研 究

TiB₂ 基サーメットの機械的性質に及ぼす結合剤および 二ホウ化金属添加の影響*

渡辺 忠彦**, 清水 浩樹***, 宮川 新一****

Tadahiko Watanabe, Hiroki Shimizu and Shinichi Miyagawa: Influence of Binders and Additive Metal-Diborides on the Mechanical Properties of TiB₂-Based Cermets.

TiB₂ must be used in a composite form having a high mechanical strength for use in application. When Ni₄B₃, (or NiB, or CoB) was added to TiB₂, they were found to compose a strong cermet. However, it is still not clear how the sintering conditions effect the mechanical properties of the alloys.

This paper describes, firstly, the effects of the sintering temperatures on the mechanical properties of TiB₂-8.8%Ni₄B₃, TiB₂-11%NiB, TiB₂-11.3%CoB, and TiB₂-10.4%FeB sintered alloys; secondary, the effect of the sintering conditions such as the amount of binders and sintering time on those of TiB₂-NiB and TiB₂-Ni₄B₃ sintered alloys; finally, the additive effects of metal-diboride on the mechanical properties of compacts in the case of using a direct flow method of electric current. The results were as follows:

1. NiB is the best binder for TiB₂-binder alloys.
2. When a TiB₂-binder mixed powder sample is sintered and well compacted, TiB₂ grains grow markedly. Therefore, the transverse rupture strength of these alloys showed a marked decreased.
3. Additive metal-diborides restrain the growth of the TiB₂ grains with the following composites, TiB₂-5%VB₂-1%CoB, TiB₂-5%VB₂-1%FeB, TiB₂-5%NbB₂-1%NiB, TiB₂-5%NbB₂-1%CoB, TiB₂-5%NbB₂-1%FeB, TiB₂-5%TaB₂-1%NiB, TiB₂-5%TaB₂-1%CoB, TiB₂-5%TaB₂-1%FeB, TiB₂-5%CrB₂-1%CoB, TiB₂-5%MoB₂-1%NiB and TiB₂-5%MoB₂-1%CoB. Therefore these compacts have a high transverse rupture strength and a high density.
4. These three component system sintered alloys have a Vickers hardness (300 g load) Hv of 900-1100 kg/mm² at 700°C.

(Received September 14, 1979)

I 緒 言

TiB₂ は新しい高硬度耐熱材料として注目を集めている材料であり、切削工具等への利用が考えられる。

筆者らの1人は、先に TiB₂-Ni₄B₃ 系の焼結特性を明らかにし¹⁾、また TiB₂-Ni₄B₃ 系、TiB₂-NiB 系および TiB₂-CoB 系焼結体は高い強度を有することを報告した²⁾。しかしながら、TiB₂-Ni₄B₃、TiB₂-NiB および TiB₂-CoB 系合金の焼結温度、結合剤添加量および焼結時間の影響はなお明らかでない、またこれらのサーメットを切削工具等に使用するには一層強さならびに耐熱性を改善する必要がある。そこで本報では、これらの系および本研究により新たに高强度材になることが判明した TiB₂-FeB 系についても焼結温度の焼結体密度および抗折力に及ぼす影響を明らかにする。また TiB₂-NiB 系および TiB₂-Ni₄B₃ 系については結合剤添加量および焼結時間の焼結体密度および抗折力に及ぼす影響について明らかにする。さらに抗折力ならびに高温硬さの改善を目

的とし、TiB₂ と固溶すると考えられる二ホウ化金属のこれら二成分系への添加の効果について検討する。

II 実験方法

II-1 原料

実験に使用した TiB₂ は平均粒径 5μ の TiB₂ を 72hr ボールミル粉碎の後、塩酸エチルアルコール溶液によって脱鉄、洗浄した粉末である。処理後の TiB₂ の化学成分および性状を結合剤として用いた他のホウ化物の値とともに Table 1 に示す。この TiB₂ に Table 1 に示す NiB, Ni₄B₃, CoB または FeB 粉末を添加の後、あるいはさらに添加剤として二ホウ化金属粉末を加えた後、攪拌機(石川式攪拌らい潰機)により、15 min 攪拌して

* 昭和54年5月本協会春季大会にて発表、昭和54年9月14日受理。

** 工業技術院九州工業技術試験所、〒841 鳥栖市宿町

*** 帝国ピストンリング(株)、〒394 岡谷市神明町

**** 博多高等学校、〒812 福岡市東区大字松崎

Table 1 Chemical analysis, particle sizes and melting points of raw materials.

