

マルチマテリアル(異種材料接合材)の切削加工に関する研究

デジタルものづくり課 川堰宣隆 機能素材加工課 山岸英樹、柿内茂樹

国立大学法人富山大学 高野 登

1. はじめに

近年、航空機や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マテリアル化が進んでいる。その部材を適用する場合、製品の用途や形状精度によって、切削加工が必要とされる。マルチマテリアルでは接合した異種材料を同時に切削することが必要となり、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が課題となる。

本研究では、各種マルチマテリアル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/鋼で構成されるマルチマテリアルを対象としたエンドミル加工を行い、その加工特性を明らかにするとともに、加工面性状や工具摩耗の観点から最適な工具について検討した。

2. 実験条件および方法

被削材には、アルミニウム合金 A6063 と炭素鋼 S45C(以下、それぞれ Al と Fe とよぶ)を摩擦攪拌接合(FSW)により重ね合わせ接合した厚さ 6 mm の板材を使用した。

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 のノンコート超硬工具(以下、超硬工具とよぶ)に加えて、主に鋼材加工用工具で使用される AlCrN/TiAlN コーティング(以下、AlCrN 工具とよぶ)した工具と、主にアルミ加工用工具で使用される DLC コーティング(以下、DLC 工具とよぶ)した工具での加工も行い、その違いについても検討した。表 1 は加工条件である。

3. 実験結果および考察

図 1 は、AlCrN 工具、DLC 工具を用いて切削速度 50 m/min で切削距離 140 mm 加工した時の、CSI 法により測定した加工面形状である。3 次元測定機により加工断面の形状を観察した結果、Fe 材側でのみ傾斜した加工面が形成されていた。本測定結果では、測定面全体を平均するように傾き補正されるため、中心部が低い形状が観察された。AlCrN 工具における Al 材側、DLC 工具における Fe 材側など、本来対象となる被削材とは異なる場合でも、凝着などによる表面粗さの著しい悪化は生じず、類似した表面性状となった。いずれの工具の場合でも、Fe

Table 1 Cutting conditions

Tool	φ 8 Carbide endmill
Coating	Noncoated, AlCrN/TiAlN, DLC
Number of tooth	2
Cutting speed (m/min)	50, 120
Feed rate (mm/tooth)	0.05
Radial depth of cut (mm)	0.5
Cutting method	Downcut
Lubrication method	Wet (Emulsion type)

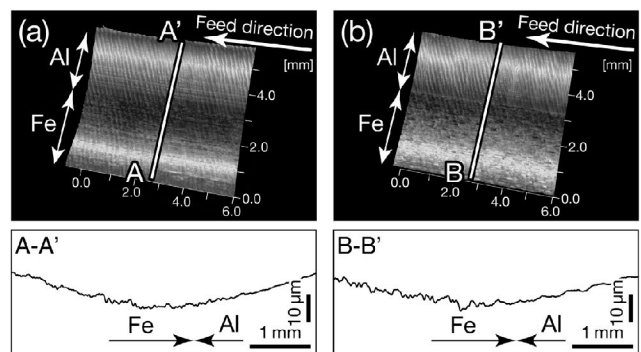


Fig. 1 Surface topography of Al/Fe multi-material machined by (a) AlCrN/TiAlN, and (b) DLC coated tools, at the cutting speed of 50 m/min, measured by a coherence scanning interferometer.

側の表面粗さが若干大きくなった。また接合部付近で段差等は生じず、連続的な加工面が形成されていることがわかる。

つぎに、切削距離を増加させた実験を行った。図 2(a)~(c)は、それぞれ超硬工具、AlCrN 工具と DLC 工具を用いて 3220 mm 加工した後の、加工面形状である。いずれの工具の場合でも、Al 部の表面性状は図 2 の切削初期と比較して、大きな差は見られない。一方、超硬工具と DLC 工具の場合、Fe 側の表面粗さは大きくなった。さらに、Al 材と Fe 材の境界部で 10 μm 程度の段差が生じていることがわかる。これらの工具では Fe 側でのみ工具摩耗が観察され、切れ刃の摩耗・後退によって境界部の段差や表面粗さの増加が生じたと考える。一方、AlCrN 工具で表面の凹凸は小さく、境界部で明確な段差も見られない。このため本加工条件下においては、Fe 材側に対して加工特性の優れた AlCrN 工具が適しているといえる。

切削速度が増加した場合、加工特性も変化する。同図 (d)は AlCrN 工具を用いて切削速度 100 m/min で 3220 mm 加工した後の加工面形状である。Al 材と Fe 材の境界部

