

ねじり振動付加による 低延性金属の塑性変形能の 向上手法

大阪大学 工学研究科 マテリアル生産科学専攻
准教授 松本 良

2022年2月3日

新技術の概要

マグネシウム合金に代表されるすべり系の少ない**低延性金属**に対する**室温での塑性加工**において、

圧縮あるいは引張りながら、圧縮・引張軸まわりに一定の振幅で**両振りねじりを繰り返し付加（ねじり振動付加）**することにより、

塑性変形能（成形限界）を向上（割れ発生を抑制）させる技術である。

従来技術とその問題点

低延性金属の塑性加工では、

- ・ **高温下**で塑性加工

→加熱設備が必要. 酸化対策も必要.

- ・ **高静水圧下**で塑性加工

→特殊な加工設備が必要. 低生産性. 低安全性.

- ・ 延性を改善した**金属**(添加元素, 結晶粒径・形, 結晶方位)の開発

→高コスト.

(・塑性加工以外の加工(**切削**, **鋳造**))

が一般的な成形限界の向上手法である.

従来技術とその問題点

例えば、マグネシウム合金の室温成形限界の向上に対しては、

- 背圧付加による高圧力下での塑性加工
- 合金成分の変更
 - 結晶構造の変化 (Mg-Li合金)
 - 稠密六方格子構造の軸比の変更
 - 臨界分解せん断応力の低減
- 結晶粒の微細化
- 結晶方位 (集合組織) の調整

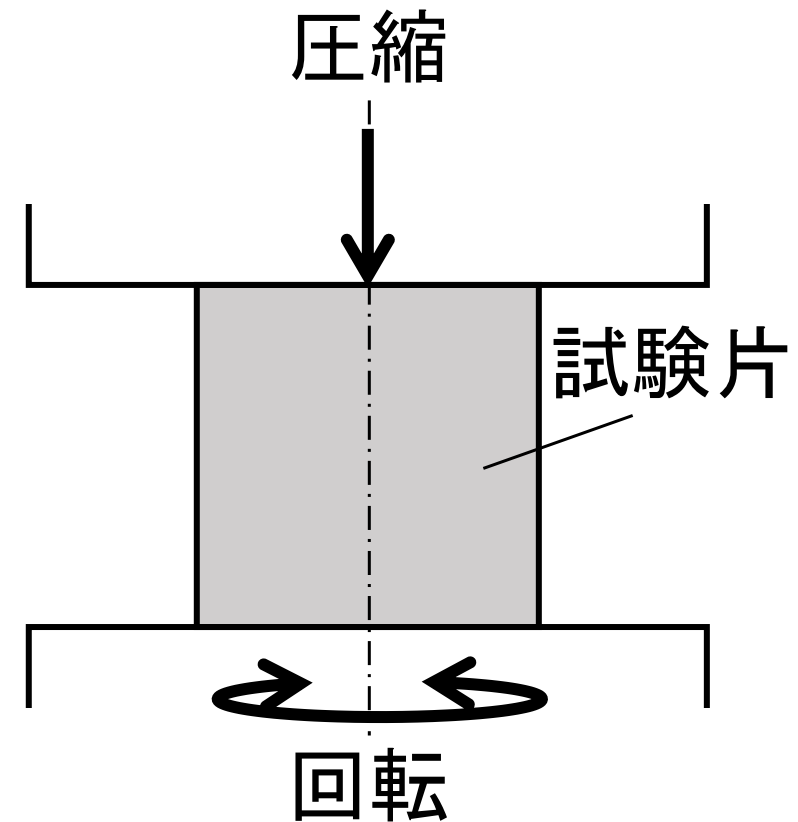
が取り組みられている (約**1.0~1.5倍**に向上)。

新技術の特徴・従来技術との比較

市販マグネシウム合金
(AZ31B)の室温塑性加工
において、

- ・市販材(押し出し材)のまま.
- ・室温のまま.
- ・塑性加工中に**両振りねじりを繰り返す付加(ねじり振動付加)**.

により、成形限界を向上(**最大で約1.8倍**に向上).



