

第22回「学生会員卒業研究発表講演会」

－今後の精密工学を担う萌芽的研究－

要 旨 集

主 催：公益社団法人 精密工学会
開 催 日：平成27年3月17日(火)
会 場：東洋大学 白山キャンパス(東京都文京区白山5-28-20)
N 室 1号館5F1503室《N01～N26講演》
O 室 1号館5F1504室《O07～O26講演》
P 室 1号館5F1505室《P07～P26講演》

N 室講演

【 測定と評価 】

9:00 - 10:15 座長：道畑 正岐(大阪大学)

- N01 CFRP 板材の貫通穴を対象とした幾何特性評価
○竹内千明, ◎田中秀岳, 柳 和久(長岡技科大)
近年、航空機や自動車の軽量化のため、CFRP が着目されている。これらの材料は軽量で強度が高いが、層間剥離が起りやすく加工が困難な難削材として知られている。これらに対して有効な穴あけ加工として、著者らは傾斜プラネタリ加工を考察している。本研究では傾斜プラネタリ加工装置を用いて CFRP 板材に対する穴あけ加工を行い、貫通穴の幾何特性について評価した。工作物となる CFRP は熱硬化性及び熱可塑性の2種を用いた。
- N02 丸のこによる CFRP 高速切断時の加工面特性と工具損傷
○楠富達仁, 山田洋平, ◎笹原弘之(農工大)
本研究では、丸のこによる高能率 CFRP 加工の実現を目指している。そこで CFRP 切断時の加工メカニズムを解明するために、新たに丸のこの CFRP 切断試験機を開発し、エンドミル加工との比較を行い、CFRP 切断時の加工面特性および工具摩耗を調査した。その結果、丸のこはエンドミルと比べて工具摩耗が非常に小さく、CFRP 積層方向と工具送り方向の表面粗さにおいて優れた値を示し、アンカットファイバーが少ない良好な加工面が得られることを示した。
- N03 2つの AE センサを用いた材料内部の微小破壊位置の推定
○田口裕紀, ◎西田茂生(奈良高専)
AE センサを用いた破壊箇所の特定には通常3つ以上のセンサが必要であるが、本研究では物理的にセンサの設置が難しい場合を鑑み、2つのみを用いる方法を提案する。1つのセンサは材料に全面接触、もう1つは半面接触させる。2つのセンサの反応時間差、前者の電圧ピーク値と AE 波形の周波数スペクトル、及び後者の電圧のピーク値から波源を推定する。その結果、2つのセンサのみで波源の位置を特定した。
- N04 像鮮性に基づく高度研磨面の評価
○京島 快, ◎森重功一(電通大)
本研究では、高度研磨面の検査における評価項目の一つである像鮮性をコントラストオートフォーカス法によって数値評価し、検査工程を自動化する手法を提案している。研磨跡の方向性やノイズ処理を考慮した投影パターンと画像処理方法を検討し、それらを組み込んだ同軸照明型の検査装置を製作した。数種の研磨サンプルについて表面粗さと本装置による評価値の間に一定の相関が得られ、本手法の有効性を確認した。
- N05 ダイヤモンドチップパニシング加工の工具温度測定
○新谷正義, ◎岡田将人(金沢大), 田中秀岳(長岡技科大), 浅川直紀(金沢大)
半球状のダイヤモンドチップ工具を工作物表面上で摺動させることにより、良好な表面性状と改質層の創成を目的とするダイヤモンドチップパニシング加工において、工具摩耗、仕上げ面性状に影響を及ぼす加工中の工具摺動部の温度測定を試みた。温度測定には非接触式の光ファイバ型2色温度計を用いて、円筒形状の工作物に光ファイバプローブを埋め込むことで、工具摺動部の温度測定に成功した。

【 作業支援 】

10:30 - 12:00 座長：佐藤 理(産業技術総合研究所)

- N07 高速シェアリングによる材料特性獲得方法の開発
○平塚裕太, Ab.Wahab Norfariza, 中村 崇, ◎笹原弘之(農工大)
本研究では高温・高ひずみ速度域における応力-ひずみ関係を同定する新しい手法の確立を目的とする。円板の高速シェアリングを可能とする試験装置を開発し、高ひずみ速度が実現できる高速せん断実験を行った。高速せん断実験結果と FEM による2次元のせん断シミュレーションによって計算されたせん断

