

TiAlN コーティングした超耐熱 Ti (C, N)-W サーメット工具の高速切削特性

High-Speed Cutting Performance of TiAlN-Coated Ultra Heat Resistant Ti(C, N)-W Cermet Tool

産総研 (正) 村上 敬 (非) Jonny Herwan (非) 小倉一朗 (正) 是永 敦

Takashi Murakami, Jonny Herwan, Ichiro Ogura, Atsushi Korenaga

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

1. はじめに

化学プラントや海水機器などの分野では、近年高強度かつ高耐食性のスーパーステンレス鋼が使用され、その使用量は増加傾向にある。この鋼材は高速切削加工時刃先温度が 1000℃ 近くまで上昇する難削材である。このため、この鋼材を高速切削するには、高温強度や化学的安定性に優れた工具材料が必要である。現在従来工具材料として、ダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素 (CBN)、ハイス、超硬合金、従来型サーメットなどが用いられている。しかしこれら従来型工具材料は 1000℃ 以上で強度が大きく低下し、被加工材の Fe, Ti, Al 成分と反応しやすいため、難削材の高速切削に適していない。そのため現在、工具刃先温度の過熱を抑えるため、ステンレス鋼の切削速度は 100~200m/min 程度に抑えられているが、製品の製造時間の短縮が行いにくい。したがって他の難削材も対応できる、新規の超高温用工具材料開発が望まれている。

最近著者らは、粒径がサブミクロンオーダーで融点 3000℃ 以上の $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ と W 粉末を混合し、加圧焼結を行うと、特異な Core (Ti(C, N)) - Rim ((Ti, W)(C, N)) 微細構造を有し、従来工具材料より著しく優れた高温強度及び熱的安定性を示すサーメット (Fig. 1, 2) の得られることを世界で初めて発見した¹⁾。またこのサーメットを低炭素鋼相手の摩擦攪拌点接合工具として使用すると、従来工具の 2 倍以上の工具寿命を示すことも明らかにしている²⁾。

本研究では、この特異な Core-Rim 微細構造を有するサーメットを切削工具形状に加工し、スーパーステンレス鋼 S32750 に対し、高速ドライ切削試験を行ってみた。さらに最も切削特性に優れたサーメットに TiAlN コーティングを施し、工具寿命に与える効果も調べてみた³⁾。

2. 実験方法

本研究では、混合比が $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ -60wt%W, $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ -70wt%W になるよう、粒径サブミクロンオーダーの $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ 粉末 (粒径 0.7~0.9μm) と W 粉末 (純度 99.9%、粒径 0.6μm) を混合し、焼結温度 1950℃、加圧力 40MPa、保持時間 30min の条件で加圧焼結を行うことにより、混合比 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ -60wt%W, $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ -70wt%W のサーメット素材を作製した。得られた素材を Fig. 3 に示す切削工具形状に切出し、スーパーステンレス鋼 S32750 相手に切削速度 800m/min、送り速度 0.10 mm/rev、切込み 0.15mm の条件で高速ドライ切削試験を行った。また本研究では三菱マテリアル製 HTi10 (WC-Co 超硬合金)、NX2525 (TiC-Ni 系サーメット)、日本特殊陶業製 JX1 (WC-Al₂O₃ 系複合材料) を比較工具として評価した。

各切削試験後、工具の摩耗量、摩耗面の SEM-EDS 分析、及び被削材の表面粗さ測定を行った。さらに測定した工具の中で最も長い工具寿命を示した混合比 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}$ -70wt%W のサーメットについては、PVD による TiAlN コーティングを施した工具の高速ドライ切削試験も実施した。

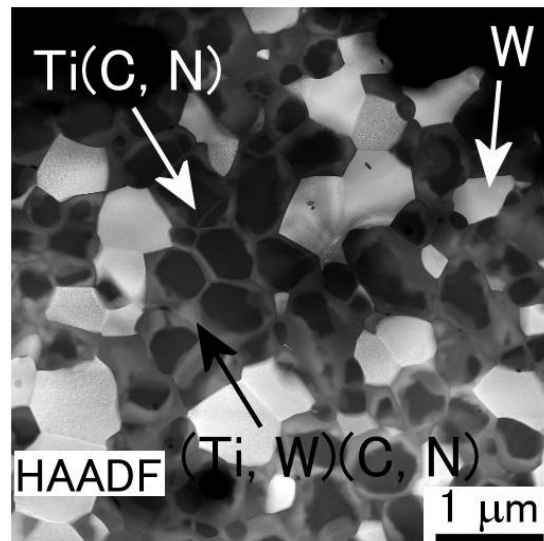


Fig. 1 TEM image of the Ti(C, N)-(Ti, W)(C, N)-W cermet specimen with the core-rim structure.

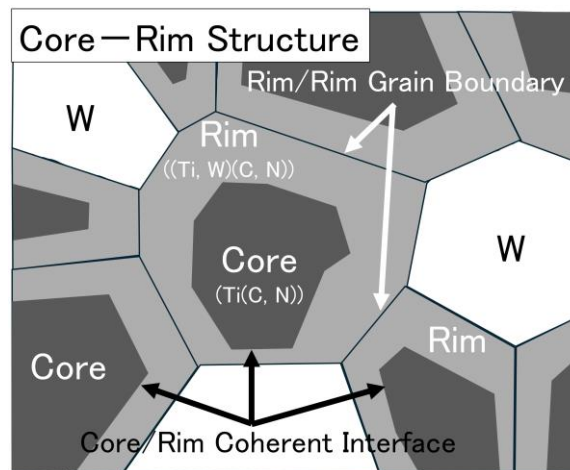


Fig. 2 Schematic diagram of the Ti(C, N)-(Ti, W)(C, N)-W cermet with the Core-Rim structure.

