

国立大学法人 群馬大学(大学院)

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
渡利 久規	工学研究科 准教授	①④

群馬県立群馬産業技術センター(東毛産業技術センター)

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
小谷 雄二	技術支援係 独立研究員	①④

一般財団法人 地域産学官連携ものづくり研究機構

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
久米原 宏之	常務理事	①④⑤

(3) 経理担当社及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

財団法人 群馬県産業支援機構

(経理担当者) 産学連携グループ 主事 高橋 雅史
(業務管理者) 産学連携グループ グループリーダー 藤村 聡

(再委託先)

石関プレジジョン株式会社

(経理担当者) 企画室 室長 石関 成彦
(業務管理者) 代表取締役 石関 誠二
企画室 室長 石関 成彦

国立大学法人群馬大学大学院

(経理担当者) 工学部事務部会計係長 須藤 正義
(業務管理者) 大学院工学研究科長 板橋 英之

群馬県立群馬産業技術センター

(経理担当者) 総務係副主幹 阿部 正
(業務管理者) 主席研究員 技術支援係長 小畑 剛

一般財団法人 地域産学官連携ものづくり研究機構
 (経理担当者) 業務担当主任 小林 恭
 (業務管理者) 専務理事 甲本 忠史

(4) 他からの指導・協力者

開発推進委員会 委員

氏名	所属・役職	備考
石関 誠二	石関プレシジョン株式会社 代表取締役	研究員 PL
石関 成彦	石関プレシジョン株式会社 企画室室長	研究員
渡利 久規	国立大学法人群馬大学大学院 工学研究科准教授	SL
小谷 雄二	群馬県立群馬産業技術センター(東毛産業技術センター)独立研究員	研究員
久米原 宏之	一般財団法人 地域産学官連携ものづくり研究機構 常務理事	研究員
藤村 聡	財団法人群馬県産業支援機構 産学連携グループグループリーダー	事業管理者
高橋 雅史	財団法人群馬県産業支援機構 産学連携グループ主事	事業管理者
八代 仁	国立大学法人岩手大学大学院 教授	アドバイザー

1-3 成果概要

- 【1】 反射面形成リードフレーム製造方法の考案
LED 機能特性を考慮した反射面形成リードフレームを設計し、金型構造や部品加工方法を検討し、金型図面を完成した。
- 【2】 反射面形成リードフレーム製造装置（プレス金型）設計及び製作
プレス性を考慮したプレス金型を開発した。
- 【3】 反射面形成リードフレームに対応した集積装置製作
反射面形成リードフレームを集積する構造や部品を検討し、図面を完成した。
- 【4】 プレス加工技術構築
成形加工条件等の機械制御を含めて検討し成形トライをした。
- 【5】 めっき技術構築
めっき条件を検討しめっきトライをした。

1-4 当該プロジェクトの連絡窓口

管理団体：財団法人群馬県産業支援機構
 担当：産学連携グループグループリーダー 藤村 聡
 産学連携グループグループ主事 高橋 雅史
 住所：〒371-0854 群馬県前橋市大渡町 1-10-7 群馬県公社総合ビル 2 階
 電話番号：027-255-6601

第2章 反射面形成リードフレーム製造方法の考案

○目的

従来は図1-1に示すようにリフレクタ用リードフレーム用金型と電極用リードフレーム用金型の2つの金型を用いて成形するリードフレームを、図1-2に示すようにカシメ成形することにより一つの金型内で成形することの出来る反射面形成リードフレームの製造方法を考案する。

