

摩擦発熱式パンチによる 温間深絞り加工装置

兵庫県立大学大学院 機械工学専攻
教授 原田 泰典

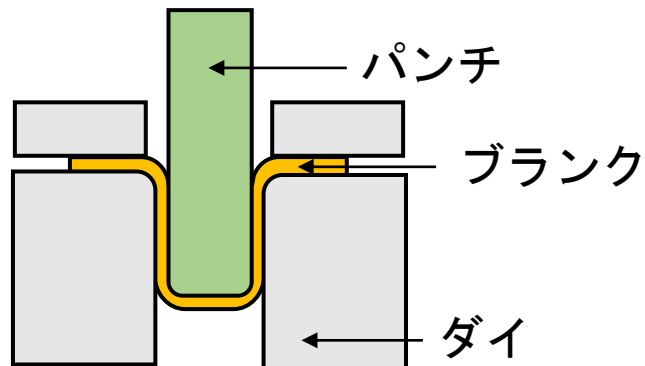
2023年10月17日



深絞り加工

金型であるパンチとダイを用い、一枚の平らな板から、継ぎ目のない立体的な容器を作る技術

工業用品（電池ケース、センサケース等）や生活用品（飲料缶、調理用鍋等）の筐体や容器に幅広く使用されている



冷間による深絞り加工

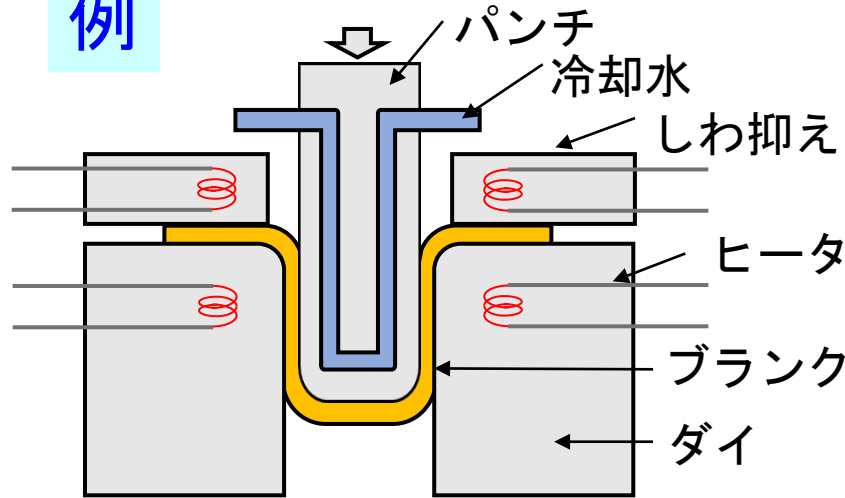
- ・1枚の金属板を金型で挟み込み、プレス機等によって所定の圧力をかけ、指定の高さに成形する加工法
- ・絞り加工の中において、成形した容器の直径に対して、深さが長いものが深絞り加工と呼ばれている

軽金属の場合

アルミニウム合金やマグネシウム合金などにおいて、一部の合金では冷間成形が困難な場合がある

➡ 温間での深絞り加工が行われている

例



温間による深絞り加工



加熱冷却装置が少ない
温間による深絞り加工法が要求

従来の温間による深絞り加工の特徴

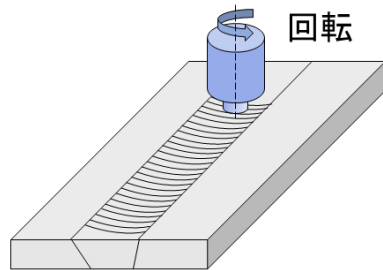
- ①ダイス等の金型を加熱すること
- ②パンチの冷却が必要

課題
加熱冷却装置が必要であり、
装置が複雑で大型、高コスト

摩擦攪拌接合 (FSW)

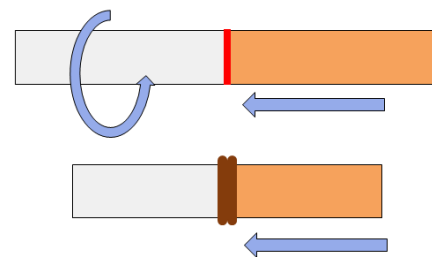
摩擦熱を発生させて材料を
軟化させて接合

摩擦攪拌接合



平野聡：まてりあ、第55巻第107号(2016)

摩擦圧接

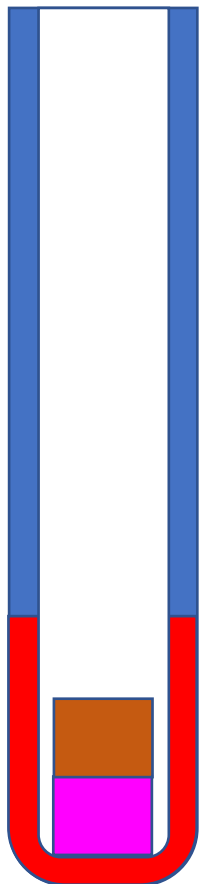


蓮井亮 ほか：溶接学会誌、第46巻第5号(1977)

摩擦発熱に関する基礎実験

パンチ内部に設置した異種材および同種材同士を摩擦することによる発熱を試みた

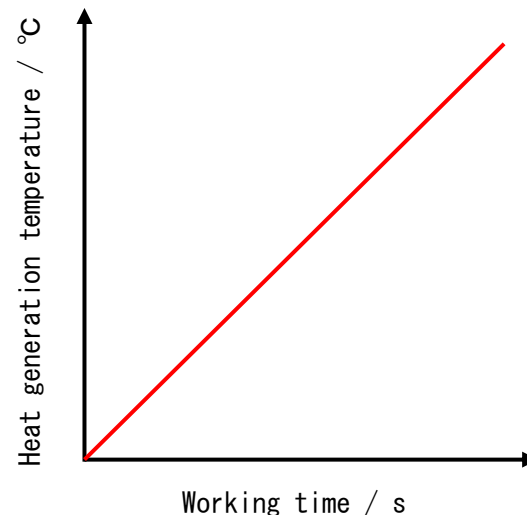
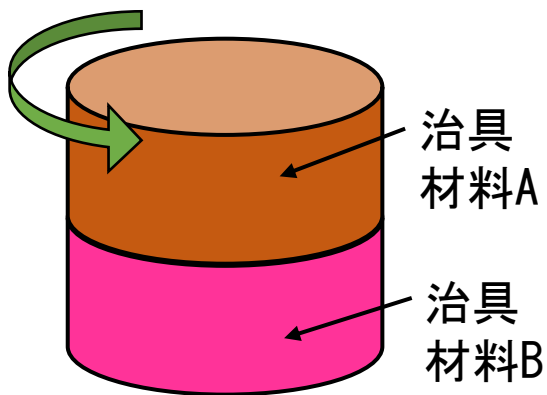
空洞パンチ



