

平成 15 年度戦略的基盤技術力強化事業
研究開発成果報告概要

事業管理 法人名	財団法人 大阪産業振興 機構	代表者名	理事 遠藤 義一	所在地	〒540-0029 大阪府中央区本町橋2番5号 Tel : 06-6947-4307
-------------	----------------------	------	-------------	-----	--

管理番号 15K - 14	技術分野 技術区分 技術開発課題 テーマ名 研究開発期間	金型分野 超微細・精密・複雑構造品成形加工金型技術/金型加工技術 超精密・複雑構造品成形加工金型技術/金型加工技術 光学ガラス素子用超精密金型設計・製造技術の確立 平成 15 年 9 月 1 日 ~ 平成 16 年 2 月 27 日
------------------	--	--

1. 委託事業実施の背景と委託事業の概要

ブロードバンド時代に入り、高速通信網上に流れるコンテンツの大容量化・高精細化が進んでいます。これらを実現する為には、高精度なガラス光学素子が必要不可欠であり、その成形方法としてガラスモールドプレスがあります。

しかし、この成形方法は、量産性とコスト、及び非軸対称形状の精度に大きな課題があります。また、これら課題を総合的に克服していく研究開発が殆どないのが現状です。

そこで本事業では、これらモールドプレスの弱点を克服するための金型総合技術を開発し、情報通信産業の発展に貢献することを狙いとしています。

2. 委託事業全体の内容と目標

(1) 技術の内容と新規性、独創性、改善性又は技術基盤強化性

技術の内容

本研究の目的は、先述のガラスモールドプレスの弱点を克服するための金型総合技術を開発し、情報通信産業の発展に貢献することを狙いとしています。

ここで開発する金型総合技術とは、次の三点を内容としています。第一は、成形後のガラスの収縮変化を予測し、設計に反映する解析手法の開発であり、第二は、サイクルタイム短縮と金型寿命向上に資する最適な金型材と表面処理、及び金型構造の組み合わせを開発あるいは見つけ出す最適金型設計手法の確立であり、第三は、非軸対称形状（主としてアレイ形状）を対象とした加工方法、及びそれを実現する為の加工機の開発です。

技術の新規性、独創性、改善性又は技術基盤強化性

従来技術に関して言うと、2002年公開の東芝機械の特許に現状のガラスモールドプレスの到達点が現れています。ここで提起されているのは、当初の金型設計、加工、加工後修正、成形、成形後計測という一連の流れを踏まえた後、当初の製品設計値と成形後の形状を比較して再度金型設計をやり直すというサイクルを何度か繰り返すというもので、確かにこれを繰り返せば繰り返すほど精度は上がっていくのですが、無限に試し成形が行われコストがかかるという課題が克服できませんでした。また、成形サイクルタイムや金型寿命に付いては昭和60年代に提起された、複数を同時に成形する技術があるだけで、以降の改善は殆どなされていないのが現状です。ましてや、金型材、表面処理を上記観点から見直す（あるいは開発する）取り組みは皆無であり、サイクルタイムやコストを勘案すると「樹脂でまかなう」と、切り分けされてきました。更には、ガラスモールドプレスのもう一つの

弱点である「アレイ形状などの非軸対称形状や肉厚差の大きい形状の精度が悪い」問題については、やはり先述のような試し成形の繰り返しが通常よりも多く繰り返される課題があると共に、金型自体を加工する加工機の側でも、とりわけアレイ形状については、汎用的な自由曲面加工機で加工されているがゆえの、加工精度の悪さが問題として残っていました。

精度の落ちる樹脂製光学素子では時代の要求に応えられなくなってきた今、本事業では、ガラスモールドプレス用の解析技術を開発して、試し成形を行わなくても一発で所望する製品形状を得る為の技術開発を行います。解析技術のこの分野への適応については研究例がありません。従って、まったくの新規技術となります。また、金型材と表面処理を、「成形可能性」のみの観点から検証した特許事例はありますが、サイクルタイム短縮の点から素材選択をおこない、しかも支援システムを構築するという例は無く、これもまた新規技術といえます。更には精度上の課題であったアレイ形状などに対して、ワーク回転テーブル上に位置決めをする機構を新たに開発することで、同時稼動軸数を極力抑えた高精度な加工が可能となります。これについては、信号と動力の伝達が、回転テーブル上の移動軸に対しては困難であるという理由から、今までに開発されていなかった機構となります。

