TiB₂ 系材料シリーズの開発

鳥塚史郎* 原田 淳* 西尾浩明*

1. 緒 言

二ホウ化チタン(TiB₂)は、高硬度・高融点・高耐食性および、良導電性といった優れた特徴を有するセラミックスで⁽¹⁾、耐摩材料・または電気接点材料として利用されている。

当社では、1987年に TiB₂ 製造に関する基本的技術を完成し、TiB₂ 標準グレードを確立して以来アブレッシブノズル・線引ダイス・切削チップといった耐摩材料や工具を中心として試作・販売を行ってきた。しかし、耐摩耗特性を要求される一部のプラストノズル、あるいは耐食性を要求される坩堝などさまざまなニーズが生じた。

これらに対応するため、さらに TiB₂ の特性の向上を試みてきた結果、(1)高強度グレード、(2)高硬度グレード、(3)高靱性グレード、(4)高耐食性グレード、(5)標準グレードの5グレードをもつに至り、当社の TiB₂ は硬度、強度、靱性が用途にあわせて選択可能となった。また、いずれも TiB₂ としては、世界最高水準の特性を有している⁽²⁾⁻⁽⁴⁾。

以下、これらの中の四つのグレードに関して、機械的特性と応用例を紹介する。

2. 製 造 方 法

TiB₂ 原料に対し、1種ないし2種の助剤を加え、アトライターを用いて湿式混合粉碎を行う。この混合物をスプレードライヤーにより乾燥、造粒したのち、所定形状に成形する。ここまでの工程は、すべて、クリーンルーム内で行われるため、異物などの混入を避けることができる。

次に、成形体は焼結されほぼ緻密な焼結体となり、さらに HIP 処理され、完全に緻密な焼結体となる。

3. 各グレードの機械的特性と応用例

各グレードの3点曲げ強さ、ビッカース硬度、破壊靱性値、ヤング率、熱膨張係数、比抵抗の各特性を表1に示す。

(1) 高強度グレード、TiB₂(S)

このグレードの特徴は高強度ということであり、焼結体は1200~1300 MPaの3点曲げ強さを有する。図1に示すように、セラミックスとしては最も高強度なTZP(ジルコニア)に匹敵する。

表1 TiB₂ 各グレードの機械的性質。

	高強度グレード TiB ₂ (S)	高硬度グレード TiB ₂ (H)	高靱性グレード TiB ₂ (T)	高耐食性グレード TiB ₂ (M)		標準グレード TiB ₂ (N)
				緻密質	多孔質	
嵩密度 (g/cm ³) (相対密度：%)	4.73 (100)	4.05 (100)	4.85 (100)	4.52 (100)	3.8 (85)	4.62 (100)
3点曲げ強さ (MPa)	1200~1300	800~900	600~800	600~700	200~300	600~700
破壊靱性 (MPa·m ^{1/2})	5~6	6~8	8~11	3~5	—	5~6
ビッカース硬度 (GPa)	22~26	30~32	19~22	28	—	25~27
ヤング率 (GPa)	550	540	500	560	—	550
線膨張係数*(×10 ⁻⁶ °C ⁻¹)	7.5	6.2	7.5	7.0	—	7.0
体積固有抵抗 (μΩcm)	35	35	35	10	—	12.5
熱伝導率 (kcal/m·h·°C)	—	—	—	—	—	65.8
比熱 (kcal/kg·°C)	—	—	—	—	—	0.15

* R.T. ~500°C

* NKK 中央研究所第五研究部

1) 製品技術チーム 2) 試作チーム 3) 製品技術チーム主査

Development of Several Grades of TiB₂ Material; S. Torizuka, J. Harada, H. Nishio (NKK Corporation)

1990年1月31日受理

図1 各セラミックス材料の3点曲げ強さの比較。

ビッカース硬度は22~26 GPaで、Si₃N₄とTZPの硬度14~15 GPaをはるかに上回る。また、破壊靱性値(K_{IC})は5~6 MPa·m^{1/2}で、Si₃N₄とほぼ同程度である。