Raw material	Chemical analysis (%)	Particle size (μ)	Melting point ($^{\circ}\text{C}$)
TiB ₂	Ti(69.0), B(30.2), C(0.08), H(0.02), N(0.14), O(0.20)	1-3	2980 ³⁾
Ni ₄ B ₃	Synthesized from 58.7% Ni-10.8% B mixed powder compacts at 1600 $^{\circ}\text{C}$ for 1 hour in a vacuum.	2-5	1025 ⁴⁾
NiB	Ni(83.9), B(12.63), Al(0.11), C(0.02), Fe(0.42), Si(0.79)	0.5-2	1020 ³⁾
CoB	Co(82.3), B(15.65), Al(0.7), C(0.04), Fe(0.74), Si(0.52)	3-5	1400
FeB	Fe(99.0), Mg(0.1-1.0), Zr(0.01), Cu(0.001-0.01)	2.6	1550 ³⁾

焼結用混合原料とした。

II-2 実験方法

焼結には前報^{1,2)} 同様の通電焼結機および内径 12 mm の黒鉛型を使用した。焼結雰囲気は真空 (0.5~0.1 Torr) とし、焼結圧力は 85 kg/mm², 135 kg/cm² または 200 kg/cm² とした。加熱開始から 1 min で所定の温度に到達させ、到達後、電流を断つまでの時間を焼結時間とした。電流を断つ後、試料を加圧下で冷却させた。

焼結後、試料は幅 4 mm, 厚さ 2 mm, 表面あらさ 1.5 S 以内の試料片にダイヤモンドと石 (#200) により切り出し、密度および抗折力を測定した。抗折試験は支点間距離 10 mm の 3 点支持法を用い、荷重速度は 0.05 cm/min とした。

出現相の同定のための X 線回折には、CuK α , シンチエレーションカウンタおよびグラファイトモノクロメータを使用した。

高温硬さの測定には高遠式高温微小硬度計 (日本光学工業 KK 製) を用いた。荷重は主に 300 g とし、測定回数 10 回の平均値をもって硬さ値とした。

III 実験結果と考察

III-1 焼結温度の影響

TiB₂-8.8%Ni₄B₃, TiB₂-11%NiB, TiB₂-11.3%CoB および TiB₂-10.4%FeB の試料を真空中、焼結圧力 85 kg/cm², 焼結時間 28 min の条件下で焼結し、焼結温度と密度および抗折力の関係を求めた。なお、結合剤の添加量は上記各配合のいずれの場合とも、計算上 7.2 vol% としている。実験値は主に 3 回の平均値である。Fig. 1 に結果を示す。TiB₂-10%FeB 以外ではいずれの場合とも、ほぼ同様の傾向を示している。すなわち、焼結温度 1500~1700 $^{\circ}\text{C}$ において、これら焼結体の密度および抗折力は極大値をとり、1800 $^{\circ}\text{C}$ になると特に抗折力の低下が著しい。TiB₂-10.4%FeB は他の系ほど焼結が進まない。そこで、他の焼結条件は同一とし、焼結圧力を 135 kg/cm² まで高めた。その結果、焼結温度 1600 $^{\circ}\text{C}$ では密度 4.57 g/cm³ および抗折力 82 kg/mm² であるが、1800 $^{\circ}\text{C}$ ではそれぞれ 4.42 g/cm³ および 30 kg/mm² となり他の系における実験結果と同様の傾向を示した。こ

Fig. 1 Influence of sintering temperature on the density and the transverse rupture strength for TiB₂-based cermets sintered for 28 min under a die pressure of 85 kg/cm² in a vacuum.

れらのことから、一般的傾向として、焼結温度が 1800 $^{\circ}\text{C}$ になると著しい抗折力の低下がみられることがわかる。この原因を明らかにするため、1600 $^{\circ}\text{C}$ と 1800 $^{\circ}\text{C}$ とにおける顕微鏡組織を検討した。その 1 例として TiB₂-11%NiB 系の組織写真を Photo. 1 に示す。1800 $^{\circ}\text{C}$ においては明らかに粒子成長が観察される。他の系においても同様であったことから、1800 $^{\circ}\text{C}$ における抗折力の低下は主に粒子成長によると考えられる。

これらの焼結体中、TiB₂-NiB 系は密度、抗折力とも最も高い、しかしながら、Photo. 1(A) に示すように、まだかなり空孔を残している。

以後、TiB₂ と結合剤との二成分系の実験は前述した各ホウ化結合剤の中で特に焼結が容易であることが認め

Photo. 1 Microstructures (scanning electron micrographs) of sintered TiB₂-11%NiB specimens (A) at 1600°C for 28 min, (B) at 1800°C for 28 min.