従来の温間による深絞り加工との違い

1. 摩擦発熱によって、パンチ本体が加熱する
2. 加熱のための電源が不要である

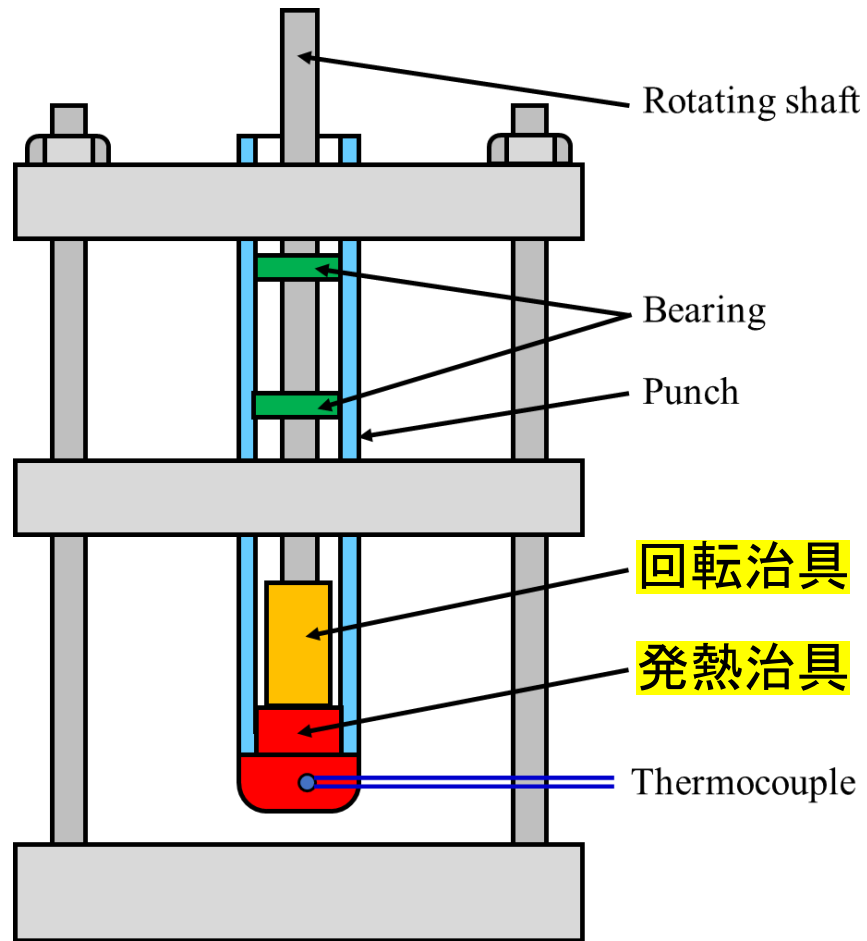
回転



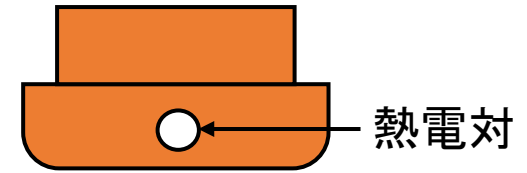
評価方法

- ・ 摩擦発熱による温度変化
- ・ 試験後の治具の表面状態
- ・ 試験後の治具の摩耗深さ

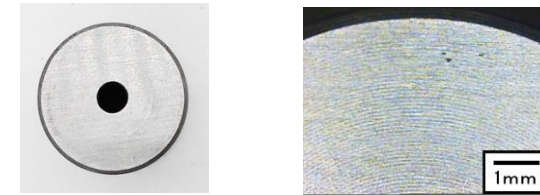
摩擦発熱パンチ



温度測定

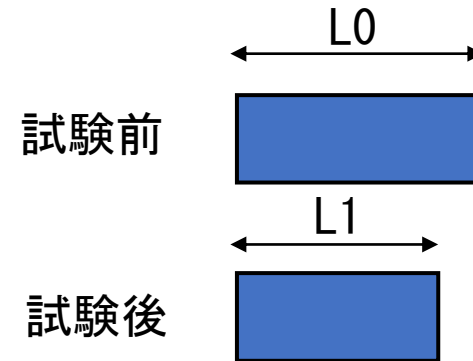


摩擦面の観察



試験前の回転治具の摩擦面

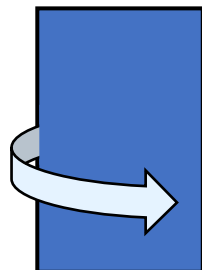
摩耗深さ



摩耗深さ = $L_0 - L_1$ (mm)

