研究速報

水アトマイズ粉末を用いた焼結高速度鋼の機械的性質
におよぼす VC 添加の影響

兵庫県立工業技術センター 山田 和俊, 上月 秀徳, 奥野 泰生

Kazutoshi Yamada, Hidenori Kohzuki and Yasuo Okuno: Effect of VC on Mechanical Properties of Sintered High Speed Steel Made from Water Atomized Powder.

The effect of VC on mechanical properties of sintered high speed steel (PX16; equivalent for SKH51) made from water atomized powder has been studied. The mechanical properties such as transverse rupture strength and microvickers hardness have been measured and optical and electron microscopic observation have been carried out. The results obtained were summarized as follow;

- 1) Microvickers hardness of the composite increases with the increase of the mass fraction of VC.
- 2) Transverse rupture strength decreases with the increase of the mass fraction of VC.
- 3) In consequence of added VC, M_6C type carbides were extinguished.
- 4) Carbide grain size in this alloy is growing with the increase of the mass fraction of VC.

(Received December 3, 1990)

I 緒言

近年、耐摩耗部品等において高速度鋼よりも硬質であることが望まれる場合がある。このような材料を得る方法として高硬質な炭化物をより多く分散させることが考えられる^{1)~3)}。周期律表のIV_a, V_a, VI_a族の炭化物は高融点、高硬度の物性を有している。今回は、これらの炭化物のうち VC をSKH51 相当の水アトマイズ粉に添加し、一般的な液相焼結法⁴⁾による合金を作製した。

VC添加による高硬度鉄系材料を開発するための基礎的知見を得るため、機械的性質や組織等の変化についての検討を行った。

II 実験方法

出発材料は三菱製鋼株式会社製の PX16粉 (SKH51相当, 平均粒径 $40\mu\text{m}$), VC粉 (平均粒径 $3.0\mu\text{m}$) および天然黒鉛粉 (平均粒径 $2.0\mu\text{m}$) である。

PX16に添加する VC 量は10.0, 20.0, 30.0 mass%とし、緻密化を促進する目的で天然黒鉛粉を適量添加した。

混合は遊星型ボールミルにより、ステンレス鋼製容器を用いてアルゴン雰囲気中で 10.8 ks行った。得られた混合粉は圧力 588 MPa で試験片 ($40\times 10\times 5\text{mm}$) に成形した。

焼結は 0.01 Paの真空中で行い、1473~1533 Kの各温度で 3.6 ks 保持し、その後炉冷した。

焼入れは 7 Paの真空中で温度 1473 K, 2.7 ks 保持後、 N_2 ガスによるガス冷を行った。焼戻しは2回行い、その条件は 7 Paの真空中で温度 833 K, 3.6 ks 保持後 N_2

ガスによるガス冷とした。

焼戻し後の試験片を用いて、抗折力およびビッカース硬さなどの機械的性質の測定を行った。また、VC添加による相変化についてX線回折による相同定、SEM等による組織観察を行った。

Fig.1 Microstructure of PX16 sintered at (a)1473K, (b)1493K, (c)1513K and (d)1533K.

III 結果および考察

適正焼結温度を決定するため、PX16のみの焼結後の組織を検討した。Fig.1 にPX16の焼結後の組織写真を示す。

1473 K および 1493 K では気孔が多く存在し、緻密化が進んでいない。また、1513 K 以上では緻密化は完了しているが、1533 K では炭化物および結晶粒が粗大化する。このため適正焼結温度を 1513 K とした。PX16に VC を添加した場合、緻密化焼結温度が著しく上昇する。緻密化焼結温度の上昇を抑制する目的で、天然黒鉛を適量添加した。各 VC 添加量における C 量を Table 1 に示す。

VC を種々の量添加した場合の、焼結温度と焼結密度、ビッカース硬さおよび抗折力との関係をそれぞれFig. 2, Fig. 3, Fig. 4 に示す。

Table 1 Added VC and C mass% in the specimens.

added VC (mass%)	added C (mass%)
0.0	0.0
10.0	0.9
20.0	1.4
30.0	1.8

Fig.2 Effect of sintering temperature on sintered density of PX16 added VC.

