

μm オーダーのAI表面 微細レーザー加工技術

東京都立大学 システムデザイ
ン学部 機械システム工学科

助教 井尻 政孝

2024年11月26日



井尻 政孝
いじり まさたか

- ・ 出身：岡山県
- ・ 年齢：36歳 (S63年)
- ・ 最終学歴：岡山大学
博士(工学)

○ 2014年～2017年 岡山大学大学院
⇒第8回 軽金属学会中国四国支部 講演大会 優秀講演賞 受賞
⇒2017年博士(工学)を取得.

○ 2017年～2018年 10月まで 山口東京理科大学
工学部機械工学科ポストドクトラル研究員
⇒ICMMPM2018, Best Paper Award
⇒第66回 日本金属学会論文賞 組織部門 受賞

○ 2018年11月～2021年3月
東京電機大学工学部先端機械工学科 助教
国土館大学理工学部理工学科 非常勤講師
⇒日本機械学会中国四国支部賞技術創造賞 受賞

○ 2021年4月～
東京都立大学システムデザイン学部
機械システム工学科 助教

○ 2024年4月～9月
東京工業高等専門学校 非常勤講師



日本金属学会論文賞



技術創造賞

現在の研究

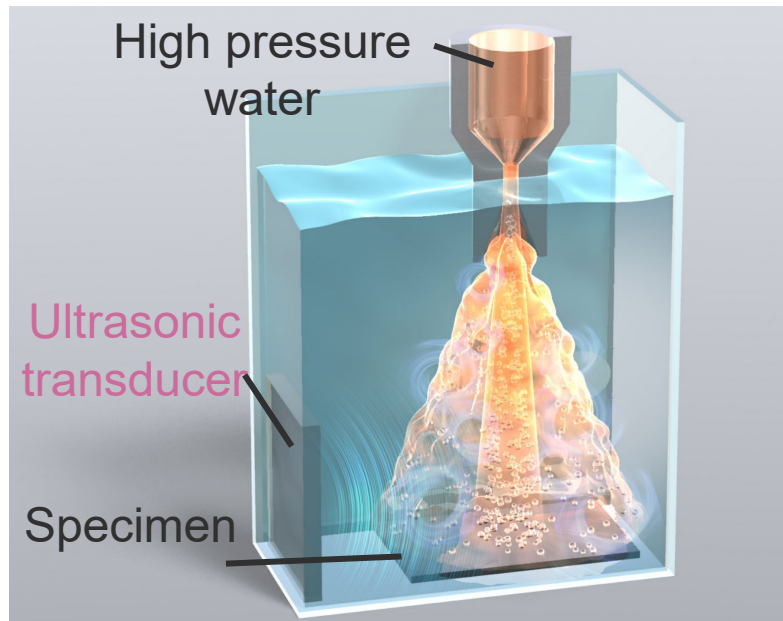
- 高エネルギーを有するキャビテーション気泡を生成する方法
- 機械的特性及び熱伝導率に優れた複合材料作製
- 強度・摩耗性に優れたジルコニア系複合材料の成形

ウォータージェットピーニング
高圧を有する気泡



超音波キャビテーション(UC)
高温を有する気泡

機能性キャビテーション (MFC)
高温・高圧を有する気泡を発生 可

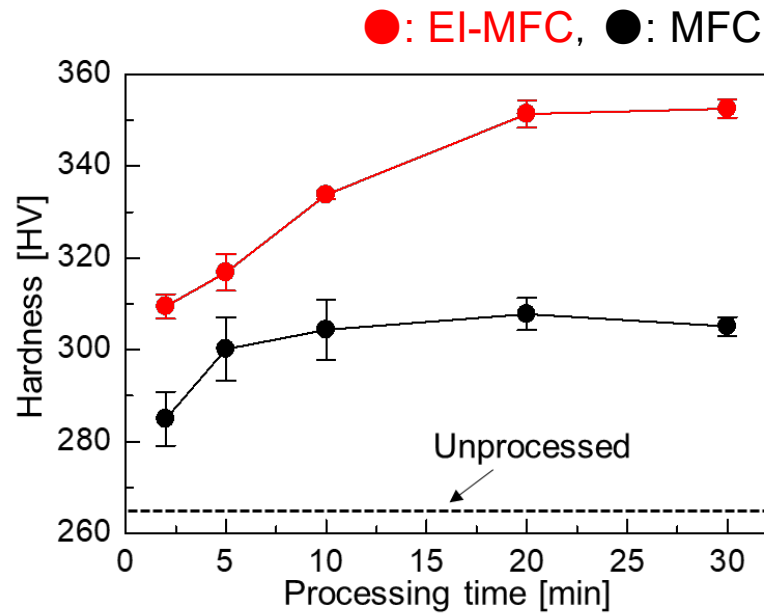
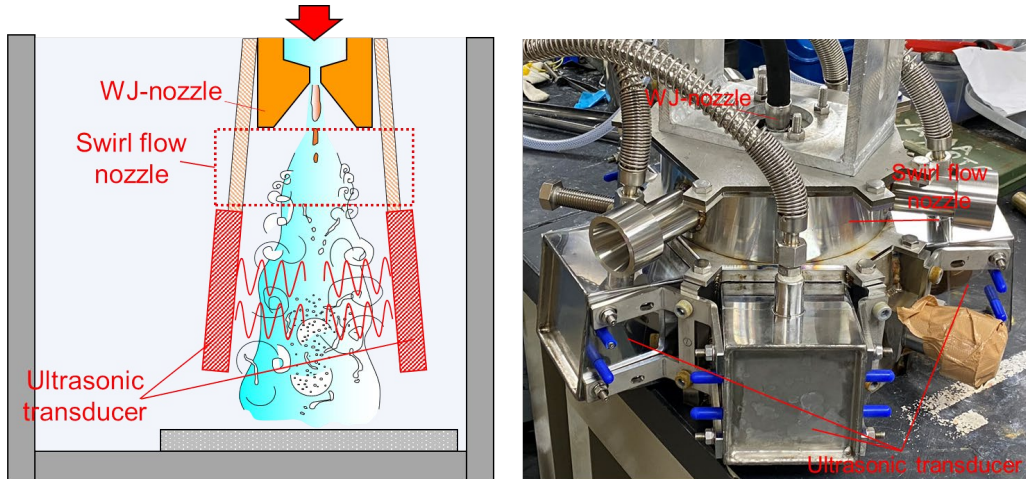