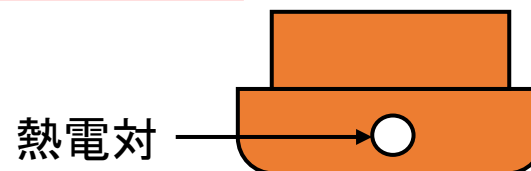
試験材料 両治具材料および実験条件

回転治具



合金鋼	SKD11
	SKD61
	SUP9
	SUJ2
	SCM440
ステンレス鋼	SUS430
	SUS304
	SUS327L1
	SUS310S*

発熱治具



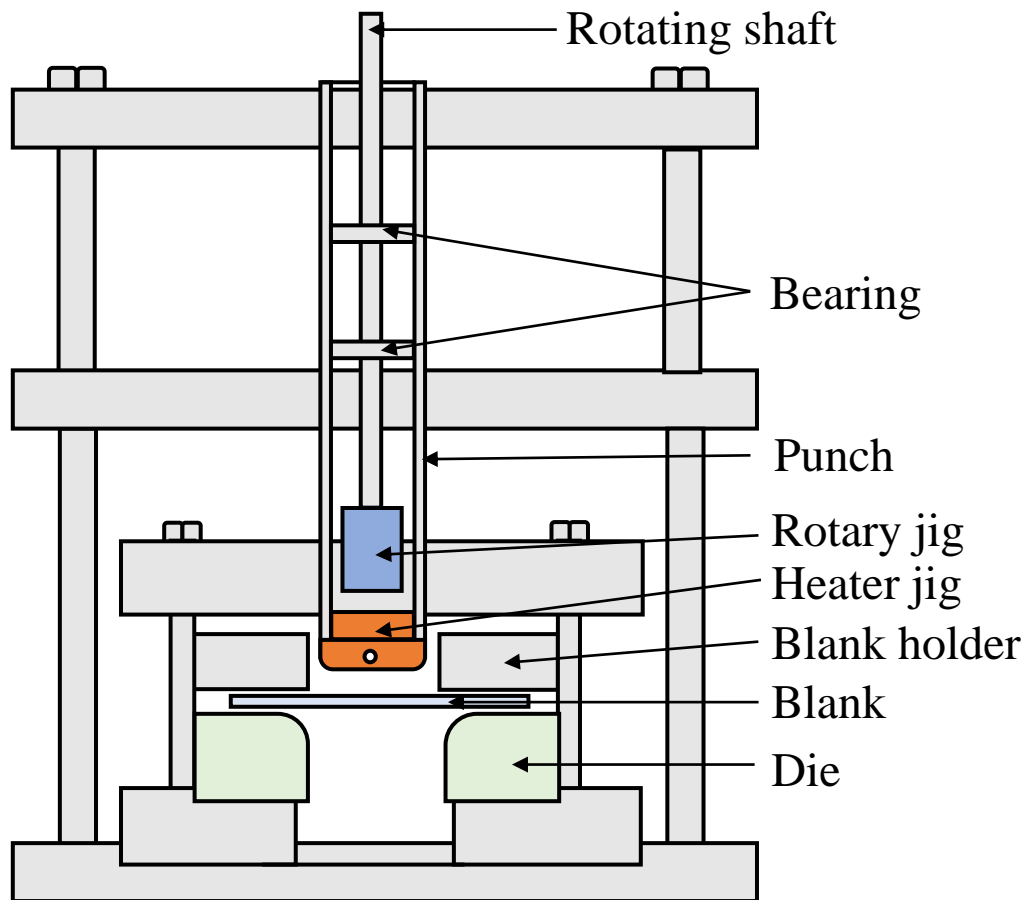
合金工具鋼	SKD11
	SKD61
	SKH51

実験条件

回転速度	2800 rpm
研磨処理	#240
荷重	200~300 N

*Solution heat treatment

摩擦発熱を利用した深絞り加工



供試材料

ブランク

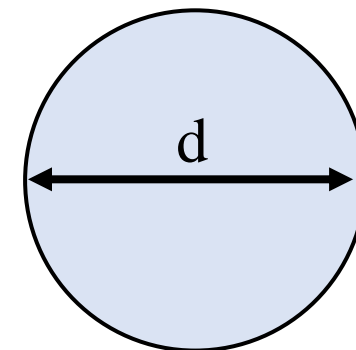
アルミニウム合金

マグネシウム合金

直径 d : 35 mm

板厚 t : 0.5 mm

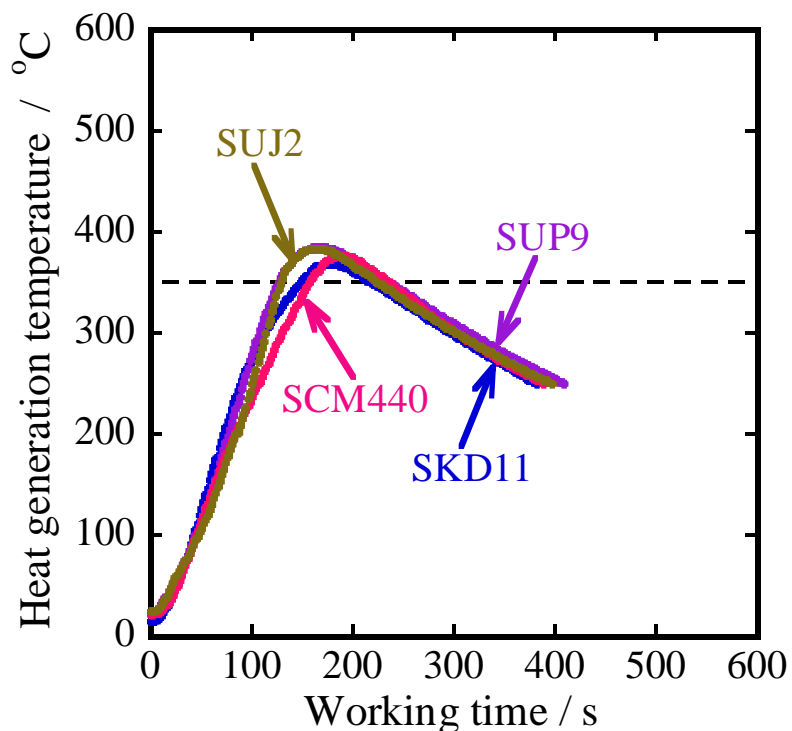
ブランク