Fig. 2 Influence of binder content on the density and the transverse rupture strength for the TiB₂-based alloys sintered for 28 min under a die pressure of 85 kg/cm² in a vacuum.

られた NiB と Ni₄B₃ とを結合剤として用い、実験を行った。

III-2 結合剤添加量の影響

真空中、焼結圧力 85 kg/cm²、1500°C、28 min および 1700°C、28 min なる条件下における Ni₄B₃ および NiB の添加量の焼結体密度および抗折力への影響を Fig. 2 に示す。TiB₂-NiB 系において、抗折力は添加量の増大とともに高くなる。また TiB₂-Ni₄B₃ 系においては 1700°C では Ni₄B₃ 添加量 1% 以下で、1500°C では 4% で、抗折力は極大値を示している。

TiB₂-NiB 系焼結体の結合相には Ni₄B₃ と NiB とが含まれているにもかかわらず、TiB₂-NiB 系と TiB₂-Ni₄B₃ 系とは異なる焼結特性を示している。そこで、この原因を明らかにするため、結合相中の出現相を同定した。同定のため用いた試料は TiB₂-50%NiB 粉末および TiB₂-50%Ni₄B₃ 粉末を真空中、1600°C、28 min、135 kg/cm² という条件で焼結した際黒鉛型から溶出した液滴を急冷したものである。結果を Fig. 3 に示す。Fig. 3 において、添加 NiB、TiB₂-50%NiB 焼結体の結合相、添加 Ni₄B₃ および TiB₂-50%Ni₄B₃ 焼結体の結合相にみられる未知ピークはニッケルのホウ化物と思われるが

- (A) TiB₂-10%NiB sintered alloy
(B) Binder phase of TiB₂-50%NiB sintered alloy
(C) Additive NiB (as the binder)

Fig. 3(A) X-ray diffraction patterns (Cu K α) of TiB₂-NiB sintered alloy, binder phase and additive NiB. * unknown peak.

Fig. 3-(B) X-ray diffraction patterns (CuKα) of TiB₂-Ni₄B₃ (type) sintered alloy, binder phase and additive Ni₄B₃. • unknown peak

同定できなかった。本実験においては、NiB を結合剤とした場合、結合剤の一部に単斜晶系 Ni₄B₃ が生じ、斜方晶系 Ni₄B₃ を結合剤とした場合には斜方晶系 Ni₄B₃ のままとっている。焼結特性が異なる原因の一つとして、結合剤の化学組成が異なることが考えられる*。

また抗折力 50 kg/mm² 以上を有する焼結体の結合剤を TiB₂ に適した結合剤とすると、前述の結合剤の実験結果から、TiB₂ に適した結合剤** は NiB を除くと Ni₄B₃、CoB および FeB とともに FeB 型斜方晶系であることがわかる。したがって FeB 型斜方晶系の MnB および TiB も TiB₂ に適した結合剤であると推定される。

Ⅲ-3 焼結時間の影響

真空中、焼結温度 1500°C および 1700°C、焼結圧力 85 kg/cm² における焼結時間の焼結体密度および抗折力に及ぼす影響を Fig. 4 に示す。いずれの結合剤を使用した場合も、最大抗折力は 75~85 kg/mm² であるが、1700°C の場合 40 min 程度になると抗折力は低下する。

以上の実験結果から、Ni₄B₃、NiB、CoB、FeB のいずれの結合剤を使用しても、緻密化が進んでくると TiB₂ 粒子の粒子成長を生じ、抗折力の低下を来すことが明らかとなった。TiB₂ 粒子の成長を抑制すれば抗折力をさらに高くすることができると考えられる。粒子成長抑制の一方法として、TiB₂ と固溶すると考えられる TiB₂ と同一結晶系である六方晶系の二ホウ化金属を添加剤として用いることが考えられる。次節では、二ホウ化金属の添加が焼結体にどのような影響を及ぼすかを検討する。

* Ni₄B₃、CoB および FeB を TiB₂ の結合剤とした場合、結合剤の化学組成は変化しない。

** 前報^{3,4)}において、TiB₂ に対する結合剤として、Ni、Ni-Mo 合金、Co、Cr、Cr-Co-B 合金、WB、MoB、NbB、TaB および CrB を検討したが、TiB₂ の結合剤として適していないことが判明している。

Fig. 4 Influence of sintering time on the density and the transverse rupture strength for TiB₂-8.8%Ni₄B₃ and TiB₂-11%NiB alloys sintered under a die pressure of 85 kg/cm² in a vacuum.