キャビテーション気泡の崩壊圧で材料表面が塑性変形

ピーニング効果による軽金属の表面改質

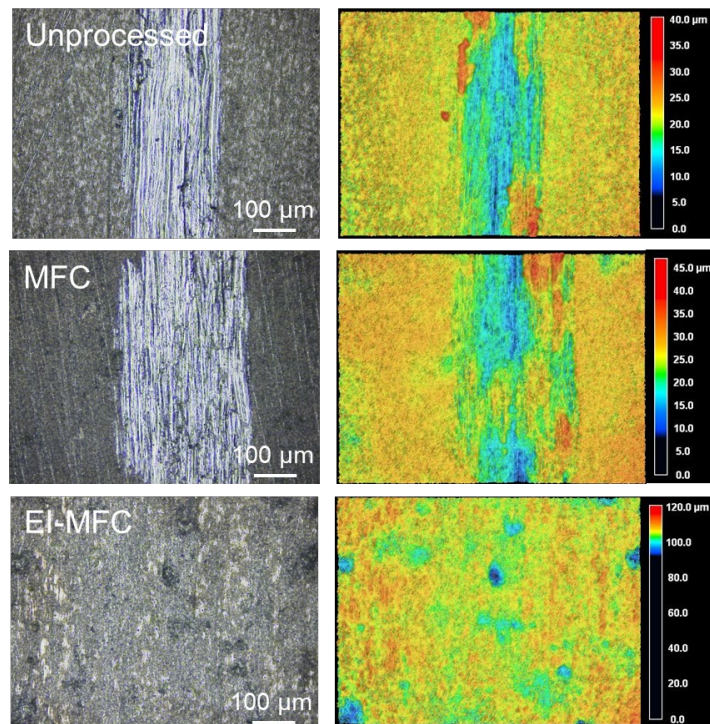
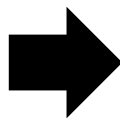
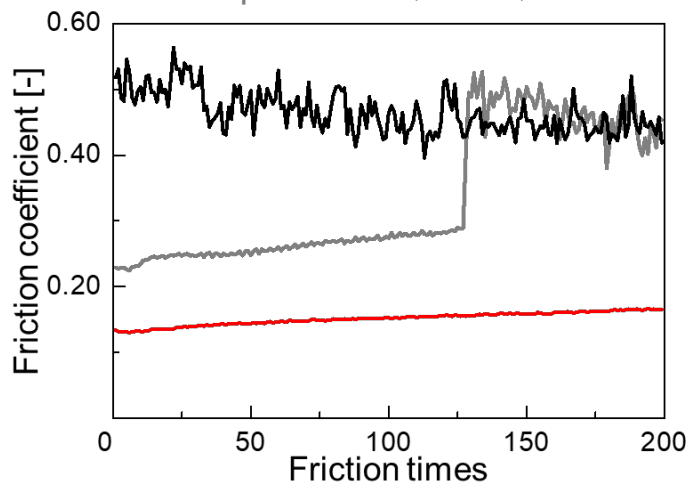
目的: 家庭用水のみで表面処理ができる技術

➤ エネルギー集中型機能性キャビテーション (EI-MFC)



5つの超音波装置が噴流中心に照射 可

Unprocessed, MFC, EI-MFC



従来のMFCと比較してEI-MFCは均一に加工 可

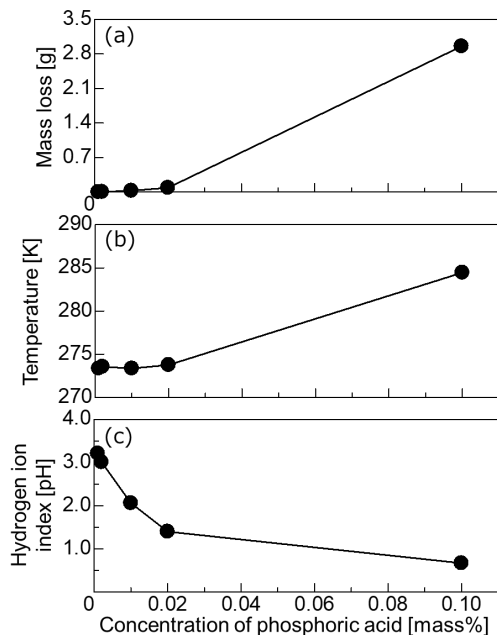
目的: マグネシウム (Mg) 合金表面の耐食性と疲労特性を向上させる方法

➤ Mg合金表面に耐食性を付与させる処理

リン酸塩処理: リン酸イオン (PO_4^{3-}) で処理を行う方法

例. リン酸マンガン, リン酸ニッケル, リン酸亜鉛など

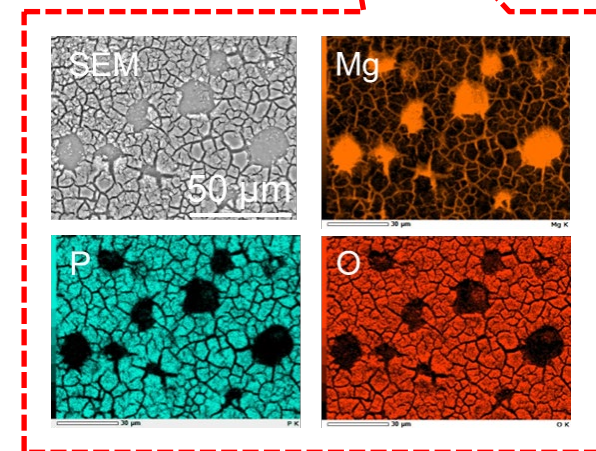
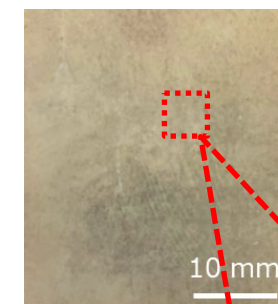
● リン酸と水を用いた浸漬試験