力の比較を行い、応力-ひずみ関係の材料特性を同定する手法を確立した。

- N08 複合加工機の現物融合マシシミュレータの開発
○島田直弥, ◎中本圭一(農工大)
複合加工機では主軸や刃物台などが干渉を起こしやすいため、マシシミュレータの使用が不可欠となっている。一方、従来の市販マシシミュレータでは、予めモデル化したワークやジグの3次元モデルと現物に差異が生じた場合に予期せぬ干渉の原因となっている。そこで、本研究では、タッチプローブを用いて段取り後のワークやジグの形状や位置を測定して3次元モデルに反映する、現物融合マシシミュレータを開発し、その有用性を確認した。
- N09 産業用ロボットを用いた土質試験作業の自動化－混合経路と工具形状の検討－
○藤井祥太, ◎浅川直紀, 岡田将人(金沢大), 野尻博美, 松村沙弥佳(ソイルラボ)
地盤改良工法の一つであるセメント安定処理工法は、事前に室内配合試験が必要であり、その混合行程は釜内壁への試料の付着等の問題があり熟練の作業を必要とする。そこで本研究では、産業用ロボットを用いた供試体作成作業の自動化を目的とし、混合システムの構築を行う。本報では、種々の混合経路や工具形状で混合実験を行い、均一な混合状態を得ることができると報告する。
- N10 仕上げ加工経路を利用した5軸制御荒加工経路の生成
○天沼賢人, ◎森重功一(電通大)
5軸制御加工の場合、荒加工の経路の生成は難しく、仕上げ加工の経路をオフセットする等の方法が用いられている。しかし、仕上げ経路をオフセットしただけでは、パスの疎密や未切削部分が発生するといった問題が生じる。本研究では、パスを追加、削除、移動することにより、工具経路を最適化する手法を提案している。シミュレーション実験の結果、パスの間隔が均一な経路を生成することができ、手法の有用性を確認した。
- N11 産業用ロボットを用いた研磨作業の自動化－可操作度を考慮したロボットプログラムの生成－
○佐藤裕太, ◎森重功一(電通大)
本研究では、産業用ロボットを用いた研磨作業の自動化において、可操作度を指標とする経路生成法により、任意の工具経路をロボットの姿勢の急変および特異点通過のないロボットプログラムに変換するオフラインティーチングシステムを開発した。本研究で開発したシステムを用いて研磨実験を行ったところ、姿勢の急変および特異点通過のない経路が得られたことから、その有用性を確認した。
- N12 外乱オブザーバを応用したセンサレス工具接触検知技術の高精度化
○永仮智子, ◎柿沼康弘(慶應大)
超精密加工において、工具刃先位置の正確な把握が加工精度の向上に繋がる。しかし従来の工具刃先位置検知技術では、作業者がセンサ等を用いて検知するため、作業者の技術力により精度と作業時間にばらつきが生じる。そこで外乱オブザーバを用いたセンサレス工具接触検知技術を提案し、極小径工具におけるサブマイクロオーダーの工具接触検知技術の開発を目指す。本研究では、雑音除去した推定反力の時間変化を利用し、確率論に基づく閾値設定を行うことで検知精度の向上を図った。

【 設計生産システム 】

13:00 - 14:30 座長：河野 大輔(京都大学)

- N14 製品サービスシステム設計のためのタスク管理手法
○高野秀一, 武藤恵太, 木見田康治, ◎下村芳樹(首都大東京)
製品サービスシステム(PSS)は従来の製品売切り型のビジネスとは異なる特徴が存在し、製造業がPSSを展開する上での障壁となっている。製造業のPSS展開を支援するためには、設計から展開におけるタスクを網羅的に整理し、その進捗を的確に管理する手法を提供することが有効である。本研究では、PSSの設計・展開におけるタスクを整理し、これをもとにPSS