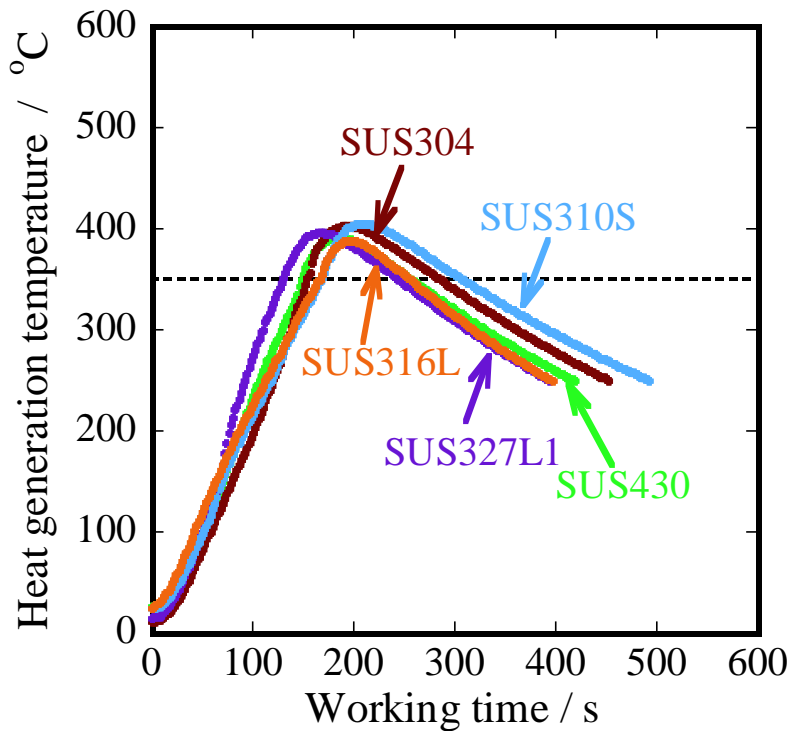
摩擦発熱を利用した深絞り加工装置

摩擦試験中の発熱温度と加工時間の関係

発熱治具 SKD11



回転治具 合金鋼

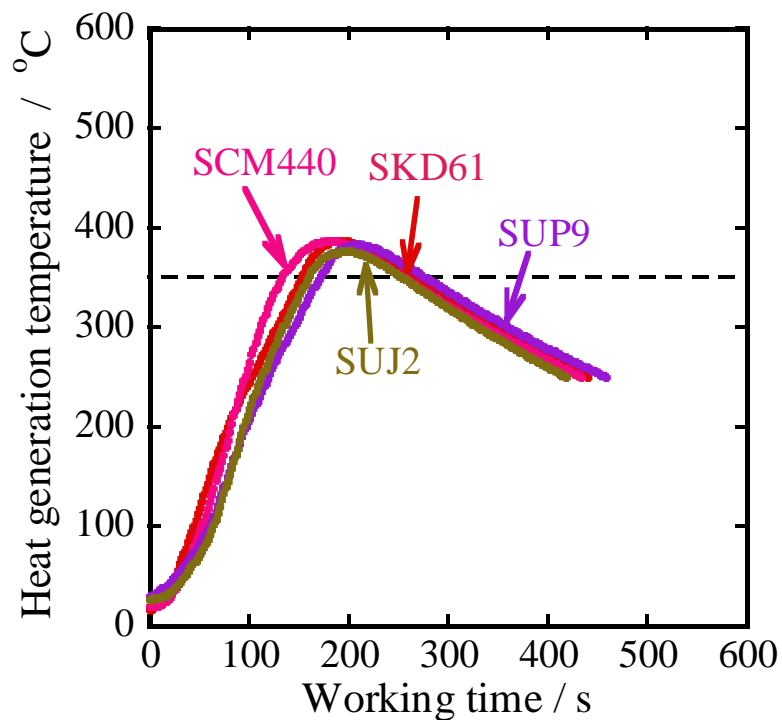


回転治具 ステンレス鋼

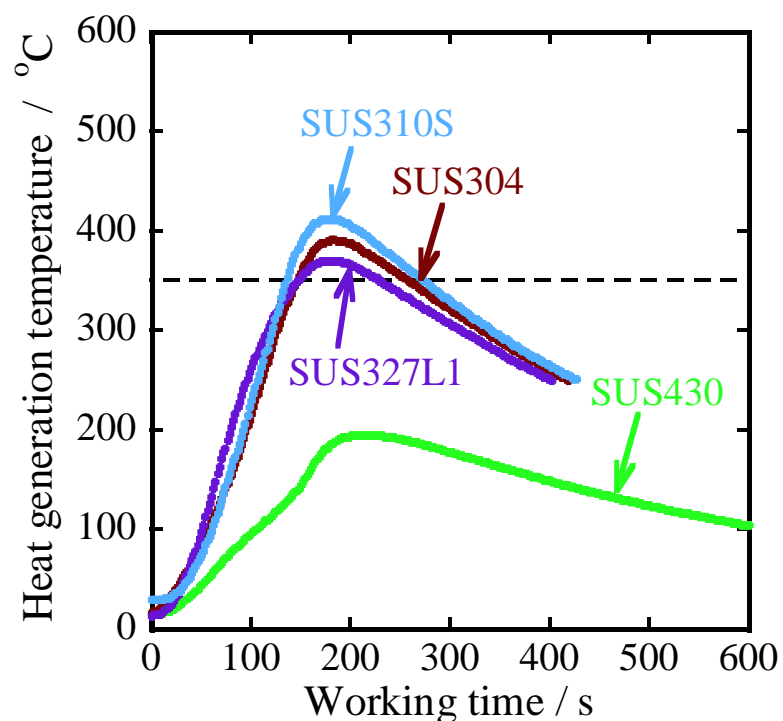
すべての材料において350 °C以上発熱温度が得られた
SUS304やSUS310Sにおいては400 °C程度の発熱温度が得られた

摩擦試験中の発熱温度と加工時間の関係

発熱治具 SKD61



回転治具 合金鋼

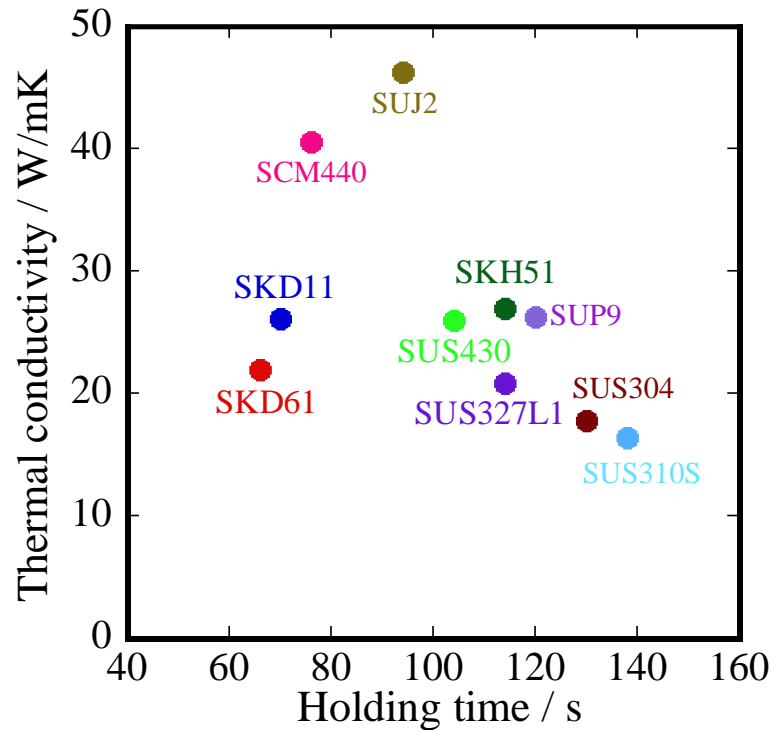


回転治具 ステンレス鋼

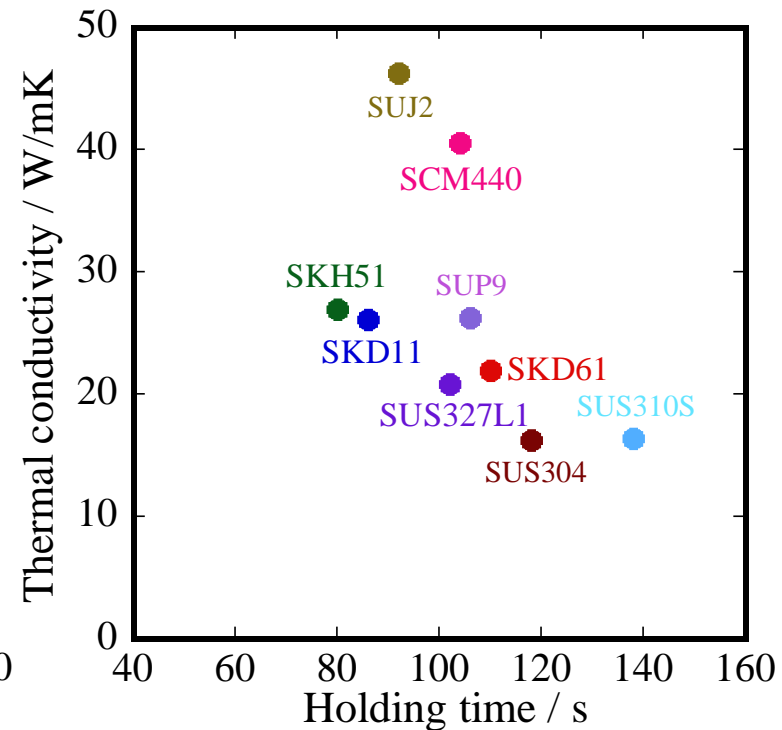
ほぼすべての材料において350°C以上発熱温度が得られた
SUS310Sにおいては400°C以上の発熱温度が得られた

