

1411

## 銅合金に対する炭化バナジウムコーティング切削工具の切削性能

## Cutting performance of vanadium carbide coated cutting tools for copper alloy

○正 加藤 明 (鳥取県産業技術センター), 今岡 睦明 (鳥取県産業技術センター)

Akira KATO, Tottori Institute of Industrial Technology, 1247 Kusaka, Yonago, Tottori, 689-3522 Japan

Mutsuharu IMAOKA, Tottori Institute of Industrial Technology, 1247 Kusaka, Yonago, Tottori, 689-3522 Japan

**Key Words:** Cutting tool, Coating, Vanadium carbide, Copper alloy, Surface roughness

## 1. 諸言

近年、自動車産業では自動運転技術の開発が進んでおり、衝突被害軽減制動装置などが実用化されている。自動運転技術には自動車とその周囲の情報が必要であり、情報を収集するために多くの電子機器が自動車に装着されている。例えば、衝突被害軽減制動装置であれば、先行車などの情報を収集するためにカメラやレーダなどの電子機器類が必要となる。電子機器用部品には樹脂や金属など様々な素材が使用されているが、電気特性・熱伝導性・機械的特性等に優れることから銅合金が使用される場合も多い。

銅合金の加工にはプレス、鍛造、溶接などが用いられるが、切削加工も広く行われている。切削加工では、加工能率、加工コスト、加工精度、加工面品質などを検討する必要があるが、銅合金の切削加工については、材料開発の観点から報告された例<sup>(1)</sup>はあるものの、工具摩耗や加工面粗さについて検討した例は見当たらない。また、工具メーカーが提供する加工技術情報においても、鉄鋼、チタン、アルミニウム等と比べ銅合金の情報は少ない。

一方、筆者らは、これまでに高硬度膜である炭化バナジウム (VC, vanadium carbide) を被覆した工具を開発し、切削実験を通じて、VC コーティング工具が軟鋼やアルミニウム合金の切削において、工具摩耗低減や加工面粗さ向上に効果があることを示した<sup>(2)(3)</sup>。

本研究では、VC コーティング工具の銅合金に対する切削性能を明らかにするため、銅合金の切削実験を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1 被削材及び供試工具

被削材には、被削性に優れた精密計器の部品に用いられることが多い、快削黄銅 C3604 丸棒を使用した。ロックウェル硬度計 (アカシ ARK-B) でこの材料の硬度を測定したところ、73 HRB であった。

実験に使用した工具は、旋削用三角スローアウェイ超硬工具である。表 1 に示す市販の被膜の無い超硬工具に VC 膜を成膜し、VC コーティング工具を製作した。この工具は母材表面に中間膜として TiN 膜を約 2 μm を成膜し、その上に VC 膜を約 2 μm を成膜したものである。VC 膜は、金属バナジウム片を溶融材料とし炭化水素系ガスを反応ガスとして、イオンプレーティング法により成膜される<sup>(4)</sup>。VC 膜は高硬度であるが内部応力が高いため基材から剥離しやすいことから、基材との密着性が高い TiN 膜を中間膜とすることで VC 膜の密着性を向上させている<sup>(5)</sup>。

また、VC コーティング工具の切削性能を比較する対象として、超硬工具及び超硬工具に TiN のみ成膜を行った TiN コーティング工具を用いた。工具先端写真を図 1 に示す。この図のように VC 膜は銀白色である。被膜厚さは約 2 μm (TiN

コーティング工具)、約 4 μm (VC コーティング工具) であり、工具先端半径 (0.4 mm) に比べ極めて小さいこと、この工具の形状精度 (コーナー高さ許容差) は ±0.08 mm であることから、被膜が工具先端形状に与える影響は少ないと考える。

供試工具の表面の硬度を、微小硬度計 (ミツトヨ HM-220D) により荷重 0.98 N で測定した。結果は表 2 のとおりである。VC 膜は母材の超硬や TiN 膜の 1.5 倍程度高い硬度であり、VC コーティング工具は高硬度工具と言える。

## 性.2 実験条件

前項の被削材及び供試工具を用いて銅合金の切削実験を行った。実験は複合旋盤 (オークマ MULTUS B300 C900, 主軸動力 7.5 kW, 振り 600 mm, 心間 900 mm, 最高主軸回転数 5000 min<sup>-1</sup>) による外径旋削とした。切削条件は、表 3 のとおりである。被削材は三爪チャックで把持し、チャック端面からの突出しは 120 mm とした。

