

# MACHINABILITY OF HARDENED SINTERED STEEL

Tadahiro WADA, Kazuki HIRO, Junsuke FUJIWARA\*, Shinsaku HANASAKI\*

Proceedings of the Seventh International Conference on Progress  
of Machining Technology (ICPMT'2004), 74-79.

A machine part having the complicated shape can be mass-produced accurately by the powder metallurgy. After the sintering, the sintered material is quenched and tempered for the improvement of the mechanical properties and wear-resistance. For the dimensional accuracy, it is often necessary for the sintered steel machine parts to be machined by the metal removal process<sup>[1]</sup>. As the sintered machine parts are often cut at high cutting speed for the mass-production, it is necessary that the tool materials have good wear resistance. The polycrystalline cubic boron nitride compact (cBN) seems to be the effective tool material because it has the good heat resistance and the wear resistance. So, in the cutting of the sintered steel or the hardened steel, which is melted material, there is a lot of studies about the tool wear of the CBN tool. However the cutting performance of the CBN tools depends on the binding material. Therefore, the effective binding material of the CBN tools should be selected for the cutting of the hardened sintered steel.

On the other hand, the tool material is required to be excellent in both the fracture toughness and the wear-resistance. The coated cemented carbide tools, which have the good fracture toughness and the wear resistance, seem to be the effective tool materials. TiN, Ti (C, N) and (Ti, Al) N are generally used as the coating layer. So, there are a lot of studies about the wear-resistance of these coating layers. Although there are some studies about the tool wear characteristic of the PVD coated cemented carbide tools in the cutting of the hardened steel or the sintered steel, there is little study about the tool wear in the cutting of the hardened sintered steel.

The sintered steels for the mass-produced parts are hardened by heat treatments such as quenching because they are required for higher strength. As residual strains by the heat treatments have bad influences on dimension accuracies of the parts, additional cutting procedure is indispensable. In order to clarify an effective tool material for the cutting of the hardened sintered steels, tool wear, surface roughness and cutting forces were experimentally investigated. The hardened sin-

tered steel was turned with three kinds of PVD coated cemented carbide tools and four kinds of CBN tools.

The chemical compositions and the mechanical properties are shown in Table 1. The cutting tools used are shown in Table 2.

Table 1 Chemical compositions and properties

Chemical compositions (mass %)				
C	Cu	Ni	Mo	Fe
0.3~ 0.7	1~2	3~5	0.2~0.8	Bal.
Mechanical properties				
Tensile strength		1.1GPa		
Hardness		70HRA (405HV98N)		
Density		7.1g/cm <sup>3</sup>		

Table 2 Cutting tools

Coated tools		
Substrate	Cemented carbide K10	
Coating layer	TiN, Ti(C,N), (Ti,Al)N	
CBN tools		
Tools	Contents rate (cBN grain /binding phase)	Material of Binder (Main element)
CBN B	90/10	Co
CBN C	60/40	TiC
CBN D	60/40	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
CBN E	65/35	TiN

Results reached were as follows:

- (1) In the PVD coated tools, the wear progress of a Ti (C, N) coated tool was slowest.
- (2) In the cutting with the Ti (C, N) coated tool, both the surface roughness and the cutting forces were almost constant under cutting speeds from 0.14m/s to 1.67m/s.
- (3) Among the CBN tools, the wear progress of the CBN tool which has Co based binder was slowest.
- (4) The mirror finish surface was obtained at the low speed cutting with the CBN tool.

## References

- [1] JSPE Handbook of Precision Machining, Tokyo: CORONA Publishing Co., Ltd., 1992, 139.

