

平成17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 (代表者氏名)	財団法人 金属系材料研究 開発センター (奥村 直樹)		所在地	〒105-0003 東京都港区西新橋1-5-11 (Tel:03-3592-1284)	
技術分野	金型分野	技術区分	新素材を用いた 高機能金型技術 / 金型加工技術	研究開発課題	新素材を用いた 高機能金型技術 / 金型加工技術
テーマ名	難成形材のプレス加工用のマイクロ金型に関する 研究開発			研究開発期間	平成17年4月1日～ 平成18年2月15日
<p>1. 委託業務の概要</p> <p>最近、IT関連機器に使用されるマイクロ金属部品のプレス成形用金型や、苛酷な600以上の高温下で成形するガラスレンズなどの光学素子成形用金型の需要が増加している。しかし、現状のダイス鋼や超硬合金製の金型では極めて寿命が短いこと、被加工材の寸法精度が悪いこと、被加工材の離型性が悪いことなどが問題になっている。</p> <p>そのために、極めて高硬度で耐摩耗性に優れる焼結ダイヤモンド(SD)や、高温特性の優れる炭化珪素(SiC)セラミックスを用いた、高精度、長寿命のマイクロ部品やレンズ成形用の金型を研究開発する。</p>					
<p>2. 技術目標値</p> <p>SD製冷却素子成形金型の作製 幅500μm以下の溝で構成される熱交換素子をプレス成形するためのSD型を作製する。</p> <p>SiCセラミックス製ファイバレイ用金型の作製 V溝ピッチ精度が±0.15μmのSiCセラミックス製のファイバレイ用金型を作製する。</p> <p>SiCセラミックス製マイクロレンズ用金型の作製 表面粗さが0.03μm Raの、SiCセラミックス製マイクロレンズ用金型を作製する。</p> <p>開発金型のプレス成形テスト及びその評価。 開発金型の品質向上及びコスト低減の検討。</p>					
<p>3. 目標値を達成するための解決策と具体的方法</p> <p>SD製冷却素子成形金型の作製 放電加工条件の見直しと加工回路の改造の検討および加工精度の検証を行い、テーパ加工の最適化も含めて検討し、SEMOS型ヒートパイプの実現を目指す。</p> <p>SiCセラミックス製ファイバレイ用金型の作製 0.15μmと高度なピッチ精度を得るために、砥石と加工条件の見直しを行い、加工精度の検証を行う。特に、連続V溝については、砥石の粒度により表面粗さが異なり、ピッチ精度に影響するので、表面粗さの向上を狙う。</p> <p>SiCセラミックス製マイクロレンズ用金型の作製 使用砥石より表面粗さと加工精度への影響が左右される。新たな砥石を使用し、安定した表面粗さを得られるように加工条件の調査と改善を実施する。</p> <p>開発金型を用いたプレス成形テスト及びその評価</p> <p>-1 SD製冷却素子成形金型 約0.5mmの厚さの純銅板を用いて、ヒートパイプの液体が流れる溝部をプレス成形する。大量のプレス成形テストにより、寿命や転写性等の型の性能評価を行う。大量のプレス成形テストは、精密金属部品の量産型のプレス成形機を有する大和テクノリサーチに依頼する。 プレス成形した溝付板は、ブレイジングにより蓋付後、溝部にアルコール等の液体を封入する。完成した冷却素子は、東京大学生産技術研究所の白樫研究室で熱伝導測定等の評価テストを行う。</p> <p>-2 SiCセラミックス製ファイバレイ用金型 ガラス製のファイバレイを種々の高温高圧下でモールドプレス成形する。量産に近い大量のプレス成形を行い、金型の離型性や被加工材の寸法精度等の評価を行う。</p> <p>-3 SiCセラミックス製マイクロレンズ用金型 LD集光用のマイクロガラスレンズを種々の高温高圧下でプレス成形する。量産に近い大量のプレス成形を行い、金型の離型性や被加工材の寸法精度等の評価を行う。</p>					

開発金型の品質向上及びコスト低減の検討

-1 SiCセラミックスのニアネット焼結

加工時間の短縮を図るために、ニアネット焼結を検討する。原料の混合粉末の調製条件等を変化させた場合の、焼結時の収縮や変形を焼結シミュレーションにより解析を行い、実際の焼結との整合性を検討する。この結果からニアネット焼結を行うのに必要な形状等の諸条件を出し、ニアネット焼結によりマイクロ金型用SiCセラミックス素材を作製する。

-2 レーザ加工の検討

後加工を極力少なくするために、レーザ加工によって生じる変質層を調査検討する。併せて、変質層を少なくする条件や、その除去方法を検討する。

-3 放電加工の効率化の検討

放電電圧、電流、パルス幅等を変化させることにより、加工速度の向上を検討する。

-4 DLCコーティング被膜の平滑化の検討

穴内径部への成膜は、現状では煤状の被膜になることが問題となっているためにコーティング諸条件の調査を行う。平滑な被膜の成膜は、プラズマ発生源として表面粗さに影響を与える残渣などの発生が少ない高周波電極の導入を行う。

-5 SiCコーティング成膜速度の向上

成膜速度を向上させるには、反応温度の影響が大きいと思われるため、温度影響を中心に調査を行う。温度を上げると結晶粒度や被膜の配向性が現状の被膜と比較して変化すると思われるので、被膜の特性と加工性と関連させながら調査

4. 当該年度における技術目標値の達成状況と意義

SD製冷却素子成形金型の作製

市販のSDを用いて、平面度の目標値が $\pm 15 \mu\text{m}$ の熱交換素子成形用のマイクロ金型を試作。結果として、平面度 $\pm 10 \mu\text{m}$ を達成した。耐久性も良好な結果が得られた。