プロバイダに移行する際の障壁を明らかにする手法を提案する。

- N15 工程設計支援システムの工程評価指標の確立
○椎村健太, ◎中本圭一 (農工大)
多品種少量生産化した切削加工のリードタイム短縮には、加工準備に要する時間削減が効果的であり、技能者の知識や経験に基づいた工程設計を支援するシステムが不可欠になる。そこで本研究では、複合加工機を対象とした工程設計支援システムで提示された加工工程に対して、加工時間や加工精度などの工程を評価するための指標を確立することを目的とした。
- N16 工具経路生成時間短縮法の開発—投影法による 3D モデルの簡略化—
○清水琢海, ◎浅川直紀, 岡田将人, 鬼頭亮太 (金沢大), 高杉敬吾 (金沢工大)
工具経路生成時間の短縮は CAM 開発において重要な課題である。本研究では NURBS 曲面で表現された 3D モデルに対して、投影法とよぶ、階数を下げつつ設計形状の特徴を維持する簡略化方法を考案した。本手法により、5 軸マシニングセンタを想定した工具経路生成において、工具経路生成時間の短縮が確認できたので報告する。
- N17 Haptic Device を用いた 5 軸制御加工のための工具姿勢呈示手法の開発
○岡 知哉, ◎森重功一 (電通大)
先行研究では、5 軸制御加工に対し、仮想空間内の物体を操作できる力覚呈示装置を用いて、直感的に工具姿勢を呈示するシステムを開発してきた。本報では、先行研究で開発されたシステムに、力覚を利用して特徴点へ工具を誘導する機能と、呈示した姿勢から工具経路全体の姿勢を算出する機能を追加した。この機能により、インペラなどの複雑な形状に対して、干渉のない工具経路を容易に生成できることを確認した。
- N18 3次元 CAD 用ジェスチャインタフェースの開発と評価
○日比野 隼, ◎関根 務 (東海大)
本研究では、3 次元 CAD 用ジェスチャインタフェースの開発を試みた。ジェスチャインタフェースに Leap Motion Controller を使用し、3 次元 CAD に Inventor を使用している。また、開発するジェスチャインタフェースは Visual Studio を使用して開発する。プログラム言語は Visual C# を用いた。開発したジェスチャインタフェースを評価した結果、ユーザにとって扱いやすい感度と難しい操作に対する知見が得られた。
- N19 Haptic Device を用いた旋盤加工用インタフェースの開発—特殊工具による複雑加工への対応—
○中田美晴, ◎森重功一 (電通大)
本研究では、複雑な加工に対応した旋削加工システムを開発することを目的としている。Haptic Device を用いて仮想空間内の工具を操作し、溝加工や通常では困難とされる複雑な加工を行う。特殊な形状の工具を作成し、その工具に対応した干渉防止機能を開発した。仮想空間内で生成した加工経路を用いて実際の旋盤で加工実験を行うことで、開発したシステムの有用性を確認した。
- 【 加工支援 】
14:45 - 16:15 座長：土屋 健介 (東京大学)
- N21 柔軟物・難把持物の加工支援システムの開発
○安藤潤人, ◎中本圭一 (農工大)
ゴムやスポンジ等の有機高分子を主成分とする弾性材料は、一般的に工作機械で加工される金属類とは異なる性質を多く持つ。このため、加工時の変形だけでなく固定に起因する変形も発生し、高精度な切削加工を実現することは難しい。そこで本研究では、過冷却状態の酢酸ナトリウム水溶液が刺激により急速に凝固する現象を利用した、簡便な柔軟・難把持物工作物把持手法のための加工支援システムを開発した。
- N22 マイクロ複雑形状の機上計測支援システムの開発
○田村拓哉, ◎中本圭一 (農工大)
超精密切削加工において、加工後のワークを加工機から取外すことなく機上で計測する技術が開発され、一部では実用化されている。しかし、加工される形状は非軸対称形状など複雑な自由曲面に移り変わっており、従来より高度な機上計測技術が求められている。そこで、本研究では測定プローブの姿勢が計測結果に与える影響を調査するとともに、同時多軸制御による機上計測を行ってその有用性を確認した。
- N23 フライス加工中の自律神経及び中枢神経活動評価と技能レベルとの関係
○福原健司, 古川真規, 細野雄治, 二宮敬一, 和田正毅, ◎不破輝彦 (職能開大)
ものづくり技能の習得過程を人間科学的に解明することを目的として、正面フライス及びエンドミルを用いた各種加工時の自律神経及び中枢神経活動を計測し、技能レベルの違いとの関係を検討した。作業内容は、工具・材料の取り付け、切削加工、ヤスリ作業とした。測定項目は、自律神経活動として心拍数、心拍変動及び皮膚電気反射、中枢神経活動として脳血流量変化とした。その結果、技能レベルに応じた変化が見られた。
- N24 技能レベルの違いから見たフライス盤作業の動作比較
○蘇畑将彦, ◎垣本 映, 鈴木重信, 池田知純, 新家寿健, 二

宮敬一, 和田正毅, 不破輝彦 (職能開大)

本研究では、フライス盤作業におけるバリ取り作業の技能レベルと身体動作との関係を明らかにすることを目的として、3 次元動作解析システムを用いて教員 1 名と学生 2 名の作業動作を計測した。教員は、バリを取り易くするための行動とヤスリによって発生するバリを取る動作が見られた。2 名の学生には教員のような行動は見られなかった。

- N25 製品サービスシステム設計を支援する設計過程可視化手法
○能登裕一, 田中寛起, 根本裕太郎, ◎下村芳樹 (首都大東京)
設計解の質向上のためには、高い設計品質を有する解を導出できるように、適切な設計の進め方に設計者を導くことが有効である。この実現には、設計解に表れる特徴群と、それら特徴を有する設計解を生む設計過程の関係を特定する必要がある。本研究は、製品サービスシステムの設計解に表れる特徴を整理するとともに、IDEF0 に基づく設計過程の可視化手法を提案し、設計解と設計過程の関係を分析することを可能とする。
- N26 教師と学習者の合意形成過程を表現する学習状態表現手法
○杉野涼太, 木見田康治, 武藤恵太, 溝口哲史, 石井隆彦, ◎下村芳樹 (首都大東京)
サービス研究において、受給者と提供者による価値共創が注目されている。本研究は価値共創に多くの課題を有する高等教育を事例とし、教師と学習者の教育/学習内容における合意形成過程を表現する手法を提案する。著者らが提案している価値共創モデルに基づき、学習者の学習過程とその過程で実施された教授行動の関係を整理し、その内容を学習状態表現手法により可視化する。そして、教師へのヒアリングにより提案手法の有効性を検証する。

