

## 研究ノート

# ダイヤモンドコーティング工具による Ti-Al 系金属間化合物のエンドミル加工

児玉英也\*1、河田圭一\*1、菅野祐介\*2、石川和昌\*1、斉藤昭雄\*1、島津達哉\*1

## End Milling of Titanium Aluminide Intermetallic Compounds Using a Diamond Coated Tool

Hideya KODAMA\*1, Keiichi KAWATA\*1, Yusuke KANNO\*2,  
Kazumasa ISHIKAWA\*1, Akio SAITO\*1 and Tatsuya SHIMAZU\*1

Industrial Research Center\*1\*2

高機能材料である Ti-Al 系金属間化合物の高能率・長寿命加工の実現を目的として、CVD ダイヤモンドコーティング工具によるエンドミル加工試験を行い、切削速度を大きくした高能率加工の可能性について検討した。その結果、CVD ダイヤモンドコーティング工具は切削速度 325m/min の条件で加工が可能であり、PVD コーティング工具と比べて工具寿命が長くなることがわかった。

### 1. はじめに

Ti-Al 系金属間化合物は TiAl 相( $\gamma$  層)を母相として数%の  $Ti_3Al$  相( $\alpha_2$  相)が共存するラメラ組織がベースの材料で、比強度(強度/比重)や高温強度に優れている<sup>1)</sup>。一方で切削加工では熱伝導率が低く工具刃先の温度が上昇しやすい、切りくず形態がせん断型で切削抵抗の変動が大きい、工具材料との親和性が高く、切りくずが切れ刃に溶着しやすいという特徴がある。このため工具寿命は非常に短く、切削速度を小さくして加工することが必要であり、加工能率や工具寿命の改善が課題となっている。

前報<sup>2)</sup>では、Ti-Al 系金属間化合物のエンドミル仕上げ加工試験を行い、切削油が加工能率や工具寿命に及ぼす影響を調べた。その結果、切削油を従来の水溶性切削油から合成エステル油に変更すると、切削速度 100m/min の条件で加工が可能となり、工具寿命も改善することを示した。しかし、切削速度 200m/min の条件では、合成エステル油を用いても工具寿命は著しく短くなった。そこで本研究では、工具膜の熱伝導率が高い CVD ダイヤモンドコーティング工具を用いて加工試験を行い、合成エステル油の効果を得られない高切削速度域の加工改善について検討した。

### 2. 実験方法

加工試験の様子を図 1 に示す。加工機は立形マシニングセンタ(MU-400VA、オークマ(株)製)を使用し、ボールエンドミルで被削材の上面を外から内に円加工した。

加工条件を表 1 に示す。工具は CVD ダイヤモンドコーティング(CVDD 工具)と Ti 系の PVD コーティング(PVD 工具)を使用した。切削速度は 65、325m/min とした。給油は合成エステル油によるセミドライ加工、エアブローによるドライ加工とした。工具 1 刃あたりの除去体積量が 10.9cm<sup>3</sup>に達した時点で試験を終了した。また、マイクロスコープで工具を観察して、工具逃げ面摩耗幅が 0.1mm を超えた場合は工具寿命と判断し試験を中止した。

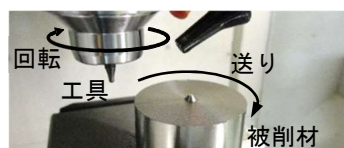


図 1 加工試験の様子

表 1 加工条件

被削材	Ti-Al 系金属間化合物
工具	形状:φ2 ボールエンドミル 刃数:2 材種:CVD ダイヤモンドコーティング Ti 系 PVD コーティング
切削速度	65、325m/min
送り量	0.02mm/tooth
切込み量	軸方向:0.5mm 径方向:0.5mm
切削油	合成エステル油 吐出量 30mL/h なし(エアブロー)

\*1 産業技術センター 自動車・機械技術室 \*2 産業技術センター 自動車・機械技術室(現総合技術支援・人材育成室)

### 3. 実験結果及び考察

図2に切削速度 65m/min で加工したときの工具 1 刃あたりの除去体積量、図3に加工後の工具逃げ面の画像を示す。PVD 工具ではセミドライ、ドライ加工ともに 10.9cm<sup>3</sup> まで加工することができ、加工後の逃げ面摩耗幅はともに約 10 $\mu$ m であった。CVDD 工具によるセミドライ加工は、4.1cm<sup>3</sup> 加工後にコーティングがはく離して寿命となった。ドライ加工は 10.9cm<sup>3</sup> まで加工することができ、加工後の逃げ面摩耗幅は約 15 $\mu$ m となった。

