

## 研削屑を利用した超硬合金の再生技術

鎌田 公一\*、佐々木稔明\*\*

研削屑を利用した再生超硬合金の機械的性質改善のためのCo添加と粉碎工程の導入による効果について検討した。その結果、Co添加により抗折力は向上するものの、その値は小さく、さらに硬さは低下することから、Co添加だけでは十分な効果は得られなかった。一方、ボールミルを用いた粉碎工程の導入により、硬さ及び抗折力とも向上し、その有効性が認められた。これは粉碎によりWC粒子の微細・均一化されたことによるものと考えられる。今後、粉碎条件の最適化と不純物の影響についての検討が必要である。

キーワード：超硬合金、リサイクル、コバルト添加、ボールミル、機械的性質

## Recycle Technique for the Hard Metal Utilized by the Grinded Wastes

KAMADA Koichi, SASAKI Toshiaki

The effect of cobalt addition and crush process using ball mill of recycled hard metal utilized by the grinded wastes on mechanical properties was studied. As a result, transverse rupture strength of the recycled hard metal improved by cobalt addition inconsiderably, and hardness of the metal fell adversely. The enough effect wasn't provided only by cobalt addition. On the other hand, hardness and transverse rupture strength of the metal improved, and the effectiveness was recognized by introduction of the crushing process using ball mill. This is thought that WC particle became fine and uniformly. It is need to study optimization of crush conditions and influence of impurities in future.

key words : hard metal, recycle, cobalt addition, ball milling, mechanical properties

### 1 緒 言

超硬合金は優れた硬度や高温強さにより、切削工具や金型用材料など高硬度・耐摩耗機械部品用材料として広く利用されているが、その原料として用いられているW（タングステン）やCo（コバルト）は希少資源であり、また、その製造や加工が難しいため最終製品コストは非常に高価なものになっている。そのため、使用済みの工具類は回収され各種原材料として再利用されているが、金型・工具加工メーカーで超硬合金の研削加工で生じた多量の研削屑は回収されず、業者に委託し有料にて廃棄しているのが現状である。しかし、超硬合金の研削屑は、研削時の切込みが数 $\mu\text{m}$ 程度と小さいため微粉末状態にあり、粉末冶金技術による再生の可能性がある。

前報<sup>1)</sup>において、特に研削屑の粒度調整等はせず、還

元および加炭による成分調整のみで、JIS規格をほぼ満足する結果を得た。しかし、一般に市販されている超硬合金はユーザーからの耐欠損性の面からJIS規格を大きく上回る抗折力を有している。そこで、今回はこれまでの結果をもとに機械的性質の向上を目的に、Co添加およびボールミルによる粉碎工程導入の効果について検討した。

### 2 実験方法

図1に実験フローチャートを示す。本研究に使用した研削屑はJIS規格（JIS H 5501）でG種3号に分類される超硬合金（WC-9mass%Co；以下mass省略）の平面研削盤による研削屑であり、荒研削時の切込み0.5～1 mm、仕上げ研削で2～5 $\mu\text{m}$ の屑である。

\* 金属材料部

\*\* (株)テツニックス

本実験では研削屑を水およびアルコールで洗浄、乾燥した後、 $-75\mu\text{m}$ に分級し、水素中 $800^\circ\text{C}$ ・1hrの条件で還元処理した。この還元粉に総炭素量が6%になるように黒鉛を添加し、またCo粉末( $-75\mu\text{m}$ )はCo総量で12、15、18%となるように添加した。混合はプラスチック製ポットと鉄心入りナイロンボールを用い、エタノールを分散媒に4hr行った。一方、粉碎効果を見るため、加炭処理した還元粉を回転ボールミルにより40hr湿式粉碎した。この際の容器はステンレス製、ボールは超合金製とした。各条件で得られた粉末を成形圧力98、147、196MPaで金型成形し圧粉体とした。焼結は水素中、 $1000^\circ\text{C}/\text{hr}$ で昇温し焼結温度 $1400^\circ\text{C}$ 、保持時間1hr一定とした。

焼結体について焼結密度及び寸法変化率を測定後、平面研削加工し硬さ試験、抗折試験ならびにSEMによる組織及び破面観察を行った。なお、硬さ試験はロックウェルAスケールで評価し、抗折試験は支点間20mmとして測定した。

### 3 実験結果及び考察

図2に成形圧力と焼結密度の関係を示す。成形圧力による焼結密度の大きな違いは認められず、いずれのCo量においても相対密度で93~94%に推移した。図3は各Co量における成形圧力と焼結体の寸法変化をみたものである。ここで、成形の軸方向を厚さ、垂直方向を幅とする。厚さ及び幅方向とも成形圧力が低いほど収縮傾向を示し、98MPaではそれぞれ23%、21%程度の収縮率となる。Co量による差はみられず、これは焼結密度の結果とよく一致する。また、既報<sup>2)</sup>の結果に比べ、いずれの方向とも4%程度大きい収縮率を示した。これは、原料粉末が比較的粗粒を含む粒度分布の広い粉末であり、

