

ひずみゲージ式圧力変換器ベルセロ法により測定されたアセトンの負の高圧力

廣 和樹・大出 義仁*・和田 任弘

High Negative Pressures in Acetone Measured by the Berthelot Method using Strain Gauge Pressure Transducer

Kazuki HIRO, Yoshihito OHDE* and Tadahiro WADA

高圧力の科学と技術 16巻、4号、(2006)、374-378

負の圧力（負圧）状態の液体は熱力学的には準安定である。このとき分子間距離は平衡状態のものより長くなっており分子間には引張り力が働いている。それゆえ、容易に核形成（キャビテーション）が生じ、負圧状態は安定な気液共存状態へ相転移する。このような負圧下の液体に関する性質はまだはっきりわかっていない。負圧状態の液体物性を測定するためには、まず高い負の静水圧の発生技術を確認することが必要である。このために適したものとして金属容器を用いた Berthelot 法がある。この方法は、容器と液体の熱膨張率の違いを利用して、定容的に温度を変化させて負の静水圧を発生させることができ、これまで研究が行われてきた。この方法は、金属容器に貼り付けたひずみゲージによって容器内の圧力を測定するもので、圧力較正などの準備を行う必要があった。そこで、ひずみゲージ式圧力変換器を用いて高い負圧を発生させることを試みた。この場合、圧力変換器の取り付けに関しては、ガスケットを用いなくて、圧力変換器を Berthelot 法の金属容器そのものとして用いる方法を考えた。また、試料液体にはアセトンを用いた。これは、アセトンは同種核形成理論による限界負圧値が低いにもかかわらず、高い負圧値を得ることが確認できれば、この方法を応用して他の液体の液体物性の圧力依存性を測定する際、同程度の高負圧まで測定が可能と期待できるからである。

図1に実験容器を示す。容器は、圧力変換器、液体密封用の球形の栓、コネクターから構成されている。

図2に圧力の記録波形を示す。波形は、時間が経過するにつれ、圧力は増加した後、減少し負圧になりキャビテーションが生じて気液共存状態に相転移する。その後、容器を加熱すると圧力はほとんど一定であるが徐々に増

加し、やがて急激に増加し始め、同様の現象を繰り返すことがわかる。

最後に本研究では、ひずみゲージ式圧力変換器により負圧発生方法を試みた結果、圧力較正などの準備を行わずに効率よく負圧を発生させることが可能となった。

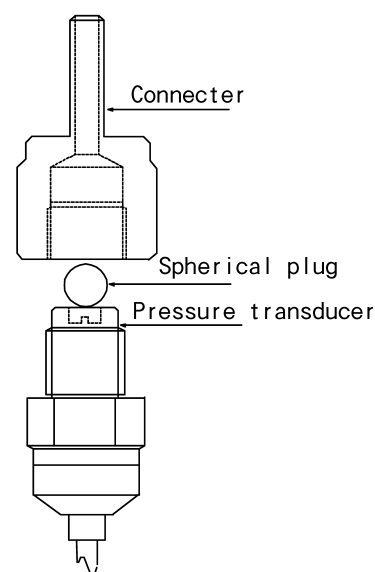


図1 実験容器

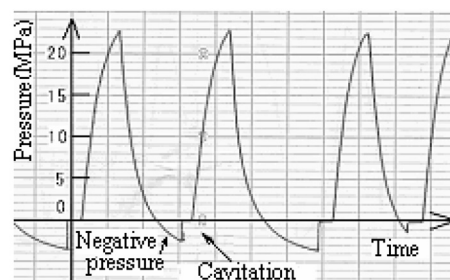


図2 圧力の記録波形例

*名古屋工業大学

Ti-W 基膜コーテッド超硬合金の工具摩耗

和田 任弘

Tool Wear of Titanium-Tungsten Based Coated Cemented Carbides

Tadahiro Wada

粉体および粉末冶金 53巻、12号、(2006)、938-942

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、切削工具用材料として多く使用されている。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_2 、 CH_4 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。そこで、ターゲット(陰極電極)にチタン-タングステン合金を、反応ガスに N_2 を用いPVD処理すれば、WCを主成分とする超硬合金に対し高い密着強度が得られるとして、(Ti, W) N膜PVDコーテッド超硬合金の被膜特性が調べられた。その結果、(Ti, W) N膜の硬度はTiN膜と同程度であり、(Ti, W) N膜の密着強度はTiN、(Ti, Al) N膜に比べかなり高いことが分かった。さらに、SCr420Hの切削においては、(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。このように、Ti-W基膜は従来の被膜に比べ被膜特性が優れているが、PVD処理では、反応ガスとして CH_4 もよく用いられる。また、複雑形状の機械部品を高精度に大量生産するには粉末冶金が有効な製造技術である。焼結機械部品は、焼結後できるだけ切削などの機械加工をしなくてすむように設計するのが望ましいが、さらに厳しい寸法公差、精度を出すために旋盤加工などの機械加工が実施される。従って、溶製材に対するTi-W基膜の有効性は明らかにされているが、焼結材料に対する有効性は明確でない。