SiCセラミックス製ファイバアレイ用金型の作製

種々の研削砥石を準備し、開発されたSiCセラミックスの最適なV溝加工条件と砥石の粒度およびボンドを調査した。結果として、目標のV溝ピッチ精度 $\pm 0.15 \mu\text{m}$ に対して $+0.13 \sim -0.15 \mu\text{m}$ のファイバアレイ用金型が得られ、目標値を達成した。

SiCセラミックス製マイクロレンズ用金型の作製

開発されたSiCセラミックスに対し、最適なレンズ成形面の加工条件と砥石の粒度およびボンド種類を特定し、調査を行った。結果として、表面粗さで $0.002 \mu\text{m}$ が得られ、更に形状精度でP-V値 $0.08 \mu\text{m}$ が得られ、目標値の表面粗さ $0.03 \mu\text{mRa}$ を大きく上回るLD集光ガラスレンズ成形用金型が得られた。

開発金型を用いたプレス成形テスト及びその評価

-1 試作した幅 $500 \mu\text{m}$ 以下の溝で構成されるSD製冷却素子成形金型の耐久試験を実施した。同時に作成した超硬合金金型は40ショットで割損したが、SD製金型は500ショット以上の耐久性が得られた。プレス成形で得られた溝付板で冷却素子を作成し、熱伝導測定した結果、10Wの冷却能力が得られた。

-2 パイレックスの実成形実験で求められた最適成形条件下で、被加工品のピッチ精度は目標以上の $125 \pm 0.2 \mu\text{m}$ が達成された。

また、離型性についてはDLCコーティングの効果により連続成形が可能となった。(硝材はパイレックスでも可能、石英ガラスにも適用可能と思われる。)

-3 金型精度は曲率半径 $r=6.2\text{mm} \pm 0.36 \mu\text{m}$ 、表面粗さ目標 $Ra 0.030 \mu\text{m}$ に対し $0.027 \mu\text{m}$ であった。離型性も良好であった。転写性については成形したレンズの精度でP-V $0.2 \mu\text{m}$ 以下を達成。耐久性は150回成形後で $Ra 0.030 \mu\text{m}$ を達成。

開発金型の品質向上及びコスト低減の検討

-1 焼結シミュレーションにより焼結中の収縮、変形が推定できるようになり、ニアネット焼結が可能となった。

-2 後加工を極力少なくするため、表面粗さ及び寸法精度の目標値を $1.5\sim 2.5\mu\text{mRy}$ 、 $\pm 7.5\mu\text{m}$ とし、結果として $0.9\sim 2.1\mu\text{mRy}$ 、 $\pm 7.0\mu\text{m}$ を達成。SD, SiCの加工速度の目標値を夫々 $3.5, 5.5\mu\text{mm}^3/\text{min}$ としたが精度等を重視した結果、 $2.7, 4.5\mu\text{mm}^3/\text{min}$ が限界であった。また、熱変質層を効率的に除去する方法としてSDを除去ツールとして放電加工機上で成形し、 $1\mu\text{m}$ ずつ直接突き当てる方法を確立した。

-3 加工開始前に導電性被膜(金の蒸着)をつけることにより当初400hrを要した加工時間をSDの粒径 $1\mu\text{m}$ のもので70~90hr、 $20\mu\text{m}$ で100~120hrにすることができた。

-4 平滑な被膜の成膜はプラズマ発生源としてイオンガン、高周波電極を使用した場合、残渣のない被膜が成膜できた。

-5 成膜温度を1250 とすることで従来の成膜速度より1.7倍($57\mu\text{m/hr}$ $93\mu\text{m/hr}$)を達成した。また、成膜温度をあげても鏡面性や緻密性は十分確保できることを確認した。

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

平成16年度の研究により、SDおよびSiCセラミックスを素材とするマイクロ金型を実現するための基礎的な製造技術がほぼ確立された。引き続き、H17年度には試作マイクロ金型の精度や生産性の向上を検討することにより、コストパフォーマンスの向上を図った。その結果、プロジェクト終了時には、IT関連の各種使用の金属マイクロ部品やデジタルカメラに使用されるマイクロガラスレンズなどの光学素子のプレス成形が可能な試作金型を関連メーカーに評価用としてのサンプル提供が可能になった。

SDマイクロ型は、主に耐磨耗性の要求される高硬度金属部品のプレス成形用金型に適用する。被加工材は銅合金やステンレス等に幅広く応用が可能なので、電子機器用部品メーカーや自動車や各種機械のマイクロ部品メーカーに供給する。市場規模は約100億円/年程度。

SiCマイクロ型は、主に高温での耐酸化性や強度の要求されるガラスレンズ成形用金型に適用する。特に、最近になりデジタルカメラやカメラ機能付き携帯電話の普及増加と共に画像の高品質化(画素数の高密度化)の要望がより顕著になり、そのような高分解能のガラスレンズをプレス成形することが可能な高温硬度や耐酸化性に優れるSiCセラミックス製の高精密マイクロ金型は、需要増加が期待される。ガラスレンズ以外に、プリズムやその他各種の光学素子の成形にも需要が見込めるので、カメラメーカーや光通信メーカー等にも幅広く拡販が見込まれる。市場規模は約50億円/年程度。

いずれの場合も、プロジェクトメンバーを中心に、プロジェクト終了後1~2年以内に事業化を目指す。本プロジェクトで開発されるマイクロ金型は、比較的設備投資金額が少なく、生産に移行が容易と判断される。プロジェクト終了の3年後には、市場の20~30%、すなわち30~45億円/年の売上を見込む。