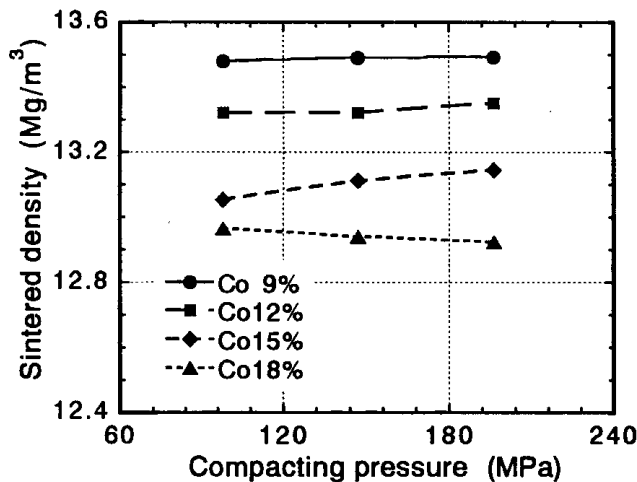


図2 成形圧力と焼結密度の関係

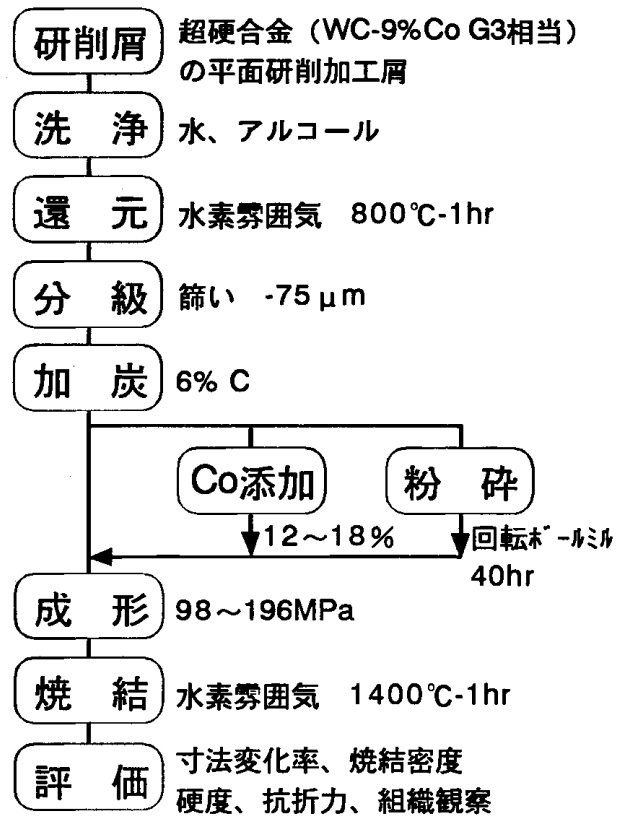


図1 本実験のフローチャート

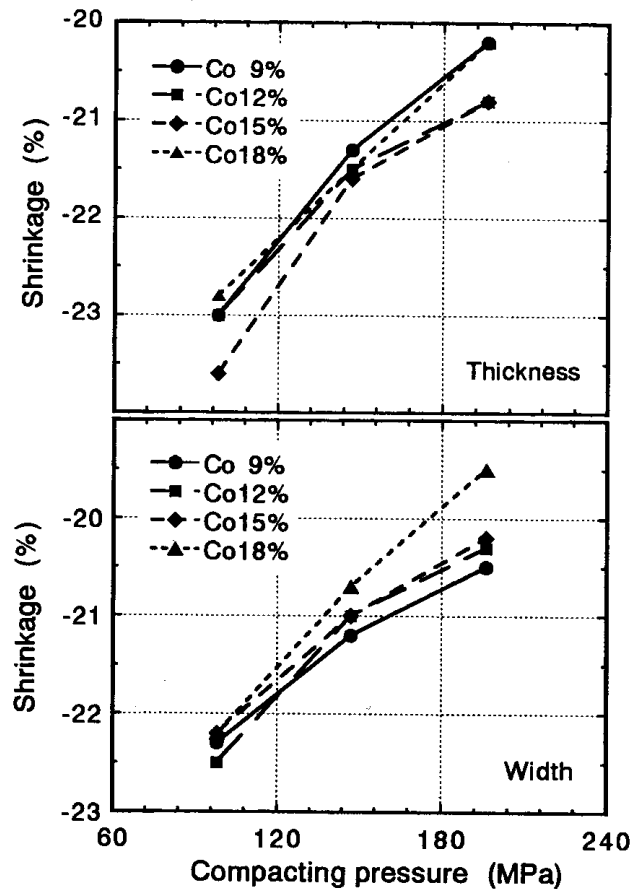


図3 成形圧力と寸法変化率の関係

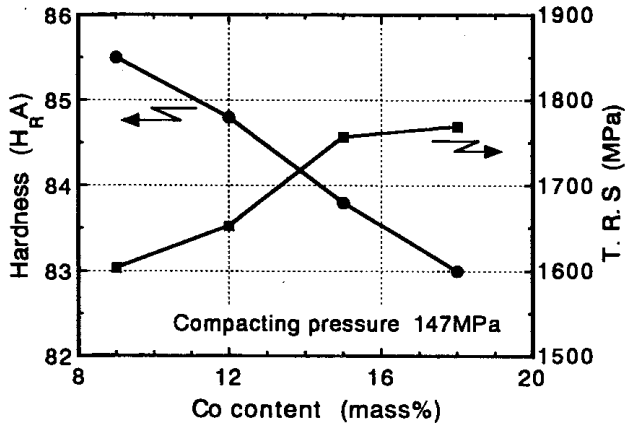


図4 Co量と硬さ及び抗折力の関係

パラフィン等による造粒も行っていないことから、成形密度が上がらなかったことに起因すると考える。

次に機械的性質の検討結果を示す。図4に成形圧力147MPaにおけるCo量と硬さ及び抗折力の関係を示す。ここで、JISG種3号(WC-7~10%Co)の場合、硬さ89H<sub>R</sub>A、抗折力1375MPa以上と規定している。硬さはCo量増加により低下し、Co9%(無添加)で85.5H<sub>R</sub>A、Co18%では83H<sub>R</sub>Aとなる。