350°C以上の保持時間と熱伝導率の関係

発熱治具 SKD11



発熱治具 SKD61

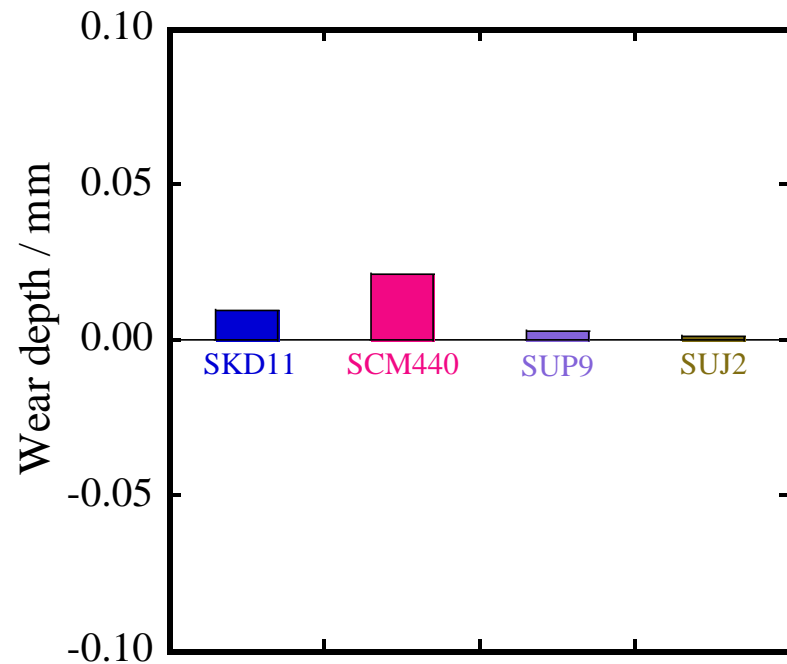


SUS304やSUS310Sは120秒以上の保持時間が得られた

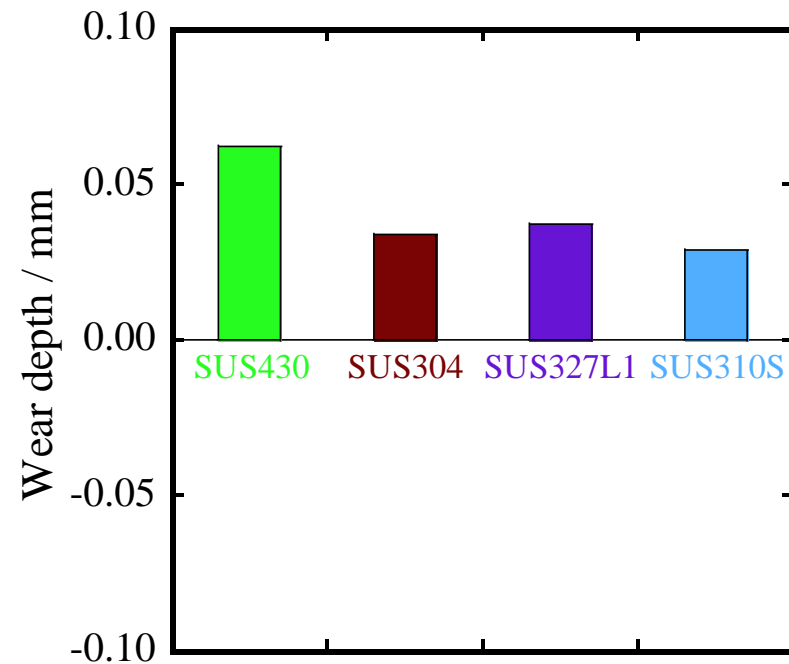
熱伝導率が低い → 摩擦面温度が上昇しやすい

試験後の回転治具の摩耗深さ

発熱治具 SKD11



回転治具 合金鋼

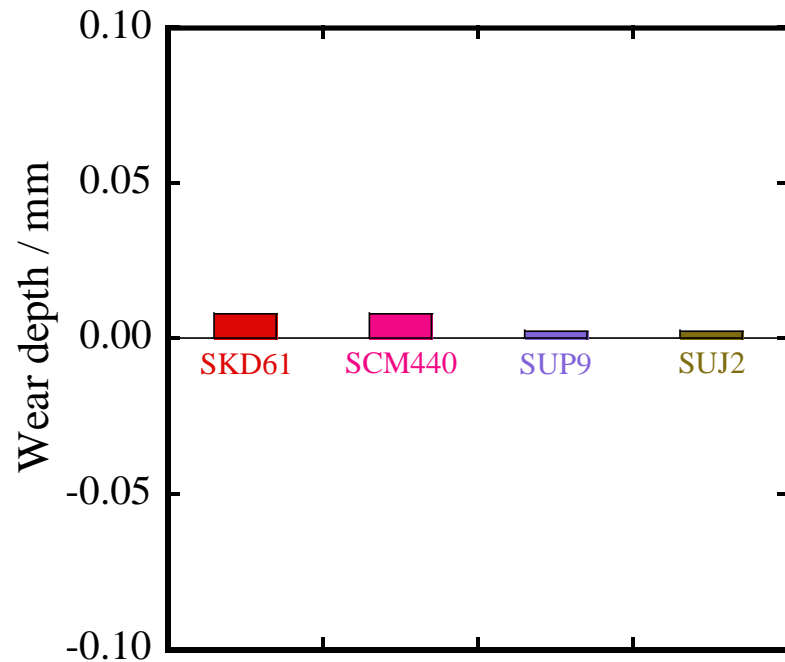


回転治具 ステンレス鋼

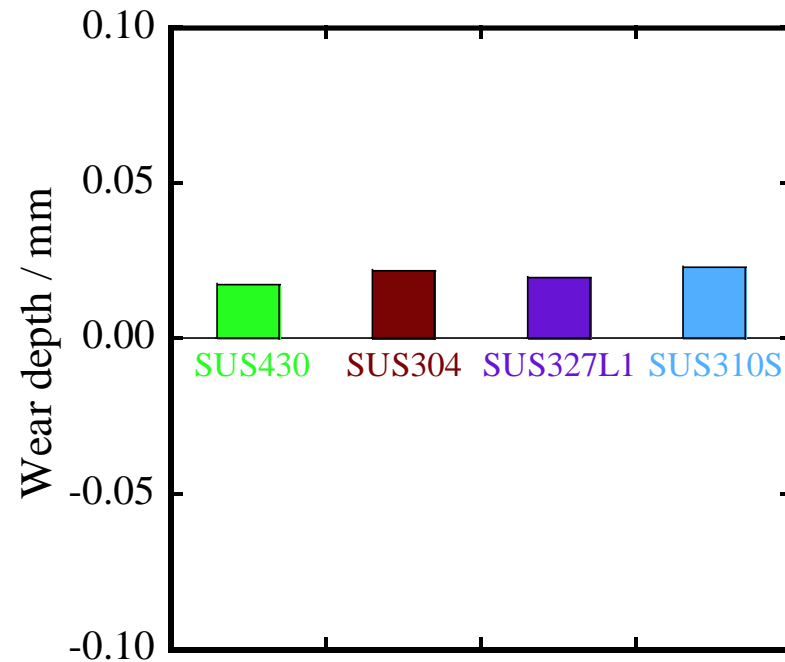
- 合金工具鋼の場合、摩耗量はほとんど変化しなかった
- ステンレス鋼の場合、少し摩耗することがわかった