そこで本研究では、被膜組成にチタン-タングステン合金を、反応ガスに CH_4 を用いたTi-W基PVDコーテッド超硬合金の被膜特性を明らかにするとともに、Ti-W基膜コーテッド超硬合金工具で焼結材料の切削を行い、

工具摩耗を調べられた。なお、焼結材料として、焼結鋼および焼結ステンレス鋼が使用された。

その結果、

- (1) バイアス電圧-300Vの場合、(Ti, W) C、(Ti, W) (C, N)膜に付着するドロプレットは、(Ti, W) N膜に比べ小さかった。
- (2) (Ti, W) C膜の被膜硬度は、(Ti, Al) N膜とほぼ同程度で、Ti-W基膜の中では最も硬かった。
- (3) いずれのTi-W基膜もスクラッチテストにおける臨界荷重は100N以上あり、(Ti, Al) N膜の73Nに比べかなり高かった。
- (4) Ti-W基膜コーテッド超硬工具で焼結鋼を切削すると、バイアス電圧-150Vの(Ti, W) Nコーテッド超硬合金工具の摩耗進行が最も遅く、(Ti, Al) Nコーテッド超硬合金工具に比べ、やや摩耗進行は遅かった。
- (5) バイアス電圧-150Vの(Ti, W) Nコーテッド超硬工具で焼結ステンレス鋼を切削するとこの工具の摩耗進行は、(Ti, Al) Nコーテッド超硬工具に比べやや速かった。

以上のことから、焼結材料の切削においても、Ti-W基膜は切削工具用被膜として適応可能であることが分かった。

謝 辞

本研究の一部は、平成15～17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、被削材焼結鋼、焼結ステンレス鋼は三菱マテリアル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。

超硬合金切削におけるダイヤモンド焼結体の工具摩耗

和田 任弘

Tool Wear of Polycrystalline Diamond Compacts in Cutting of a Cemented Carbide

Tadahiro Wada

粉体および粉末冶金 54巻、5号、(2007)、311-316

超硬合金は切削工具用材料として開発されたものである¹⁾が、高硬度、高圧縮強度など優れた諸特性を有するため、耐摩耗性が要求される機械部品や圧延ロールなど切削工具以外の用途にも多く使用されている。このような超硬合金部品の最終工程の多くは研削が行われている。このため、研削に費やす時間が多大となり非能率的であるだけでなく、生産コストが高くなるという問題点が生じている²⁾。超硬合金の切削に関する研究は、古くから行われており、工具材としてダイヤモンド焼結体(以下、PCD: Polycrystalline Diamond Compact)が適している³⁾。PCDはダイヤモンド粒径やダイヤモンド含有量によって機械的性質が異なるため、被削材に適したPCD工具を選択する必要がある⁴⁾。このため、PCD工具で超硬合金を切削する場合、ダイヤモンド粒径やダイヤモンド含有量を変化させたPCD工具で超硬合金の切削を行い、超硬合金切削に適したPCD工具を選択する必要がある。

そこで本研究では、ダイヤモンド粒径の異なるPCD工具で超硬合金を乾式切削し、切削抵抗、表面粗さおよび工具摩耗を調べた。

その結果、WC-16mass%Co超硬合金を、工具形状の異なる2種のPCD工具(すくい角 0° 、 -6°)、ダイヤモンド粒径の異なる4種のPCD工具(粒径 $4.5\mu\text{m}$ ~ $45\mu\text{m}$)で乾式切削すると、

- (1) すくい角 0° のPCD工具の切削抵抗は、すくい角 -6° のPCD工具に比べ小さかった。
- (2) すくい角 0° のPCD工具の摩耗進行は、すくい角 -6° のPCD工具に比べ遅かった。
- (3) PCD工具の摩耗進行は、ダイヤモンド粒径が大きいほど遅かった。
- (4) 表面粗さは、工具摩耗が少ない切削初期では、ダイ

ヤモンド粒径の小さいPCD工具の方が小さかった。しかし、切削の進行に連れ工具摩耗が大きくなると、ダイヤモンド粒径の小さい切削工具の方が表面粗さは大きくなった。

以上のことから、超硬合金をPCD工具で切削する場合、すくい角が大きい方が工具の摩耗進行がやや遅くなる。また、ダイヤモンド粒径を小さくすると、切削初期の表面粗さは小さくなるが、切削が進行し摩耗が大きくなると、表面粗さは大きくなる。このため、ダイヤモンド粒径については、表面粗さおよび工具摩耗の点で最適な粒径が存在し、本実験の範囲内では、ダイヤモンド粒径 $30\mu\text{m}$ のPCD工具が最適と考えられた。