3. 実験結果

本研究で調べた工具の中では、混合比 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-70\text{wt}\%\text{W}$ 、 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-60\text{wt}\%\text{W}$ のサーメットがそれぞれ 1 番目、2 番目に長い工具寿命を示した。1200℃～1700℃で行った各工具の高温圧縮試験では、混合比 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-60\text{wt}\%\text{W}$ 、 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-70\text{wt}\%\text{W}$ のサーメットの強度が、1、2 番目に高く、さらに JX1、NX2525、HTi10 の順に小さくなっており、この傾向が切削試験に大きく影響を与えていると考えている。また混合比 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-70\text{wt}\%\text{W}$ のサーメットが 1700℃で $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-60\text{wt}\%\text{W}$ のサーメットより低強度であるにもかかわらず、工具寿命が長かったのは、前者の破壊靱性値が後者より高かったためと考えている。TiAlN コーティングを施した混合比 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-70\text{wt}\%\text{W}$ のサーメット工具の寿命は、コーティングを施していない混合比 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-70\text{wt}\%\text{W}$ のサーメット工具に比べて 1.2 倍程度長くなることがわかった。被削材の表面粗さは、ノンコーティング工具を使用した場合、0.2～2.0 μmRa 、TiAlN コーティング工具を使用した場合、0.8～3.5 μmRa であった。

工具寿命に達した直後の各工具の摩耗面を SEM-EDS の元素マッピングにて確認したところ、NX2525 工具以外は摩耗面表面に薄い Fe、Cr、Ni 被膜の形成されていることがわかった。これら Fe、Cr、Ni 被膜は被削材スーパーステンレス鋼に含まれる Fe、Cr、Ni 成分から形成されたと考えている。摩耗の速い超硬合金工具や JX1 工具は、Fe、Cr、Ni 被膜形成より、各工具の高温強度の違いの方が大きく影響している可能性が高いが、混合比 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-70\text{wt}\%\text{W}$ 、 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-60\text{wt}\%\text{W}$ のサーメット工具上に形成された Fe、Cr、Ni 被膜は工具摩耗を遅らせる効果があると考えており、今後調べる予定である。

4. おわりに

本研究では、特異な Core-Rim 微細構造を有し、従来工具より高温強度、熱的安定性に優れるサーメット工具について、スーパーステンレス鋼 S32750 相手に、高速ドライ切削試験を行ってみた。さらに最も切削特性に優れたサーメットに TiAlN コーティングを施し、工具寿命に与える効果も調べてみた。その結果、混合比 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-70\text{wt}\%\text{W}$ 、 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-60\text{wt}\%\text{W}$ のサーメットがそれぞれ 1 番目、2 番目に長い工具寿命を示すこと、TiAlN コーティングを施した混合比 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-70\text{wt}\%\text{W}$ のサーメット工具の寿命は、コーティングを施していない混合比 $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-70\text{wt}\%\text{W}$ のサーメット工具に比べて 1.2 倍程度長くなることがわかった。今後は、現状の開発サーメットに対してさらなる組織制御や元素添加を行うことにより、より高温強度、熱的安定性に優れる超高温用工具の開発を行う予定である。

文献

- 1) T. Murakami, M. Katoh, D. Matsukura, K. Yoshimi: High-temperature compression tests of Ti(C, N)-70 wt% W cermet and isothermal forging of Inconel 718 alloys using cermet molds. J. Mater. Res. Technol. 24 (2023) 6578.
- 2) T. Murakami, A. Korenaga, K. Ota, A. Matsuba, M. Sakamura: Friction stir spot welding of cold-rolled low carbon steel plates using $\text{TiC}_{0.5}\text{N}_{0.5}-\text{Xwt}\%\text{W}$ (X=70, 72, 75) cermet tool specimens. J. Mater. Res. Technol. 30 (2024) 7095.
- 3) T. Murakami, J. Herwan, I. Ogura, A. Korenaga: High-speed cutting performance characteristics of Ti(C, N)-W cermet tools against S32750 super-duplex stainless steel round bars. 32 (2024) 2528.

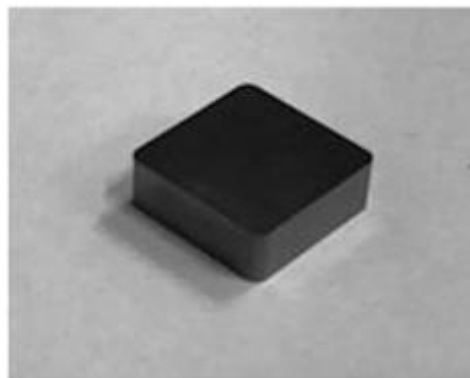


Fig. 3 Appearance of the Ti(C, N)-(Ti, W)(C, N)-W cermet cutting tool prepared in this study.