

7. 放電プラズマ焼結法を用いた超硬合金の作製と製品への応用

ものづくり技術支援グループ ○高橋志郎
榎太田精器 渡部正章

1. はじめに

近年、産業の成熟や製品仕様の高度化により、高度な機能を有する製品や付加価値の高い製品、製造コストの低減など、様々な観点から極めて精密な部品が求められるようになってきている。これに伴い、超精密金型、微細工具製造のための超精密加工技術の向上に対する要求も次第に高まっている。

一般に、耐摩耗性を要求される超精密金型には超硬合金が多く用いられている。超硬合金は、Co や Ni などの金属をバインダーとして、サブミクロン～数十ミクロンの微細な炭化タングステン（タングステンカーバイド：WC）の粒子を焼結することで製造されており、金属バインダーが少ないものほど耐摩耗性は向上し、母材となる WC 粒子が微細なほど精密な仕上げ加工が可能となる。しかし、超微細 WC 粒子製品や低添加量金属バインダー製品の製造は極めて困難であり、現段階では市場でも量産品を見ることはできない。

本研究では、真空技術、焼結技術などを発展させて超微粒子超硬材料焼結体を作製し、この焼結体から高耐摩耗金型、超精密金型など様々な製品への応用展開に必要となる製造技術の検討を行うことで、超微粒子超硬材料製品化技術を開発することを目的とした。

2. 材料特性および実験方法

2.1 超硬合金の特徴

超硬合金は、WC 粒子を Ni や Co 合金をバインダーとし焼結法により作製される。通常は、グリーンと呼ばれる圧粉体を作製後、焼成炉にて 2,000℃以上の加熱を行い焼き固める（焼結）ことで作られるため、バインダーが少ない、あるいはバインダーを用いない（バインダレス）超硬合金は、製造が極めて困難である。現在、多く用いられている超硬合金のバインダー添加量は、10～30%程度である。また、母材となる WC 粒子のサイズ（粒径）は、微細なほど強度・耐摩耗性・精密加工性等に優れるが、焼結時の緻密化が困難で、粒径数十ナノメートル（1 ナノメートル=1/1000 ミクロン）の WC 粒子を用いた超硬合金量産品は見当たらない。

本研究では、粒径数十ナノメートルの WC 粒子を用いたバインダレス超硬および低バインダー超硬合金の製造技術開発に関する検討を行った。

2.2 SPS 装置を用いた超微粉末 WC の焼結

超微細粒子超硬合金の作製には、粉末冶金法的一种である放電プラズマ焼結（Spark Plasma Sintering：SPS）法を用いた。SPS は、少品種大量生産には不向きであるものの、超精密金型のような多品種少量生産には向いており、研磨などの後加工を極力減らすことのできるニアネットシェイプ成形も可能である。さらに、超硬合金のように高い温度で焼結する場合には、成形するための『型』に直接電流を流して超硬合金のみを加熱することが可能であるため、エネルギーのロスが少ない上に、極めて短時間で焼結することが可能な方法である。図 1 に、SPS による超硬合金の焼結中の様子を示す。超微粉末 WC について焼結温度 1700～1900℃、保持時間 0～10min.、加圧力 50MPa および 60MPa にて SPS を行った。このとき、WC 粒子の粗大化を極力抑制するため、昇温速度を速く、加熱時間を短くすることで焼結体を作製した。

2.3 焼結体の密度

バインダレス超硬（W）および極低バインダー超硬（M）を設計し、2-2 の通り SPS により焼結して試験体を作製した。作製された W 材および M 材の相対密度は、それぞれ 99.78%および 99.97%で、ほとんど欠陥が無く、極めて高い密度を有する超微粒子超硬合金焼結体を得られた（図 2）。

2.4 焼結体強度試験

2.3により得られた試験片（ $\phi 5 \times 30\text{mm}$ ）について、圧縮試験を行い、圧縮強さならびに抗折力を算出した。抗折力は、引張（圧縮）強さと縦弾性率、圧縮試験の応力-ひずみ(S-S)曲線から得られるコンプライアンス変化率および破断時のエネルギー開放率より算出した。

試験の結果、圧縮強さ、抗折力とも、一般に市販されている超硬材料に対し数倍という極めて高い値を得た。

2.5 焼結体の成分分析

焼結体の特性向上・高密度化を目的とするとき、焼結体の巨視的／微視的組成を知ることは極めて重要であることから、マクロ成分分析として蛍光 X 線（XRF）分析およびミクロ成分分析として SEM に内蔵のエネルギー分散型スペクトルアナライザー（EDS）を用いて構成元素の定性分析を行った。

分析の結果、いずれの試料からも不純物や局所的な偏析は認められなかった。

3. まとめ

放電プラズマ焼結法を用いた超微粒子超硬合金の製造技術について検討した結果、バインダレス超硬および低バインダー超硬合金の焼結と強度的・組織的特性向上が可能となり、製品展開に向けて大きく前進したと言える。図3に、現在試作した超微粒子超硬合金製金型の写真を示す。

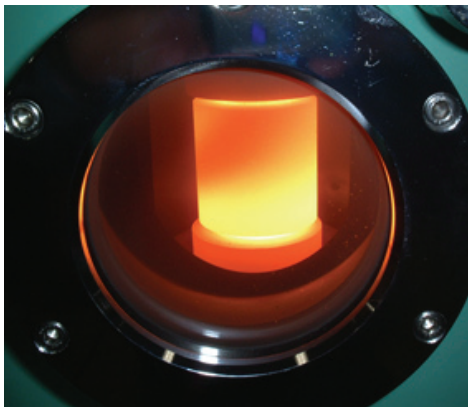


図1 SPSによる超硬合金焼結の様子

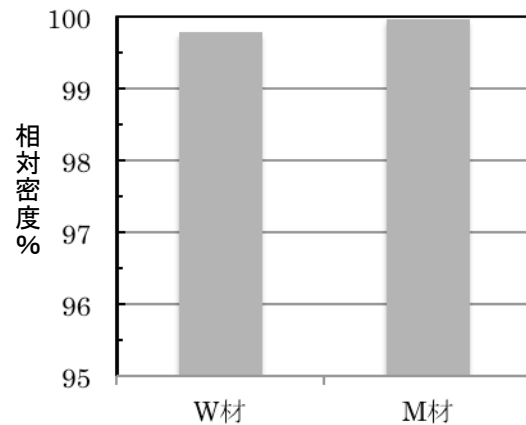


図2 各超硬合金の相対密度



(a) レンズ金型

(b) マイクロパンチ

(c) マイクロドリル

図3 試作した超微粒子超硬合金製品の一例