最後に、被削材超硬合金をご提供いただきました三菱マテリアル(株)に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) K. Karino: Nannsakuzai: Sinnsozai no Sessakukakou Hanndobukku, Kougyoutyousakai (2002)375.
- 2) S. J. Heo, T. Miyamoto, S. Hanasaki and J. Fujiwara: "Study on Cutting of Cemented Carbide", J. Jpn. Soc. Precision Engineering, 69 (2003) 1724-1728.
- 3) H. Kiso, M. Suzuki and T. Taguchi: "Turning of High Hardness Materials", Tungaloy, (1986)9-23.
- 4) T. Wada, J. Fujiwara and H. Koizumi: "Wear Characteristics of Diamond Tool in Cutting of Al-17mass%Si Alloy", Proceedings of The 1st International Con. on Design Engineering and Science, Vienna, Jpn. Soc. Design Engineering (2005) 181-185.

(Ti, W, Si) N コーテッド超硬合金の工具摩耗

和田 任弘・戸井原 孝臣*

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

Tadahiro Wada and Takaomi Toihara *

粉体および粉末冶金 54巻、6号、(2007)、405-409

Ti にタングステン (W) を加えた Ti-W 合金をターゲット (陰極電極) に用い、反応ガス N_2 中で PVD 処理された (Ti, W) N 膜は、WC を主成分とする超硬合金に対して高い密着強度が得られた¹⁾。しかし、(Ti, W) N 膜の被膜硬度は、TiN 膜と比べると同等以上の硬度であったが、(Ti, Al) N 膜に比べれば低かった¹⁾。

そこで、本研究では、(Ti-W) 合金にシリコン (Si) を加えた (Ti-W-Si) 合金をターゲットに用い、反応ガス N_2 中で PVD 処理された (Ti, W, Si) N 膜は、WC を主成分とする超硬合金に対して高い密着強度とともに高い被膜硬度が得られると考えた。しかし、超硬合金を母材とし、(Ti-W-Si) 合金のターゲットを使用し、(Ti, W, Si) N 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, Si) N コーテッド超硬合金の工具摩耗を調べ、(Ti, W, Si) 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、Si を加えていない (Ti, W) N コーテッド超硬合金および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。すなわち、(Ti-W-Si) 合金をターゲットに用い、超硬合金 K10 種を母材とし、(Ti, W, Si) N 膜を PVD 法によりコーティングしたコーテッド超硬合金の被膜特性を調べた。さらに、(Ti, W, Si) N コーテッド超硬合金の工具摩耗を調べ、(Ti, W, Si) N 膜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。

得られた主な結果は、次の通りである。

- (1) (Ti, W, Si) N 膜に付着するドロプレットは、(Ti, W) N 膜に比べやや少なかった。また、バイアス電圧は、(Ti, W, Si) N 膜のドロプレット付着状態に大

きな影響を及ぼさなかった。

- (2) (Ti, W, Si) N 膜と母材の界面において、(Ti, W, Si) N 膜と母材が十分に密着していた。また、被膜の膜厚もほぼ一定であった。
- (3) (Ti, W, Si) N 膜の硬度は、TiN 膜、(Ti, Al) N 膜、(Ti, W) N 膜に比べかなり高かった。また、バイアス電圧は (Ti, W, Si) N 膜の硬度に大きな影響を及ぼさなかった。
- (4) 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, Si) N 膜では、いずれも 130N 程度以上あった。また、バイアス電圧が小さいほど、(Ti, W, Si) N 膜の臨界荷重はやや大きくなった。
- (5) SCr420H を切削した場合、バイアス電圧 -150V の (Ti, W, Si) 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, Si) N は切削工具用被膜として使用できることが分った。

謝 辞

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。

文 献

- 1) Tadahiro Wada and Takaomi Toihara: "Tool Wear of (Ti, W) N Coated Cemented Carbide", J. Jpn. Soc. Powder Powder Metallurgy, 52(2005)228-232.

PERFORMANCE OF TITANIUM-TUNGSTEN-SILICON BASED COATED CUTTING TOOLS

Tadahiro Wada

Proceedings of The Materials Tri-Conference of 5th MP3, Thin Films 2006 and ISAC-3
(December 11 -15, 2006, SINGAPORE)

There are various methods in the surface modification technology for the purpose of giving high function characters such as wear-resistance, lower or higher friction coefficient, corrosion-resistance and thermal-resistance on the surface of the material. Generally, the coating of a hard material like ceramics on the surface of the material is well used as one of the surface modification technology. The physical vapor deposition (PVD) method, which is one of the coating technologies, is used widely because it is possible to be coated at the lower treatment temperature namely 470K-870K.