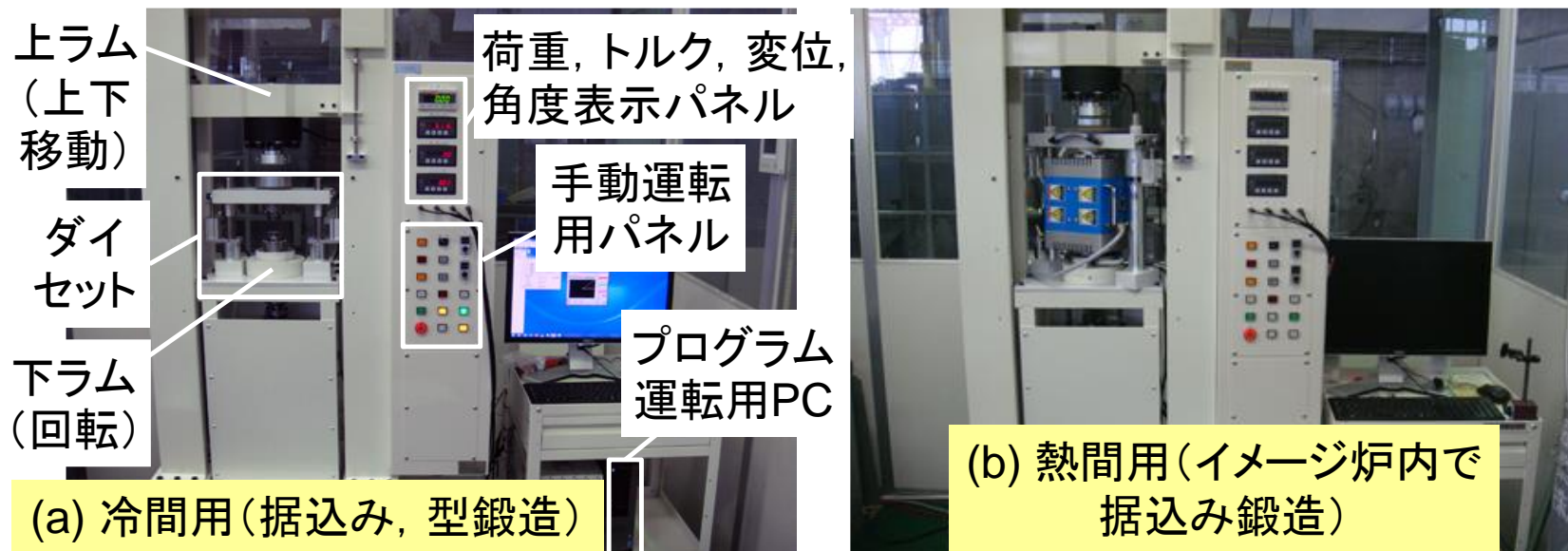
新技術の特徴・従来技術との比較

塑性加工におけるねじり付加

	高圧ねじり (HPT)法	KOBO法	局所増肉加工 法	ねじりモーショ ン付加塑性加 工法
主加工力	ねじり	軸方向圧力	軸方向圧力	軸方向圧力
ねじり方向	一方向	両振り	一方向・両振り	一方向・両振り
主眼	巨大ひずみ導 入(結晶粒微 細化)	巨大ひずみ導 入(結晶粒微 細化)	座屈抑制, 増 肉	軸方向荷重低 減, 金属組織 制御(せん断ひ ずみ導入域の 集中・拡幅), 塑性流動制御, 変形能向上