試験後の回転治具の摩耗深さ

発熱治具 SKD61



回転治具 合金鋼



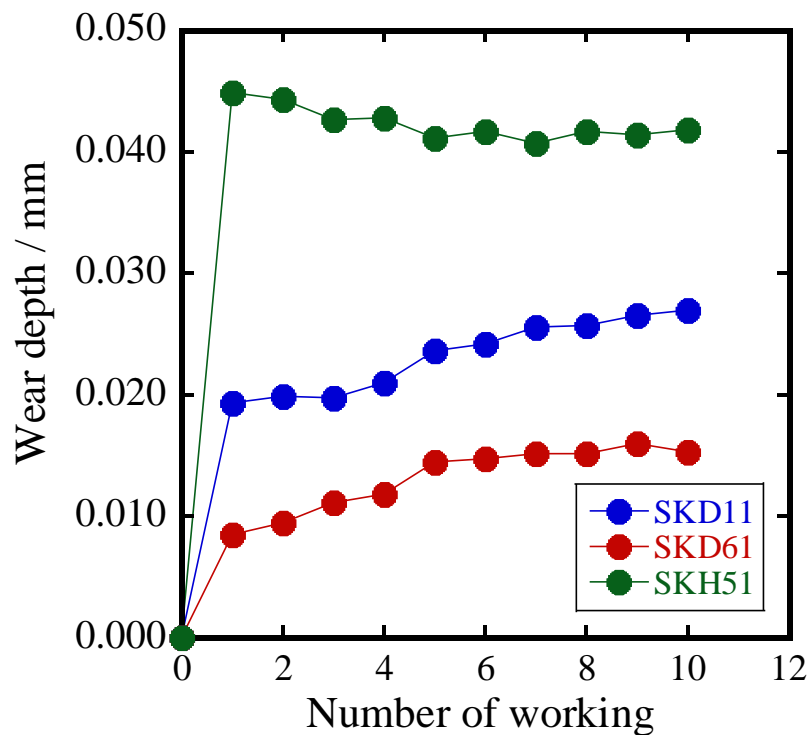
回転治具 ステンレス鋼

- 合金工具鋼の場合、摩耗量はほとんど変化しなかった
- ステンレス鋼の場合、少し摩耗することがわかった

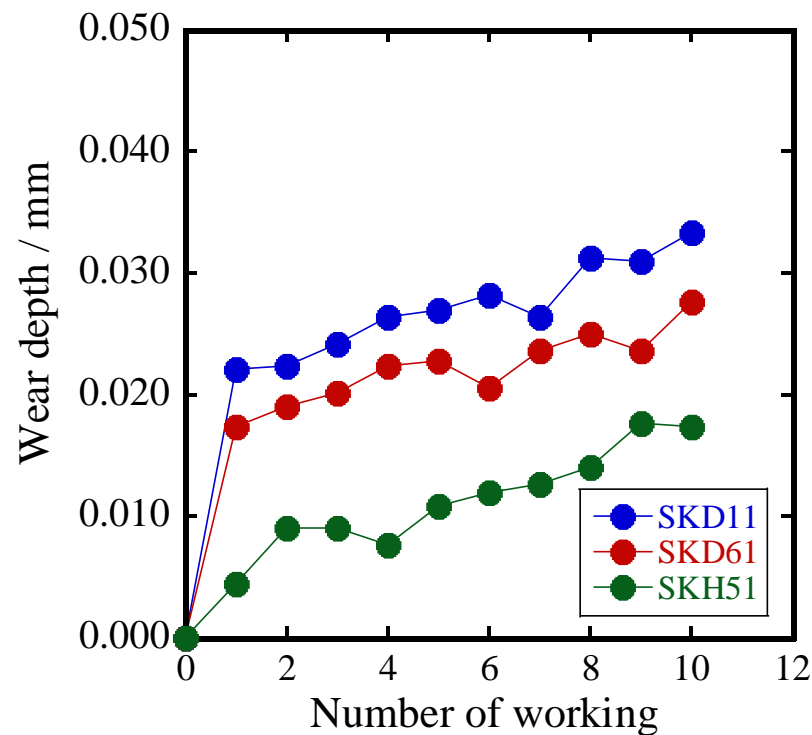
複数回摩擦発熱した両治具の摩耗深さ

回転治具 SUS304

発熱治具 SKD11 SKD61 SKH51



回転治具摩耗深さ



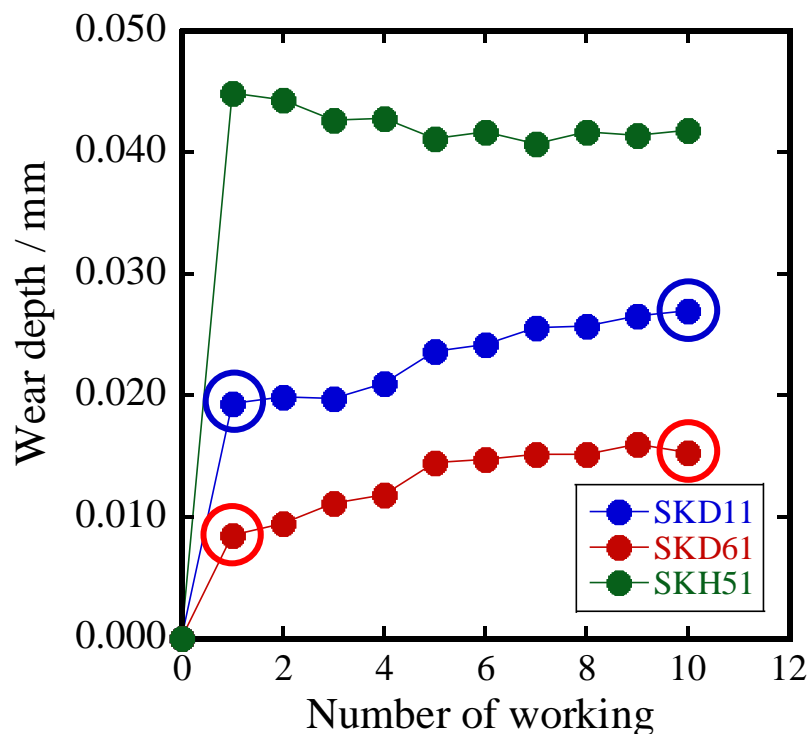
発熱治具摩耗深さ

1回目以降、摩耗深さの変化は緩やかに増加した

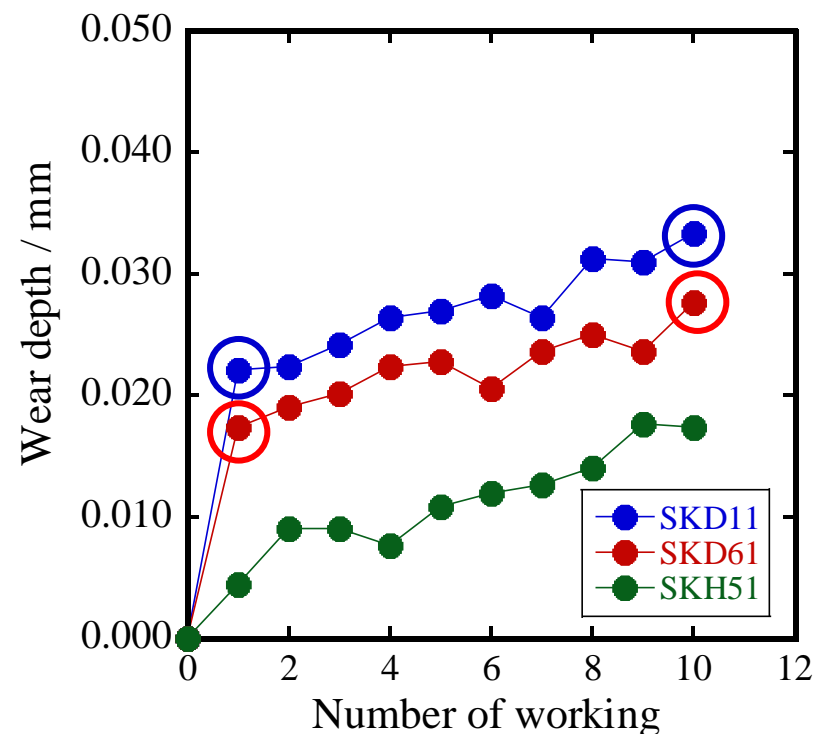
複数回摩擦発熱した両治具の摩耗深さ

回転治具 SUS304

発熱治具 SKD11 SKD61 SKH51



回転治具摩耗深さ



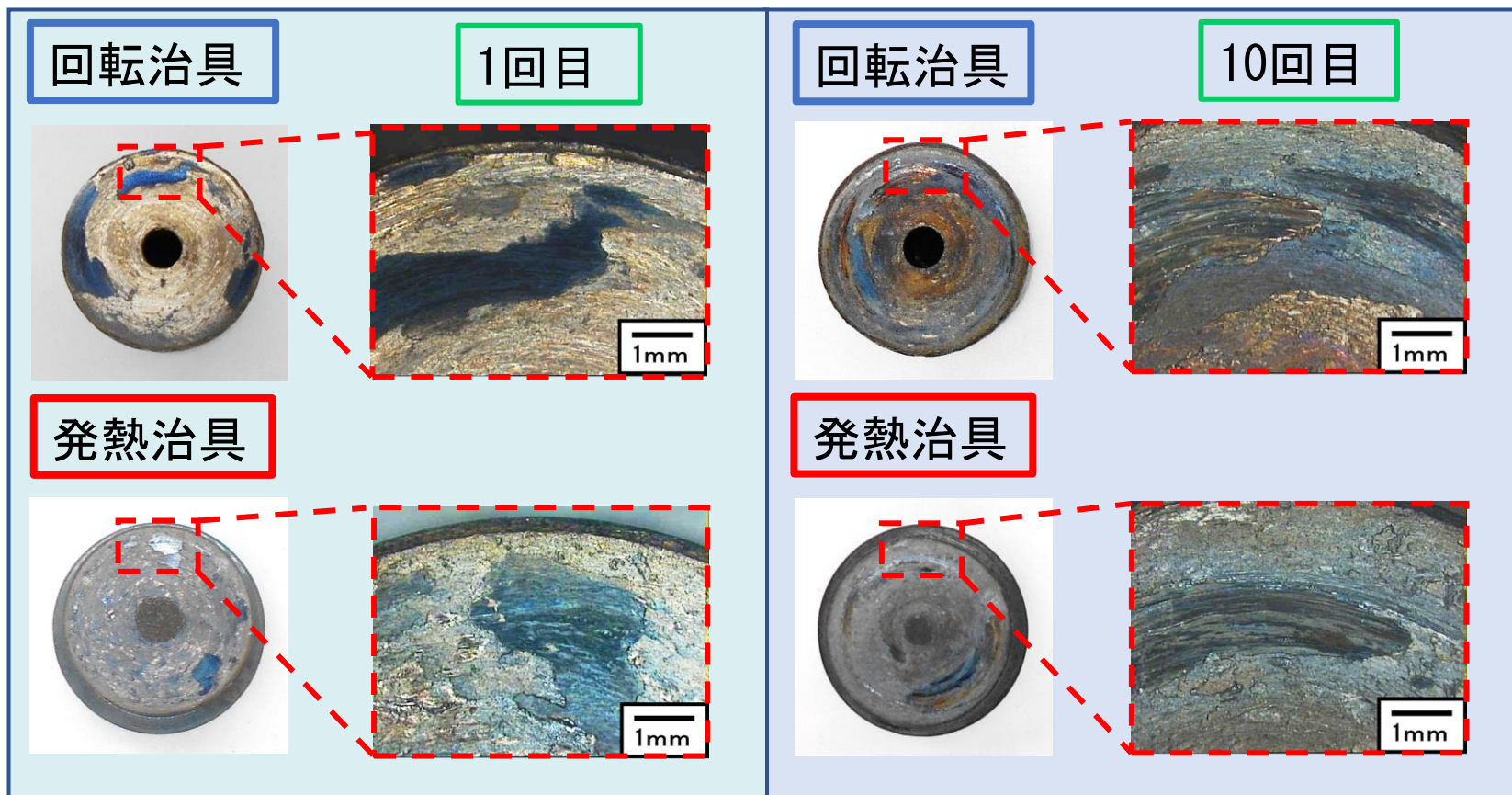
発熱治具摩耗深さ

○で囲んだ両治具の摩擦表面について調べた

複数回摩擦発熱した両治具の摩擦面

回転治具 SUS304

発熱治具 SKD11

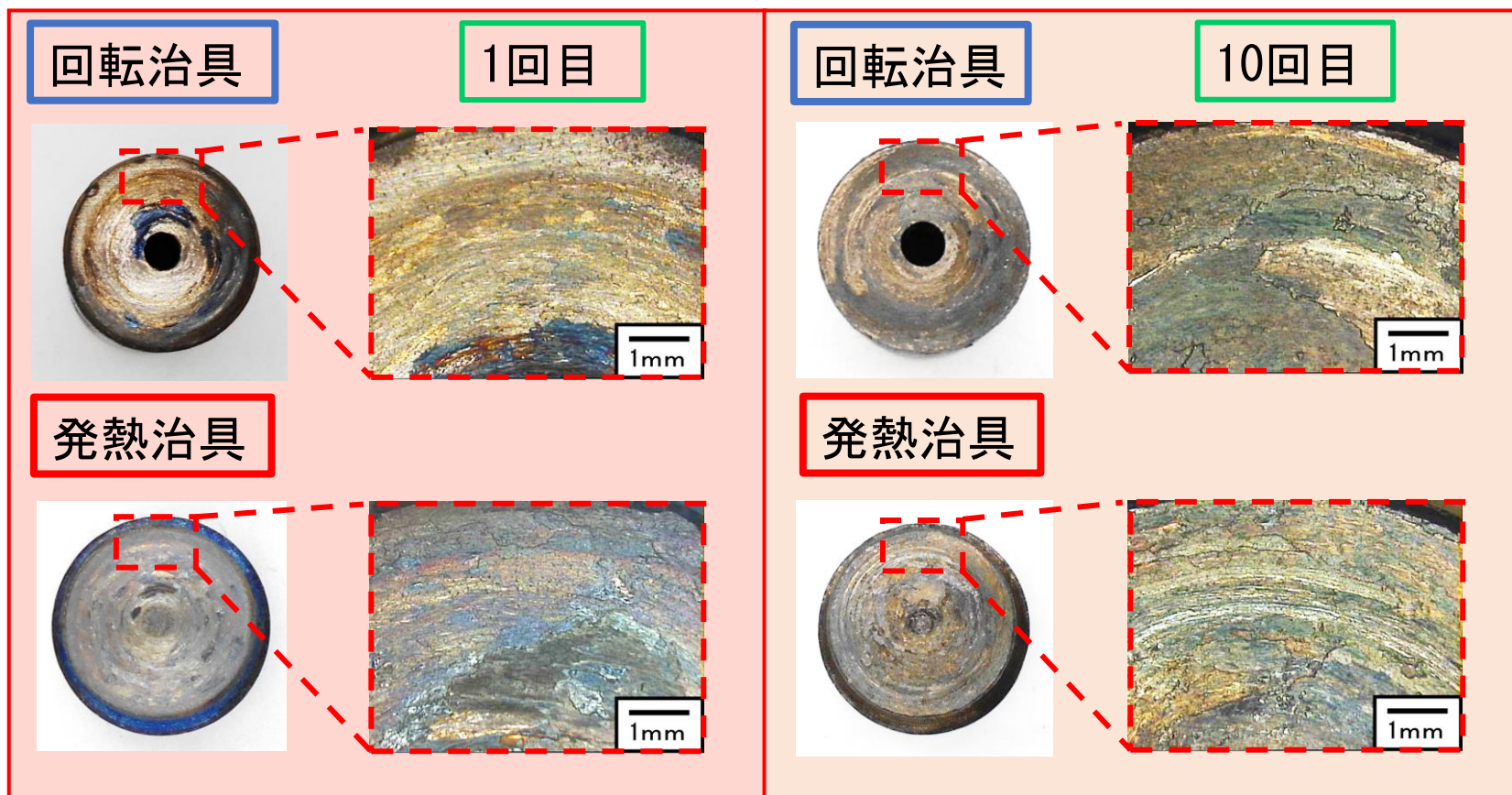


1回目～10回目にかけて変化があまり見られなかった

複数回摩擦発熱した両治具の摩擦面