O 室講演

【 工作機械 】

10:30 - 12:00 座長：鈴木 教和 (名古屋大学)

- O07 ボールねじ駆動ステージにおける力センサレス切削力モニタリング手法の開発
○山本智之, ◎柿沼康弘 (慶應大)
加工中の振動や異常状態の自動検知には切削力の計測が有効である。しかし、共振や弾性変形、非線形摩擦の影響を受け、ボールねじ駆動系での力センサレスな切削力計測は難しい。本研究では 1 次モードまでを考慮した 2 慣性モデルに基づく切削力オブザーバを提案する。高精度に慣性を同定できれば、提案法の利用によりばね性の影響を受けず推定できる。エンドミル加工試験結果から、広帯域な切削力推定を実現できることを示した。
- O08 エンドミル加工シミュレータを用いた周波数帯域別位置—カハイブリッド制御のびり振動抑制に関する研究
○門田崇志, ◎柿沼康弘 (慶應大)
工作機械による加工において発生するびり振動は、加工精度と工具寿命に悪影響を与える。びり振動を能動的に抑制する技術として、びり周波数の帯域に限定的に力制御を与える周波数帯域別位置—カハイブリッド制御を提案してきた。本研究では、その効果を理論的に検討し、実機上での実現可能性を考察するために時間領域のエンドミル加工シミュレーションを開発し、側面加工後の加工面の表面粗さに基づいて提案手法を評価した。
- O09 仕上げ加工面に及ぼす 5 軸制御工作機械の幾何誤差および動的同期精度の影響
○長谷川正悟, 柏木洋慶, ◎佐藤隆太, 白瀬敬一 (神戸大)
多軸制御工作機械を用いて加工を行うと、加工面に予期せぬ不具合が生じることがある。本研究では、加工面に生じる不具合の主原因である幾何誤差および動的同期精度が加工面に及ぼす影響を調査した。多軸制御工作機械の回転軸に特有の 8 種類の幾何誤差を個別に考慮した場合や、位置ループゲインを変更した場合の加工面をシミュレーションするとともに、実加工試験を行い加工面の観察および形状測定を行った。その結果、同じ大きさの幾何誤差が存在した場合でも機械の運動との関係により加工面に及ぼす影響は異なるということ、および運動軸の速度が急激に変化する場合には加工面に動的同期精度による影響が生じることが明らかとなった。
- O10 複合加工機における円錐台精度検査の検証
○辻 和孝, ◎井原之敏 (大阪工大)
近年、部品の複雑形状化が進み、工程集約のため複合加工機の需要が増加している。一方で複合加工機の精度検査試験については未だ規格化されておらず、ISO10791 のマシニングセンタの精度検査規格または ISO13041 のターニングセンタの精度検査規格を適用することができる。本研究では、ISO10791-6:2014 に記述された円錐台精度検査を行い、作業上の問題点及び運動精度の評価方法について報告する。
- O11 ロータリーエンコーダによる二球間距離計測を用いた工作機械の誤差測定
○岡 尚哉, ◎松原 厚, 山路伊和夫, 河野大輔 (京都大)
工作機械の運動精度を測定するために、ロータリーエンコーダを用いて二球間距離を測定する装置を開発した。本論文では、本装置を用いた直角度の測定方法を提案する。高さの異なる複

数の平行な平面内での円弧補間運動中に、主軸—テーブル間の距離を本装置で測定し、その測定値から円の中心位置を求めた。そして、高さによる中心位置の変化量から、直角度が測定可能を検証した。

- 012 高速輪郭運動精度向上のための機台支持機構の検討
○白濱優作, 高須賀裕介, ◎佐藤隆太, 中辻秀憲, 白瀬敬一 (神戸大)
本研究では、工作機械の機台支持機構を改良することで高速輪郭運動時に生じる振動を低減できるか実験とシミュレーションの両面から検討した。すべり面を有する機台支持機構を組み込んで加振実験と運動精度測定を行い、その影響を実験的に調査したほか、送り駆動系および機械構造の振動モデルを構築してシミュレーションを行い、機台支持機構の特性が及ぼす影響を振動モデルで表現できるかを検討した。その結果、機台支持機構にすべり面を設けることで高速輪郭運動時の振動を低減できることが確認された。