したがって、この高強度グレード品は高強度と高硬度を兼ね備えたセラミックスといえ、高強度が必要であるが、Si₃N₄やTZPでは硬度面から耐摩耗性が不足し、対処できないような部材への応用が考えられる。現在、切削チップなどの工具がその対象となっている。

また、TiB₂は、表1に示すように、ヤング率が550 GPaと高剛性であり、この高強度グレード品は、高剛性が要求される機械部品への応用も考えられる。

(2) 高硬度グレード, TiB₂(H)

このグレードの特徴は、焼結体のビッカース硬度が30~32 GPaと極めて高いことである。これは、焼結体で作製可能な材料のうちで最も高硬度なB₄C焼結体の硬度の35~38 GPaに次ぐものである。

さらに特徴的なことは、破壊靱性値が6~8 MPa·m^{1/2}と高硬度材料としては極めて高いことである。

図2 各セラミックス材料のアブレーション摩耗特性の比較。

B₄C焼結体の破壊靱性値が3~4 MPa·m^{1/2}であるのに比べ、靱性は約2倍である。

一般に、被摩耗量(H)は次式で表され、硬度(V)

$$V = a \times H^{-b} \times K_{IC}^{-c}$$

と K_{IC} 値が高いほど少なくなってくる。したがって、この高硬度グレード品は極めて耐摩耗特性の優れた材料といえる。

図2にアブレーション摩耗特性について、WC(超硬)および、代表的セラミックスと高硬度グレードTiB₂(H)との比較を示した。TiB₂(H)はWCやSiCと比べて、耐アブレーション摩耗特性が圧倒的に優れていることがわかる。したがって、この高硬度グレード品の適用対象としては、プラストノズルといった高耐摩耗特性を要求される部品があげられる。

(3) 高靱性グレード, TiB₂(T)

このグレードの特徴は破壊物性値が8~11 MPa·m^{1/2}と高いことで、図3に示すように、その破壊靱性値は、Al₂O₃やSiCの約2倍あり、また、Si₃N₄も上回り、セラミックスの中でも高靱性なTZP(ジルコニア)に匹敵していることである。

一方、ビッカース硬度は19~22 GPaであり、TZPの15 GPaを上回り、Al₂O₃やSiCとほぼ同程度である。また、3点曲げ強さは600~800 MPaで、Al₂O₃やSiCを上回る。

つまり、硬度および強度は、Al₂O₃やSiCとほぼ同程度かそれ以上であり、破壊靱性が両者の2倍以上ある材料である。したがって、この高靱性グレード品は従来TZP、Al₂O₃、SiCが用いられていた部品を代替しようと考えられている。

(4) 高耐食性グレード, TiB₂(M)

今まで述べてきた各グレードは、TiB₂と第二成分、第三成分との複合化によって、各特性を達成したもので

図3 各セラミックス材料の破壊靱性値の比較。

あるが、このグレードは TiB_2 のみから成るものである。

一般に、 TiB_2 単味では緻密質焼結体を得ることは極めて難しいとされているが、HIP 法の応用により緻密質焼結体の作製が可能となった。また、残留気孔を 10~20% 残し、耐熱衝撃性を向上させた焼結体も作製している。

このグレード品の用途は、 TiB_2 と全く反応を起こさないような金属、金属間化合物やセラミックスを焼成する際の坩堝や敷板が主なものである。

4. 結 言

TiB_2 セラミック材料の機械的特性の高度化・多様化

を試みてきた結果、(1)高強度グレード、(2)高硬度グレード、(3)高靱性グレード、(4)高耐食性グレード、(5)標準グレードの 5 グレードを開発するに至った。いずれのグレードも TiB_2 としては、世界最高水準の特性を有している。

文 献

- (1) 渡辺忠彦, 徳永洋一: 日本金属学会会報, **25**(1986), 1018-1025.
- (2) 鳥塚史郎, 西尾浩明: 粉体および粉末冶金, **36**(1989), 100.
- (3) S. Torizuka and H. Nishio: Proc. 1st Japan International SAMPE Symposium, (Nov. 28-Dec. 1, 1989).
- (4) 鳥塚史郎, 原田 淳: NKK 技報, **127**(1989), 51.