機械工学科

北田　良二　　教授

専門分野　精密加工学，特殊加工学
最終学歴　岡山大学大学院自然科学研究科博士後期課程
産業創成工学専攻修了（2011 年 3 月）
学位　博士（工学）
職歴　ＴＯＷＡ株式会社（1996 年 4 月～2016 年 3 月）
崇城大学工学部機械工学科（2016 年 4 月～現在）

＜はじめに＞

我々は多種多様な製品に支えられて生活している．それらの製品は材料を加工することで生み出されており，様々な加工法を適用することで製品の付加価値が高まる．特に，超精密および高品質な加工を実現する精密加工技術は生産加工において重要な役割を果たしている．例えば，放電加工やレーザ加工などの特殊加工は精密加工を行う上で重要な加工法であり，**半導体製造**には不可欠な技術となっている．

“精密加工学研究室”では，レーザ加工などの新たな精密加工技術に関する研究開発に取り組み，**半導体製造プロセス**など，次世代の製品開発の基盤となる新たな要素技術を提案している．

＜研究内容＞

1. マグネシウム合金のレーザ精密切断加工

マグネシウム合金は，実用金属の中で最も軽い金属であり，ノート PC などへの適用が進んでいる．そのため，**半導体**を使用した精密機器には精密加工技術が求められている．したがって，本研究では，レーザ光を用いたマグネシウム合金の精密切断加工を提案する．

レーザ切断加工の模式図を**図 1** に示す．炭酸ガスレーザ発振器（波長 10.6 μm）より発振されたパルスレーザを集光レンズにより集光して加工対象物の表面へ走査することで切断加工する．加工点においては，熱影響の低減や溶融物を除去するために，レーザ光と同軸にアシストガス（酸素）を噴射している．**図 2** は，汎用的なマグネシウム合金 AZ31B の薄板（厚み 0.5 mm）に対する微細形状の加工事例である．幅 0.6 mm 程度のハニカム形状に精密切断加工されていることがわかる．現在，半導体レーザを用いたマグネシウム合金の精密溶接にも取り組んでおり，**半導体や医療部品**などへの応用展開を目指している．

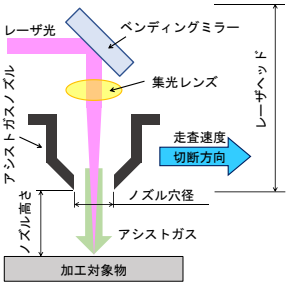


図 1　レーザ切断加工法

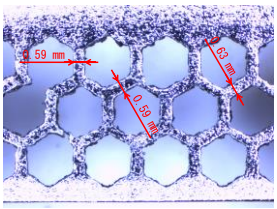
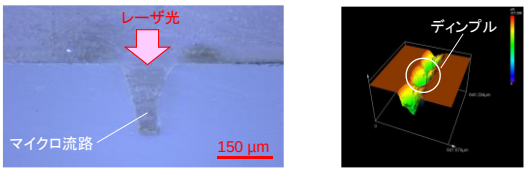


図 2　微細形状加工

2. レーザ加工による高機能マイクロリアクターの開発

近年，化学や医療分野において，マイクロ流路デバイスの実用展開が進み，省試薬，省エネルギー，反応時間の短縮，反応効率の向上などの効果が期待されている．本研究では，炭酸ガスレーザにより合成石英ガラス基板上にマイクロ流路を加工して，高機能マイクロリアクターの開発に取り組んでいる．

波長 10.6 μm の炭酸ガスパルスレーザにより合成石英ガラス基板上に加工したマイクロ流路形状を**図 3** に示す．連続微細ディンプル形状を有したマイクロ流路が形成されていることがわかる．試作したマイクロリアクターを**図 4** に示す．現在，**図 5** に示すように，送液実験と**流体解析（CFD）**により，流路底面に形成された連続微細ディンプル形状が流路内の流れに及ぼす影響について評価している．今後，マイクロリアクターの化学反応実験に取り組み，**半導体，化学，医学，薬学**などへの研究開発に展開していく．