また、抗折力はCo量増加により上昇し、Co18%で1769MPaを示し、Co9%に比べ約10%向上した。しかし、既報<sup>2)</sup>での結果ではCo含有量の少ないWC-8%Coで抗折力2000MPa

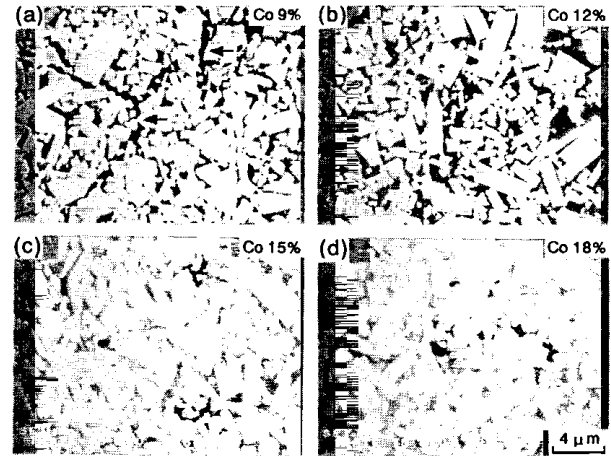


図5 各Co量でのマイクロ組織のSEM像

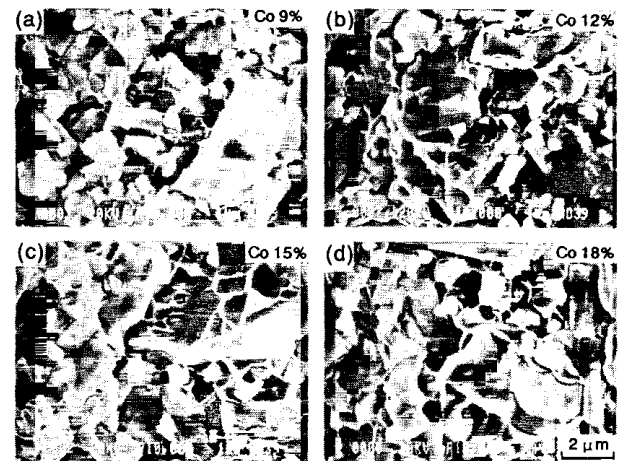


図6 抗折試験破面のSEM像

以上の値を得た。この要因解明のために各焼結体の組織及び破面を観察した。

図5は各Co量におけるマイクロ組織である。Co量による組織の違いはほとんど認められず、いずれの場合もWC粒子の大きさが1μm以下の微細なものから5μm以上と非常にばらつきがあり、かつ形状が多様である。一方、気孔形状はCo量増加とともに連続性が少なくなり、Co15%及び18%ではほぼ独立した形態となっている。これは、焼結時の液相増加によるものと考えられる。