以上の三つの大きなテーマそれぞれに対して、その新規性を述べさせていただきましたが、何よりもこうした総合的な金型技術で、ガラスモールドプレスの弱点を一気に突破する試み自体が、まったく新しいアプローチであると言えます。

(2) 技術目標値

- ・ 試し成形ゼロないし一回で（すなわち成形後の金型補正をゼロないし一回で）、成形の難しい形状の代表であるブルーレイ用ピックアップレンズ成形後の製品の形状精度（P-V値）100nm以下、表面粗さ（Ra）10nm以下を実現する。
- ・ 試し成形ゼロないし一回で、金型加工上の精度出しが困難であるレンズアレイについて、金型加工後の形状精度300nm以下、表面粗さ10nm以下を実現すると共に、試し成形ゼロないし一回で成形後の製品の形状精度1μ以下、表面粗さ10nm以下を実現する。
- ・ 直径10mmの非球面レンズのサイクルタイムを現状の4分の1、すなわち15秒/個で、また金型寿命を現状の数千個レベルから1万個レベルに向上させる。

3. 委託事業全体における技術目標値を達成するための課題と解決方法

課題の第一は、ガラスの収縮変化を解析する技術の確立です。なんとなれば、ブルーレイなど肉厚差の大きい形状では、その金型加工の困難さはもとより、精度の良い金型を作ったとしても、成形後の収縮が形状誤差に及ぼす影響が大きいので、一発成形で目標精度を達成しようとするれば、これを予測し、設計に反映する技術が不可欠だからです。現状、行われている形状変化を読み込んだ設計とは、材料である硝材、金型材それぞれの膨張率差と、金型から圧力を除く時点（すなわち、硝材と金型が離れる時点）の温度をもとに、線形的に一律な収縮率を算出して、金型設計に反映するというものが殆どといえます。しかしこの方法では、金型と硝材の温度が部分により厳密に等しくはないこと、また、ガラスは内部に温度分布があり、これが収縮過程で形状に影響を与えてくること等の結果、狙い点から外れた結果となってしまいます。一方、有限要素法を利用した解析もありますが、上記同様、モールドプレスの圧力除去時点での金型、硝材の温度分布に関する調査・研究がないために、先述の「一律な収縮率を当てはめる」方法同様、超精密な精度保証という点からは参考程度にしかならず、殆ど活用されていないのが現状です。特に、ガラスの内部温度分布が大きいと予想される肉厚差の大きい形状や、非軸対称形状では、予想値からの乖離は顕著です。したがって、nmオーダーの精度を出す為に、今は金型設計から最終成形までの過程を繰り返しながら、トライアンドエラーで目標値

に近づけているのが現状であるといえます。2002年公開された東芝機械の特許で、金型設計から最終成形後計測までのデータを一元管理して精度を出していくシステムが提案されていますが、このことに現状の技術的到達点は示されています。

課題の第二は、成形条件、硝材に合わせた金型最適設計手法を確立することです。現状サイクルタイム短縮に資する金型サイドからのアプローチは、「多数個取り」（一度の複数個の製品をとる方法）の特許があるくらいで、タクトタイムを短くする為の金型構造改変や金型材の抽出という研究がありません。また、金型の寿命に大きく影響する表面処理についても、成形条件によらず同じ方法がとられています。こうした点の改善が無いと、ガラスモールドプレス成形のサイクルタイムや金型寿命は固定的なものとなってしまいます。

課題の第三は、超精密加工技術（工具選択や諸条件）、および機上測定・データ作成一貫システム搭載の高精度加工機の開発です。ブルーレイピックアップレンズでは、従来のレンズに比して、形状誤差を半分ないし3分の1程度に収める超精密加工が必要です。その為の工具開発など新加工方法の開発が必要です。加えてレンズアレイなどの非軸対象形状では、こうした加工技術をもってしても、軸対称形状に比して、一桁程度精度が落ちてしまいます。この要因は、同時に稼働させる軸数を極力少なくした加工方法、および、専用加工機（システム）の不在です。