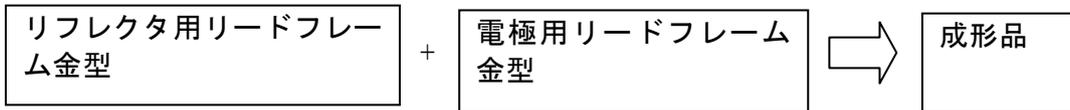


図1-1 従来成形方法

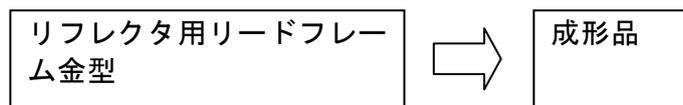


図1-2 提案する製造方法

○具体的方法

1) リードフレーム内のリフレクタと電極の距離について、1/2に短縮できる反射面形成リードフレーム製造方法を考案し、フレーム製造装置（金型）の設計を行う。

○実施機関の担当項目

石関プレジジョン(株)：リードフレーム製造方法の考案。フレーム製造装置（金型）の設計。

群馬大学：リードフレーム製造方法の考案。

東毛産業技術センター：リードフレーム製造方法の考案。

ものづくり研究機構：リードフレーム製造方法の考案。

○結果

結果1. リードフレーム内のリフレクタと電極の距離について、1/2に短縮できる反射面形成リードフレーム製造方法を考案

LEDは、図1-3、図1-4に示すようにワイヤー線で電極と結ばれて発光する。一部の折り曲げ部が反射面を形成するリードフレームを1枚の金属板から成形する場合、図1-5、図1-6に示すように電極とリフレクタの距離は折り曲げ分の高さhと同じ距離が必要となる。しかし、ワイヤー線の断線防止や、加工の観点から電極とリフレクタの距離は短いことが望ましい。そのため、表面実装型LED（レンズなし）の部品であるT-3000図1-7、図1-8、図1-9と表面実装型LED（レンズあり）の部品であるT-4000図1-10、図1-11を使用した。電極とリフレクタの距離を本来折り曲げ加工のために必要となる距離の半分の距離に短縮した形状を目的の形状とし、図1-12、図1-13に示すようにリードフレームの工夫を用いて距離を短縮する製造方法を考案した。図1-14～図1-16に、この方法を用いてリードフレームを製造するために設計した製造装置（金型）の図面を示す。また、この製造装置を用いて成形した製品の写真を図1-17～図1-20に示す。図1-17、図1-19の成形品の写真により、リードフレームの工夫を用いて距離を短縮する方法が有効であることを確認した。

図1-3 LED、リフレクタ、ワイヤー線、電極

図1-4 LED、リフレクタ、ワイヤー線、電極

図1-5 曲げ加工により必要となる電極とリフレクタの距離

- 図 1-6 目的とする電極とリフレクタの距離
- 図 1-7 表面実装型 LED（レンズなし）T-3000 の最終製品イメージ写真
- 図 1-8 T-3000 の用途（次世代パネル）1
- 図 1-9 T-3000 の用途（次世代パネル）2
- 図 1-10 表面実装型 LED（レンズあり）T-4000 の最終製品イメージ写真
- 図 1-11 T-4000 の用途（明かり）
- 図 1-12 製造方法の考案 T-3000
- 図 1-13 製造方法の考案 T-4000
- 図 1-14 製造装置（金型）組図 T-3000 Top
- 図 1-15 製造装置（金型）組図 T-3000 Side
- 図 1-16 製造装置（金型）組図 T-4000 Top Side
- 図 1-17 製造装置（金型）を使用し成形した製品 T-3000（1）
- 図 1-18 製造装置（金型）を使用し成形した製品 T-3000（2）
- 図 1-19 製造装置（金型）を使用し成形した製品 T-4000（1）
- 図 1-20 製造装置（金型）を使用し成形した製品 T-4000（2）

○考察と結論

- ・ 電極とリフレクタの距離を本来折り曲げ加工のために必要となる距離の半分の距離に短縮した形状で製造することの出来る製造方法を考案した。
- ・ 吊りリードを利用することにより、電極とリフレクタの距離を短縮することの効果を実際の製造装置を用いて確認した。

第 3 章 反射面形成リードフレーム製造装置（プレス金型）設計及び製作

【2】反射面形成リードフレーム製造装置（プレス金型）製作

○目的

反射面形成リードフレームを金属で成形する製造装置（プレス金型）製作を実施する。

○具体的方法

1) リードフレーム内のリフレクタと電極の距離について、1/2 に短縮できる反射面形成リードフレーム製造装置（金型）の製作を行う。

○実施機関の担当項目

石関プレシジョン(株)：リードフレーム製造装置（金型）の製作。

○結果

結果 1. 図 2-1～図 2-4 で金型部品加工、金型組み付けを行い、リードフレーム内のリフレクタと電極の距離について、1/2 に短縮できる反射面形成リードフレーム製造装置（金型）の製作、図 2-5～図 2-8 を確認した。

- 図 2-1 金型部品加工
- 図 2-2 金属は手の温度で μ 台の膨張をする
- 図 2-3 部品加工（仕上げ）
- 図 2-4 金型組み付け
- 図 2-5 リードフレーム製造装置（金型）T-3000 上型
- 図 2-6 リードフレーム製造装置（金型）T-3000 下型

