

# マルチ材料(異種材料接合材)の切削加工に関する研究

機能素材加工課 川堰宣隆\*1、山岸英樹 デジタルものづくり課 柿内茂樹\*2

国立大学法人富山大学 高野 登

## 1. はじめに

近年、航空機および次世代自動車の軽量化に向けて、従来の構造部材の一部を、アルミニウムやマグネシウムなどに材料置換するマルチ材料化が進んでいる。その部材を製品形状にする場合には、接合した異種材料をミリングや穴あけによって同時に切削加工する必要があるが、各材料の被削性の違いから、加工品質や耐摩耗性を両立させた加工は困難である。

本研究では、各種マルチ材料の加工技術を開発するとともに、その加工メカニズムを明らかにすることを目的とする。本報では、アルミニウム/マグネシウム接合材のミリング加工および穴あけ加工を行い、その加工特性および最適な加工方法について検討した。

## 2. 被削材

被削材には、大きさ 150 mm × 70 mm × 3 mm のアルミニウム合金 A6063 とマグネシウム合金 AZ31(以下、それぞれ Al と Mg とよぶ)を摩擦攪拌接合により重ね合わせ接合した、厚さ 6 mm の板材を使用した。

## 3. ミリング加工実験

### 3.1 実験条件および方法

加工機には、マシニングセンタ(キタムラ機械(株)製 Mycenter-3XiG)を使用した。工具には直径 8 mm の超硬エンドミルを使用し、切削動力計に取り付けた接合材の側面加工を行った。加工方式は、乾式とした。表 1 は加工条件である。

### 3.2 実験結果および考察

図 1(a)は、ノンコート工具を用いて切削速度 60 m/min で接合材を加工したときの、加工面の垂直走査低コヒーレンス干渉法(CSI)による観察像である。観察像上側が Al、下側が Mg である。Al と Mg で加工量に差が生じ、境界付近で段差が生じた。表面粗さ  $S_a$  は、1.1  $\mu\text{m}$  であった。この値は、Al や Mg 単体を切削したときの粗さ  $S_a$  約 0.4  $\mu\text{m}$  と比較して大きい。切削速度を変化させたところ、切削速度が小さな条件で表面粗さは大きくなった。切削速度が 60 m/min 以上になると表面粗さは小さくなり、速度が変化しても粗さは同様な値を示した。

図 2 は、加工中の切削力の波形である。加工開始直後

Table 1 Cutting conditions for the milling experiment

Tool	$\phi$ 8 Carbide endmill
Coating	Noncoating, DLC coating
Number of tooth	2
Cutting speed (m/min)	40 ~ 120
Feed rate (mm/tooth)	0.075
Radial depth of cut (mm)	1.5
Cutting method	Downcut
Lubrication method	Dry cutting

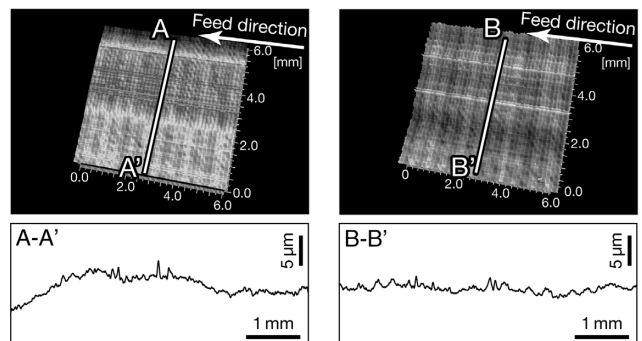


Fig. 1 Surface topography of Al and Mg welding material machined using (a) noncoated, and (b) DLC coated tools in milling experiment at the cutting speed of 60 m/min, measured by a coherence scanning interferometer; The upper and lower sides of the material are Al and Mg alloys, respectively.

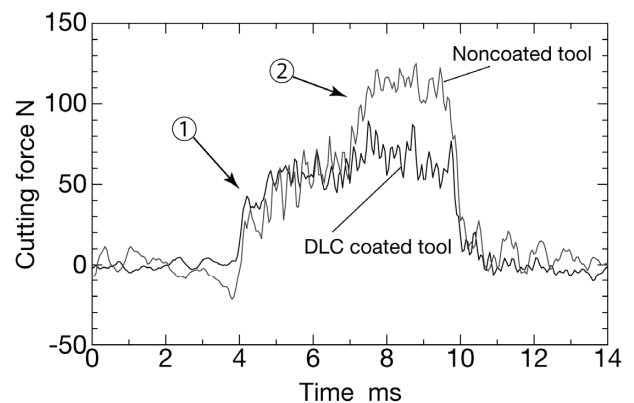


Fig. 2 Profile of the cutting force in tool feed direction while milling Al and Mg alloys at the cutting speed of 60 m/min