新技術の実証データ

ねじりモーション付加塑性加工装置

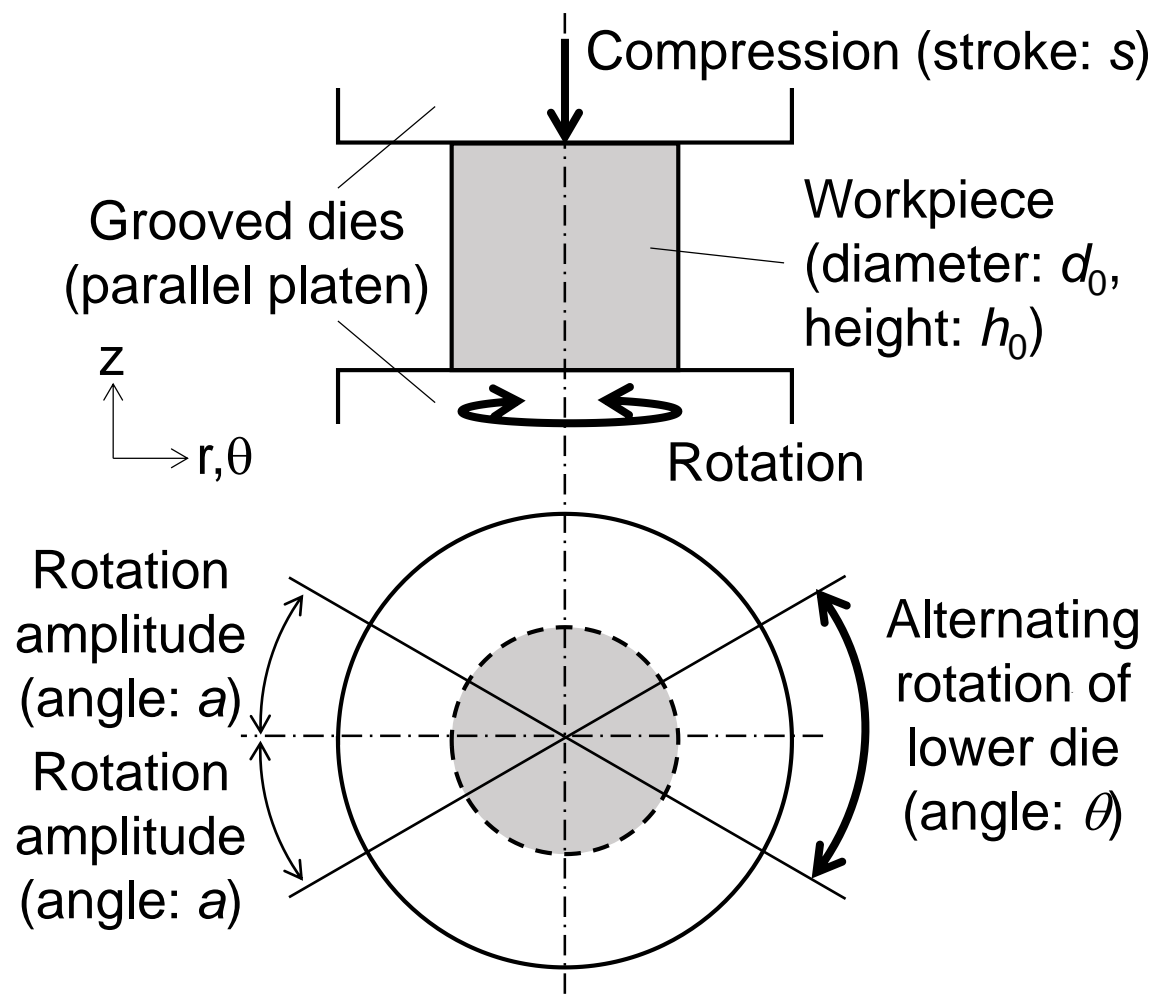


上側ラム (上下移動)	最大負荷能力 /kN	100
	速度 v /mm·s ⁻¹	0.050~10
	最大ストローク /mm	250
下側ラム (回転)	最大負荷能力 /N·m	200
	速度 ω /rpm (rad·s ⁻¹)	0.10~25 (0.010~2.6)
	角度 α /° (rad)	-360~360 (-2 π ~2 π)