図6に各Co量での抗折試験破面を示す。Co9%では破壊のほとんどがWC粒界で発生するのに対し、Co量増加により粒内破壊も認められるようになる。WC-Co合金の抗折力は、WCの平均粒径、粒度の均一性、さらに結合相であるCo相の厚さ等に大きく左右され<sup>3)</sup>、また破壊の起点として気孔や粗粒WCが作用することが知られている<sup>4)</sup>。本実験で十分な機械的性質、特に高

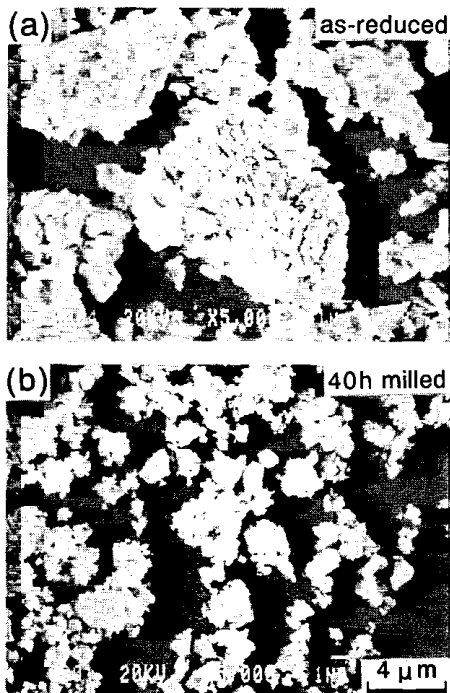


図7 粉碎前後の粉末のSEM像

い抗折力が得られないのは、気孔の残存、WC粒子の形状及び大きさの不均一さに起因すると考える。

次に、WC-Co合金の再生工程にボールミルによる粉碎工程を導入し、その効果について検討した。図7に粉碎前後の粉末SEM像を示す。還元時は各粉末が数 $\mu\text{m}$ 粒子の凝集体となっていたものが、粉碎により5 $\mu\text{m}$ 以下の粉末に粉碎されているのがわかる。

図8は粉碎による硬さ及び抗折力への影響についての検討結果である。Co添加のみでは抗折力と硬さの改善は難しいが、粉碎工程の導入により硬さ、抗折力とも上昇しその有効性が認められる。今回の粉碎条件は1条件のみであり最適条件とは言えず、今後の検討によりさらなる効果が期待される。

また、今回は検討できなかったが、研削屑に含まれる工作機械等からの不純物の影響やこれらの除去についての検討も特性向上のためには必要と考える。

#### 4 結 言

研削屑を利用した再生超硬合金についてCo添加及びボールミルによる粉碎の効果について検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) 成形圧力による焼結体の密度はほとんど変化なく、寸法変化率は成形圧力の低下とともに収縮傾向を示す。
- (2) 機械的性質においては、硬さはCo量とともに一義的に低下する一方、抗折力は上昇傾向を示し、Co18%のときCo9%（無添加）の約10%増の1769MPaを得た。
- (3) 粉碎工程の導入により、還元粉は5 $\mu\text{m}$ 以下に微細化され、焼結体の硬さ及び抗折力の改善が認められた。

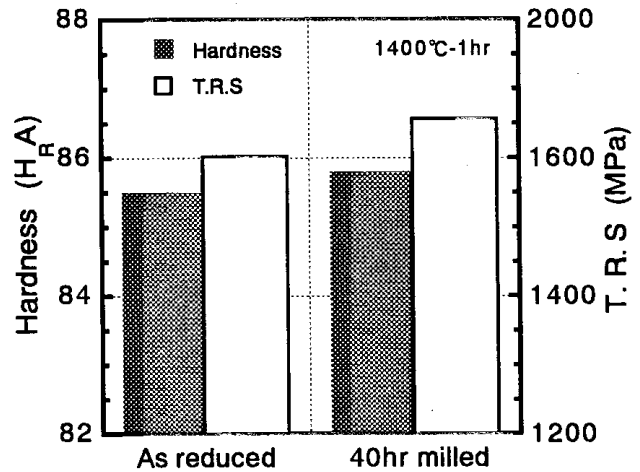


図8 粉碎による硬さ及び抗折力の変化

今後、粉碎条件の最適化により機械的性質の改善が期待される。

本研究は平成7年度技術パイオニア養成事業ORT事業として実施したものである。

#### 文 献

- 1) 中村 満, 吉田敏裕, 鎌田公一, 平塚貞人, 稲葉鋼二郎, 田鎖 真: 粉体および粉末冶金, 41,980(1994).
- 2) 鎌田公一, 吉田敏裕, 佐々木稔明: 岩手工技セ研報, 1,17(1995).
- 3) 鈴木 寿: 超硬合金と焼結硬質材料, 丸善(1986).
- 4) 庄司啓一郎, 永井 宏, 秋山敏彦: 粉末冶金概論, 共立出版(1984).