	SEM image	P element	Mg element	O element
Concentration of phosphoric acid [mass%] 0.02				
0.01				
0.002				
0.001				

リン酸濃度が高いと, 局所的に塊が発生し, 濃度が低いと, 膜厚が薄い.

● リン酸と水を用いた陽極酸化



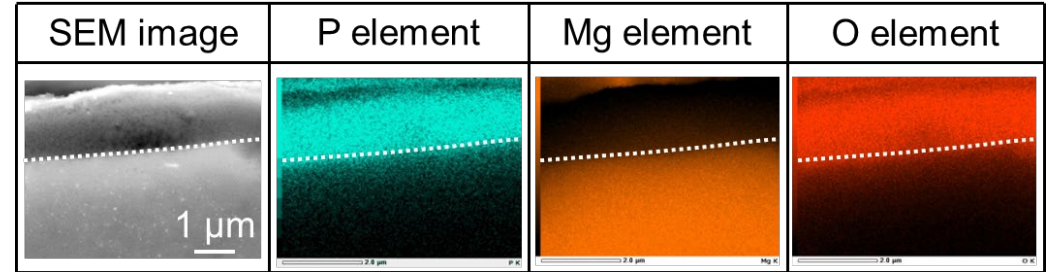
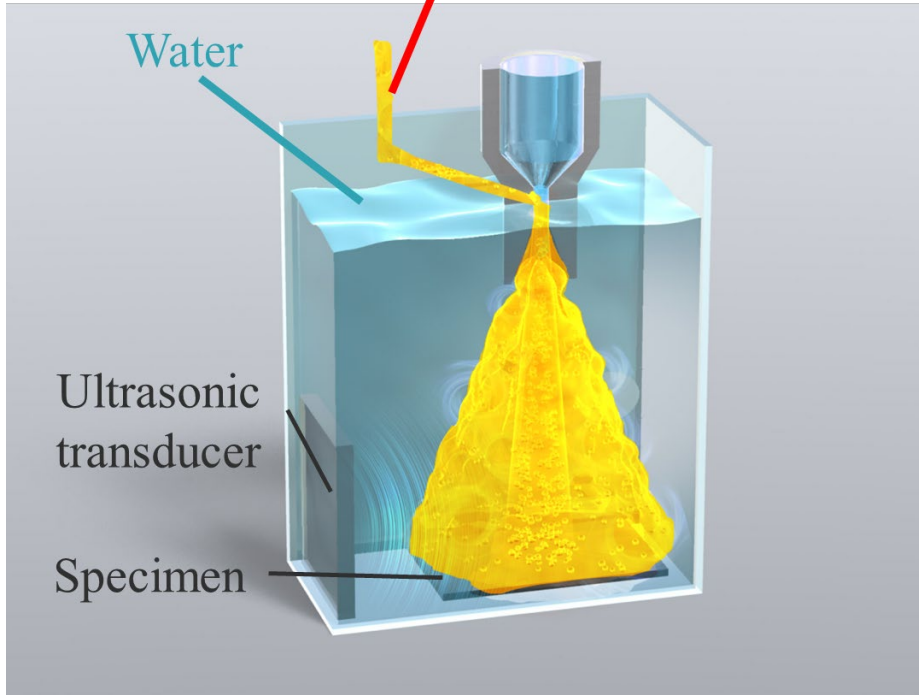
部分的に膜が剥がれる箇所がある.

