WC-高クロム鑄鉄系焼結硬質材料の諸特性

大岸 秀之^{☆1}, 水田 明能^{☆1}, 苧野 兵衛^{☆1}, 田村 朗^{☆2}^{☆1} 川崎重工業㈱明石技術研究所材料研究部, 〒673 明石市川崎町1-1.^{☆2} 川崎重工業㈱破碎機事業部開発部, 〒276 八千代市上高野1780.

Properties of Sintered WC-(High Chromium Cast Iron) Alloys

Hideyuki Ogishi^{☆1}, Akiyoshi Mizuta^{☆1}, Hyoe Ono^{☆1} and Akira Tamura^{☆2}^{☆1} Material Research Department, Akashi Technical Institute, Kawasaki Heavy Industries, Ltd.,1-1 Kawasaki-cho, Akashi 673. ^{☆2} Research & Development Department, Crushing Plant Division, Kawasaki Heavy Industries, Ltd., 1780 Kamikoya, Yachiyo 276.

Received December 11, 1995

SYNOPSIS

In the case of partial application of hard materials to wear-resistant components, it is difficult to insert by casting WC-based cemented carbide. In order to solve this problem, we studied WC- (high chromium cast iron) alloys that applied high chromium cast iron instead of cobalt as a binder of WC-based cemented carbide.

We conducted studies on the manufacturing method, mechanical properties, and powder abrasion properties of this WC- (high chromium cast iron) alloy and obtained the following results.

- (1) Sound sintered products were obtained by sintering in a pressurized nitrogen atmosphere.
- (2) Sintered products with a hardness similar to that of sintered WC-based cemented carbide were obtained.
- (3) Sintered products with a flexural strength similar or superior to that of high chromium cast iron were obtained.
- (4) Sintered products with powder injection abrasion properties similar to those of sintered WC-based cemented carbide were obtained.

KEY WORDS

WC- (high chromium cast iron) alloys, hard materials, manufacturing process, mechanical properties, wear-resistant property

1 緒言

建設用骨材等の生産に使用される破碎機の部品の摩耗はアブレイシブ摩耗が主であり、使用部品の耐摩耗性は硬さに比例していることが実績として認識されている。このことから、高硬度な高クロム鑄鉄等の鉄系耐摩耗鑄造材料が多用されているが、さらなる摩耗部品の長寿命化のためには、鉄系材料よりも硬い硬質材料を摩耗の激しい箇所に応用することが考えられる。そこで、著者らは、硬質材料の内で汎用的に用いられているWC-Co系超硬合金をろう付接合により破碎機の摩耗部品へ部分適用

することを試みたが¹⁾、接合強度とコストを考慮すると鑄ぐるみにより接合することが望ましい。しかし、WC-Co系超硬合金の鉄系鑄造材料への鑄ぐるみ接合は困難である。

そこで、本研究では、WC-Co系超硬合金よりも鑄ぐるみに優れた材料を開発するため、WC-Co系超硬合金の結合材であるCoを高クロム鑄鉄に置き換えたWC-高クロム鑄鉄系硬質材料を焼結法により作製し、その材料特性についてWC-Co系超硬合金・高クロム鑄鉄と比較することにより検討を行った。結合材を高クロム鑄鉄に置き

Fig.1 Schematic illustration of the process used to form WC- (high chromium cast iron) alloy.

換えることにより、鋳ぐるみ接合時の濡れ性が改善される、熱膨張係数が鉄系材料に近づく等の効果が生じ、鋳ぐるみ接合に有利となることが期待できる。

2 焼結品の作製および試験方法

2.1 焼結品の作製

WC-高クロム鉄系硬質材料焼結品の作製方法をFig.1に示す。原料粉末としては、市販されている平均粒径 $1.5\mu\text{m}$ のWC粉末とガスアトマイズにより作製した粒径 $150\mu\text{m}$ 以下の高クロム鉄粉末を用いた。高クロム鉄粉末の代わりに鉄粉末・炭化クロム粉末・カーボン粉末等を混合して用いる方法もある²⁾が、ここでは、組成がFe-3mass%C-25mass%Crである高クロム鉄粉末を使用した。これら粉末について、Table.1に示すように高クロム鉄含有量が10, 30, 40, 50mass%となるように秤量し、成形用バインダーとしてポリビニルブチラール樹脂(PVB)を1.0mass%添加した。これらに分散媒としてエチルアルコールを添加してボールミルにより24h分散混合し、その後乾燥することにより混合(造粒)粉末とした。得られた混合粉末を冷間静水圧加圧(CIP)装置により2000MPaの圧力で厚さ20mm×幅40mm×長さ80mmの形状に成形した。この成形品について、キャリア