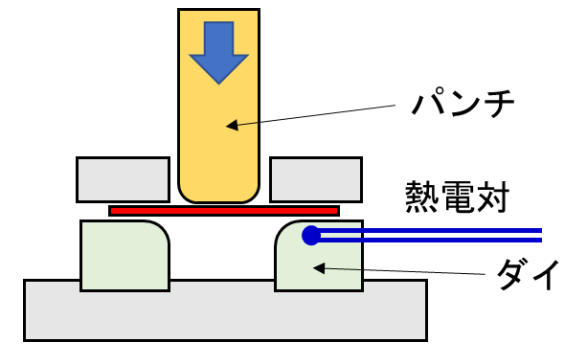
回転治具 SUS304

発熱治具 SKD61



1回目～10回目にかけて変化があまり見られなかった

摩擦発熱を利用した深絞り加工



容器外観

アルミニウム合金

室温



最大荷重

約4.8 kN

温間 (摩擦発熱) 約100°C



最大荷重

約1.9 kN

摩擦発熱によって、最大荷重は約60%減少した

ブランク A5052 d=35 mm t=0.5 mm ダイ R=4 mm

摩擦発熱を利用した深絞り加工

容器外観

マグネシウム合金

室温



成形不可(破壊)

温間 (摩擦発熱) 約210°C



最大荷重

約2.9 kN

ブランク AZ31 d=35 mm t=0.5 mm ダイ R=4 mm

従来技術とその問題点

既に実用化されている加工技術には、温間や熱間によるプレス加工（深絞り加工）等があるが、

加熱制御による加工装置の複雑化等の問題があり、加工装置のシンプル化が求められている。

新技術の特徴・従来技術との比較

- 一般に、マグネシウム合金のように室温ではとても成形が難しい材料のプレス加工の場合、パンチやダイのような金型に加熱ヒータを組み込むことで材料自体を加熱して成形性の改善が行われている。しかし、本研究のような摩擦発熱を利用した金型の加熱は行われていないのが現状である。

想定される用途