（a）断面形状　　（b）流路形状

図 3　マイクロ流路

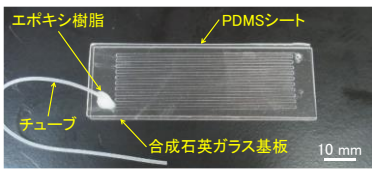
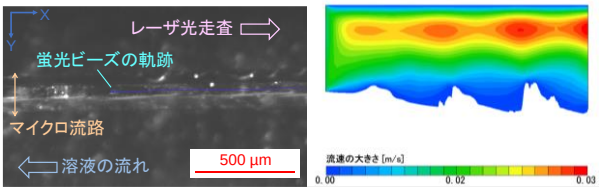


図 4　マイクロリアクター試作品



（a）送液実験　　（b）流体解析（CFD）

図 5　マイクロ流路内の流れ評価

3.炭素繊維強化プラスチックのレーザフォーミング

炭素繊維強化プラスチック（CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics）は高強度かつ軽量であるという他の材料にはない優れた特性を有している．したがって，軽量化と燃費向上のために自動車や航空機への CFRP の適用が急速に進んでいる．本研究では，金型を使用せずに高能率に塑性加工が可能であるレーザフォーミングを CFRP へ適用する新たな塑性加工法を提案している．

本実験では，二次成形加工が可能な熱可塑性プラスチックをマトリクス材とした CFRP の板材（厚み 1.0 mm）を使用して，レーザフォーミングを試みる．レーザフォーミング実験システムを**図 6** に示す．炭酸ガスレーザ加工機を使用して，マスクを通過させた□5

mm のパルスレーザ光を CFRP の板材表面へ走査することで熱応力によるレーザフォーミングを行う．レーザフォーミングの加工事例を**図 7** に示す．レーザ光走査により，曲げ加工が可能であることがわかる．今後はレーザフォーミングによるパイプ形状の曲げ加工を行う計画である．将来的には，**半導体製品，自動車，宇宙航空**などへの応用展開が期待される．

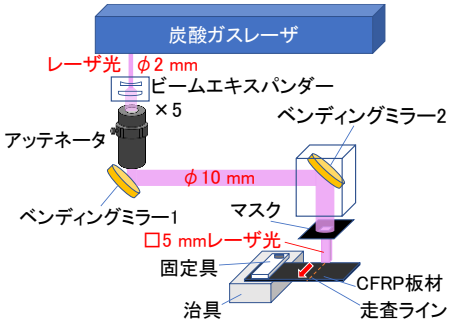
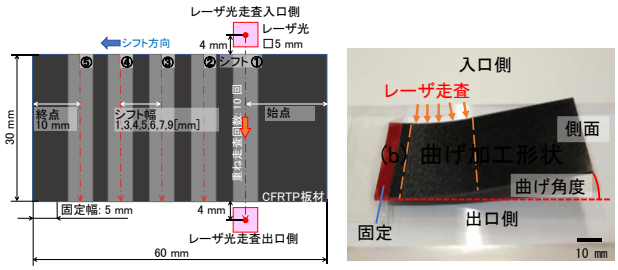


図 6 レーザフォーミングシステム



(a) レーザ光走査法　　(b) CFRP の曲げ加工結果

図 7　レーザフォーミングによる曲げ加工

4. 高機能精密金型の開発

半導体パッケージなどのプラチック製品を低コストで大量生産する金型には，成形品の品質維持と連続成形に対する耐久性が必要であり，耐摩耗性，耐食性，離型性などの機能が求められている．一般的には，めっきなどの表面処理が適用されているが，表面処理のみでは十分に対応できないことがある．そこで，**半導体製造**などの精密金型で汎用的に使用されている放電加工面や各種表面処理に対する離型性について定量評価することで高離型金型の開発を目指している．