目的: マグネシウム (Mg) 合金表面の耐食性と疲労特性を向上させる方法

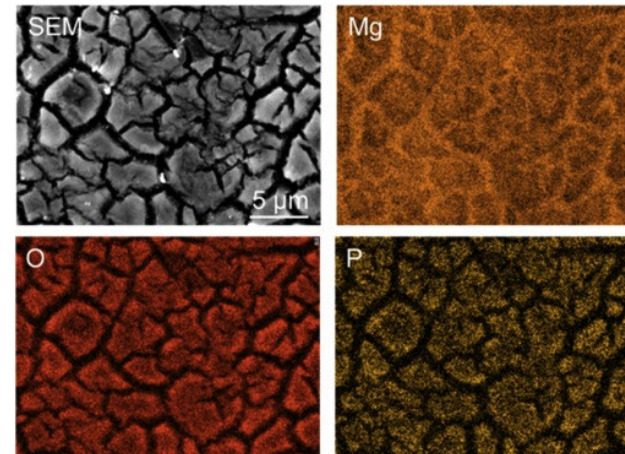
➤ Mg合金表面に耐食性を付与させる処理

リン酸-MFCを施した試験片断面の元素マップ

薬品(リン酸)を用いたMFC



リン酸-MFCを施した試験片表面の元素マップ

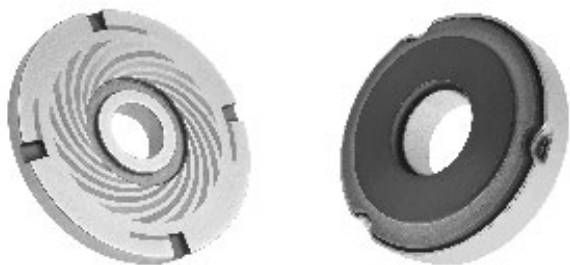


化学的特性を付与 ▶ 耐食性皮膜を形成
疲労特性 向上

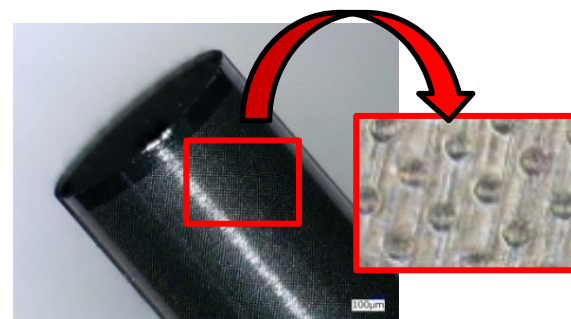
表面テクスチャリング…表面に微細な凹凸を作製すること

↳ 撥水性や摩擦特性などが発現

表面テクスチャ例



メカニカルシール^[1]



シャフト形状へのディンプル加工^[2]

加工法

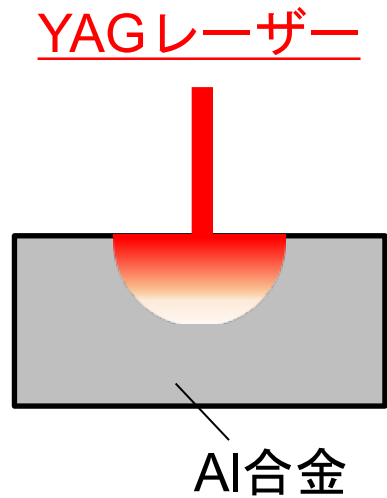
- 機械的加工
- 放電加工
- 電解加工
- レーザーアブレーション

問題点

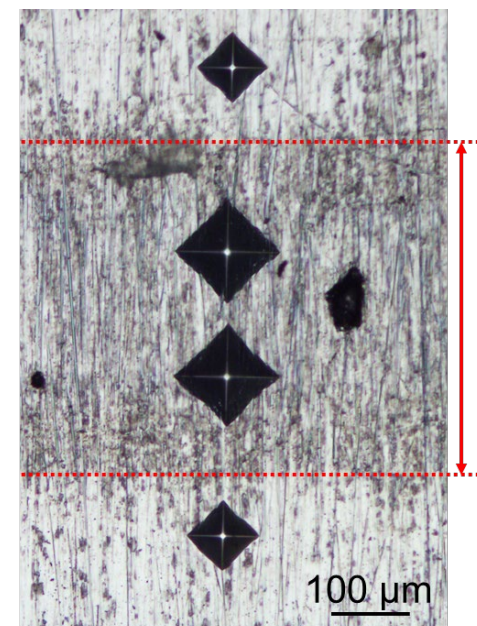
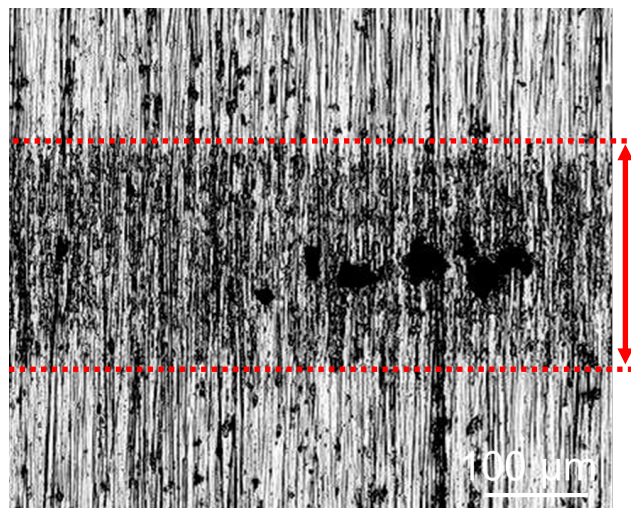
- ・電極や工具の摩耗
- ・エッジのバリ発生
- ・高コスト

[1] (株)スギハラ工業 <http://www.sugihara.co.jp/alumi.html>
[2] (株)フリクション <https://www.frixion.co.jp/レーザ加工事例>