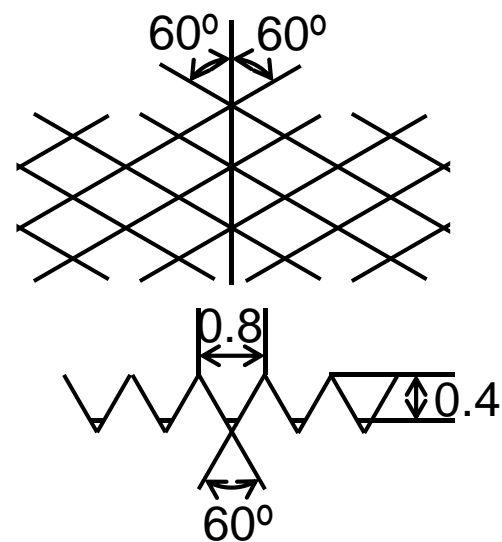
駆動源:
サーボ
モーター

新技術の実証データ

ねじりモーショ付加据込み圧縮図



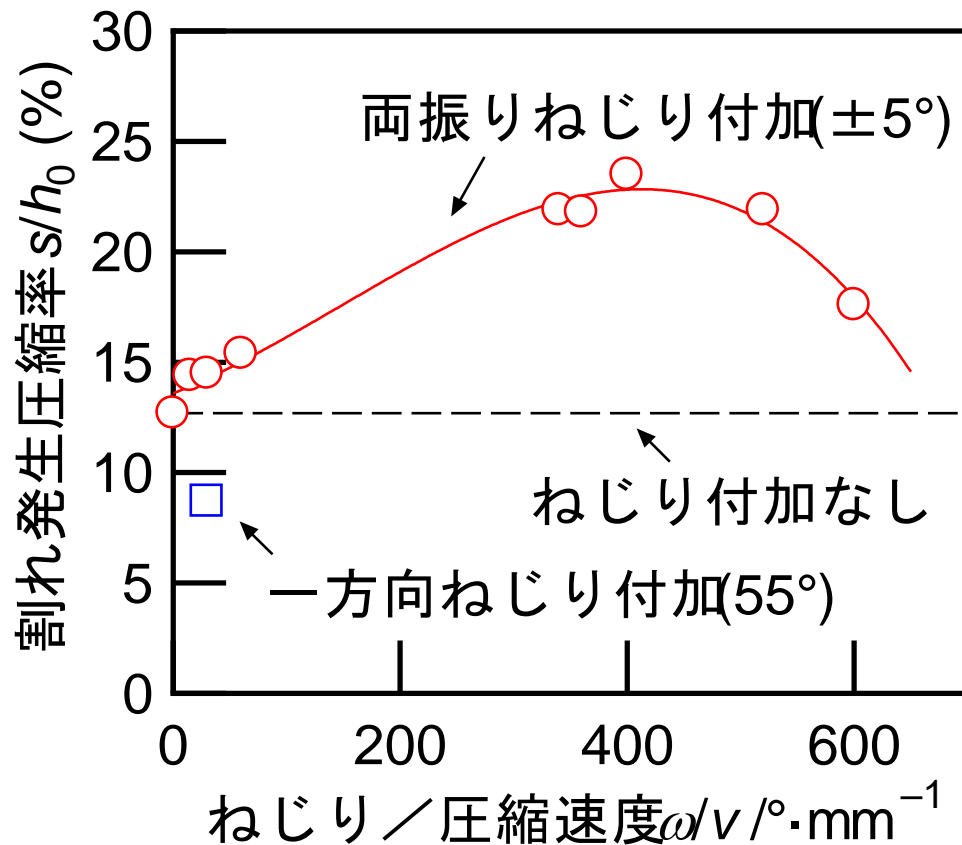
(a) 加工図



(b) 工具端面部の溝形状

新技術の実証データ(変形能向上)

