

摩擦攪拌処理を利用した金属材料の材質改善と成形加工

マテリアル工学科 大津雅亮

1. プロジェクト概要

マグネシウム合金は室温では成形性が悪く、通常は200℃程度に加熱して成形している。そこでマグネシウム合金板の新しい加工法の開発という実践的な課題について、成形加工条件の探査と加工した材料の機械的特性や金属組織について調査し、さらに加工、機械的特性、金属組織の発現メカニズムを解明することを試みた。研究開発を行う際に、チームで役割分担し、情報共有しながらそれぞれが担当した役割を果たすことを経験することを目的とした先進ものづくり研究教育実践プロジェクトである。

プロジェクトでは5名の学部3年生を対象とし、指導教員は3名、指導補助教員は3名である。組織図は図1の通りで、成形加工グループ、物性評価グループ、構造評価グループの3つのグループ間で情報共有をしながら研究を進めた。

2. 実験方法

図2に示すような実験装置を用いて板厚0.5mmのAZ31マグネシウム合金板の成形を行った。材質がSKH51の半球頭棒を工具として、NC加工機で成形したい四角錐形状の表面形状の等高線状に工具を移動させて成形する。工具は高速で回転させて、回転数 ω (rpm)、移動速度 v (mm/min)、四角錐の半頂角 θ (°)を変えて成形を行い、成形可能条件の探査とその加工組織を観察した。

また、純粋に加工組織の変化を調査するため、先端が平らな工具を用いて、工具を回転させながら板を変形させることなく表面を走査させる摩擦攪拌処理を行って、板材の硬さと金属組織の変化について調査した。

3. 実験結果

図3に示すように工具回転数が7000rpmまでは成形限界深さに変化はないが、8000rpm以上では急激に成形性が改善された。工具を回転させなかったとき、回転数7000rpm、8000rpmのときの成形品の外観写真を図4に示す。工具を回転させなかった時は板全体がゆがんでおり、曲げ戻しによるゆがみであるスプリングバックが大きくなった。しかし成形性がよくなった8000rpmでは成形深さも大きく、スプリングバックも小さくなり、成形精度も良くなった。

また、工具回転数を10000rpmに固定し、工具移動

速度を変えた時の成形可能な四角錐の半頂角を調査した結果、図5のような成形可能な形状と工具移動速度

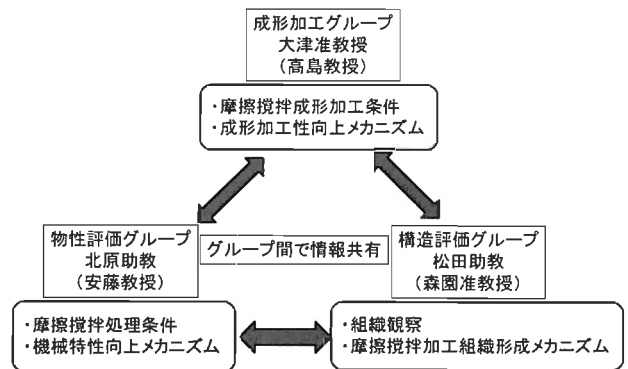


図1 プロジェクトの組織図

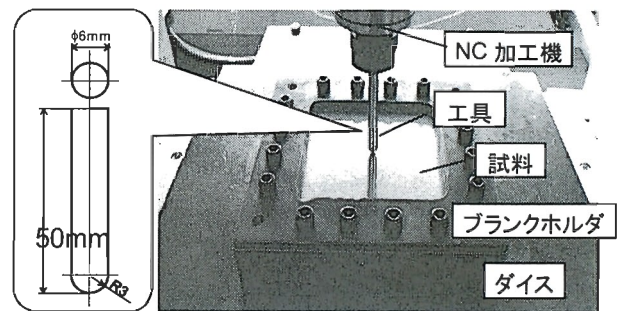


図2 実験装置

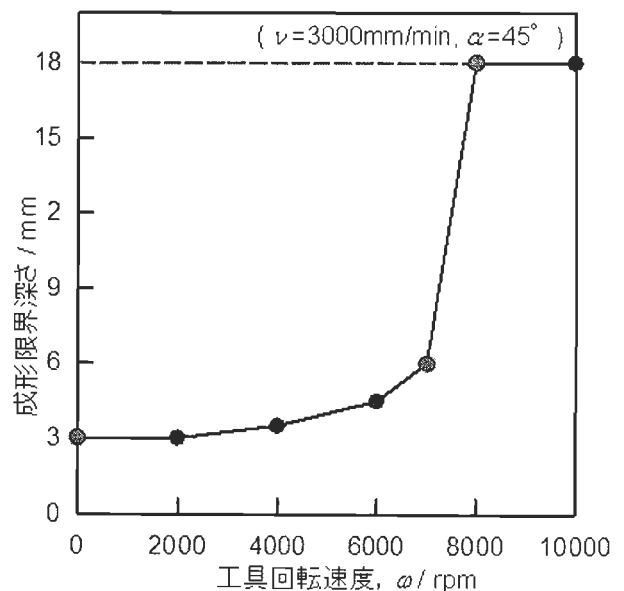


図3 限界成形深さ

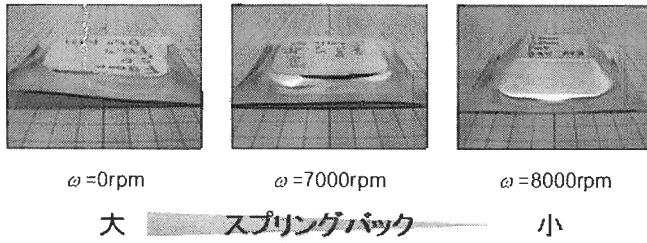


図4 成形形状

の関係が求まった。最も変形量の大きい場合半頂角が25°であり、材料は137%の伸びを示した。この材料は通常の引張試験では、室温において10%程度しか伸びないため、驚異的な変形を示した。