In cutting, e.g. turning, milling, drilling and tapping, coated cemented carbide tools, which have good fracture toughness and wear resistance, seem to be effective tool materials. TiN and (Ti, Al) N are generally used as the coating film. As machine parts are often cut at high cutting speed for the massproduction, it is necessary that the tool materials have good wear resistance. Furthermore, the tool material is required to be excellent in both the fracture toughness and the wear-resistance. Titanium-tungsten based coating film, namely (Ti,W) N coating film, has been developed. The titanium-tungsten based coating film exhibited superior critical scratch load. Moreover, the titanium-tungsten based coated tool was evaluated through machining of low carbon steel JIS SCr420H, and showed greatly improved performance. However, the hardness of (Ti,W) N coating film was lower than that of (Ti,Al) N coating film. So, titanium-tungsten-silicon based coating films, namely (Ti, W, Si) N, (Ti, W, Si) C or

(Ti, W, Si) (C,N) coating film, has been developed, recently. These newly titanium-tungsten-silicon based coating films exhibited both superior critical scratch load and hardness as compared with TiN, (Ti, Al) N coating film. And, in cutting of JIS SCr420H, the wear progress of the (Ti, W, Si) N coated cemented carbide tool is slowest. Therefore, titanium-tungsten-silicon based coated tools seem to be an effective tool material because it has good wear resistance.

As stainless steel has the good corrosion resistance, it is used widely for mechanical parts. However, the tool life in turning of stainless steel is shorter than that of carbon steel.

In this study, in order to determine an effective tool material for cutting of stainless steel, the tool wear was experimentally investigated. Stainless steel was turned with four kinds of PVD coated cemented carbide tools.

The main results obtained are as follows:

- (1) The critical load of three kinds of titanium-tungsten-silicon based coating films was higher than that of TiN coating film.
- (2) The hardness of three kinds of titanium-tungsten-silicon based coating films was higher than that of TiN coating film.
- (3) In the cutting of the stainless steel, the wear progress of three kinds of titanium-tungsten-silicon based coating film tools was slower than that of TiN coated tool.
- (4) In the three kinds of titanium-tungsten-silicon based coating films, the wear progress of the (Ti, W, Si) N coated tool was slowest.

HIGH SPEED MILLING OF TITANIUM ALLOY

Junsuke FUJIWARA *¹, Takeshi MIYAMOTO *², Hideki KOIZUMI *¹ and Tadahiro WADA

Proceedings of the 8th International Conference on Progress
of Machining Technology (ICPMT' 2006), pp.101~104
(November 9-11, 2006, Matsue, JAPAN)

As titanium alloys have high strength to weight ratio, corrosion resistance, retention of strength at elevated temperatures and low thermal conductivity, they are used for aerospace frame structural parts and in the engine compressor stage. In cutting of the titanium alloy, these characteristics have bad influence on tool wear. Titanium alloys are generally machined for the improvement of the dimensional accuracy. There are several studies [1]-[4] about the machining of a Ti-6Al-4V alloy. In cutting of the titanium alloy such as the Ti-6Al-4V alloy, these characteristics have a bad influence on tool wear. Especially, the tool material, which is suitable for high speed cutting of the Ti-6Al-4V alloy, has not been found yet. Therefore, the titanium alloy is generally machined at low cutting speed. Recently, the demand of the titanium industrial products is increasing and the high speed milling of the titanium alloy is desired. In this study, the Ti-6Al-4V is milled with three kinds of the coated cemented carbide tools, non-coated cemented carbide tool and cermet tool at high cutting speed. The tool wear process and cutting mechanisms are experimentally investigated in order to clarify an effective tool material for the cutting of the titanium alloy.

The results obtained are as follows: In the cutting with a cemented carbide tool and coated cemented carbide tools of TiAl / TiN and (TiAl) N at the cutting speed of 120, 200 m/min, the wear progress of the coated tools were slower than that of the cemented carbide tool. As compared with the cutting speed 120 and 200 m/min, the wear progress at 120 m/min is slower than that at 200 m/min.

REFERENCES

- [1] NARUTAKI N. Grooving of Beta-titanium Alloys. Progress of Cutting and Grinding, 1996, Vol. 3: 51-56.
- [2] USUKI H. Face Milling of Beta Titanium Alloy. Progress of Cutting and Grinding, 1996, Vol. 3: 57-62.
- [3] SATOU K. High speed dry end milling of titanium alloy with HSS end mills. Japan Society for Abrasive Technology, 2005, Vol. 49 No. 9: 496-501. (in Japanese)
- [4] Metcut Research Associates. Machining Data Handbook 3rd Edition Vol. 1. Cincinnati, Ohio: MDC, 1980: 2-216.