Ⅲ-4 ニホウ化金属の添加効果

Table 2 に添加剤として使用した各種二ホウ化金属の分析値および物理的性質を示す。

TiB₂ に結合剤のみもしくは添加剤（二ホウ化金属）のみを添加した混合粉末、および TiB₂ に結合剤と添加剤とを添加混合した粉末を、真空中、成形圧力 200kg/cm²、温度 1800°C、焼結時間 28 min という条件下で焼結した。

Table 2 Chemical analysis, particle sizes and melting points of additive materials.

Additive material	Chemical analysis (%)	Particle size (μ)	Melting point ($^{\circ}$ C)
ZrB ₂	Zr(80.56), B(19.15), C(0.05), H(0.06), N(0.025), O(0.20)	3-5	3050 ³⁾
VB ₂	V(70.15), B(29.55), C(0.05), Fe(0.10), N(0.005), O(0.20)	3-5	2400 ³⁾
NbB ₂	Nb(80.81), B(18.82), C(0.04), Fe(0.05), N(0.01), O(0.25)	2	3000 ³⁾
TaB ₂	Ta(89.1), B(10.7), C(0.05)	3-5	3100 ³⁾
CrB ₂	Cr(70.40), B(29.27), C(0.03), H(0.001), N(0.026), O(0.22)	2-5	2200 ³⁾
MoB ₂	Mo(81.2), B(18.47), C(0.1), Fe(0.05), N(0.05), O(0.19)	3-5	2100 ³⁾
AlB ₂	Al(55.65), B(43.44), C(0.15), C(0.15), Fe(0.08), O(0.53)	-200 mesh	about 1500

Table 3-(A) Compositions and properties of the alloy samples sintered at 1800°C for 28 min under a die pressure of 200 kg/cm² in a vacuum.

Nominal composition of the starting mixture	Properties of the sintered alloy	
	Sample density (g/cm ³)	T.R.S. (kg/mm ²)
TiB ₂ -1% NiB	4.47	40.5
	4.55	49.7
TiB ₂ -1% CoB	4.47	44.5
	4.50	39.3
TiB ₂ -1% FeB	4.50	45.7
	4.51	41.7
TiB ₂ -5% ZrB ₂	3.81	27.3
TiB ₂ -5% TaB ₂	4.41	24.7
TiB ₂ -2% CrB ₂	4.19	crack
TiB ₂ -5% ZrB ₂ -1% NiB	4.06	38.2
	3.37	40.0
TiB ₂ -5% ZrB ₂ -1% CoB	4.11	43.5
	4.12	56.3
TiB ₂ -5% ZrB ₂ -1% FeB	3.98	42.5
	4.09	41.8
TiB ₂ -5% VB ₂ -1% NiB	4.41	79.8
TiB ₂ -5% VB ₂ -1% CoB	4.55	78.4
	4.56	73.9
TiB ₂ -5% VB ₂ -1% FeB	4.53	73.0
	4.55	61.9
TiB ₂ -5% NbB ₂ -1% NiB	4.59	87.2
TiB ₂ -5% NbB ₂ -1% CoB	4.63	74.4
	4.33	62.6
TiB ₂ -5% NbB ₂ -1% FeB	4.42	71.7

Table 3-(B) Compositions and properties of the alloy samples sintered at 1800°C for 28 min under a die pressure of 200 kg/cm² in a vacuum.

Nominal composition of the starting mixture	Properties of the sintered alloy	
	Sample density (g/cm ³)	T.R.S. (kg/mm ²)
TiB ₂ -5% TaB ₂ -1% NiB	4.65	85.3
	4.68	79.0
TiB ₂ -5% TaB ₂ -1% CoB	4.67	87.6
	4.65	111.7
TiB ₂ -5% TaB ₂ -1% FeB	4.64	86.3
TiB ₂ -2.2% CrB ₂ -1% NiB	4.47	68.3
	4.54	84.3
TiB ₂ -2.2% CrB ₂ -1% CoB	4.53	93.3
	4.56	78.0
TiB ₂ -2.2% CrB ₂ -1% FeB	4.53	82.0
	4.54	85.7
TiB ₂ -5% MoB ₂ -1% NiB	4.66	78.5
TiB ₂ -5% MoB ₂ -1% CoB	4.63	79.1
	4.59	86.7
TiB ₂ -5% MoB ₂ -1% FeB	4.51	57.4
TiB ₂ -5% AlB ₂ -1% NiB	4.38	53.6
	4.39	58.7
TiB ₂ -5% AlB ₂ -1% CoB	4.33	53.9
	4.27	52.5
TiB ₂ -5% AlB ₂ -1% FeB*	4.25	58.6
	4.35	59.3

*1 This alloy was sintered at 1700°C for 28 min under a die pressure of 200 kg/cm² in a vacuum.