\*Osaka University

## インコネル718切削における超硬合金の工具摩耗

和田 任弘 廣 和樹

Tool Wear of Cemented Carbide in Cutting of Inconel 718

Tadahiro WADA and Kazuki HIRO

粉体および粉末冶金 52巻, 6号, (2005), 399-403

超硬合金はWC粒子をCo, Ni, Feなどの鉄族金属で焼結結合した合金であり<sup>1)</sup>, 切削工具材に超硬合金を使用する場合, WC-Co超硬合金が多く使用され, WC-Ni超硬合金は非強磁性が要求される被削材の切削以外にはほとんど使用されない。これは, WC-Ni超硬合金は靱性が高いが, 軟質であるためである。しかし, 同一WC粒度で比較すると, WC-Ni超硬合金はWC-Co超硬合金に比べ硬さは低い, 靱性は高いという報告もある。

さて, ガスタービンや航空機エンジンの部品に使用されている超耐熱合金インコネル718は難削材として知られている。この原因として, インコネル718の熱伝導率が低いなどが考えられている。インコネル718の現状の高効率な切削条件は, cBN焼結体, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiCセラミックスで切削速度3m/s, 送り0.15mm/rev, 切込み1~2mmである。しかし, インコネル718をドリルやエンドミルで切削する場合, cBN焼結体, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiCセラミックスに比べ, 高靱性の超硬合金が適した工具材と考えられる。従来から, 熱伝導性の悪い被削材を切削する場合, 切削速度を低くして, かつ熱伝導性の良好な工具材を使用することが, 工具寿命の延長に有効な方法であることは良く知られている。しかも, 超硬合金によるインコネルの切削においては超硬合金K種などを用いて切りくずを薄く生成させるような切削が好ましいとされてきた。これは, 超硬合金K種, すなわちWC-Co超硬合金の熱伝導性が超硬合金P, M種に比べ良好であることが主因と考えられる。しかし, 上述のように, WC-Ni超硬合金はWC-Co超硬合金に比べ高靱性であること, さらに, 結合相金属の物性値を調べると, 高温下におけるNiの熱伝導率は, Coの熱伝導率に比べ大きいこと。これらのことを考慮すると, インコネルなど熱伝導性の悪い被削材の切削においては, WC-Ni基超硬合金も工具材として使用可能であると考えられるが, WC-Ni超硬合金の摩耗特性について体系的に調べた研究は見あたらない。

そこで本研究では, 先ず, WC-Co超硬合金工具でイ

ンコネル718の切削を行い, Co含有量が工具摩耗に及ぼす影響を調べ, 最適なCo含有量を見出した。つぎに, これと同じNi含有量を持つWC-Ni超硬合金工具でインコネル718の切削を行い, WC-Co超硬合金の工具摩耗と比較した。さらに, WC-Ni超硬合金のNi含有量を変化させた超硬合金工具でインコネル718の切削を行い, 最適なNi含有量を見出した。

得られた主な結果は次の通りである。

- (1) WC-Co, およびWC-Ni超硬合金の主な工具損傷は, 前逃げ面および横逃げ面の境界摩耗であった。
- (2) WC-Co超硬合金工具でインコネル718を切削する場合, Co含有量が少ないと工具に欠損が生じやすくなり, Co含有量が多過ぎると工具の摩耗進行が速くなった。WC-7%Co超硬合金の摩耗進行が最も遅かった。
- (3) WC-Ni超硬合金工具でインコネル718を切削する場合, WC-7%Ni超硬合金の摩耗進行が最も遅かった。しかも, この工具の摩耗進行は, WC-7%Co超硬合金工具の摩耗進行に比べ遅かった。
- (4) 工具摩耗が比較的少ない切削初期の場合, WC-Co, およびWC-Ni超硬合金工具の仕上げ面粗さに大差なかった。しかし, 切削の進行に連れ工具摩耗が大きくなると, WC-Ni超硬合金工具の仕上げ面粗さの方が小さかった。

### (参考文献)

- [1] Japan Society of Powder and Powder Metallurgy: Powder and Powder Metallurgy Term Encyclopedia, NIKKAN KOGYO SHIMBUN, LTD. (2001) 349.