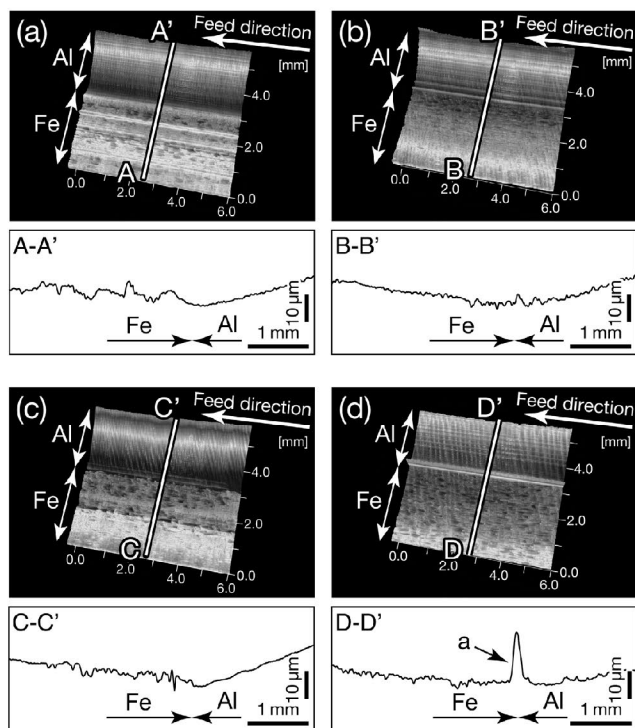


Fig. 2 Surface topography of Al/Fe multi-material machined by a (a) carbide tool, (b) AlCrN/TiAlN coated tool, and (c) DLC coated tool, at the cutting speed of 50 m/min and cutting distance of 3220 mm (d) Surface topography of the material machined by a AlCrN/TiAlN coated tool, at the cutting speed of 100 m/min and cutting distance of 3220 mm

で、高さ 25 μm 、幅 230 μm の凸形状が形成されている (図中、a 部)。境界部では FSW によって金属間化合物が形成されており、この領域でのみ工具摩耗が選択的に進行したと考える。一方、境界部以外の領域では切削初期と比較して、表面性状の著しい悪化は見られなかった。

図 3 は、工具および加工条件を変化させたときの加工部の表面粗さである。切削初期の段階で比較すると、コーティッド工具の場合に、表面粗さが小さくなった。また超硬工具の切削速度 100 m/min の場合には、工具の欠

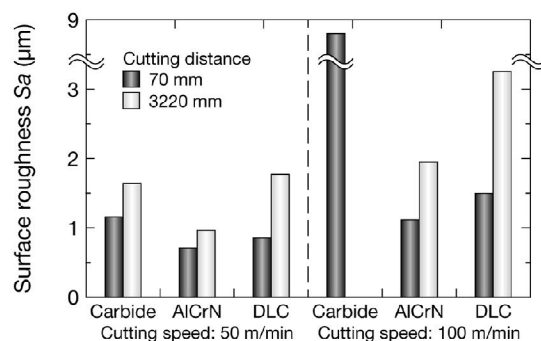


Fig. 3 Surface roughness of Al/Fe multi-material machined by various tools at the cutting speeds of 50 m/min, and 100 m/min

けによって寿命に達し、表面粗さは著しく大きくなった。

切削距離が 3220 mm になると、切削速度 50 m/min の場合に超硬工具、DLC 工具の Fe 材側で工具摩耗が進行し、表面粗さは増加した。切削速度 100 m/min の場合、DLC 工具では Fe 部全体で摩耗が進行し、表面粗さは著しく大きくなる。一方、AlCrN 工具では境界部以外の表面粗さの増加は小さいものの、図 2(d)で示した境界部の摩耗の進行により、表面粗さが増加することがわかる。

以上の結果より、切削速度が 50 m/min の条件では、工具摩耗や表面粗さの観点から、AlCrN 工具が適しているといえる。切削速度が 100 m/min においても AlCrN 工具が適しているものの、境界部で生じる工具摩耗の改善が必要である。

4. おわりに

本報では、アルミニウム/鋼で構成されるマルチマテリアルのエンドミル加工を行い、その加工特性および最適な工具について検討した。その結果、本材料加工においては Al 材側の凝着等の抑制よりも、Fe 材側の耐摩耗性を考慮した工具の選定が有効であり、本実験条件下においては AlCrN 工具が最適であることがわかった。

キーワード：マルチマテリアル、ミリング加工、アルミニウム合金、炭素鋼

Study on Cutting Method of Multi-materials

Digital Manufacturing Section; Noritaka KAWASEGI, Functional Material Processing Section; Hideki YAMAGISHI, Shigeki KAKIUCHI and University of Toyama Noboru TAKANO

We investigated cutting characteristics of multi-material consisted of aluminum alloy and carbon steel. The milling experiment reveals that the tool wear affects the surface roughness on the steel machining area rather than the adhesion on the aluminum machining area. As a result, AlCrN/TiAlN coated tool, generally used for machining steels, is superior to non-coated and DLC coated tools, generally used for machining aluminum alloys. A regional tool wear was observed at the boundary of aluminum and steel machining areas, resulting in generation of rough surface at the cutting speed of 100 m/min.