得られた焼結体の密度および抗折力を Table 3 に示す。

TiB₂ と結合剤のみの場合 および TiB₂ と添加剤のみの場合はいずれも抗折力 50 kg/mm² 以下であるが、TiB₂ に結合剤および添加剤が加えられた焼結体の抗折力は、添加剤として TaB₂, VB₂, NbB₂, CrB₂ および MoB₂ が用いられた場合、60~110 kg/mm² と高い値を示すことがわかる。

Photo. 2~6 にそれぞれの組織写真を示す。1800°C の高温で焼結しているにもかかわらず、粒子成長はほとんどみられない。また TiB₂-VB₂-NiB, TiB₂-CrB₂-NiB, TiB₂-CrB₂-FeB および TiB₂-MoB₂-FeB 系には空孔が

かなりみられるが、それ以外の系、すなわち TiB₂-VB₂-CoB, TiB₂-VB₂-FeB, TiB₂-NbB₂-NiB, TiB₂-NbB₂-CoB, TiB₂-NbB₂-FeB, TiB₂-TaB₂-NiB, TiB₂-TaB₂-CoB, TiB₂-TaB₂-FeB, TiB₂-CrB₂-CoB, TiB₂-MoB₂-NiB および TiB₂-MoB₂-CoB 系においては、空孔はほとんどみられない。TiB₂ と結合剤と添加剤 ZrB₂ との系および TiB₂ と結合剤と添加剤 AlB₂ との系においては、焼結体抗折力は低く、空孔も多量に残存した。これは焼結雰囲気中に存在するわずかな酸素と ZrB₂ あるいは AlB₂ とが反応し、一部とくに粒子表層部に ZrO₂ あるいは Al₂O₃ を生成したためと推定される。

Photo. 2 Microstructures (scanning electron microphotographs) of (A) TiB_2 -5% VB_2 -1% NiB , (B) TiB_2 -5% VB_2 -1% CoB and (C) TiB_2 -5% VB_2 -1% FeB alloys sintered at 1800°C , for 28 min, under 200 kg/cm^2 . The underlines in these photographs show 10μ .

Photo. 3 Microstructures (scanning electron microphotographs) of (A) TiB_2 -5% NbB_2 -1% NiB , (B) TiB_2 -5% NbB_2 -1% CoB and (C) TiB_2 -5% NbB_2 -1% FeB alloys sintered at 1800°C , for 28 min, under 200 kg/cm^2 . The underline in these photographs show 10μ .

Photo. 4 Microstructures (scanning electron microphotographs) of (A) TiB_2 -5% TaB_2 -1% NiB , (B) TiB_2 -5% TaB_2 -1% CoB and (C) TiB_2 -5% TaB_2 -1% FeB alloys sintered at 1800°C , for 28 min, under 200 kg/cm^2 .

Photo. 5 Microstructures (scanning electron microphotographs) of (A) TiB₂-5%CrB₂-1%NiB, (B) TiB₂-5%CrB₂-1%CoB and (C) TiB₂-5%CrB₂-1%FeB alloys sintered at 1800°C, for 28 min, under 200 kg/cm². The underline in these photographs show 10 μ.

Photo. 6 Microstructures (scanning electron microphotographs) of (A) TiB₂-5%MoB₂-1%NiB, (B) TiB₂-5%MoB₂-1%CoB (C) TiB₂-5%MoB₂-1%FeB alloys sintered at 1800°C, for 28 min, under a die pressure of 200 kg/cm² in a vacuum. The underline in these photographs show 10 μ.