切削時間 1, 3, 5, 7.5, 10 分後に、マイクロスコープ (ハイロックス KH-8700) による工具摩耗 (逃げ面最大摩耗幅  $VB_{max}$ ) の測定と、表面形状・粗さ測定機 (テラーホブソン PGI-Plus) による被削材の送り方向加工面粗さ (最大高さ  $R_z$ ) の測定を行った。

## 3. 実験結果と考察

逃げ面摩耗幅測定結果を図 2 に示す。この図より、いずれの工具も初期摩耗 (切削時間 1 分) が生じているが、その後の摩耗量の増加は小さいことが分かる。本実験では、被削材を被削性に優れた材料としたこと、加工時に不水溶性切削油を使用し、潤滑及び冷却効果が生じたことで、工具摩耗が抑えられたためと考える。供試工具毎の工具摩耗を比較すると、VC コーティング工具は TiN コーティング工具及び超硬工具よりも摩耗が少ない結果となった。VC コーティング工具の表面硬度が他の供試工具よりも高いことから、工具摩耗が抑制された<sup>(6)</sup>と考える。同様に、TiN コーティング工具と超硬工具は工具摩耗に明確な差異が見られなかったが、これらは硬度が同等であったためと考える。

次に、被削材の送り方向加工面粗さ測定結果を図 3 に示す。加工面粗さの平均は、VC コーティング工具:5.739, TiN コーティング工具:6.083, 超硬工具:8.385 μm であった。本実験の理論加工面粗さは 3.125 μm であり、2~3 倍程度理論粗さよりも劣る結果となった。加工機の振動や構成刃先などが加工面に影響を与えたと考えられる。供試工具毎の加工面粗さを比較すると、VC コーティング工具が最も良好であり、次いで TiN コーティング工具、超硬工具の順に悪化した。この要因を検討するため、工具逃げ面の表面粗さを表面形状・粗さ測定機で測定した。その結果、 $R_z$  は VC コーティング工具:4.000, TiN コーティング工具:3.539, 超硬工具:3.411 μm で

あった。逃げ面粗さが加工面に転写されるため、逃げ面粗さと加工面粗さに相関があるとの報告があるが、本研究では、逃げ面粗さに劣る VC コーティング工具による加工面が最も良好な結果となった。そこで、工具逃げ面をマイクロスコップで拡大観察した。観察結果を図 4 に示す。VC コーティング工具には、工具表面に微小な凹凸が生じていることが分かった。微細模様が摩擦力低減に効果を及ぼす場合がある<sup>(8)</sup>ことから、VC 膜の微小凹凸により切削力が低減し、加工面粗さが向上した可能性があると考えられる。

#### 4. 結言

VC コーティング工具を製作し、快削黄銅の湿式切削実験を行うことにより、次のことが分かった。

- ・超硬工具、TiN コーティング工具、VC コーティング工具とも、工具摩耗の増加は少ない。
- ・VC コーティング工具は、TiN コーティング工具、超硬工具に比べ、加工面粗さは良好である。
- ・VC コーティング工具の表面には微細な凹凸が生じ、この凹凸の効果により加工面粗さが向上した可能性がある。