【 微細加工と表面 (1) 】

13:00 - 14:15 座長：静 弘生 (静岡大学)

- 014 回転傾斜露光によるマイクロニードルアレイの作製
○荒川伸慎, ◎許 允禎 (農工大), 高橋英俊 (東京大)
本研究では、無痛での経皮薬物送達が可能なる注射針の実現のため、皮膚に刺入可能な3次元微小構造を有するマイクロニードルアレイの開発を目的としている。本報では、回転傾斜露光時の露光量の違いを利用したマイクロニードルの作製プロセスを確立した。さらに、露光量及び傾斜角度の違いによるマイクロニードルの形状変化を比較検証することで、作製プロセスを評価した。
- 015 電極形状が導電性ポリマーのマイクロパターニングに及ぼす影響
○青戸隆志, ◎金子 新, 増子龍也, 武田伊織 (首都大東京)
細胞への機械的刺激を与えるため、マイクロパターン化した導電性ポリマー (ポリピロール) の作製と駆動を試みている。本報告では、電気化学重合のために用いる下部電極の形状が、ポリピロールの形状および変形特性に及ぼす影響を明らかにしている。基板側の作用電極 (ITO 膜) の面積が減少すると、ポリピロールは垂直方向の成長が相対的に促進された。これは電極形状によって得られる電場が影響したと考えられる。

- 016 電解加工条件が濡れ性に与える影響について
○前田 健, ◎夏 恒 (農工大)
従来、電解加工はその加工精度が課題とされてきたが、近年、超短電圧パルスの使用や、パルス電源とフラッシングの併用による加工精度の向上が報告されている。そこで本研究では、電解加工が部品加工の最終工程に用いられる場合を考え、電解加工表面と液体との接触について濡れ性の観点から評価を行う。複数条件下の電解加工によって生成される表面の純水との接触角を測定し、電解加工の加工条件と加工表面の濡れ性との関係を探る。
- 017 微細形状による神経細胞突起の3次元培養方向制御
○小泉理史, ◎角田 陽 (東京高専), 青村 茂, 中橋浩康 (首都大東京)
本研究の最終目的は、培養神経細胞を使用して耐衝撃試験を実施し、細胞1個単位での衝撃に対する損傷評価をおこない、頭部外傷のひとつである、びまん性軸索損傷の発生メカニズムの解明である。実際の細胞は成長に方向性をもつが、単純に培養した細胞はランダムに成長することが多い。そこで、まずは、実際の細胞状態に近づけるために、リソグラフィ技術を用いた微細形状により、神経細胞突起の3次元培養方向制御をめざす。

- 018 紅色光合成細菌による直接光合成型燃料電池の循環効果
○佐藤 直, ◎角田 陽 (東京高専), 館野寿丈 (産業技術大学院大)
紅色光合成細菌がを行う働きを利用して発電を行う方式のバイオ燃料電池は、風力発電等の新エネルギーと同様に代替エネルギーと同様に代替エネルギーとして期待できるが、解決すべき課題も多い。持続時間における課題では、不活性細菌が電極付近に不着し、活性細菌の活動を阻害している可能性が考えられる。この場合細菌を循環させれば長期的な発電が可能になると考えられる。そこで本研究では主としてこの循環による高効率化を実験的に検討した結果を報告する。

【 微細加工と表面 (2) 】

14:45 - 16:15 座長：松山 智至 (大阪大学)

- 021 マイクロメッシュ構造を用いた電気粘着シートの開発と性能評価
○新野慎太郎, 青山藤詞郎, ◎柿沼康弘 (慶應大)
外部電場に応じて表面の粘着特性が瞬間かつ可逆的に変化する電気粘着ゲルは、粘着分布が不均一であるという問題を抱えている。そこで、本研究ではフォトリソグラフィにて作製した、均一微細構造を有するマイクロメッシュを用いた電気粘着表面の開発を試みた。ウエハ搬送デバイスへの組み込みを目指し、電気粘着効果による粘着力測定並びに真空中での粘着表面観察を通して電気粘着表面の高性能化を図った。
- 022 紅色光合成細菌による直接光合成型燃料電池の電極表面性状が発電性能に及ぼす影響
○宮本慎吾, ◎角田 陽 (東京高専)

微生物細菌の光合成現象によって発電をする方式のバイオ燃料電池は、石油エネルギーに依存しない、地球環境に優しいエネルギー源として期待されており、様々な研究が行われている。しかし、実用化に向けて、発電効率が低いなど解決すべき課題も多い。そこで本研究では、電極の形状、表面性状を変化させた場合について、発電性能に及ぼす影響を実験的に明らかにすることで、高性能化ひいては実用化へ向けての足掛かりとする。