## (Ti, W) Nコーテッド超硬合金の工具摩耗

和田 任弘 戸井原 孝臣\*<sup>1</sup>

Tool Wear of (Ti,W) N Coated Cemented Carbide

Tadahiro Wada and Takaomi Toihara\*<sup>1</sup>

粉体および粉末冶金 52巻, 4号, (2005), 228-232.

コーテッド超硬合金は、超硬合金の耐欠損性とセラミックスの耐摩耗性を兼備しているため、切削加工の高能率化などを背景に、日本国内におけるスローアウェイチップの生産量に占めるコーテッド超硬合金の比率は年々高まっている。セラミックス膜を母材へコーティングする方法として、PVD法とCVD法が一般的であり、それぞれ切削方法によって使い分けられている。PVD法は、CVD法に比べ低温処理のため密着性にやや劣るものの、被膜に圧縮応力を付加できるため強度低下が少ないなどの理由により、耐欠損性が要求される超硬ドリルや超硬エンドミルのコーティング処理に多く用いられている。切削工具へのPVD法によるコーティングは、TiN, TiC系膜で開始され、Ti (C,N), (Ti,Al) N膜をコーティングした超硬ドリルや超硬エンドミルが高い切削性能を示している。さらに、(Ti,B) N膜, (Ti,V) N膜の耐摩耗性についても調べられている。このように、切削工具用被膜としては、チタン (Ti), あるいはTiにAl, B, Vなどの金属を加えた合金を被膜組成とし、N<sub>2</sub>, あるいはCH<sub>4</sub>を反応ガスとしPVD処理する方法が多く用いられている。しかし、いずれの被膜もWCを主成分とする超硬合金に対しては、やや密着強度が乏しいと考えられる。

本研究では、チタン (Ti) にタングステン (W) を加えた合金を被膜組成とし、N<sub>2</sub>を反応ガスとしPVD処理すれば、WCを主成分とする超硬合金に対して密着強度が得られると考えた。しかし、超硬合金を母材とし、TiW合金のターゲットを使用し、(Ti,W) N\*<sup>2</sup>膜をPVD法により単層被覆したコーテッド超硬合金の被膜特性を調べた研究は見当たらないので、このコーテッド超硬合金の被膜特性を調べた。さらに、(Ti,W) Nコーテッド超硬合金の工具摩耗を調べ、(Ti,W) Nが切削工具用被膜として使用

可能かどうかについても検討を加えた。なお、その基準は、現在多く使用されているTiN, (Ti,Al) Nコーテッド超硬合金の工具摩耗と比較することによって行った。

得られた主な結果は、次の通りである。

- (1) (Ti,W) N膜に付着するドロプレットは、バイアス電圧が高いほどやや多くなった。
- (2) (Ti,W) N膜と母材の界面において、(Ti,W) N膜と母材が十分に密着していることが分かった。また、被膜の膜厚もほぼ一定であった。
- (3) (Ti,W) N膜の硬度は、(Ti,Al) N膜に比べれば低いが、TiN膜と比べると同等以上の硬度であった。
- (4) バイアス電圧の異なる3種類の (Ti,W) N膜の硬度を比較すると、バイアス電圧が高いほど、硬度も高くなっていた。
- (5) スクラッチテストによる臨界荷重は、TiN膜の64N, (Ti,Al) N膜の73Nに比べ、バイアス電圧の異なる3種類の (Ti,W) N膜では、いずれも130N以上あった。
- (6) SCr420Hを切削した場合、バイアス電圧-150Vの (Ti,W) N膜コーテッド超硬合金工具の摩耗進行が最も遅かった。

以上のことから、(Ti,W) Nは切削工具用被膜として使用できることが分かった。

### 謝 辞

本研究の一部は、平成15, 16年度科学研究費補助金 (基盤研究 (C)) の援助を受けて行った。また、被削材 SCr420Hは株式会社タンガロイ (旧 東芝タンガロイ株式会社) からご提供いただいたことを付記し謝意を表します。

\*<sup>1</sup> オーエスジー(株) \*<sup>2</sup> 特願2004-185044.

