研 究

TiC-TiN-Mo₂C-Ni 合金の性質に及ぼす炭化タンタル添加の影響*

植 木 光 生**, 北 村 幸 三**, 鈴 木 寿***

Mitsuo Ueki, Kozo Kitamura and Hisashi Suzuki: Properties of TiC-TiN-Mo₂C-Ni Alloy Affected by Additional Tantalum Carbide.

Some properties of TiC-20 vol% TiN-10 vol% Mo₂C-10 vol% Ni alloys with additional TaC up to 22.5 vol% in exchange of TiC were investigated. With increase of the amount of additional TaC, the alloy showed the finer carbonitride structure which resulted in increase of the hardness of the alloy. In spite of the fine structure, high temperature mechanical properties were improved with additional TaC, leading to the superior cutting performance. (Received September 1, 1989)

I 結 言

現在、切削用 TiC 基サーメットには広く窒素 (N) が添加されているが、この N 添加サーメット (TiC-TiN-Mo₂C-Ni 系合金) には、さらに WC, TaC, NbC などの炭化物が添加されているのが普通である。しかしこれら炭化物添加の理由についてはほとんど報文がなく、必ずしも明確になっていないのが現状である。よって既報¹⁾では WC 添加の影響を主として検討した。そして本報では TaC 添加の影響を調べることにした。

II 実 験 方 法

原料粉末としては、市販の TiC, TiN, TaC, Mo₂C, Ni 粉末 (粒度はそれぞれ <150, 1.3, 1.2, 1.3, 5.0 μm) を用い、TiC-20 vol% TiN-(0~22.5)vol% TaC-10 vol% Mo₂C-10 vol% Ni 組成の試料を作製した。すなわち TiN, Mo₂C, Ni の体積率を一定とし、TaC 添加量を TiC 量と置換する形で 22.5 vol% まで増加させた。各組成の試料は、湿式ボールミル、乾燥、成形を経て、1450°C×1 hr の真空焼結、1350°C×1 hr の HIP 処理 (Ar ガス, 100 atm) を行い、JIS 抗折試験片 (4×8×25 mm³) および切削試験用試片 (SPGN 120308) を得た。合金炭素量はすべて中炭素とした。必要によっては、焼結条件を変化させた試料も作った。得られた各試料について、光顕、SEM による組織観察、X 線回折、室温~高温の硬さ (H_V) および抗折力 (σ_m) 測定、クリープ試験などを行い、TaC 添加の影響を明らかにしようとした。

III 実 験 結 果

まず合金組織を調べ、TaC 無添加および 22.5% 添加合金の SEM 組織例を Photo. 1 に示した。TaC 添加により、当然のことながら、芯部 (TiC) が黒色の有芯構造の炭化物の数が減少する。しかし一方では、芯部 (TaC と推定) が白色の有芯構造を示す比較的寸法の小さい炭化物が生じるようになる。Photo. 2 は、22.5% TaC 添加試料 (1450°C 焼結) の組織を高倍率で示すが、組織中に上記 2 種類の炭化物が存在する[†]のが分かると思う。TaC 添加試料の組織は、このように特徴ある組織となるが、炭化物粒度に注目すると炭化物の平均粒度は TaC 添加量と共に減少する (Photo. 1) ことが注目される。既報¹⁾では 8 vol% までの TaC 添加により粗粒化するとしたが、既報の結果は本結果によると疑問である。再検討したい。TaC 添加合金で TiC (芯) の寸法も減少したが、これは焼結時の昇温の際に TiC 粒の凝集・接着が TaC 粒によって阻止されるためであろう。

22.5% TaC 添加試料を 1250, 1400 および 1450°C で各 1 hr 焼結した時の X 線回折図を Fig. 1 に示した。液相を生じない (a) の 1250°C 焼結の場合は TaC, TiC, TiN

* 昭和63年11月本協会秋季大会にて発表、平成元年9月1日受理。

** 東芝タンガロイ(株)、〒235 横浜市磯子区新杉田町8。

*** 千葉工業大学工学部金属工学科、〒275 習志野市津田沼2-17-1。

† 昇温時の液相出現時にTiCを芯とする普通の有芯構造の炭化物 (TiCの周りにMoリッチの周辺組織が付帯、周辺組織中にこの場合はTaCが固溶¹⁾) と、TaCを芯とする炭化物 (TiCリッチの周辺組織が付帯) が形成されることが考えられる。

Photo. 1 SEM microstructures of specimens sintered at 1450°C for 1 hr. (a) 0% TaC, (b) 22.5% TaC.

Photo. 2 SEM high-magnification microstructure of 22.5% TaC addition alloy sintered at 1450°C for 1 hr.

Fig. 1 X-ray diffraction patterns of 22.5% TaC addition alloy sintered at indicated temperatures for 1 hr.