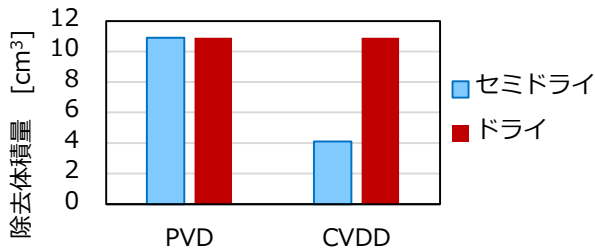


図2 工具の除去体積量(切削速度 65m/min)

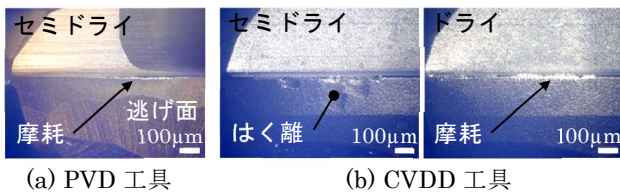


図3 加工後の工具逃げ面

CVDD 工具はセミドライ加工とドライ加工で工具寿命に大きな差が生じた。図4にセミドライで 3.6cm<sup>3</sup>、ドライで 5.4cm<sup>3</sup> 加工時点における CVDD 工具の様子を示す。ともにチタン合金用腐食液に 10 分浸漬し、被削材の凝着を除去して観察した。その結果、すくい面の摩耗状態に差が見られ、コーティングの摩耗深さはセミドライ加工では約 16 $\mu$ m に対し、ドライ加工では約 3 $\mu$ m であった。このことから、CVDD 工具のコーティングのはく離は、すくい面側のコーティング摩耗が大きく影響していると考えられる。ドライ加工において摩耗が低減された一因として、工具刃先に強固に凝着した被削材料がコーティングを保護して、摩耗の進行を抑制したためと推察される。

図5に切削速度 325m/min で加工した工具の除去体積量、図6にセミドライ加工後の工具逃げ面の画像を示す。PVD 工具はセミドライ加工、ドライ加工ともに切削開始直後の 0.02cm<sup>3</sup> で逃げ面が欠損して加工不能となった。一方、CVDD 工具はセミドライ加工で 4.1cm<sup>3</sup>、ドライ加工で 3.2cm<sup>3</sup> まで加工することができた。しかし、切削速度 65m/min の加工で見られた、ドライ加工における工具摩耗の低減は確認されなかった。

結果から、高切削速度域の加工では、CVDD 工具が

有効であることが示唆された。切削速度が大きくなると、工具刃先の温度上昇が工具摩耗の主たる要因となる。PVD 工具よりも熱伝導率の高い CVDD 工具は、加工による工具刃先の熱を放熱することにより、工具摩耗の進行が抑制されたと推察される。

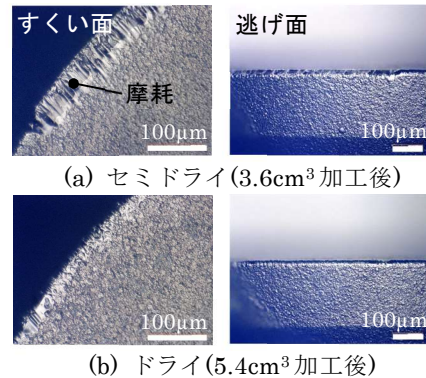


図4 CVDD 工具(切削速度 65m/min)

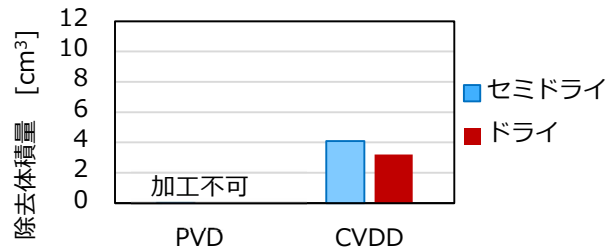


図5 工具の除去体積量(切削速度 325m/min)

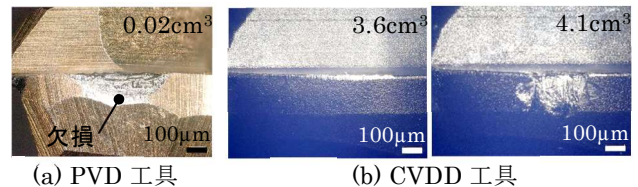


図6 セミドライ加工後の工具逃げ面

### 4. 結び

CVD ダイヤモンドコーティング工具を用いて Ti-Al 系金属間化合物の加工試験を行った。その結果、切削速度 325m/min の高能率加工が可能であることがわかった。今後は切削点の温度について調査する予定である。

### 付記

本研究は、「知の拠点あいち重点研究プロジェクトⅢ期」で行った研究の一部である。

### 文献

- 1) 小柳植彦: 大同特殊鋼技報, 88(2), 77-84(2017)
- 2) 児玉英也, 河田圭一, 菅野祐介, 斉藤昭雄, 島津達哉, 水野優: あいち産業科学技術総合センター研究報告, 10, 42(2021)