図 2-7 リードフレーム製造装置（金型）T-4000 上型

図 2-8 リードフレーム製造装置（金型）T-4000 下型

○考察と結論

- ・ リードフレーム内のリフレクタと電極の距離について、1/2 に短縮できる反射面形成リードフレーム製造装置を製作することができた。

第 4 章 反射面形成リードフレームに対応した集積装置製作

【3】反射面形成リードフレームに対応した集積装置製作

○目的

反射面形成リードフレーム集積装置製作を実現する。

○具体的方法

- 1) 現状板厚 0.3mm 対応の折り曲げ部付リードフレームに対して、キャッチ部の面積が少なく、板厚 0.1mm の折り曲げ部付リードフレームに対応したリードフレーム集積装置の考案を行う。

○実施機関の担当項目

石関プレジジョン(株)：集積装置の考案。

○結果

結果 1. リードフレーム集積装置の考案

LEDリードフレーム図 3-1 を、集積できるかどうかについて、受け軸駆動させることによるリードフレーム集積装置の考案を図 3-1～図 3-5 により考案した。

図 3-1 リードフレーム集積装置の設計図 3-1

図 3-2 リードフレーム集積装置の設計図 3-2

図 3-3 リードフレーム集積装置の設計図 3-3

図 3-4 リードフレーム集積装置の設計図 3-4

図 3-5 リードフレーム集積装置の設計図 3-5

○結論

- ・ 反射面形成リードフレーム集積装置を考案することができた。
- ・ 考案したリードフレーム集積装置の製図を行い、図面上での検証することができた。

第 5 章 プレス加工技術構築

○目的

金型形状やサーボプレスを利用することによって可能になるスライドモーションなどの加工条件を品質工学の手法を用いることにより、形状精度のよい加工が実現できる条件を確認し、形状不良のない反射面形成リードフレームプレス加工技術構築を確立する。

○具体的方法

- 1) 形状精度を高めるにあたり、金型形状やサーボプレスを利用することによって可能になるスライドモーションなどの加工条件の内、形状精度に影響すると思われる因子を特定する。

- 2) シミュレーションにてプレス成形を実現するための材料強度を調べるために、強度試験を実施する。
- 3) 強度試験により得られた材料データをもとに、形状精度に影響すると思われる因子の条件を変え、品質工学の手法を用いて、各因子の形状精度への影響を調べ、最適な加工条件を決定する。
- 4) プレス成形により、形状精度を検証する。

○実施機関の担当項目

石関プレジジョン(株)：プレス成形実験。成形条件の因子の特定。

群馬大学：成形条件の因子の特定。成形シミュレーション。

東毛産業技術センター：成形条件の因子の特定。材料強度試験。
成形シミュレーション。

ものづくり研究機構：成形条件の因子の特定。

○結果

結果 1. 形状精度に影響する因子を特定

反射面形成リードフレームのLEDの固定周りが図4-1に示されるような、中央部がきっちりとプレスの順送方向に平行で、そこから伸びる細い足の部分がきっちりと45度になっている形状を目的の形状としているが、実際はただそのままプレス成形したのみでは図4-2に示されるように中央部が斜めに傾いてしまう現象が起こる。そのため、サーボプレスの特徴ともいえるスライドモーションの自由度を利用して、より高精度に成形するためのプレス成形条件の因子として、スライドを下死点にて微少時間停止することによって形状を理想状態に凍結できるかどうか、また下死点通過後にスライドを戻して再度下死点を通させる二度押しによって形状を理想状態に凍結できるかどうかの2点について、サーボプレスの効果を確認することにした。さらに金型からのアプローチとして、パンチとダイスのクリアランスが変わった場合、すなわちパンチとダイスの角度が異なった場合に、どの程度形状精度が変わるのかを因子として選び、サーボプレスを利用した因子と合わせて表4-1に示す3つの因子の効果を確認することとした。

(a) 真上から見た形状

(b) 斜めから見た形状

図4-1 理想形状

図4-4 中央が傾いたプレス成形品

表4-1 形状精度を確認する条件の因子

2. 強度実験

シミュレーションにてプレス成形を実現するための基礎的な材料物性値を取得することを目的として、強度試験を行った。

反射面形成リードフレームと同材料（C5191-1/2H、板厚0.15mm）で、JIS Z2201 5号試験片を下記3種類の方向で作製した。

- ・0° 試験片（板の圧延方向に対し平行に採取）
- ・45° 試験片（板の圧延方向に対し45°方向に採取）
- ・90° 試験片（板の圧延方向に対し90°方向に採取）

