

マルチマテリアルの高効率切削加工に関する研究

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

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、マルチマテリアルの高効率な切削加工技術を開発することを目的とする。既報¹⁾では、アルミニウム合金と炭素鋼で構成されるマルチマテリアルに対して、各種工具を用いた加工を行った。これより、本材料加工には鋼材用の工具が適していることを明らかにしたものの、切削速度の高い条件における耐摩耗性に課題を残した。本報では、マルチマテリアルを高効率加工するため、各種のコーティングや形状を有する切削工具を用いた加工実験を行い、更なる加工の高速化について検討した。

2. 実験条件および方法

被削材には、厚さ 3 mm のアルミニウム合金 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 のコーティッド超硬工具を使用した。表 1 は、加工条件である。

3. 実験結果および考察

既報では Al/Fe 接合材に対して、鋼材加工用の AlCrN とアルミニウム合金加工用の DLC をコーティングした超硬工具(以下、それぞれ AlCrN 工具と DLC 工具とよぶ)を用いた加工実験を行った。これより、本材料加工では Al 材側の凝着の抑制よりも、Fe 材側の耐摩耗性を考慮した工具の選定が有効であることがわかった。一方、切削速度が高くなると、接合境界部に形成された金属間化合物によって局所的な工具摩耗が進行し、表面粗さも悪化することがわかった。そこで耐摩耗性の改善のため、コーティングや工具形状を変化させた実験を行い、従来工具との比較を行った。

まず、コーティングを変化させた実験を行った。工具

Table 1 Cutting conditions

Tool	φ 8 Carbide endmill
Coating	AlCrN, TiAlN
Number of tooth	2
Cutting speed (m/min)	50, 100, 200
Feed rate (mm/tooth)	0.05
Radial depth of cut (mm)	0.5
Cutting method	Downcut
Lubrication method	Wet (Emulsion type)

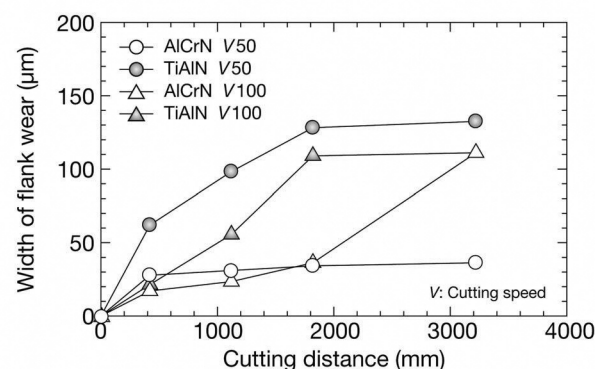


Fig. 1 Comparison of tool wear for machining multi-material using AlCrN and TiAlN coated tools, at the cutting speeds of 50 m/min and 100 m/min

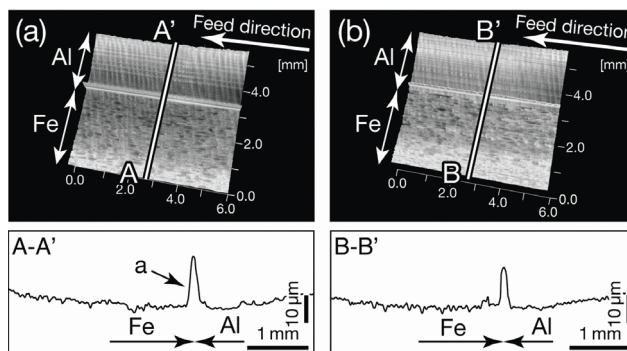


Fig. 2 Surface topography of the multi-material machined by (a) AlCrN and (b) TiAlN coated tools, at the cutting speed of 100 m/min

には、鋼材用である TiAlN コーティングを行った超硬工具(以下、TiAlN 工具とよぶ)を用い、AlCrN 工具と比較した。図 1 は、各工具を用いて接合材を加工したときの、切削距離に対する逃げ面摩耗幅の変化である。図 2 は、切削速度 100 m/min の条件で 3320 mm 加工した後の、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。AlCrN 工具の場合、切削速度が 100 m/min の条件で 3320 mm 加工したときに、接合部付近で局所的な摩耗が生じた。これによって、加工面には図 2(a)に示す