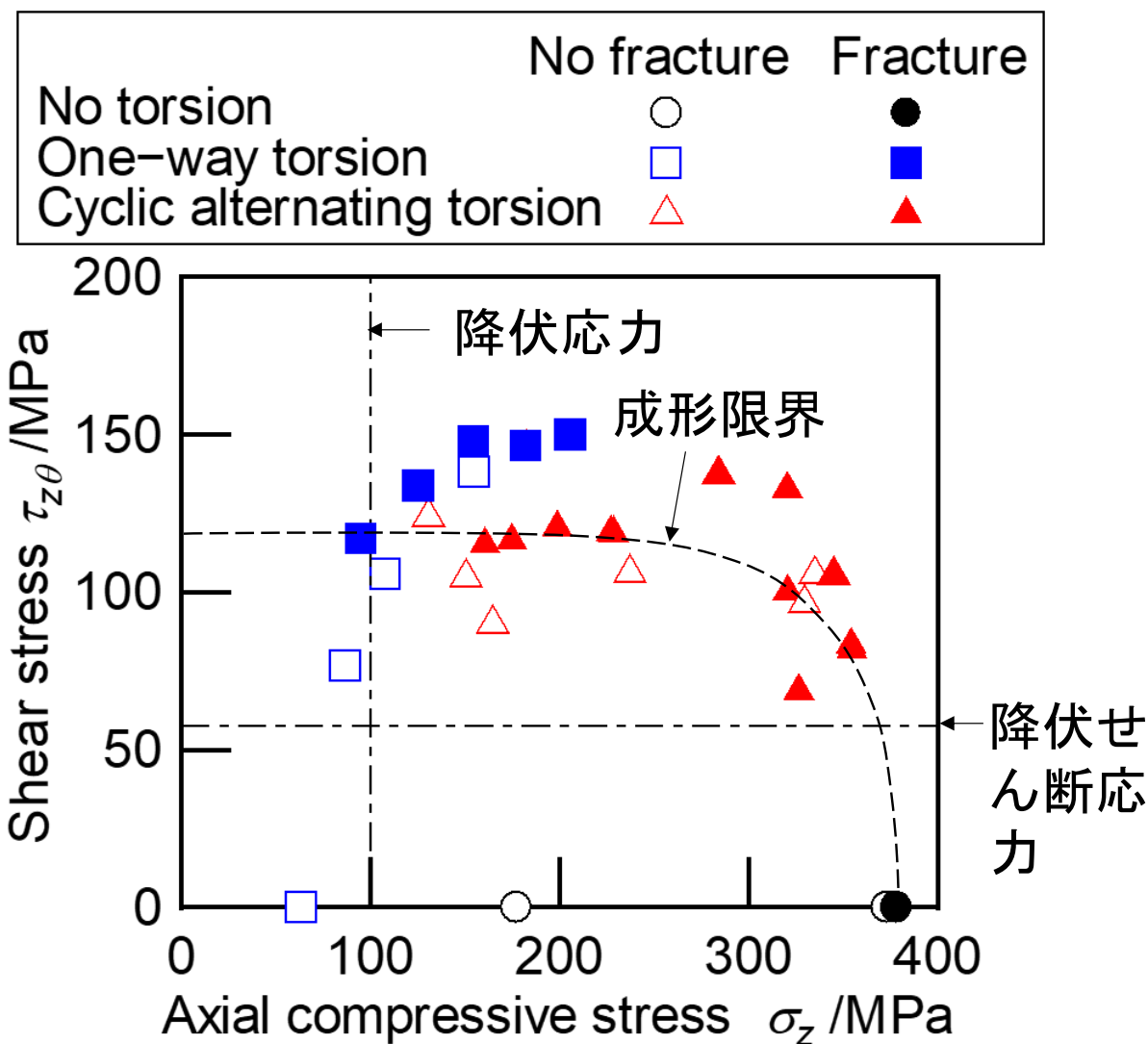
AZ31Bマグネシウム合金押し出し材での成形限界



- 両振りねじり振動付加により、成形限界が**最大で約1.8倍**に向上.
- 異なる方向の応力・ひずみ成分の組み合わせにより、**応力・ひずみ状態を制御**.

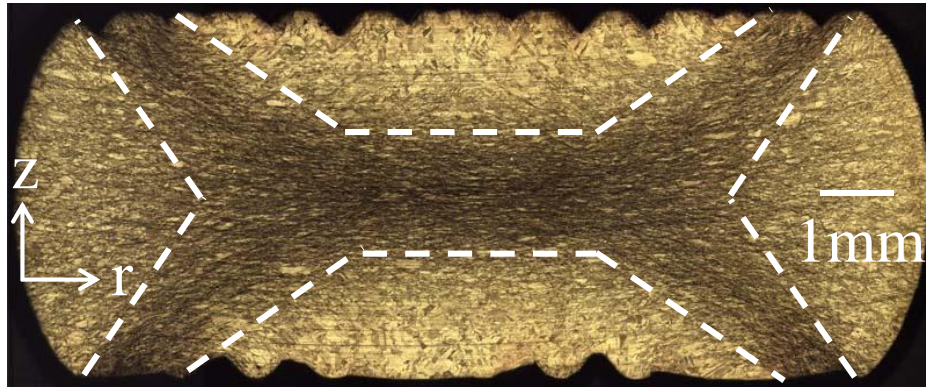
新技術の実証データ(変形能向上)