万能材料試験機（インストロン製5582型+ビデオ伸び計SVE、図3）を用いて、上記の試験片を引っ張った。破断試験とヤング率の測定は別個に実施し、ヤング率の測定はひずみゲージを使用して弾性域の挙動を取得した。

また、製品のプレス成形は工場での常温で行うことになるため、試験環境の温度を熱電対にて計測することによって、工場での成形環境と変わらない環境での実験であることを確

認した。温度は試験片および試験片周りの環境について、熱電対および放射温度計を用いて計測した。その一例を図 4-4 に示す。

図 4-3 万能材料試験機

図 4-4 引張試験時の温度環境（一例）

2-1. 破断試験

0° 試験片、45° 試験片、90° 試験片を各 3 本ずつ、5mm/分の速度で破断するまで引張試験を行った。0°、45°、90° で材料物性値や応力-ひずみ線図の曲線が異なり、材料の異方性が確認できた。

表 4-2 材料物性値 (0° 試験片)

図 4-5 応力-ひずみ線図 (0° 試験片)

表 4-3 材料物性値 (45° 試験片)

図 4-6 応力-ひずみ線図 (45° 試験片)

表 4-4 材料物性値 (90° 試験片)

図 4-7 応力-ひずみ線図 (90° 試験片)

2-2. ヤング率の測定

0° 試験片を 5mm/分の速度で 5 本引っ張り、ひずみゲージを使用して試験片の引張方向のひずみを取得した。図 4-8 のグラフの傾きからヤング率を算出した。

表 4-5 ヤング率 [GPa]

図 4-8 応力-ひずみ線図 (ひずみゲージ使用)

結果 3. 解析による各因子の精度への影響

結果 1 の表 4-6 による各因子を品質工学手法の L4 直交表に割り当て各条件のシミュレーションを行った。シミュレーションを行った L4 直交表を表 3 に示す。

表 4-6 シミュレーション条件 (L4 直交表)

各条件でのシミュレーション結果を図 4-9 から図 4-12 に示す。

図 4-9 条件 1 のシミュレーション結果

図 4-10 条件 2 のシミュレーション結果

図 4-11 条件 3 のシミュレーション結果

図 4-12 条件 4 のシミュレーション結果

各シミュレーション結果より、結果 1 の図 1 に示した理想形状に最も近い形状を評価するために、図 4-13 に示す各点間の距離を求め、理想形状の各点間との距離と比較し、SN 比を算出した。

評価に用いた点を図 13 に示す。また、それから求めた SN 比による要因効果図を図 4-14 に示す。

図 4-13 評価に用いた成形結果の座標

図 4-14 SN 比による要因効果図

図 4-14 により下死点での停止あり、二度押しあり、パンチ角度 45 度が最もよい条件であり、なおかつ、精度に係わる効果としては、二度押しが最も高く、次いで下死点での停止、最後にパンチの角度という順であることがわかる。

最もよい条件である、下死点での停止あり、二度押しあり、パンチ角度 45 度と最も悪い条件である下死点での停止なし、二度押しなし、パンチ角度 35 度のシミュレーション結果を図 4-15 と図 4-16 に並べて示す。

図 4-15 最適条件と最悪条件の比較(上から見た図)

図 4-16 最適条件と最悪条件の比較(斜めから見た図)

図 4-15 および図 4-16 から最悪条件では中央の平面部が斜めになり、なおかつ深さ方向に曲がっている部分が丸くなってしまっていることがわかる。

また、図 4-14 の S/N 比の要因効果図より、最悪条件である現在の加工条件を最適条件に改善した場合 30 dB 以上の効果が得られることが示された。このことから、実際にサーボプレスを使用し加工法の改善を行うことにより、金型に対する形状精度の誤差が 10 分の 1 以下になることが予想される。これにより、金型形状と共に、サーボプレスの特性を活かしたスライドモーションによる成形加工が形状精度に有効であることが示され、最適な加工条件を決定することが出来た。

これをもとに生産効率等も考慮に入れて反射面形成リードフレームの成形加工条件を決定した。

結果 4. プレス成形実験

結果 3 に基づいて、実際の生産効率等も考慮に入れた上で、成形条件を決定した。また、さらに成形精度を高めるために中央の斜めに曲がってしまいやすい部分の金型にガイドを追加し、より高精度加工を実現することにした。

加工結果の一例を図 4-17 に示す。

図 4-17 プレス成形実験結果(一例)