本研究で開発した離型力定量評価システムの模式図を**図 8** に示す．精密金型を想定した試験片（材質：SKD11，サイズ：27×30×t 5 mm）に対して熱硬化性フェノール樹脂を圧縮成形して，試験片表面と成形樹脂とが垂直方向に剥離する瞬間の最大引張荷重を離型力として測定する．**図 9** は，形彫り放電加工面に対する離型試験結果の一例である．現在，放電加工面や

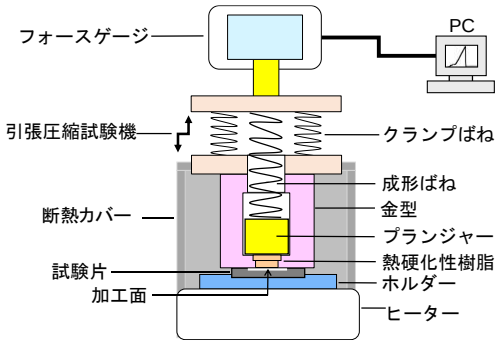


図 8　離型力定量評価システム

各種表面処理に対して離型試験を実施して，離型要因を考察している．そして，**半導体製造装置**などに使用される高機能（高離型）精密金型の開発を進めている．

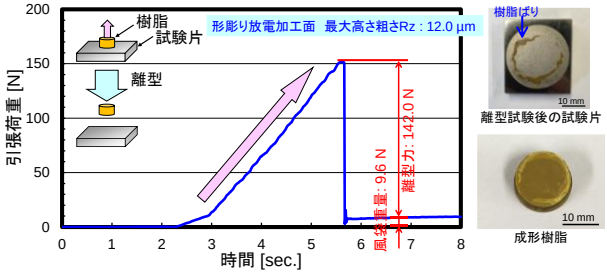


図 9　離型試験結果

5. 高能率表面処理法の開発

近年，新素材の研究開発は目覚ましく，高硬度材料や軽量材料など様々な材料が実用化されている．それにともない，新素材の加工技術に関する研究開発も進められている．例えば，高硬度材料を切削加工する工具においては，被削性や工具寿命の向上について多くの研究事例があり，一般的には，CVD（Chemical Vapor Deposition）や PVD（Physical Vapor Deposition）による表面処理が適用される．しかしながら，処理プロセスが複雑であり時間を要することから製造コストや納期が課題となっている．本研究では，切削工具や**半導体製造**に使用される工具類などの低コスト化と短納期化を実現するために，新たな表面処理技術の研究開発に取り組んでいる．

現在，**図 10** に示す様な電磁波照射により，高能率に表面処理を行う要素技術を開発している．大気中雰囲気にて電磁波を照射すること窒化チタンの表面処理が可能である．将来的には，**半導体製造装置や工作機械**などに使用される工具表面処理への実用展開が期待される．

(a) 電磁波照射　　(b) 表面処理結果

図 10 電磁波を用いた高能率表面処理法

＜おわりに＞

精密加工学研究室では，日々新たな研究開発に取り組み，次世代のものづくりへの貢献を目指している．例えば，はんだ付け自動ロボットである**半導体レーザ加工機**を使用した新たなレーザ加工や**炭素繊維強化プラスチックの3D プリンター**の研究開発にも取り組んでいる．他大学や企業との共同研究にも積極的に取り組んでおり，学外との交流も活発に実施している．

本研究室では，研究活動や進路指導のみでなく，**半導体製造プロセス**について，具体的な企業名を交えて実践的な教育をしている（指導教員は半導体製造装置メーカで技術者として 20 年の実績あり）．**半導体関連企業や工作機械メーカ**などの精密加工の関連業界に多くの学生が就職しており，これらの産業に興味ある学生諸君にとって，本研究室での経験は就職活動や未来の技術者として必ず有益なものとなるであろう．

2024. 7. 15 作成