AZ31Bマグネシウム合金押し出し材の応力状態

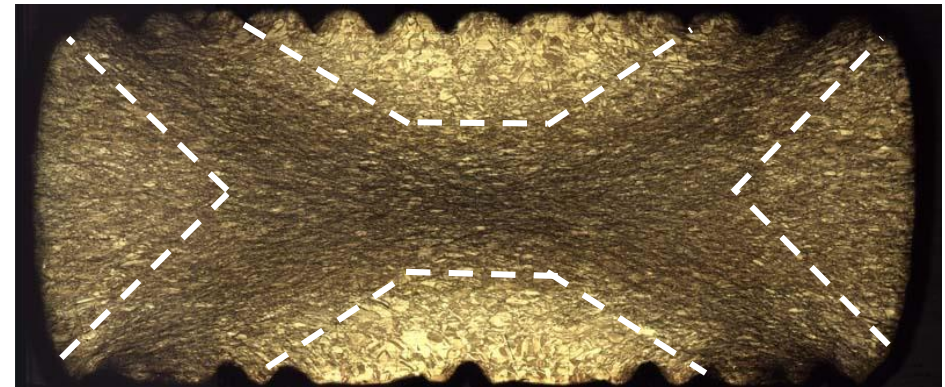


新技術の実証データ(せん断ひずみ導入)