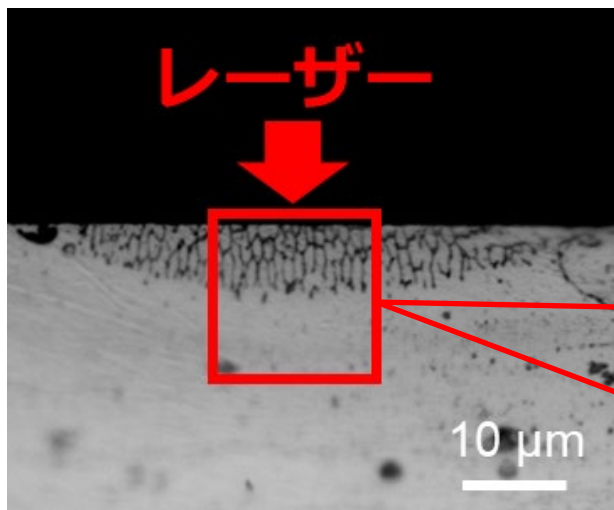
➤ YAGレーザーで処理したAl合金（Al-Zn-Mg）表面



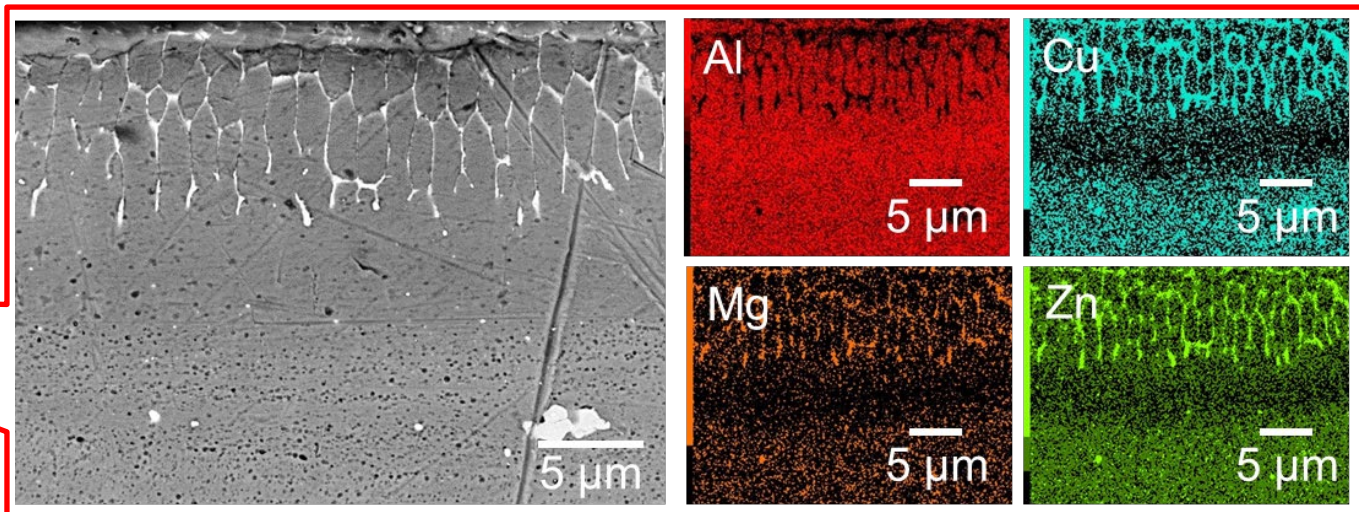
処理後の表面



処理後の表面：黒色に変化，強度の低下

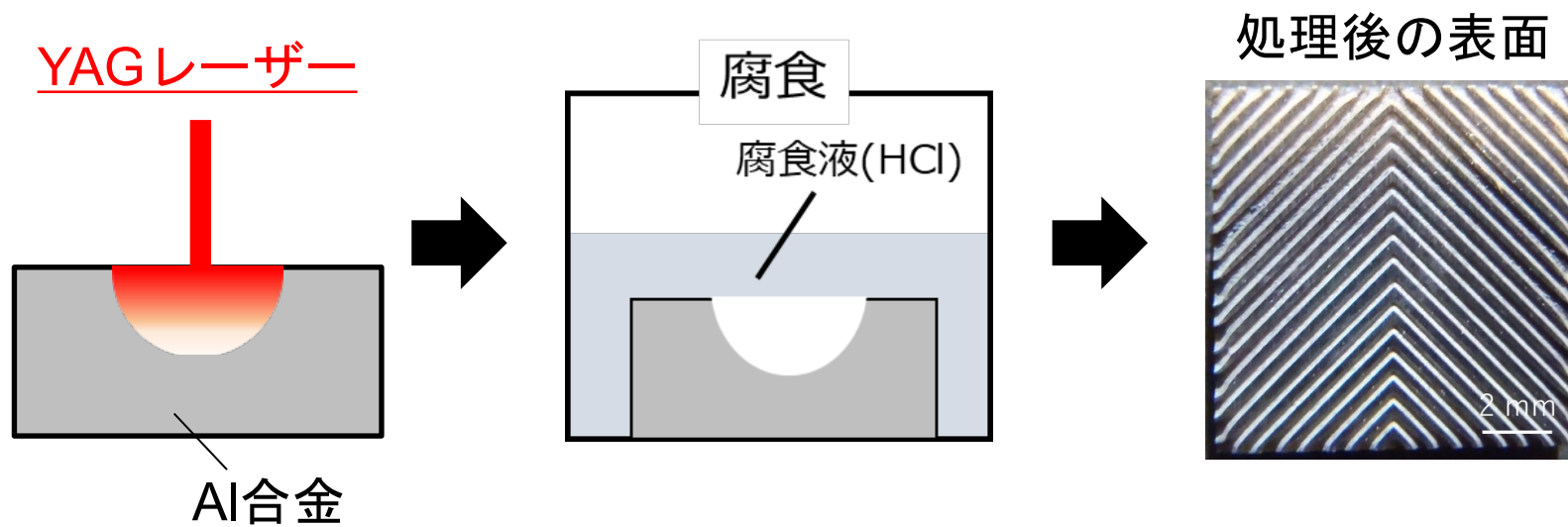


処理後の断面