*1 現 企画管理部

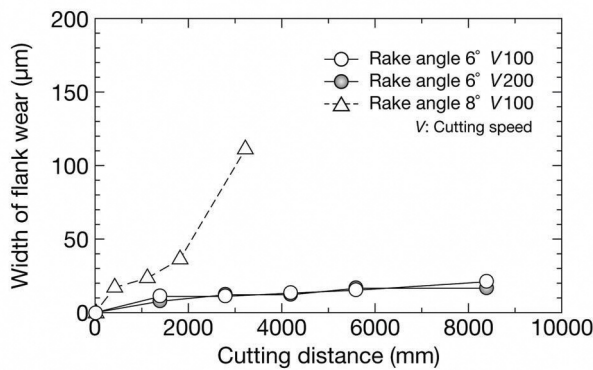


Fig. 3 Comparison of tool wear for machining multi-material using AlCrN coated tool with different tool shapes, at the cutting speeds of 100 m/min and 200 m/min

様な凸形状が形成された(図中、a 部)。一方、TiAlN コーティングの場合、切削速度がいずれの条件でも、初期の段階から工具摩耗が大きくなった。また、接合部付近に加えて、Fe 部でも摩耗が進行していた。このため、本工具は、金属間化合物に加えて、Fe に対する耐摩耗性も劣ると考える。以上の結果より、本材料加工においては、AlCrN 工具が適しているといえる。

つぎに、すくい角やねじれ角等の工具形状を変化させた工具を用いた実験を行った。とくに工具すくい角を小さくすることで刃先強度が増し、耐摩耗性を改善できると考えた。工具には耐摩耗性を重視して、すくい角やねじれ角を変化させた、AlCrN 工具を使用した。すくい角は、6°である。図 3 は、本工具を用いて接合材を加工したときの、切削距離に対する逃げ面摩耗幅の変化である。図 1 で示した、すくい角 8°の AlCrN 工具の結果も併記した。すくい角を 6°にすることで切れ刃の耐摩耗性は増し、切削距離が 8400 mm に達しても工具摩耗は 21 μm 程度であった。また図 4(a)の表面観察像に示すように、境界部の凸形状は生じていない。また、Al 材側では、すくい角が小さく、切れ味が低下しているにもかかわらず、表面

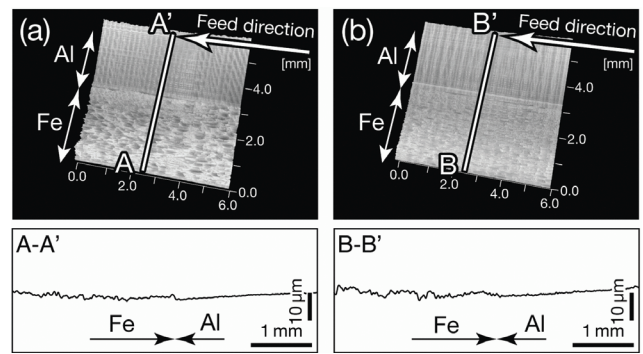


Fig. 4 Surface topography of the multi-material machined by AlCrN coated tools with the rake angle of 8°, at the cutting speed of (a) 100 m/min, and (b) 200 m/min

粗さの悪化は見られない。さらに切削速度を 200 m/min に増加させても、工具摩耗や加工面性状(図 4(b))の悪化は見られなかった。すなわち、本接合材加工においては、とくに境界部の耐摩耗性を考慮し、工具形状を最適化することで、高速加工を実現できることがわかった。

4. おわりに

本報では、Al/Fe で構成されるマルチマテリアルの高速加工を実現するため、各種のコーティングや形状を有する切削工具を用いた加工実験を行った。これより、境界部の耐摩耗性を考慮した工具形状に設定し、最適化することで、Al 側の加工面性状を維持したまま、耐摩耗性を向上させることができる。これによって、切削速度 200 m/min の高速切削が可能であった。

切削工具の作製にご協力頂きました、本田精密工業株式会社の本田拓也氏、天池一志氏にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 川堰ほか: 2024 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集 (2024) 47

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 High-speed Cutting of Multi-materials

Digital Manufacturing Section; Noritaka KAWASEGI*¹, Naoki HONDA
Functional Material Processing Section; Hideki YAMAGISHI, Shigeki KAKIUCHI and
University of Toyama Noboru TAKANO

We investigated high-speed cutting of multi-material consisted of aluminum alloy and carbon steel. The milling experiment reveals that the tool wear could be improved by the optimization of the tool shape of an AlCrN coated tools, indicating that the tool shape with higher wear resistance against intermetallic compound is an important factor. The material could be machined at the cutting speed of 200 m/min, indicating that the developed tool is effective for high-speed cutting of the material.