○考察と結論

- ・成形シミュレーションにて実際の加工と同様に中央部が斜めに曲がってしまう現象を再現することが出来た。
- ・材料強度試験に基づいた成形シミュレーションにより成形加工のための最適条件を確立することが出来た。
- ・サーボプレスの特性を活かしたスライドモーションが成形精度に影響し、最適なスライドモーションを用いることによって高精度加工を実現することが可能になることが解明された。
- ・成形シミュレーションにより、加工条件の最適条件を確立することは出来たが、金型のガイドの工夫など、プレス機による条件以外の工夫も今後さらに検討していく価値があると考えられる。

第 6 章 めっき技術構築

1. 目的

光沢材(有機物)を入れない Ag めっき技術を構築するため品質工学による実験を実施し最適加工条件の検証を行う。

1.2 めっき作業工程

図 5-1 に本実験で使った装置の概観を示す。

図 5-1 装置概観

主な物は工程別に分けた槽と処理液の温度を制御する為のヒータ・コントローラ、電解脱脂処理やめっき処理に用いる電源である。

図 5-2、めっき処理槽には不純物ろ過の為の活性炭フィルタと循環ポンプが設置される。

図 5-2 活性炭フィルタと循環ポンプ

図 5-3 に無光沢銀めっき工程に用いる電源を示す。

図 5-3 (無光沢銀めっき工程)

特徴はパルスや PR といった波形の設定が可能。

パルス on・off 時間の設定、PR 正・逆 時間の設定が出来る。

1.2.2 めっき作業工程

次に今回の実験で行っためっき作業の工程を示す。

作業は 15 工程になる。

図 5-4 01 アルカリ浸漬脱脂

・ワーク（めっきする金属材料）の汚れを取り除くためにアルカリ性の薬液を調整・加温して使用する。主な目的はワークに付着した油分の除去だが、100%除去出来るわけではない。

図 5-5 02 水洗

・ 次の工程へ前工程の薬品が持ち込まれないためと、浸漬脱脂工程の作用でワーク表面に浮き上がった汚れを洗い流す。

図 5-6 03 電解脱脂

・ ワークに電流を流し、電気分解時に発生する酸素や水素ガスの物理的力で、浸漬脱脂で除去出来なかった汚れを除去する。薬品を加温して使用する。電気の弱い部分の除去力が悪いという欠点がある。

図 5-7 04 水洗

・ 次の工程へ前工程の薬品が持ち込まれないようにする。

図 5-8 05 酸洗

・ ワーク表面をめっき直前にさらに活性化させることを目的とした工程。

図 5-9 06 水洗

・ 次の工程へ前工程の薬品が持ち込まれないようにする。

図 5-10 07 ニッケルめっき

・ このワークのめっきの目的は、「銀めっき」が付いていればよいが、ワーク表面の凸凹を修正するため銀めっきを厚くつけることは高価な原料としての銀を多量に費やすことになる。そこで銀めっきの下地としてニッケルめっきを付ける。

図 5-11 08 水洗

・ 次の工程へ前工程の薬品が持ち込まれないようにする。

図 5-12 09 銀ストライクめっき

- ・ ニッケルめっきにいきなり電気銀めっきを付けると剥離する。これはニッケルと銀とのイオン化傾向によるもので、この両者の関係は通電しなくても銀めっきがついてしまう（置換めっきという）現象で表せる。この置換めっきを防ぐための処方をした薬品で銀ストライクめっきを付ける。しかし厚付めっきが苦手なので次工程でもう一度銀めっきを付ける。

図 5-1 3 10 水洗

- ・ 次の工程へ前工程の薬品が持ち込まれないようにする。

図 5-1 4 11 無光沢銀めっき

・ めっきとしては最終工程だが、光沢剤を用いずにワークを平滑化させることが主眼。本設備では電氣的な調整をメインにしてめっき付を行う。

カソードロッカは化学薬品で反応させた時にワークから発生するガスを振り落とす目的と、槽内を攪拌してワーク表面に常に新鮮な薬品を供給する役目を果たす。動作方向は水平。エア－攪拌の場合今回用いる薬品が分解してしまうのでニッケルめっきのようにエア－攪拌は採用できない。