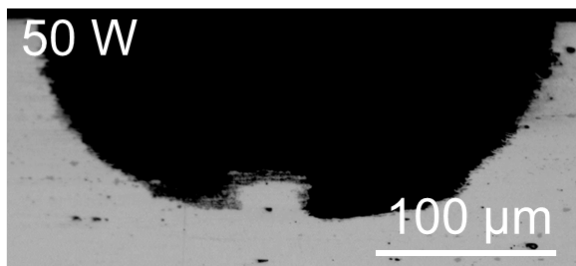
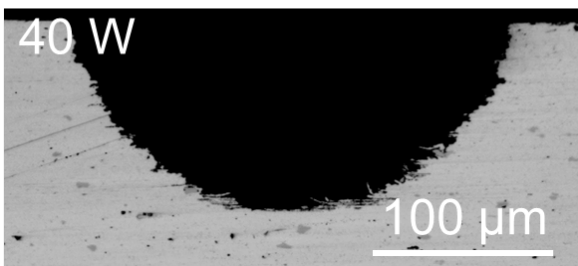
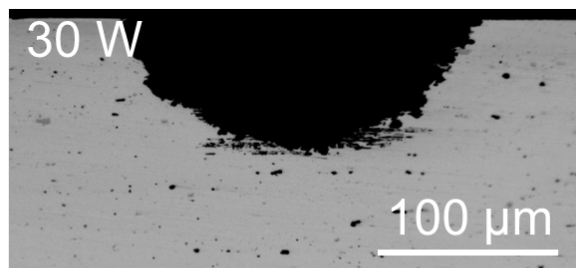
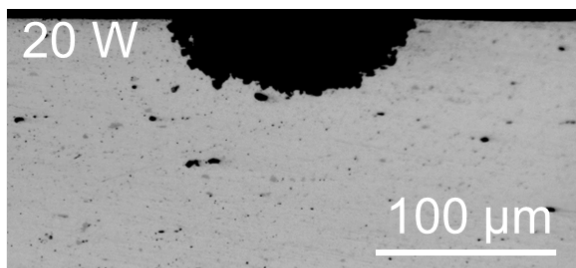
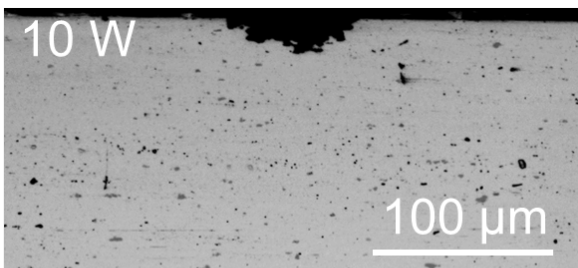