- 023 電解加工等価回路のパラメータに及ぼす加工条件の影響
○永島直見, ◎夏 恒 (農工大)
本研究では、電解加工の極限現象を解明するために等価回路を用いたパラメータ同定を行っている。異なる材質の電極を用いることで陽極と陰極の判別を行った。また、電解加工の実験条件を変化させることにより加工条件がパラメータに及ぼす影響を調べた。
- 024 ガラス中での金属層形成に関する研究
○青山拓樹, ◎松坂壮太, 比田井洋史, 千葉 明, 森田 昇 (千葉大)
本研究では順・逆電圧印加を併用したイオン交換法によりガラス中に金属層を形成した。逆電圧印加時間を変化させた実験の結果、逆電圧印加直後に表面近傍のガラス内部に析出物が生成され電圧印加時間の増加と共に析出物が成長することがわかった。成長した析出物は金属添加領域と未添加領域の境界に到達した後、境界に沿う形で成長することにより添加領域の最深部に層を形成していることが分かった。
- 025 トランスファブリントによる異種材料の微細構造配列
○森 章洋, ◎金子 新, 案納響平, 山下貴広 (首都大東京)
微細加工基板にトランスファブリント (TP) を行い、薄膜を架橋させた微小立体構造の作製を行っている。本報告では、同一基板上に複数回の TP を行うことで、異種材料を交互配列した構造の作製を試みている。厚さ 150nm の Au および Cu 薄膜を対象とし、厚膜レジスト SU-8 で作製した微細溝加工基板へ連続して TP を行った。その結果、いずれの薄膜も長さ 50 μm で架橋した両もちはり構造を形成した。
- 026 NaCl 電解酸化水を用いた無酸素銅材の表面酸化皮膜の除去—超音波併用の有無の比較—
○竹本崇史, ◎佐藤運海 (信州大)
無酸素銅材は電気および熱の伝導性に優れており、半導体デバイスをはじめ精密機器に多く使用されている。精密機器の性能および機能の向上にともない、無酸素銅材および銅合金の構成部品の表面性状に対する要求も厳しくなっている。本研究において、化学薬液 HCl 溶液と比較しながら、無酸素銅材に対する NaCl 電解酸化水のエッチング作用、酸化皮膜除去性能、さらに超音波併用の有無における差異を解明した。

P 室講演

【 高エネルギー加工・応用 】

10:30 - 12:00 座長：田中 智久 (名古屋大学)

- P07 金属微粒子含有ガラスの作製とレーザー照射による微粒子の移動
○岩元建樹, ◎比田井洋史, 松坂壮太, 千葉 明, 森田 昇 (千葉大)
ガラス内部への金属微粒子の導入方法として、CW レーザ背面照射法を提案している。これはガラス越しの金属箔にレーザーを照射することで微粒子を導入する手法であるが、箔の熱伝導により伝導率の低い金属しか導入できていない。本発表では箔の代わりに微粒子を用いることでより多くの金属の導入可能性を検討し、金属微粒子を含有したガラスの作製を行った。その結果、SUS 微粒子含有ガラスを作製し、レーザー照射による移動を確認した。
- P08 ガラス内金属微粒子の形態変化による光学特性制御手法の開発
○新海 格, ◎松坂壮太, 比田井洋史, 千葉 明, 森田 昇 (千葉大)
電圧印加を併用した固体イオン交換法により、銀ナノ微粒子をガラス中に添加した。微粒子の存在によりガラスの光学特性が変わるため、微粒子の形態を変化させて光学特性を制御するためにレーザー照射を行った。まずレーザー照射によって光学特性変化を発現させるためのエネルギー密度の閾値を明確化し、複数回のレーザー照射した場合の吸収率の限界値を測定した。このような光学特性変化の要因を微粒子の存在形態の観点から考察した。
- P09 フレネル回折を用いた混合色光ホログラムの開発
○室野健一, ◎西田茂生 (奈良高専)
現在、実用化されているホログラムは単色の像を再生する。そこで、RGB の3色のレーザー光を合成することで白色光を作成し、それを光源とした白色光ホログラムを開発することを目的として本研究を始めた。本研究では複数の波長に対応した多重ホログラムを作成し、白色光で対応する波長の像が再生されることが確認できた。これにより、ホログラムで任意の色を再生することが可能であることが検証できた。
- P10 ニオ酸リチウムへのレーザーアブレーション加工における加工品質の向上に関する研究
○高濱 到, ◎周 立波, 清水 淳, 小貫哲平, 尾崎裕隆 (茨城大)
圧電・焦電など多機能性と、脆性を特徴とする LiNbO3 単結