図 5-1 5 2 水洗（二段）

- ・ 次の工程へ前工程の薬品が持ち込まれないようにする。

図 5-1 6 13 変色防止処理

- ・ 純粋な銀ほどめっき後、酸化（変色）しやすいので、薬品でそれを防ぐ工程。

図 5-1 7 14 水洗

- ・ 次の工程へ前工程の薬品が持ち込まれないようにする。純水を用いて洗浄。

図 5-1 8 15 乾燥

- ・ ドライヤーでワークを乾燥させる。

以上が本実験の一連の工程になる。

1.3 試験片

本実験でめっきを付ける試験片を以下に示す。

図 5-1 9 試験片（左めっき前 右めっき後）

材質：C5191R-1/2H

寸法：18×150×0.15（mm）

2. 実験計画を立てる

2.1 基本機能を考える

本実験では反射を測定することでめっき表面を評価することとした。

測定に用いた装置を図 5-2 0 に示す。

図 5-2 0 ファイバアンプユニット

測定にはファイバアンプユニットを使用した。

対象物体に光を照射すると反射面の光沢度に応じて、反射状態が変わる。光沢度が高い（ツヤがあ

る)場合、投光スポットがそのまま正反射し、光沢度の低い(ツヤがない)場合は、乱反射する違いを受光部のセンサで検出することにより、受光度を判別した。
めっき表面の反射がよい物ほどアンプに表示される数値が大きい。
アンプの投光出力と受光度の比例関係を $y = \beta M$ と定義しこれを本実験の基本機能とした。

2.2 制御因子の設定

制御因子は 1.2.2 で示しためっき作業工程の中で仕上がりに影響が大きいと考えられる因子を抽出した。表 1 に制御因子およびそれらの水準値を示す

因子 A×B、C、D、E は無光沢銀めっき工程、因子 F、G、H は下地に付けるニッケルめっき工程での要因である。

因子 A×B は無光沢銀めっきの際の電流パターンで組み合わせ因子とし 5 水準を設定した。

表 5-1 制御因子と水準

2.3 誤差因子の設定

めっきされた試験片のどの位置でも反射が一定であることが望ましいので誤差因子を測定位置に決めた。測定箇所は試験片の両側で 2ヶ所ずつの計 4ヶ所とした。

2.4 直交表への割り付け

各制御因子を割り付けた L18 直交表を表 5-2 に示す。

表 5-2 めっき実験の L18 直交表

3. 直交表実験

表 5-2 の実験 No. ごとの組み合わせでめっき作業を行い、各試料ごとの反射を測定した。表 3 に測定データを示す。

表中の M はファイバセンサユニットの投光出力設定、N は誤差因子として設定した試験片の測定位置である。

表 5-3 反射測定データ

4. データの加工

4.1 SN 比を用いた解析

反射測定結果から SN 比と感度を求めた。

表 5-4 に実験 No. ごとの SN 比と感度を示す。

表 5-5、表 5-6 に要因効果図を作成するための水準平均を求めた補助表を示す。

表 5-4 実験 No. ごとの SN 比と感度

表 5-5 SN 比の補助表

表 5-6 感度の補助表

4.2 要因効果図

図 5-2 1 に SN 比と感度の要因効果図を示す。

SN 比は測定場所ごとのばらつきに対する強度を表し、感度はめっき表面の反射の良さを表す。

図 5-2 1 要因効果図

5. 実験後の検討

5.1 最適条件の設定

今回の研究においては良いめっき(=反射が良いめっき)なので、感度を優先してみるべきと考え要因効果図(図 21)の感度の値が大きい水準を選ぶと A5, C2, D1, E1, F1, G1, H2 となる。

表 5-7 最適条件

5.2 確認実験

最適条件が本当に再現するのを確認するために利得の推定を行い、利得が再現しなかった場合実験は失敗になる。

これは

- ①基本機能の考え方が間違っている
- ②選んだ因子以外に影響の大きな因子がある。
- ③実験にばらつきがある。

ことなどの理由が考えられる。

6. まとめ

光沢材を入れない Ag めっき技術を構築するため品質工学による実験を実施し最適加工条件の検証を行うにあたり反射のよいめっき表面を形成することを目指し Ag めっき工程での因子、下地のニッケルめっき工程での因子、に重点をおいて実験を進めた。

確認実験を実行し再現性の検証をすることが必要になるが、実験で得られた結果を加味して試料を観察するとめっき厚が薄いものが反射がよいことがわかった。

このことから、反射の良い Ag めっき面を形成するには下地の処理に影響される

第 7 章 全体総括

以上の結論より、本研究は概ね達成でき、量産化の可能性を見せた。今年度開発に対し取引先の意見を取り上げているが、今後の研究に対しても、さらなる協議を行っていく予定である。現況の研究をおこなった本製品は、情報家電に搭載される LED 部品に今後多大な需要が見込まれる。

また、残された課題を研究し早期の実用化を目指す予定である。