- 冷間加工によるプレス加工が困難なマグネシウム合金等の難加工性金属成形品
- 軽金属製の燃料ケースやバッテリーケースなどの搬送機器用筐体
- 医療および福祉分野におけるMg合金製容器やAl合金製筐体

実用化に向けた課題

- 現在、温間加工が可能なところまで開発済みだが、摩擦発熱用治具の耐久性について調べる必要がある。
- 今後、各種ブランク材質について実験データを取得し、温間成形に適用していく場合の加工条件の設定を行っていく。

企業への期待

- プレス成形の技術を持つ、企業との共同研究を希望しています。
- また、マグネシウム材料のような難加工性材料の深絞り加工等によるプレス成形品を開発中の企業には、本技術の導入が有効ではないかと思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 温間プレス成形装置
および温間プレス成形方法
- 出願番号 : 特願2020-137610
特開2022-33617
- 出願人 : 兵庫県公立大学法人
- 発明者 : 原田泰典

最近の産学連携の経歴

- ・ 2023年- 製造企業 C社と共同研究実施
- ・ 2020年-2022年 製造企業 B社と共同研究実施
- ・ 2018年- 製造企業 A社と共同研究実施

お問い合わせ先

兵庫県立大学

産学連携・研究推進機構 知的財産本部

TEL 079-283-4560

FAX 079-283-4561

e-mail chizai@hq.u-hyogo.ac.jp