晶へのレーザ微細加工における、高品位加工面を得る加工条件の物理的要因について調べた。ピコ秒超短パルスレーザを用いて、雰囲気、パルスエネルギー密度、照射回数、時間間隔、スポット内ビーム強度分布などをパラメータとして、顕微鏡観測で加工面評価（無損傷、欠け、溶融）を行い、発熱を抑え、かつ放熱を促すなど温度変化を抑えることの重要性を定量的に明示した。

P11 大気圧プラズマプロセスをベースとした単結晶 CVD ダイヤモンドウエハの平坦化・平滑化

○道上久也、田畑雄壮、遠藤勝義（大阪大）、山田英明、茶谷原昭義、空野由明（産総研）、◎山村和也（大阪大）

単結晶 CVD ダイヤモンドウエハを高効率かつダメージフリーに加工するため、マイクロ波プラズマジェットの数値制御走査による平坦化とプラズマ援用研磨による平滑化を組み合わせたプロセスを提案している。5 mm 角基板の平坦化加工では平坦度が 45.8 μm から 27.5 μm に改善された。更に基板の一部に対してシリカ砥粒を用いたプラズマ援用研磨を適用したところ、プラズマを照射しない場合と比べて研磨レートが大幅に増加することがわかった。

P12 アルミニウム合金を用いた溶融金属積層造形物の造形条件最適化に関する研究

○朱 小金、阿部壮志、高木悠貴、◎笹原弘之（農工大）
本研究では、アーク放電を用いた溶融金属積層法において、アルミニウム合金を用いた良好な造形形状が得られる適切な造形条件を明らかにすることを目的とする。また、造形物の内部欠陥を調査し、鋳造物の内部欠陥より少ないことを明らかにした。最後に、造形物の引張強度を測定し、圧延材と同等の強度を有することを示した。

【 研削・研磨 】

13:00 - 14:30 座長：小川 幸子（首都大学東京）

P14 5 軸シリアル-パラレルメカニズムマシンを用いた未知の加工面に対する微細研磨加工法の開発

○大場勇太、◎柿沼康弘（慶應大）
車体塗装後の補修研磨工程は、その研磨の難しさから技術者により手作業で行われている。この工程を自動化することで作業時間や製品品質のバラツキの抑制といったメリットがあり、その要求は大きい。本研究では、この工程の自動化のために熟練技術者の研磨技術を抽出し、平面において再現する技術の開発を行った。本研究では未知の加工面に対する微細研磨加工法の開発を行い、この技術を平面から曲面に応用することを目的とする。

P15 研磨パッドの表面形状の分析と力学モデル構築のための基礎検討

○大鹿真悟、◎鈴木教和、橋本洋平、社本英二（名古屋大）
研磨パッド表面に存在する凹凸構造の分析は、研磨メカニズムを理解する上で重要である。本研究では、レーザ顕微鏡を用いて研磨パッド表面凹凸の形状計測を行った。さらに、凹凸形状を楕円球の集合体とみなしてモデル化し、測定形状にベストフィットする曲率半径を同定して、突起の高さ及び曲率半径の分布関数を求めた。次に、Hertz 接触理論に基づく研磨パッドとウエハの新しい接触モデルを考案し、その変形特性について考察した。

P16 加工状態モニタリング砥石による研削状態のインプロセス判別

○鈴木修平、福原義也、◎笹原弘之（農工大）
本研究では、砥石内に熱電対を埋め込み、加工中の砥石表面温度を測定する加工状態モニタリング砥石を開発し、リアルタイムに研削状態の判別を行うことを目的とする。測定データは工具内部の通信機から外部端末に転送し、加工中の砥石表面温度のモニタリングを可能とした。さらに、各々の研削状態の特徴ある温度変化が測定され、そのデータを用いてリアルタイムに研削状態の判別を可能とするアルゴリズムを提案した。

P17 砥石軸方向微小振動付与による Hyper 研削の表面粗さ向上

○竹内直也、野村幸作、茅野雅久（農工大）、日下部篤史（平和産業）、◎笹原弘之（農工大）
研削加工では、砥石の回転と送りの運動により砥粒による加工痕が連続的に形成されるため、表面粗さの向上には限界がある。本研究では砥石内部から研削液を供給する Hyper 研削の研削液にプランジャポンプにより脈動を与え、砥石を軸方向に微小振動させる機構を開発した。振動の付与により加工面での砥粒の運動軌跡が正弦波状になり、振動なしでは削り残す部分が除去される。これにより、表面粗さが向上することを明らかにした。

P18 サファイアウエハの CMG 加工技術に関する研究—砥石の開発と加工条件の影響—

○山崎直樹、◎周 立波、清水 淳、小貫哲平、尾高裕隆（茨城大）、藤原 隆（三井研削砥石）

サファイアウエハは青色 LED の基板やスマートフォンのカバーガラスとして高い需要がある。平坦化加工には固定砥粒ダイヤモンド研削と化学機械研磨 CMP が行われているが、サファイアウエハは高硬度な難削材であるために、高効率に高品位ウエハの創生が難しい。そこで本研究では、研削工程に固相化学反応を取り入れた化学機械研削 CMG 砥石を開発し、加工条件の影響調査とともに表面粗さ Ra=10nm 以下の表面を実現した。