#### 謝辞

実験に使用したマイクロスコップは、公益社団法人 J K A の公設工業試験研究所等における機械設備拡充事業により導入した装置です。ここに感謝の意を表します。

#### 文献

- (1) 例えば若井寛明他，“硫化物を分散させた鉛フリー青銅の機械的性質と切削性に及ぼす成分元素の影響”， 鋳造工学会全国講演大会講演概要集，Vol. 146 (2006), pp. 24.
- (2) 加藤明，“炭化バナジウム切削工具の開発”，日本機械学会講演論文集，Vol. 54 (2016), pp. 401-1-2.
- (3) 加藤明，今岡睦明，“炭化バナジウムコーティング切削工具の切削性能”，日本機械学会講演論文集，Vol. 55 (2017), pp.908-1-2.
- (4) “バナジウム含有被膜、バナジウム含有被膜被覆金型および工具”，特許庁公開特許公報(A)，特開 2010-202948 (2010),pp.4.
- (5) “成膜方法及び硬質被膜被覆部材”，特許庁公開特許公報(B2)，特許第 5326131 号(2013),pp.2-3.
- (6) 狩野勝吉，“難削材・新素材の切削加工ハンドブック”，森北出版，(2011)，pp.60.
- (7) 岩部洋育，大瀬戸隆之，後藤隆夫，“工具逃げ面の高精度化による仕上げ面粗さの改善”，日本機械学会論文集 C 編，Vol. 68, No.666 (2002), pp. 654-655.
- (8) 榊田正美，“マイクロ加工の現状と展望”，精密工学会誌，Vol.68,No.2(2002),pp. 162.

Table 1 Details of the insert

Identification symbol	TNMG160404
Material	Carbide M30 (JIS)
Shape	Triangle
Cutting edge length	16 mm
Thickness	4.76 mm
Clearance angle	0°
Rake angle	15°
Nose radius	0.4 mm
Chipbreaker	With chipbreaker
Coat	Uncoated

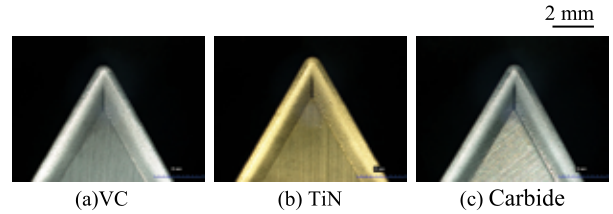


Fig. 1 Photographs of cutting tool nose

Table 2 Material and film hardness

	VC	TiN	Carbide
Hardness [HV]	2940	2030	1870

Table 3 Cutting conditions

Workpiece	Material: C3604 (JIS) Size: φ40×200 mm
Tool holder	DTG NR2525M16
Depth of cut	0.1 mm
Feed of table	0.1 mm/rev
Cutting speed	120 m/min
Cutting atmosphere	Water-immiscible cutting fluid JIS N-3 No.8

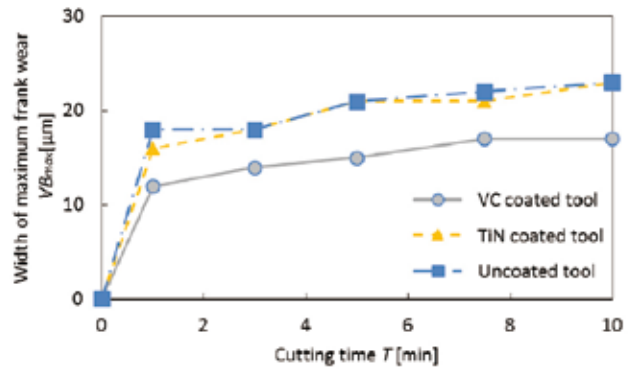


Fig. 2 Relation between cutting time and width of maximum flank wear

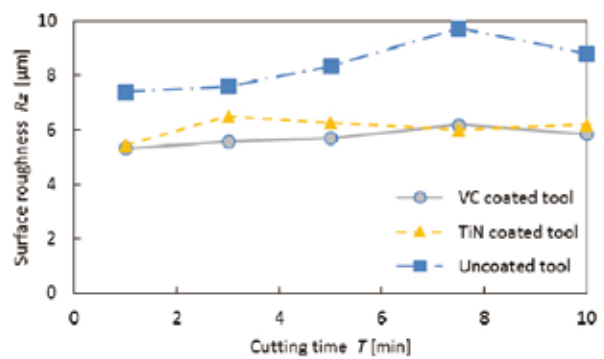


Fig. 3 Relation between cutting time and surface roughness

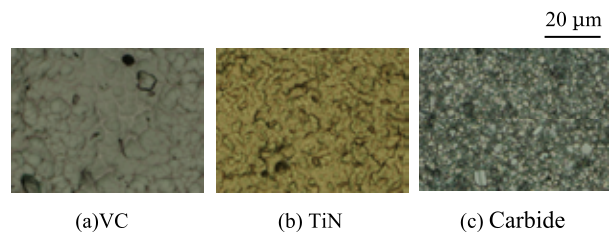


Fig. 4 Photographs of tool surface