には被削材下側にあるマグネシウム合金の切削が始まる(図中、①部)。その後、切れ刃が Al に到達すると切削力が増加することがわかる(図中、②部)。これらの切削力の差や耐凝着性の違いによって、加工量に差が生じた

\*1 現 デジタルものづくり課、\*2 現 機能素材加工課

Table 2 Cutting conditions for the drilling experiment

Tool	φ 6 Carbide drill	
Coating	Noncoating, DLC coating	
Cutting speed	(m/min)	24
Feed rate	(mm/rev)	0.049
Lubrication method	Dry cutting	

と考える。

これら要因によって生じる加工面性状の悪化を改善するため、DLC コーティングした工具を用いた加工を行った。DLC コーティングによって、工具・被削材間の摩擦が減少し、切削力の差や凝着性を改善できると考えた。

図 1(b)は、DLC コーティッド工具を用いて加工した Al/Mg 接合材の加工面の CSI 像である。図 2 にも示すように、Al 加工時の切削力の増加傾向はなくなり、材料種間で生じていた加工量の差は消滅した。これによって、表面粗さ  $Sa$  は  $0.5 \mu\text{m}$  と小さくなった。この値は Al や Mg 単体を切削したときの値と同等である。

以上の結果より、Al/Mg 接合材のミリング加工においては、DLC コーティッド工具を用いることで表面粗さや切削力を改善できることがわかった。

## 4. 穴あけ加工実験

### 4.1 実験条件および方法

穴あけ加工実験を行い、ミリング加工と同様にコーティングの有無による加工特性の違いについて検討した。工具には直径 6 mm の超硬ドリルを使用した。加工方式は、乾式とした。表 2 は、加工条件である。

### 4.2 実験結果および考察

図 3 は、接合材を加工したときの、加工面の CSI 像である。観察像上側が Al、下側が Mg で、Al 側から穴あけ加工を行った。ノンコート工具を用いた場合、とくに Al

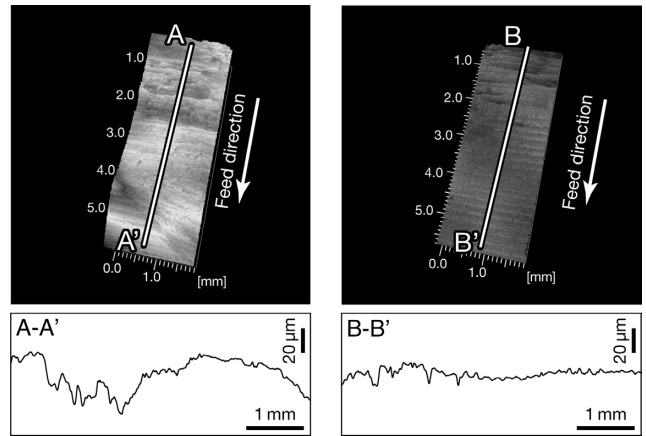


Fig. 3 Surface topography of Al and Mg welding material machined using (a) noncoated, and (b) DLC coated tools in drilling experiment, measured by a coherence scanning interferometer; The upper and lower sides of the material are Al and Mg alloys, respectively.

側で被削材の盛り上がりや引っ掻き痕などが多く見られた。Al 側を加工する際に生じる、被削材の凝着に起因すると考える。DLC コーティッド工具を用いることで表面粗さは減少し、加工面にはカッターマークが観察されるなど工具の耐凝着性が著しく改善されることがわかる。

以上の結果より、Al/Mg 接合材を加工する場合、DLC コーティッド工具を用いることで工具の耐凝着性や切削力が改善され、加工面性状を向上させることが可能なことを明らかにした。

## 5. おわりに

本報では、Al/Mg 接合材のミリング加工および穴あけ加工を行い、その加工特性について検討した。これより、Al と Mg の特性の違いによって、加工面には加工量の差による段差が生じる。DLC コーティッド工具を用いることで、その表面性状を改善できることを明らかにした。今後は、その加工メカニズムについて詳細に検討するとともに、他種接合材の加工についても検討していく。

キーワード：マルチマテリアル、ミリング加工、穴あけ加工、アルミニウム合金、マグネシウム合金

## Study on Cutting Method of Multi-materials

Functional Material Processing Section; Noritaka KAWASEGI\*<sup>1</sup>, Hideki YAMAGISHI,

Digital Manufacturing Section; Shigeki KAKIUCHI\*<sup>2</sup> and University of Toyama; Noboru TAKANO

We investigated cutting characteristics of multi-material consisted of aluminum and magnesium alloys. The milling experiment reveals that the rough surface was formed by a noncoated tool, due to the difference in cutting force and adhesion resistance. It was improved by using a DLC coated tool, and similar surface roughness with non-welded material was obtained. Similar trend was obtained in the drilling experiment, and rough surface, caused by the adhesion, was improved by the DLC coated tool.