ビッカース硬さおよび抗折力は Table 1に示した緻密化焼結温度でそれぞれ最高値を示す。これにより、焼結密度が機械的性質に大きく影響することが明らかになった。

Fig.3 Relation between sintering temperature and microvickers hardness after quenching at 1473K and tempering at 833K.

Fig.4 Relation between sintering temperature and the transverse rupture strength (T.R.S.) after quenching at 1473K and tempering at 833K.

Fig. 5 に VC 添加量 20mass% までの緻密化温度における組織の SEM 像を示す。PX16 のみでは炭化物は均一に分散しているが、VC 添加することにより炭化物が粗大化し、不均一な分散となり、しかもその添加量とともにその傾向が増大する。また、X 線回折による析出相の同定の結果、PX16 のみの試料でみられる M_6C のピークが VC の添加によって消滅している (Fig. 6)。炭化物の粗大化は、添加した VC が液相の発生により凝集・合体したものと考えることができ、 M_6C の消滅は PX16 の Mo, W などの炭化物形成元素が VC 中に固溶したのではないかと考えられるが、この消滅のプロセスについては今後検討する必要がある。

Fig.5 Scanning electron micrographs of the specimens.
(a) PX16 sintered at 1513K, quenched at 1473K and tempered at 833K.
(b) Added 10 mass% VC in the specimen sintered at 1513K, quenched at 1473K and tempered at 833K.
(c) Added 20 mass% VC in the specimen sintered at 1533K, quenched at 1473K and tempered at 833K.

Fig.6 X-ray diffraction patterns of specimens after quenching at 1473K and tempering at 833K.

Fig.7 Effect of addition VC on the transverse rupture strength (T.R.S.) and microvickers hardness after quenching at 1473K and tempering at 833K.

Fig. 7 は各 VC 添加量の緻密化温度によって焼結した試料について VC 添加量と抗折力およびビッカース硬さの関係を示したものである。硬さは VC 添加量が増すにしたがって硬くなる傾向があるが、抗折力は逆に低下する傾向にある。抗折力の低下の一因として、炭化物の粗大化が考えられるため、炭化物の粗大化を防止する添加剤等の検討が必要である。

Fig.8 Hot hardness curves for PX16, added 10 mass% VC in the specimen and added 20 mass% VC in the specimen.

PX16の高温硬度に及ぼす VC 添加の影響も検討した。Fig.8 は各 VC 添加量の緻密化温度によって焼結した試料の高温硬さを示したものである。焼戻し温度に至るまでは VC 添加量が増加するにしたがって高温での硬度も高くなる。しかし、焼戻し温度以上になると各試料とも急激な硬度の低下が見られる。

IV 結言

PX16の組織、機械的性質に及ぼす VC 添加の影響を検討した結果を要約すると、次のようになる。

- (1) VC 添加量が増加するにしたがって合金中の炭化物が粗大化する傾向にある。
- (2) X線回折の結果、VC 添加により原料粉(PX16)中に存在していた M_6C が消滅することが確認された。
- (3) PX16 中に添加する VC 量が増加するにしたがって焼結体の硬さは高くなるが、逆に抗折力は低下する傾向にある。
- (4) 高温での硬さも VC 添加量が増加するにしたがって高くなる。

文献

- (1) 土屋、斉藤、寺田、鈴木：粉体および粉末冶金，35 (1988)，505。
- (2) 土屋、寺田、斉藤、鈴木：粉体および粉末冶金，36 (1989)，324。
- (3) 土屋、寺田、斉藤、鈴木：粉体および粉末冶金，37 (1990)，456。
- (4) J V Bee, P R Brewin, P D Nurthen, J V Wood: Metal Powder Report, 43(1988), 177.