P19 小径砥石による大口径 Si ウエハ研削に関する研究—砥石径が研削後のウエハ形状と表面粗さに与える影響—

○吉松智哉、◎周 立波、清水 淳、小貫哲平、尾高裕隆（茨城大）
生産性向上のため Si ウエハの大口径化が求められている。現在行われているカップ型砥石によるインフィード研削において、砥石径は一般的にウエハ径と同等以上である。そのため、砥石の大径化も求められるが、加工設備を含めてコスト増大が懸念される。そこで本報では、大口径 Si ウエハ研削工程について、砥石直径が研削後のウエハ形状と粗さに与える影響をシミュレーションと実験の両面から調査した結果について報告する。

【 超精密加工 】

14:45 - 16:15 座長：長谷 亜蘭（埼玉工業大学）

P21 電解液吸引工具を利用した油だまりの高速形成に関する研究

○高嶋佑樹、◎夏 恒（農工大）
工作機械などの摺動面には、一般的にきざげ加工が行われ、高精度な平面と微小な油だまりを同時に実現することで運動精度を向上させている。現在、機械工作技術の進歩により、摺動面に必要な高精度な平面を得られるようになった。本研究では、高精度な平面に電解加工を適用し、電解液吸引工具を利用した油だまりの形成を定量的かつ高速に行うことを目的とする。

P22 導電領域制御工具による複雑形状穴の電解加工

○野村英碩、米 大海、◎夏 恒（農工大）
難削材の逆テーパ穴や複雑形状穴の加工が求められている。そのため、レーザーや放電加工、電解加工を用いた加工法が提案されているが、レーザー加工の場合穴の品質が悪く、放電加工の場合工具の消耗があることが問題である。一方、電解加工を用いた場合穴の品質は良く、電極消耗もない。本研究では、側面の導電領域を制御した工具を作製し、逆テーパ穴や複雑形状穴を加工した。

P23 分割切削法によるマイクロレンズアレイ金型の超精密加工

○向田菜央、◎関 紀旺（慶應大）
スローツールサーボを用いたマイクロレンズアレイ金型の旋削加工では、レンズエッジ部において Z 軸加速度が大きくなることから加工機の運動誤差が誘発され、高精度な加工が困難とされていた。そこで、本研究ではマイクロレンズを一定の間隔をもってグループ分けし、1 グループずつ切削を行う分割切削法を提案した。加工実験を行ったところ、Z 軸加速度を低減させることにより、通常の連続切削法と比較して形状誤差を 1/4 に低減した。

P24 回転数制御エアタービンスピンドルによる小径エンドミル加工

○長田尚子、◎矢澤孝哲、大坪 樹（長崎大）、加藤友規（福岡工大）、野崎悠輔（長崎大）、西田一矢、平川鉄磨（福岡工大）
小径エンドミルによる精密加工において、高回転高送りミーリングを行う場合、エアタービンスピンドルではトルクが小さいことによる回転数減少が工具摩耗に影響を与えると懸念される。本研究では、HPQR を用いた回転数制御加工実験を行い、工具摩耗の抑制、供給圧と工具摩耗の関係について検討した。その結果、回転数制御の有無による工具摩耗への影響は見られなかった。また、加工中の供給圧力から摩耗量を推定できる可能性を示した。

P25 単結晶窒素の超精密旋削における加工特性の解析

○柴川 大、◎柿沼康弘（慶應大）
信号処理回路を従来の電子技術ではなく光で代替する技術が注目を集めている。次世代の光信号処理を実現するためには、光速で移動する光を一定時間・一定の場所に閉じ込める役割を担う微小光共振器が必要になる。本研究では、高性能な微小光共振器の材料として期待される単結晶窒素の超精密旋削において、工具形状が加工面性状に与える影響を検討した。また、超精密旋削プロセスの最適化に向け、TEM による加工変質層の評価を行った。

P26 超精密 6 軸制御切削加工のセッティング誤差の補正

○山岸知輝、◎中本圭一（農工大）
超精密 6 軸制御切削加工において、セッティング時に起こりうる工具先端の原点合わせや回転中心との誤差は、加工精度に大きな影響を及ぼす。しかし、これまでのセッティング誤差の補正では、オペレータの熟練度に依存する作業が多く、効果が不確実であった。そこで本研究では、超精密 6 軸制御切削加工における新たなセッティング誤差補正手法を提案し、その有用性を確認した。