Al合金内の元素に変化

➤ YAGレーザーで処理したAl合金（Al-Zn-Mg）表面



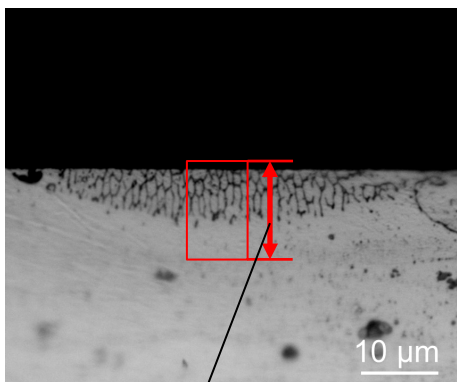
レーザーと腐食液を用いることで、微細な溝の形成が可能



出力やレーザー径，腐食時間を変えることで微細な溝の形成が可能

様々な出力でレーザー処理した後の試験片を腐食した後の断面

➤ YAGレーザーで処理したAl合金（Al-Zn-Mg）表面

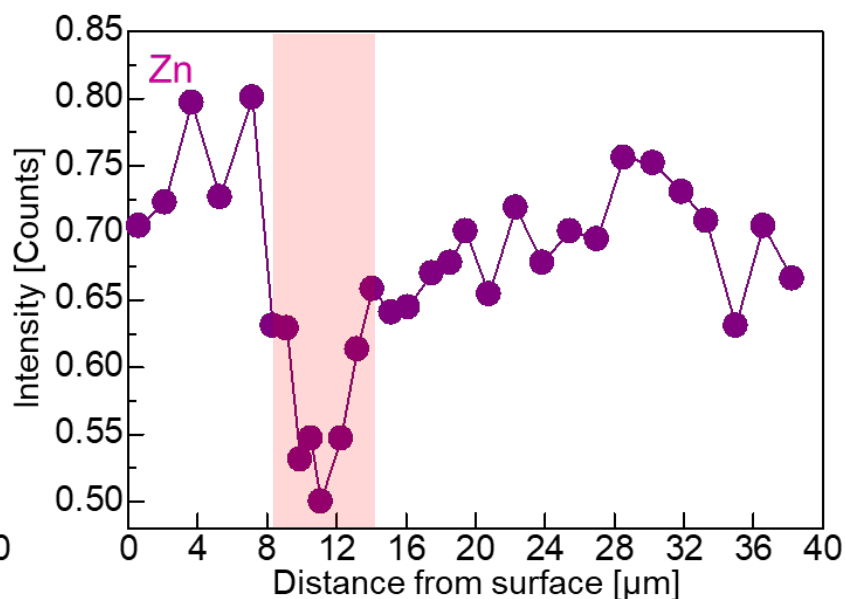
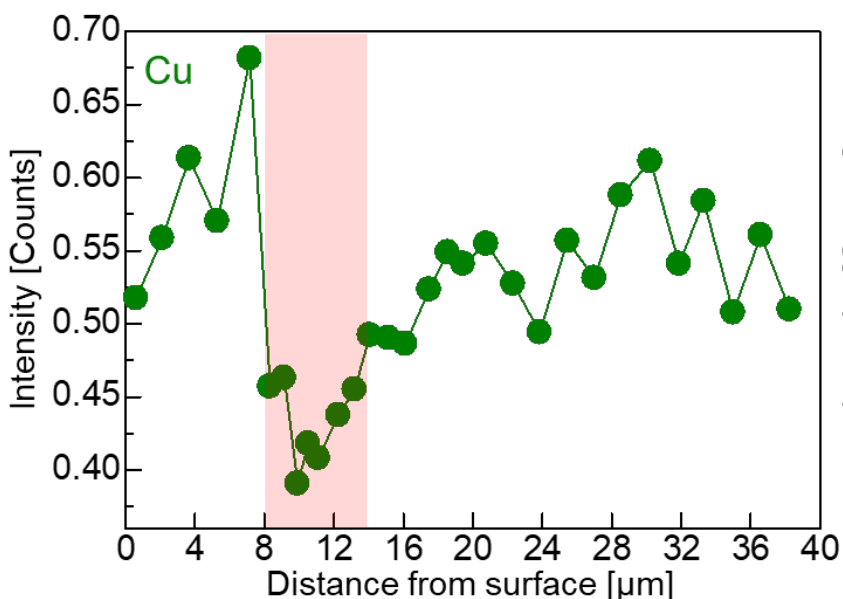
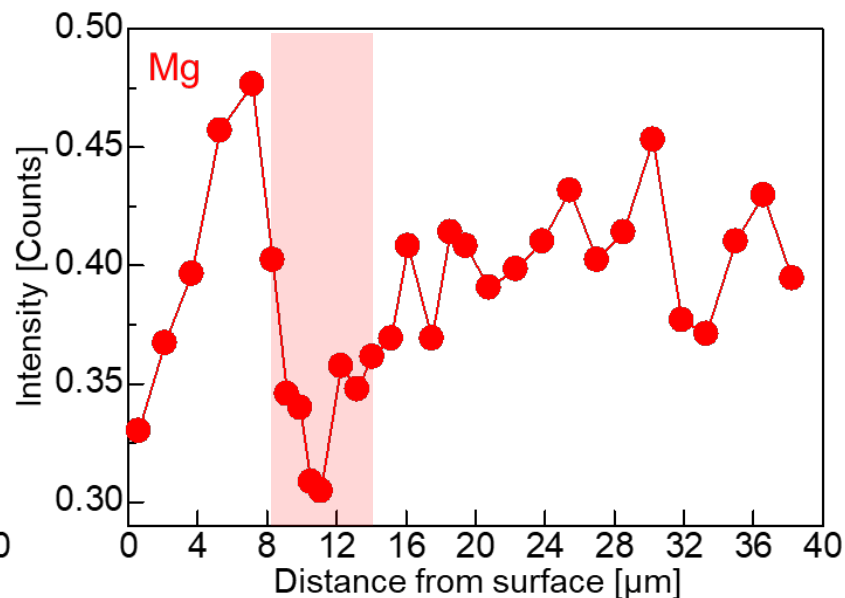
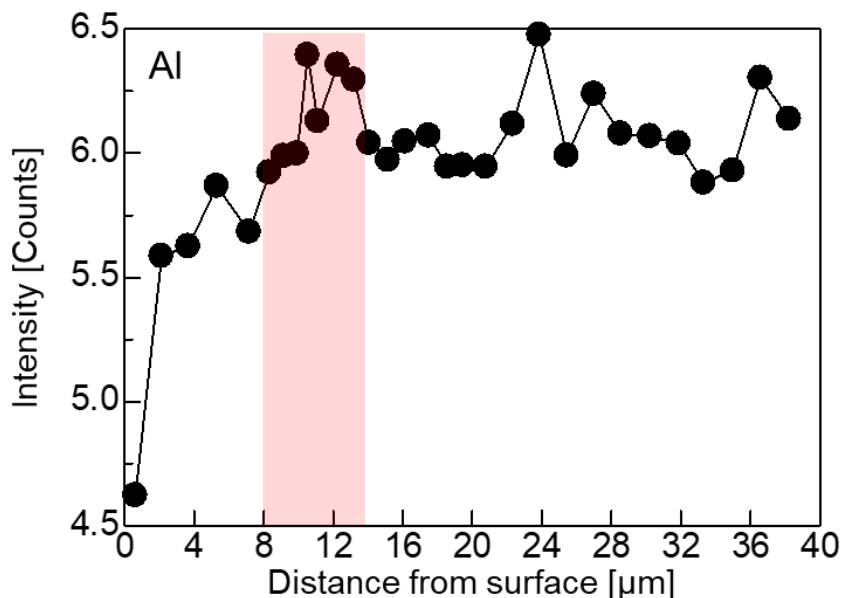