これらの実験結果から、VB₂、NbB₂、TaB₂、CrB₂ および MoB₂ の二ホウ化金属を添加剤として使用することにより、焼結体密度、抗折力および組織を著しく改善できることが判明した。

III-5 TiB₂ 基サーメットの高温硬さ

まず添加剤を用いない焼結体の高温硬さを Fig. 5 に示す。これら焼結体の 700°C におけるピッカース硬さ (荷重 300 g) は 800 kg/mm² 以下であり、しかも 500~700°C にかけて直線的に低下する傾向を示している。

次に ZrB₂ および AlB₂ を除く二ホウ化金属を添加した焼結体の高温硬さを Fig. 6 および 7 に示す。TiB₂-5%NbB₂-1%NiB を除けば、700°C におけるピッカース硬さも 900~1100 kg/mm² と高く、しかも 500~700°C では前述の 2 成分系より硬さの低下の度合は小さくなっている。これらのことから VB₂、NbB₂、TaB₂、CrB₂ および MoB₂ の二ホウ化金属の添加により TiB₂ 基サーメットの高温硬さ特性を改善できることが判明した。

Fig. 5 Hot hardness (300 g load) of TiB₂-5%Ni₄B₃ alloy specimen sintered at 1500°C for 28 min under 85 kg/cm², and of TiB₂-MeB alloy specimens sintered at 1600°C for 28 min under 85 kg/cm².

IV 結 論

TiB₂ に結合剤として NiB, Ni₄B₃, CoB, FeB を用い

Fig. 6 Hot hardness (300 g load) of TiB_2 -5% MeB_2 -1% CoB alloys sintered at 1800°C for 28 min under 200 kg/cm^2 in a vacuum.

Fig. 7 Hot hardness of TiB_2 -5% MeB_2 -1% NiB and TiB_2 -5% MeB_2 -1% FeB alloys sintered at 1800°C for 28 min under 200 kg/cm^2 in a vacuum.

た TiB_2 基サーメットの焼結特性およびこれらに添加剤として、IVa, Va, VIa, IIb 族二ホウ化金属を用いた焼結体の機械的性質を検討した結果、次の事柄が明らかになった。

1) 二成分系における結合剤としては NiB が最も焼結性、焼結体密度および抗折力にすぐれている。

2) NiB , Ni_4B_3 , CoB , FeB を結合剤とする二成分系 TiB_2 基サーメットは焼結が進むと TiB_2 粒子の成長が著しく、抗折力の低下が著しい。

3) TiB_2 -5% VB_2 -1% CoB , TiB_2 -5% VB_2 -1% FeB , TiB_2 -5% NbB_2 -1% NiB , TiB_2 -5% NbB_2 -1% CoB , TiB_2 -5% NbB_2 -1% FeB , TiB_2 -5% TaB_2 -1% NiB , TiB_2 -5% TaB_2 -1% CoB , TiB_2 -5% TaB_2 -1% FeB , TiB_2 -5% CrB_2 -1% CoB , TiB_2 -5% MoB_2 -1% NiB および TiB_2 -5% MoB_2 -1% CoB においては、添加剤として用いた二ホウ化金属の効果は著しく、 TiB_2 粒子の成長は抑制され、焼結体密度および抗折力は高くなる。

4) TiB_2 -5% NbB_2 -1% NiB を除けば、これら三成分系 TiB_2 基サーメットの 700°C におけるビッカース硬度は $900 \sim 1100 \text{ kg/mm}^2$ であり、添加剤を用いない TiB_2 基サーメットの高温硬さより著しく改善されている。

終りに本研究にあたり、御助力頂いた九州工業技術試験所非常勤職員小林秀和氏に感謝いたします。

文 献

- 1) 渡辺, 石灰: 粉体および粉末冶金, **25** [8] (1978), 277.
- 2) 渡辺, 石灰: 粉体および粉末冶金, **26** [8] (1979), 304.
- 3) 阿刀田: 粉体粉末冶金技術講座3, 日刊工業新聞社, 129.
- 4) J. D. Schöbel, H. H. Stadelmaier: Z. Metallkde, **56** (1965), 856.
- 5) 渡辺: 九州工業技試験所報告, **17** (1977), 913.

会 告

昭和55年度粉体粉末冶金協会賞受賞候補者推薦募集

本会では、粉体粉末冶金に関しまして、優れた業績を有する本会会員に対し、毎年通常総会において表彰を行なって参りました。

本年度におきましても、功労賞、研究功績賞、技術功績賞、研究進歩賞、武井賞、技能賞について受賞候補者の推薦募集を行なっております。

つきましては、各賞規定ご参照のうえ、適当な受賞候

補者がございましたら所定の推薦書により本会々長あてご推薦下さるようお願い申し上げます。

なお、受賞候補者推薦書用紙、および協会賞規程、研究進歩賞規程、武井賞規程、技能賞規程については、事務局あてご請求下さい。

推薦応募締切日: 昭和55年7月31日(木)