また、摩擦攪拌処理した試料の表面の硬さ分布を求めると、図6のようになった。摩擦攪拌処理を行った部分は母材の約2倍の硬さとなった。さらに摩擦攪拌処理を施した部分の金属組織を透過電子顕微鏡で観察を行った結果を図7に示す。母材部分の結晶粒径は2~10μm程度であったが、摩擦攪拌処理を施した部分の金属組織は50~150nm程度と母材の1/40に微細化してナノ結晶が形成されていた。また送り速度が速いほど結晶粒が微細化していた。

4. プロジェクトの成果と反省

3つのグループに分かれて行った研究結果を一つのポスターに集約し、学部3年後期の授業「マテリアル工学実験(創造編)」においてポスター発表を行った。チームで研究開発を行う上で、情報共有と責任を持って担当した役割を果たすことの大切さを学ぶことが出来た。

しかし時間の制約上、それぞれのグループの情報交換が十分でなく、最後の結果の持ち寄りだけとなった。そのためそれぞれの結果から横断的に考察することは

出来たが、それらを次の実験にフィードバックすることが出来なかった。また成形、機械特性、金属組織の発現メカニズムの解明を行うことが出来なかった。

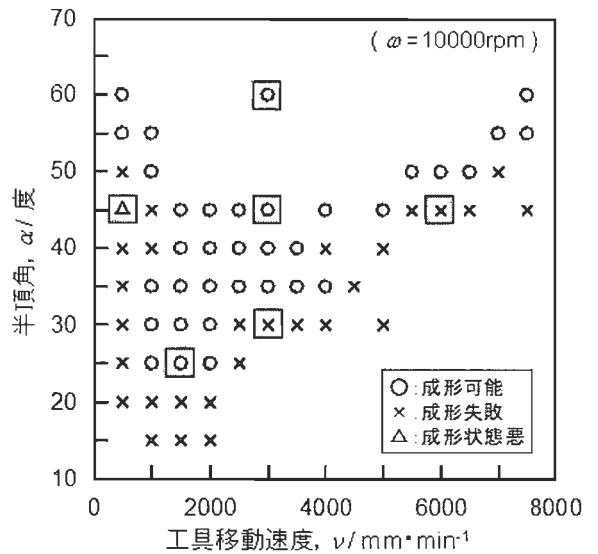


図5 成形マップ

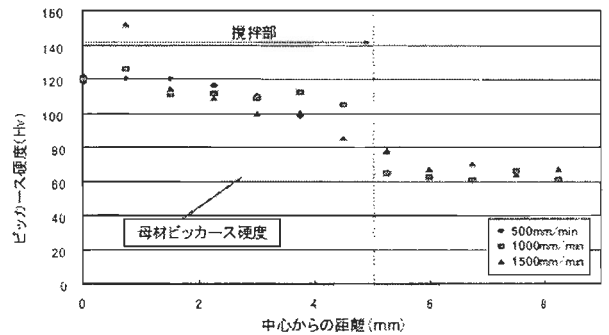


図6 硬さ分布

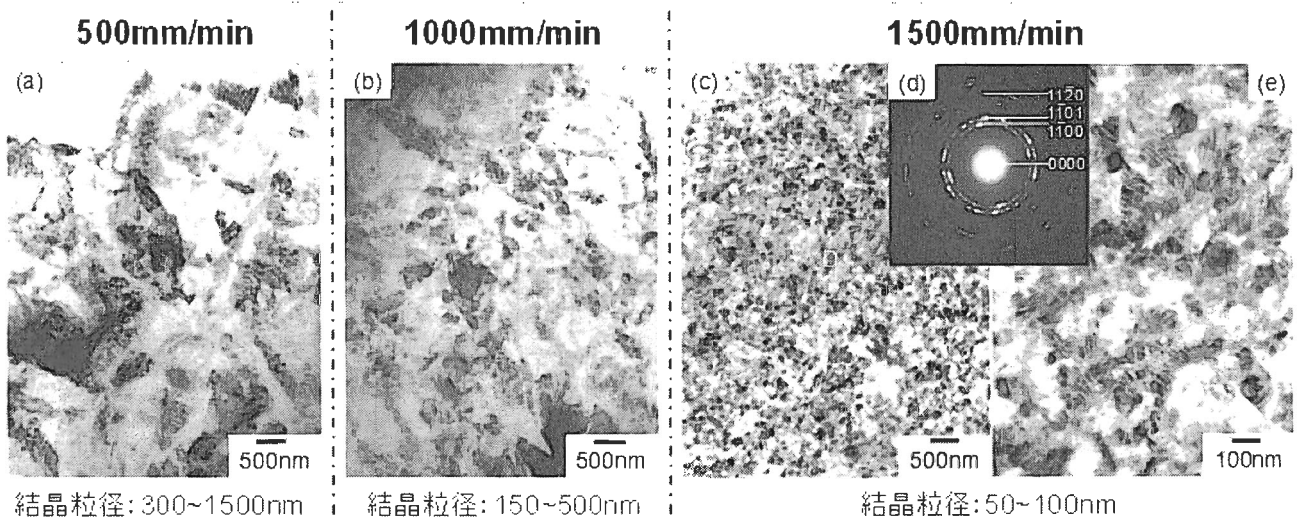


図7 加工部の金属組織のTEM写真