以上の課題抽出を踏まえ、解決方法については以下の通りです。

第一の「ガラスの収縮変化を解析する技術の確立」については、まず、硝材の温度毎の膨張、熱伝導の物性を調査します。また、ガラスモールド成形のプロセスを分析して、簡単なモデルで解析を行う基礎データを収集します。次に軸対称の比較的容易な形状のレンズを線形的に解析し、成形テストし、結果比較を行います。解析手法上での考察、修正をこのテスト成形を何度か繰り返す中で行い、満足行く精度であることを確認した後、軸対称形状でも肉厚差の大きいピックアップレンズについて同様の実験・検証を行います。最後に非軸対称形状の非球面ミラーとレンズアレイについても同様の実験・検証・解析条件修正を行い、最終的にガラスモールドプレス用の解析技術として確立します。

第二の「成形条件、硝材に合わせた金型最適設計手法の確立」については、金型材についての物性調査を進めながら、同時に表面処理について現状考え得る各技術について、寿命等を検証し、これを踏まえて、適切と思われる技術をもとに、改良・新規開発を行っていき、これら金型材と表面処理技術の組み合わせが金型寿命にどう影響してくるかを実験していきます。同時に、同一金型及び表面処理で、金型体積を変えた際のサイクルタイムの変化を調べ、これを強度上の極限まで小さくした構造を考案しテスト成形することとします。最後に、成形温度と製品形状に最適な金型材と表面処理、及び金型構造の組み合わせ（これは寿命とサイクルタイムの両面からの最適値）を設計支援システム（DB）にまとめあげます。

第三の「機上測定、データ作成一貫システム搭載の高精度加工機の開発」ですが、まず、軸対称形状での加工条件出しを行います。（これは先述の目標値であるブルーレイピックアップの成形後形状を保証する前提としての加工技術となります。また、ここで確立した加工条件は、以降のレンズアレイ加工時点での基礎になります。）次にレンズアレイを、一般的な自由曲面レイアウトにて加工し、軸対称形状との精度面での比較検討を行います。さらに、軸対称計上加工と同様の状況が作れるだろうとの予測のもとに、ワーク回転軸を取り付け、その上に手動でXYの位置決めをするステージをのせ、加工テストを行い、自由曲面レイアウトでの加工との比較を行います。この検証の後、ワーク回転軸上に自動でXY位置決めができる高精度なテーブルを載せる機構（電力と信号の伝達機構が問題となる）を設計、製作します。最後に機上計測とデータ修正を一貫処理するシステムを開発、基本ベース+特殊ワーク軸に搭載します。また、同時並行に、加工中の工具磨耗を最小限に抑えるバイト・砥石を開発し、新加工システムで採用することとします。

4 . 当該年度における技術目標値の達成の状況と意義（実績）

当該年度の技術目標値は、「軸対称レンズを試し成形ゼロないし一回で形状精度150nm、表面粗さ15nm（現在市場に出まわっている水準）を実現する。その前提として、軸対称レンズ用金型加工上の形状精度100nm、表面粗さ10nmを実現する。」であったが、成形では、外注として東芝機械で加工して作成した金型を用いてP-V値200nm程度と、目標にややいたらなかった。しかしこれはある程度予測していたことで、一様収縮で計算すれば（前提として温度線膨張の詳細な計測は必要だが）この程度の乖離が生じるであろうと考えた範囲であり、逆に、精度良く成形していくための方向を明確化（大きな要因はガラス内部の温度分布計算と、収縮過程のコンタクト条件を加味しての温度形状の練成的解析）した意味が大きい。また、加工に関しては、#1200研削加工後の形状精度がP-V値200nm、仕上げ加工後でも200nmをやや下回る程度であり、目標に及ばなかった。研究施設の利用開始が遅れて、事実上1月2月の二ヶ月の取り組みとなったため、ツールアー、ジグ、補正プログラムと、問題を絞り込んだものの、改善を行う余裕がなかった。しかし、ここで明確になった課題は、次年度直ちに克服できるものであり、逆にこれら工夫のノウハウは、次年度の大テーマのひとつである、高NA値レンズ加工に生かせるものである。以上から、最終数値目標クリアに向けて、また、次年度の取り組みを行う上で、課題を鮮明にできた一年間の取り組みであった。

5 . 事業化の目標と当該年度に把握した事業化を取り巻く環境変化

事業化目標及び事業化を取り巻く環境については、昨今のデジタル家電の急激な市場拡大を背景に、そのニーズは提案書作成時よりも一層高まっており、より早期の事業化を目指した取り組みが必要になってきている。