ガスとして窒素を用いた雰囲気中で脱バインダーを施した後、1473~1773Kの温度範囲で50K毎に真空、常圧窒素ガス、または、加圧(0.9MPa)窒素ガス雰囲気中で2hの焼結を行った。このようにして得られたWC-高クロム鉄系硬質材料焼結品(以下、WC-HCCIと記す)について、高クロム鉄(組成: Fe-3mass%C-25mass%Cr)と同様の熱処理(焼準: 1323K 空冷, 焼戻: 693K 空冷)³⁾を実施した後、材料特性調査(ミクロ組織観察, 比重測定, 硬さ測定, 抗折力試験, 衝撃試験, 摩耗試験)を行った。

なお、比較材としてはWC-10mass%Coの超硬合金および鋳造により作製したFe-3mass%C-25mass%Crの高クロム鉄を用いた。

2.2 試験方法

焼結品について、光学顕微鏡によるミクロ組織観察、アルキメデス法による密度測定、および、ロックウェル(Cスケール)硬さ測定を行った。なお、ミクロ組織観察では、焼結性を確認するために腐食液は使用せずに空孔の観察を行った。

厚さ4mm×幅8mm×長さ30mmの形状に加工した試験片について3点曲げにより抗折力試験を行った。

厚さ10mm×幅10mm×長さ55mmの形状に研削加工した試験片(ノッチレス)についてシャルピー衝撃試験(30kg-m)を行った。

摩耗試験は、Fig.2に示すような粉体噴射摩耗試験を行った。試験片形状は厚さ3mm×幅25mm×長さ25mmとし、試験片端部の異常摩耗が生じないように試験片の周りにはゴム製のダミーを取り付けた。粉体にはケイ砂を用い、試験条件は試験片との衝突角度を 35° 、空気圧を50kPa、試験時間を2hとした。粉体噴射摩耗試験による摩耗体積減量を測定して耐摩耗性を評価した。

Table.1 Composition of WC-HCCI alloys.

Designation	(mass%)	
	WC	HCCI
WC-10 HCCI	90	10
WC-30 HCCI	70	30
WC-40 HCCI	60	40
WC-50 HCCI	50	50

HCCI = High Chromium Cast Iron

Fig.2 Schematic illustration of the wear test.

3 試験結果と考察

3.1 ミクロ組織

良好な WC-HCCI を得るための焼結条件を選定するために、前記各条件で焼結を行った焼結品についてミクロ組織観察を行った。一例として Photo.1 に、WC-30mass% HCCI について常圧窒素ガス雰囲気中において 1473~1773K で焼結を行った焼結品のミクロ組織を示す。このように、常圧窒素ガス雰囲気中では焼結温度を換えても空孔が観察され、良好な焼結品を得ることはできなかった。Photo.2 に示すように、真空雰囲気における焼結でも同様の結果であったが、0.9MPa の加圧窒素雰囲気において焼結を行ったところ、空孔の非常に少ない良好な焼結品を得ることができた。Photo.3 に、加圧窒素雰囲気において焼結を行った WC-10, 30, 40, 50 mass%HCCI のミクロ組織を示す。焼結温度はそれぞれ 1723K, 1673 K, 1573K, 1473K である。この結果からわかるように、WC-30, 40mass%HCCI については良好な焼結品を得ることが

できたが、WC-10, 50mass%HCCI については、加圧窒素雰囲気中で焼結を行っても良好な焼結品が得られなかった。この原因として、WC-10mass%HCCI の場合は、結合材含有量が少ないために液相が焼結品全体に行き渡らなかったこと、WC-50mass%HCCI の場合は、共晶点近傍組成である結合材の含有量が多く焼結温度範囲が狭いため最適な条件で処理ができていないことがそれぞれ考えられる。

このようにして良好な焼結品を得ることができた WC-30, 40mass%HCCI について、以下の特性特性試験を実施した。

3.2 材料特性試験

Table.2 に、超硬合金 (WC-10mass%Co) および高クロム鑄鉄 (Fe-3mass%C-25mass%Cr) と比較した、WC-30, 40mass%HCCI の材料特性試験結果を示す。

密度については、WC の密度 ($15.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)⁴⁾ に比べて高クロム鑄鉄の密度 ($7.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) が小さいため、WC-HCCI の密度は高クロム鑄鉄含有量が増加するほど減少している。

Photo.1 Microstructures of WC-30mass%HCCI sintered at 1473K to 1773K in nitrogen atmospher.