C2700黄銅の据込み圧縮後の組織写真



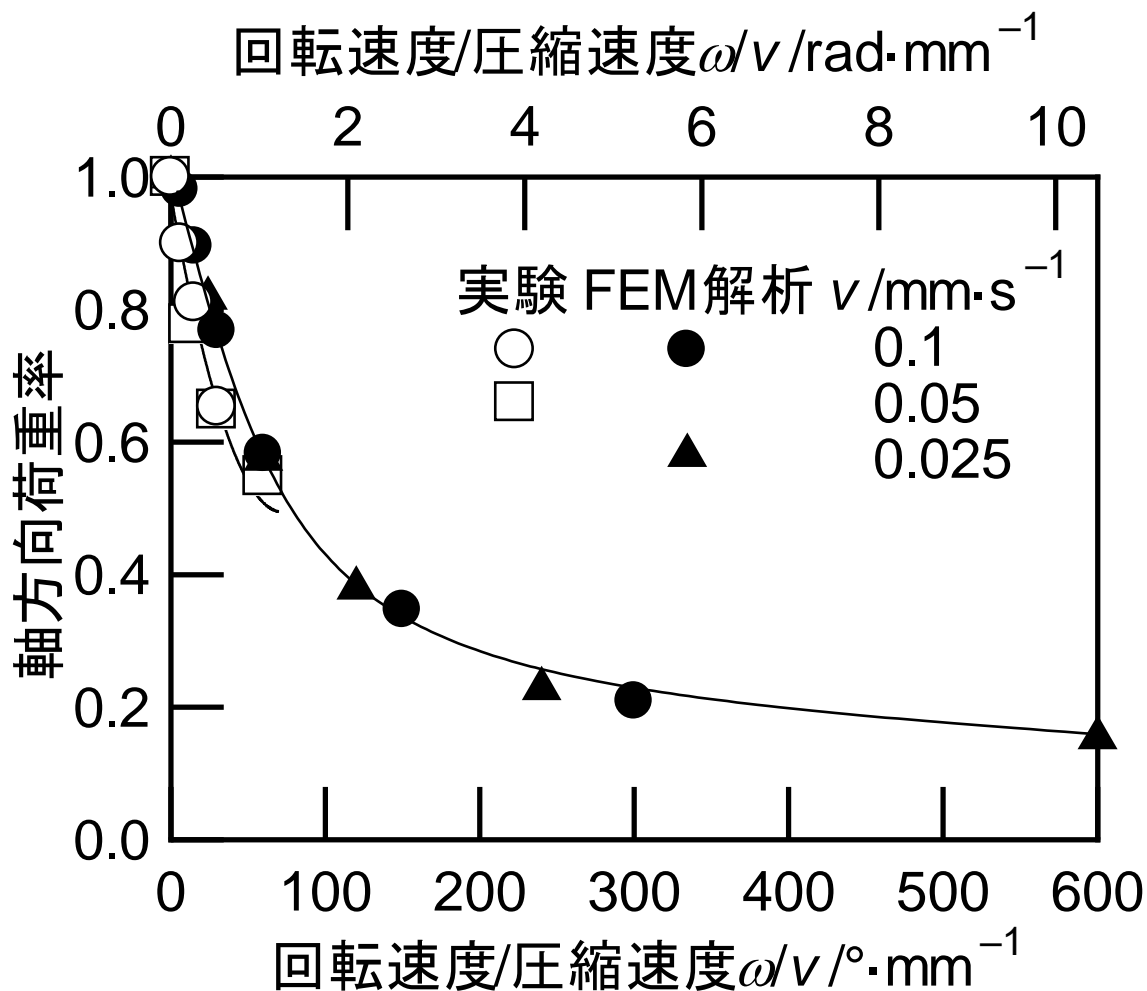
(a) ねじり付加なし



(b) 繰返し両振りねじり付加
($\alpha = 45^\circ$, $\theta_{cum} = 180^\circ$)

新技術の実証データ(荷重低減)

A1070アルミニウムの据込み圧縮における軸方向荷重



想定される用途

- **マグネシウム合金の室温塑性加工**（鍛造，押出し・引抜き，プレス成形）**および塑性加工製品**
- チタン合金をはじめとする稠密六方格子構造の金属や高強度鋼等の**低延性金属の塑性加工****および塑性加工製品**に適用できる可能性あり
- 材料の**成形限界評価試験法**

実用化に向けた課題

- AZ31Bマグネシウム合金の押出し材では延性向上を確認済み。しかし、他のマグネシウム合金やチタン合金等の稠密六方格子構造の他の金属、高強度鋼等の**他の金属では未実証**。
- 円柱の据込み圧縮、単軸引張りでは延性向上を確認済み。しかし、**他の加工様式では未実証**。
- ねじり付加（回転）機構を有する**塑性加工機器（プレス機械）が少ない（特注仕様）**。

企業への期待

- ねじり付加塑性加工による**低延性金属の成形限界の向上**に関する共同研究.
- 塑性加工における**ねじり付加による新たな現象**に関する共同研究.
- 塑性加工における**ねじり付加効果**（荷重低減，金属組織制御，成形限界向上）を応用した**塑性加工プロセス**の開発に関する共同研究.
- ねじり付加（回転）機構を有する**塑性加工機器（プレス機械）**の開発.

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 難塑性加工金属の塑性加工方法
- 出願番号 : 特願2021-167478
- 出願人 : 大阪大学
- 発明者 : 松本 良, 外村圭資, 宇都宮 裕

産学連携の経歴

- 2005年度 JSTシーズ育成試験事業に採択(塑性接合)
- 2005～2011年度 金型メーカーと産学連携(塑性接合)
- 2008～2011年度 JST地域結集型研究開発プログラムに参画(Mg合金)
- 2009～2010年度 機械メーカーと産学連携(鍛造)
- 2011年度 JST A-STEP探索タイプ事業に採択(鍛造)
- 2014～2018年度 SIP事業(第1期)に参画(鍛造)
- 2015～2018年度 電子材料メーカーと産学連携(材料)
- 2018～2022年度 SIP事業(第2期)に参画(鍛造)
- 2018年度～ 金型メーカーと産学連携(鍛造)
- 2019～2021年度 機械部品メーカーと産学連携(トライボロジー)
- 2020年度～ 金型メーカーと産学連携(板材成形)

問い合わせ先

**大阪大学
共創機構 イノベーション戦略部門**

T E L 06-6879-4861

e-mail tenjikai@uic.osaka-u.ac.jp