レーザー処理後の断面

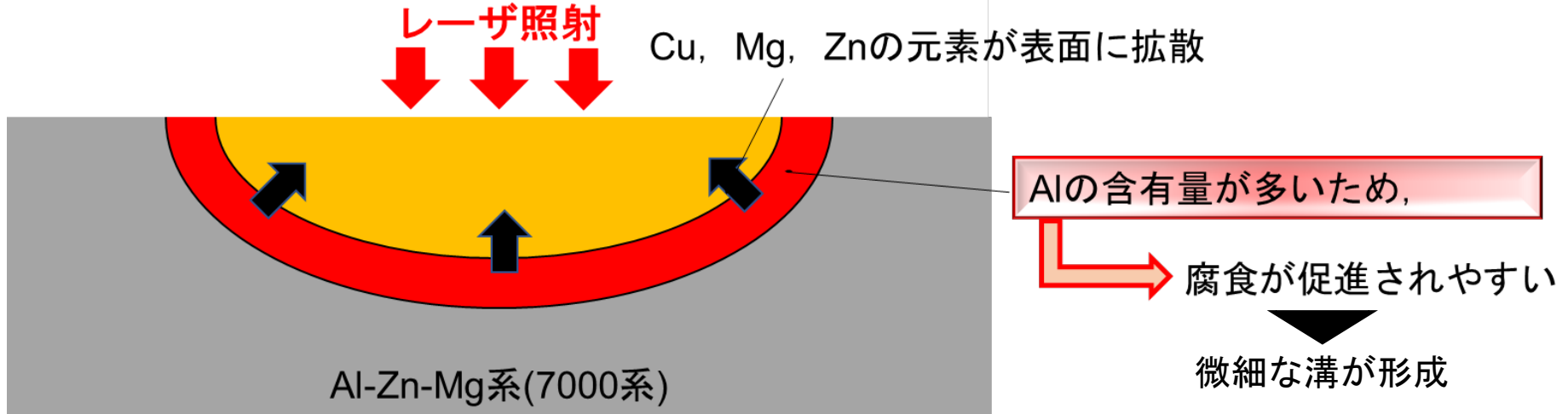
表層から深さ方向
への元素強度



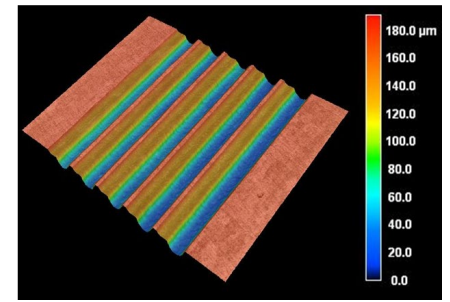
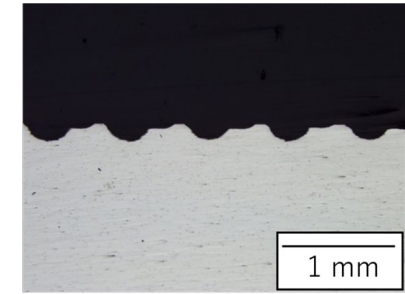
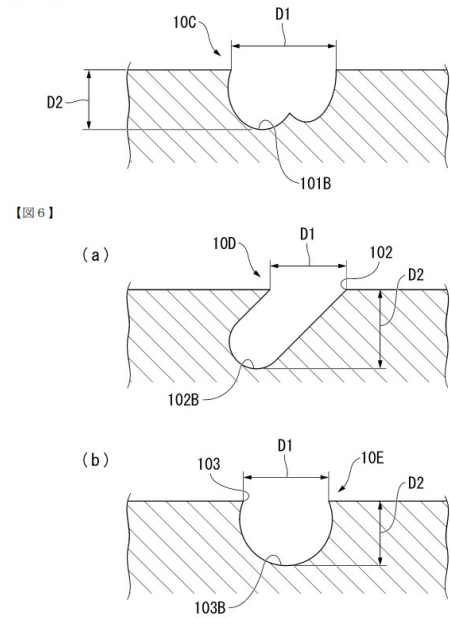
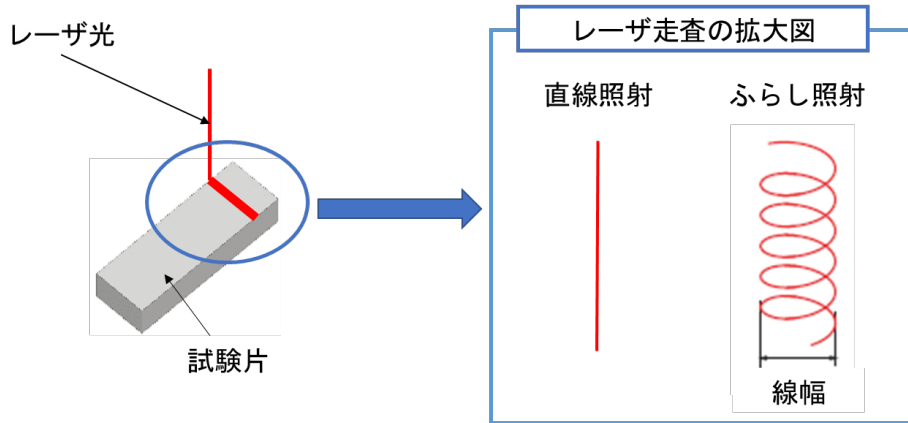
Cu, Zn, Mg元素が
表面に拡散



➤ YAGレーザーで処理したAl合金（Al-Zn-Mg）表面



始点から終点までを { 直線状に照射 → 直線照射
円形軌道状に照射 → ふらし照射



非対称な溝の形成 可能

従来技術とその問題点

既に実用化されているものには、
**機械的加工、放電加工、電解加工、
レーザーアブレーション**等があるが、

- 電極や工具の摩耗
- エッジのバリ発生
- 高コスト

等の問題があり、広く利用されるまでには
至っていない。

新技術の特徴・従来技術との比較

- レーザー照射とエッチングで微細な溝を形成することに成功した。
- 従来は微細な溝の形成にはフライス加工の使用に限られていたが、本技術は数 μm の加工ができ、より微細な加工ニーズに対応可能となった。
- レーザー照射とエッチングのみという簡易な手法であり、コストの削減が期待される。

想定される用途

微細表面加工による機能性付与に活用可能で、一例として下記のような用途が想定される。

- 撥水性や摩擦特性が必要な機械部品の表面加工
- 接着接合の前処理に表面テクスチャリングを施すことにより微細な溝に接着剤が浸透し、接合性を強化する

実用化に向けた課題

- 現在、数 μm サイズの微細な溝以外に数種類の形状の溝作製、本技術が適用可能な合金の調査などが可能なところまで開発済み。
- 今後、表面テクスチャリングした試料表面の摩耗性などの実験データを取得し、様々な機械部品表面に適用していく場合の条件設定を行っていく。

企業への期待

- 未解決の微細加工については、レーザー加工を工夫する技術により克服できると考えている。
- レーザーの技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- アルミニウム合金表面に摺動性・耐摩耗性・シーリング性・接着性向上の付与などの機能性付与を検討中の企業と一緒に、具体的な用途に対応するための条件検討を行いたい。

企業への貢献、PRポイント

- 本技術はレーザー加工によるアルミニウム合金表面の微細加工が可能のため、この合金部材の機能性を向上することでより企業に貢献できると考えている。
- 本技術の導入にあたり必要な追加実験を行うことで科学的な裏付けを行うことが可能。
- 本格導入にあたっての技術指導等

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : アルミニウム合金素材の加工方法およびアルミニウム合金材
- 出願番号 : 特願2024-112588
- 出願人 : 東京都公立大学法人
- 発明者 : 井尻 政孝

産学連携の経歴

- 2022年-2023年 JST研究成果展開事業に採択
- 2024年-2027年 NEDO官民による若手研究者
発掘支援事業に採択
- 2024年- 化学系メーカー 共同研究

お問い合わせ先

東京都立大学
産学公連携センター URAライン

T E L 042-677-2202

e-mail ragroup@jmj.tmu.ac.jp