Photo.2 Microstructures of WC-30mass%HCCI sintered at 1673K in nitrogen, vacuum and nitrogen (0.9MPa) atmospheres.

Photo.3 Microstructures of WC-10,30,40,50mass%HCCI sintered in nitrogen (0.9MPa) atmosphere.

Table.2 Mechanical properties of WC-30,40mass%HCCI, high chromium cast iron and WC-10mass%Co.

Composition [mass%]	Density [$\times 10^3 \text{ kg/m}^3$]	Hardness (HRC)	Flexural Strength [MPa]	Impact Value [$\times 10^4 \text{ J/m}^2$]
WC-30HCCI	11.7	74	740	3
WC-40HCCI	11.0	71	690	3
High Chromium Cast iron	7.5	64	670	3~5
WC-10Co	14.6	75	2930	10

Fig.3 Results of the wear test.

硬さについては、硬質な WC の含有量が多い WC-30 mass%HCCI の方が WC-40mass%HCCI よりも硬い。しかし、超硬合金と比較すると、超硬合金が WC を 90mass% 含有しているのに対して WC-30mass%HCCI の WC 含有量が 70mass% と少ないにもかかわらず、同等の硬さを有している。これは、WC-HCCI の結合材である高クロム鑄鉄 (HV800) が超硬合金の結合材である Co (HV125) よりも硬いことに起因していると思われる。

抗折力については、WC-30, 40mass%HCCI ともに高クロム鑄鉄と同等以上の値を有している。しかし、超硬合金と比べると約 1/4 と小さな値を示している。この原因としては、WC-30, 40mass%HCCI が結合材として高クロム鑄鉄を使用しているために硬くて脆いクロム炭化物を多量に含んでいること、Fe 基の合金である高クロム鑄鉄に対する WC の固溶度が Co に対するそれと比べてかなり小さく⁹⁾ WC と高クロム鑄鉄との結合力が小さいことが考えられる。

衝撃値については、WC-30, 40mass%HCCI ともに高クロム鑄鉄と同等の値を有しているが、超硬合金と比べると小さな値を示している。これも、抗折力と同じ原因によるものと思われる。

3.3 摩耗試験

Fig.3 に粉体噴射摩耗試験による摩耗体積減量と硬さの関係を示す。WC-30mass%HCCI は超硬合金と同等の耐摩耗性を示しており、高クロム鑄鉄と比べて良好な耐摩耗性を示していることがわかる。WC-HCCI は、超硬合金と比べると機械的性質が劣るが、粉体による摩耗のように強度的な負担のかからない摩耗形態に対しては、超硬合金並の耐摩耗性を発揮することがわかった。また、粉体に対する耐摩耗性については硬さ依存性があり、硬い材料ほど耐摩耗性が高いことが確認された。

4 まとめ

WC-Co 系超硬合金の結合材である Co を高クロム鑄鉄に置き換えた WC-高クロム鑄鉄系硬質材料焼結品を作製してその諸特性を調査することにより、以下の結果を得ることができた。

- (1) 真空および常圧素雰雰囲気における焼結では空孔が多く健全な焼結品が得られなかったが、加圧素雰雰囲気において焼結を行うことにより空孔の非常に少ない焼結品を得ることができた。
- (2) 超硬合金 (WC-Co) と比べて WC 含有量が少ないにもかかわらず、高い硬度を有する焼結品を得ることができた。これは、結合材である高クロム鑄鉄が Co よりも硬いためである。
- (3) 焼結品の抗折力は高クロム鑄鉄と同等以上であるが、超硬合金の約 1/4 であった。これは、硬くて脆いクロム炭化物を多量に含有していることと、WC の Fe に対する固溶度が小さいことに起因していると思われる。
- (4) ケイ砂による粉体噴射摩耗試験の結果では、焼結品は超硬合金と同等の耐摩耗性を有しており、また、耐摩耗性の硬さ依存性が確認された。

文献

- 1) 大岸秀之, 荳野兵衛, 田村朗, 野見山文博, 森司: 川崎重工技報, 121 (1994) 13.
- 2) 坂口茂也, 今里州一, 伊藤普, 中村良三: 粉体および粉末冶金, 8 (1989) 908.
- 3) 田村朗, 野見山文博: 鑄物, 10 (1995) 696.
- 4) P.Schwarzkopf, R.Kieffer: Cemented Carbides (1960), Macmillan
- 5) F.W.Glaser: Met.Progr., 67 (1955) 77.