の他に↓印で示した回折線が見られ、(b)の1400°Cおよび(c)の1450°C焼結の場合は、ほぼ↓印の回折線のみとなっている。ここで↓印の回折線はTiCを芯とする炭化物については、その周辺組織(Ti-Mo-N-C固溶体)中にTaCが固溶した周辺組織に基づくものと、TaCを芯とする炭化物については、その周辺組織であるTaC-TiC固溶体に基づくものとが、重なり合っ

Fig. 2 Hardness distribution in cross section of specimens with the addition of 0~22.5% TaC.

Fig. 3 Hardness increase due to TaC addition, in 1 mm inner part from specimen surface.

Fig. 4 Hardness (Hv) and transverse-rupture strength ($\bar{\sigma}_m$) of specimens at 1100°C.

じたものと思われた。

Fig. 2は、0~22.5% TaC添加合金(1450°C焼結)の断面について硬さ測定を行った結果である。N添加のTiC-TiN-Mo₂C-Niサーメットを真空焼結すると、表面部は内部よりも高硬度となることが分かっている²⁾が、Fig. 2の結果はTaCを多量添加した合金においても同様な現象のあることを示す。試料表面部を1mm厚さ研削して求めた硬さとTaC添加量との関係をFig. 3に示した。また室温の σ_m は、TaC添加量が増加してもほとんど変らず約180 kgf/mm²の値を示した。

以下、高温性質を測定した結果をとりまとめる。既報¹⁾の結果によると、N添加サーメットの約

Fig. 5 Effect of TaC content on flank wear (V_B), maximum flank wear (V_B max) and nose-deformation (d) of specimens in turning test.

Work: SNCM439 ($H_B=265$)

$V=180$ m/min, $t=60$ sec, dry

Depth of cut: 1.5 mm, Feed: 0.39 mm/rev

Shape of tips: SPGN120308, Pre-honing: $0.1 \times -30^\circ$

1000~1100°Cにおける高温機械的性質 (H_V , σ_m , クリープ強さなど)は室温硬さが優れる合金ほど優れたので、この場合もこの傾向は同様と思われたが、結果は果たしてその通りとなった。すなわち TaC 添加量と共に高温の硬さ, σ_m , クリープ強さなどが改良された。 H_V と σ_m についての結果例を Fig. 4 に掲げた。

高温機械的性質が優れる合金は、旋削時の逃げ面摩耗量 (V_B) および刃先変形量 (d) が減少し、切削性能の優れることが分かっている。上記の高温機械的性質の結果を考慮すると、本試料では TaC 量が増加するほど切削性能が向上すると思われる。そこで念のため、合金鋼 (SNCM 439) を 60 sec 旋削した時の V_B , d を測定し、Fig. 5 を得た。すなわち、TaC 量の増加と共に切削性能が優れるという予想通りの結果が得られた。

IV 考 察

本研究により、N 添加サーメット (TiC-TiN-Mo₂C-Ni 系合金) に TaC を添加すると、添加量と共に室温硬さ、高温機械的性質が向上し、最終的に切削性能が優れるようになる (V_B , d が減少) ことが判明した。すなわち、WC 添加合金の場合¹⁾と全く同様の結果が得られた。故に本結果は既報¹⁾の結果と共に、N 添加サーメットに対する TaC, WC などの添加効果を明確にするものであり、その意義は大きいと思われた。

以下 TaC 添加による機械的性質の改良について考えるが、初めに室温硬さの上昇を考える。TaC は TiC に比べると軟質であること (それぞれ 1550, 3200 H_V)、および TaC 添加量の増加 (TiC 量の減少) と共に TiC を芯とする炭化物の数が減少し、逆に TaC を芯とする炭化物が増加することを考えると、合金硬さは TaC 量と共に減少すべきと思われる。しかし一方では TaC 量と共に炭化物が微粒化した。したがって炭化物の微粒化効果がより大きく効いて合金硬さが TaC 量と共に大になったのではないかと一応考えられる。

しかし、微粒組織の合金は 1000~1100°C の高温では回復が進行し易くなり、粗粒合金よりも機械的性質が劣化するのが一般であろう。しかし、事実はそのでなかった。故にこの場合は、TaC 添加によって単に微粒組織となっただけではなく、炭化物がスケルトン構造を示すようになったために室温硬さが上昇し、したがって高温機械的性質も優れるようになったと思われる。同様な考察は WC 添加合金の場合¹⁾にも行っているが、詳細は検討の余地がある。TaC 量を 22.5% 以上 60% まで増加させて室温硬さを測定した結果は、TaC 量約 30% 以上で軟化することが分かった。

以上の考察によると、N 添加サーメットに対する WC, TaC などの他炭化物添加の効果は、本質的に同様であり、炭化物を微粒化してスケルトン組織とすることによって高温機械的性質の向上を図り、最終的に切削性能の優れる合金 (V_B , d を減少) を得ようとするところにあると結論された。そうすると、このような合金は旋削に適するとしても、フライス切削には必ずしも適すると思われない。他方、サーメットなどでは結合相量を少なく減少させても炭化物のスケルトン組織を得ることが可能であり、このような方法によっても切削性能を高めることが出来る。結局、前者の場合とこの場合との相違はどのようになるのであろうか。N 添加サーメットに対する他炭化物添加の影響については、なお検討の余地が多いが、これらについては逐次検討を重ねて行く予定である。

V 結 論

窒素添加サーメットの性質に及ぼす TaC 添加の影響を調べ、以下の諸結果を得た。

- (1) TaC 添加試料の SEM 組織では、普通の芯部 (TiC) が黒色の炭化物の他に、芯部が白色の有芯構造を示す炭化物が生じるようになる。その芯部は TaC で富化されていると考えられる。
- (2) 合金の平均炭化物粒度は、TaC 添加量の増加と共に微粒化し、TaC 量と共に室温硬さは上昇する。炭化物がスケルトン組織を示すようになるためと思われるが、TaC 量と共に合金の高温機械的性質が向上し、

切削性能（旋削）が改良される。

2) 植木, 斉藤, 斉藤, 鈴木: 粉体および粉末冶金, 36 (1989), 315.

文 献

1) 植木, 斉藤, 斉藤, 北村, 鈴木: 粉体および粉末冶金, 35 (1988), 27.

新 入 正 会 員

(平成2年4月1日現在)

氏 名	卒業学校	卒業 年次	会 員 番 号	専 門	勤 務 先	現 住 所
菊 地 良 和	東 大	8*	112059	材料科学	250-01 南足柄市竹松1600 富士 ゼロックス(株)材料技術研究所 0465-74-3111	251 藤沢市辻堂元町6-6-1-204 0466-35-4180
金 大 暎	早稲田大	H02	112060		135 江東区木場5-6-36-309 ジー オー貿易(株) 03-630-8494	277 柏市泉町14-8 0471-64-9525
岸 田 紀 雄	東 海 大	37*	112061	計測材料 (弾性・膨 脹材)	982 仙台市太白区八木山南2-1-1 (株)電気磁気材料研究所研究部 022-245-8027	983 仙台市青葉区中江2-11-8 022-223-3900
栗 林 俊 男	姫 工 大	59	113042		662 西宮市芦原町10-33 (株)松村 石油研究所研究部 0798-65-1444	
日下部 信 夫	名 大	55*	113043	焼 結	805 北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵(株)第一技術研究所素材 第四研究センター 093-672-2968	804 北九州市戸畑区沢見2-13- 202号 093-884-0824
小 池 映	早稲田大	55	115074	内燃機関	250 小田原市久野2480 三國工業 (株)開発本部開発室 0465-35-5415	253 茅ヶ崎市松が丘2-13-74 0467-85-0608
小 林 慶 三	阪 大	61*	115075	鑄造(凝 固シミュ レーション, MA)	462 名古屋市北区平手町1-1 名 古屋工業技術試験所金属部鑄造技 術課 052-911-2111	
斉 藤 文 彦	(在学中)		121076		565 吹田市山田丘2-1 大阪大学 工学部応用科学科 06-877-5111	659 芦屋市楠町12-15-301 0797-32-6455
嶋 田 文 夫	阪 大	47*	122054	粉末冶金	100 千代田区大手町1-6-1 三菱 金属(株)第一加工事業本部超硬製品 部 03-213-2132	302-01 茨城県北相馬郡守谷町 久保ヶ丘1-8-8 02974-5-5223
辛 昌 錫	北 大	30	122055	農 学	160 新宿区歌舞伎町2-42-16-3B (株)千翔 03-209-6181	177 練馬区南田中1-18-15 03-995-6101
須 藤 正 秀	東 海 大	45	123045	金 属	340 草加市青柳町1080 石福金属 興業(株)草加第一工場研究部研究課 0489-31-4581	106 港区麻布台1-3-10 03-582-8065
田 中 武 雄	関 西 大	58*	131120	金属工学	574 大東市中垣内3-1-1 大阪産 業大学工学部機械工学科 0720-75-3001	631 奈良市西千代ヶ丘2-2-11 0742-43-7789
多 田 昌 弘	東京工芸 大	60	131121	粉末冶金	194 町田市鶴間1523 睦特殊金属 工業(株)技術部開発課 0427-95-0031	194 町田市木曽町1263 公社住 宅ロ-841 0427-29-2195
南 雲 道 彦	東 大	35*	141098	材料強度 学	169 新宿区大久保3-4-1 早稲田 大学理工学部材料工学科 03-203-4141	272 市川市国府台1-8-10 0473-72-1862