

超硬合金研削屑の溶射原料への再利用

鎌田 公一^{*}、佐々木稔明^{**}、高橋幾久雄^{*}

超硬合金研削屑を溶射用原料粉末として再利用する技術について検討した。その結果、研削屑を水素還元(1073K)、黒鉛添加(全炭素量6wt%)、水素中仮焼処理(1473K)することで市販原料粉末使用と同様の微細で緻密かつ高硬度な皮膜が形成できた。しかし、摩耗試験において市販原料に比べ約3倍の摩耗減量を示した。これは研削屑粉末粒度が不均一であるため皮膜表面粗さが大きくなったことに起因するものと考えられる。

キーワード：超硬合金、研削屑、リサイクル、溶射

Recycling of the Grinded Scraps of the Hard Metal for the Thermal Spray Material

KAMADA Koichi, SASAKI Toshiaki and TAKAHASHI Ikuo

The recycling technique of the grinded scraps for the thermal spray powders was studied. As a result, it was possible to make the scraps the thermal spray powders which was reduced at 1073K, and graphite added to 6wt% of the total weight, and then presintered at 1473K in hydrogen. The coating using the scraps was similar to the coating using the marketing powders in the microstructure and hardness of the coating. But the wear rate of the coating using the scraps was three times larger than the coating using the marketing powders. This results from the increase of the roughness of coating surface due to un-uniformity of the particle size of the scraps.

key words : hard metal, grinded scrap, recycle, thermal spray

1 緒 言

これまで著者らは希少資源である W (タングステン) や Co (コバルト) を含む超硬合金研削屑の有効利用のため、超硬合金への再生技術について検討してきた。その結果、JIS 規格を満足する合金として再生できるが¹⁾、不純物の除去や結晶粒径制御が十分でなく、現在市販・流通している超硬合金の機械的性質にまで品質を向上することはできなかった²⁾。そこで、今回この研削屑が回収時に既に粉末状であることを活用し、溶射原料への利用技術について検討した。即ち、これまでの検討から、回収研削屑は被削材である超硬合金組成の WC 構造であり、かつ粒径も微細なものが多く含まれており、この研削屑を利用する場合、得られる溶射皮膜は微細組

織を有し、かつ耐摩耗性に優れる皮膜となることが期待されるからである。

2 実験方法

本研究に使用した超硬合金研削屑の化学組成は WC-9wt%Co であり、JIS H 5501G 種 3 号相当のものである。なお、不純物として工作機械等からの混入と思われる鉄分が 1.4wt%含まれている。まず、回収した研削屑は研削液や油分の除去のため水およびアルコールで洗浄・乾燥後、篩いで $75 \mu\text{m}$ に分級し原料粉末とした。この原料粉末を用い、図 1 に示すように炭素量調整(全炭素量 6wt%)のために黒鉛添加したものを未処理粉、また、水素雰囲気中で 1073-3.6ks の条件で還

* 金属材料部

** (株) テツニックス

元処理後、黒鉛添加（全炭素量 6wt%）し再び水素中 1473K-1.8ks の条件で仮焼結し仮焼粉として調整した。なお、比較材として組成の近い市販粉末（スルザーメテコジャパン（株）製 DIAMALLOY2003 以下 2003 粉とする）も同時に実験に供した。溶射加工は表 1 の溶射条件でサンドブラスト処理した S45C 基板上に超高速ガス溶射装置により行った。ここで、粉末によりパス数が異なるのは同じ膜厚を得るために調整したためである。

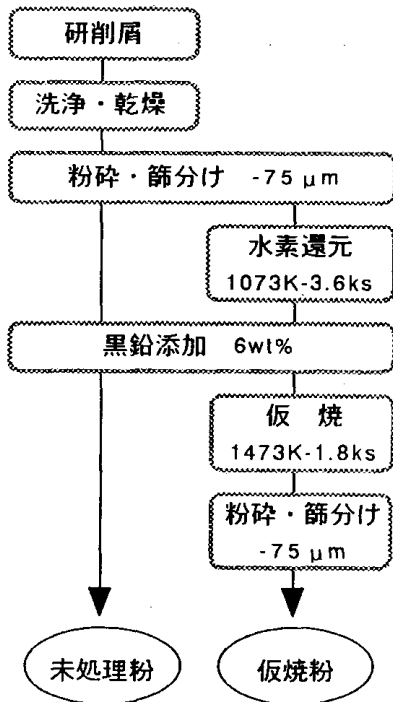


図1 研削屑の溶射用粉末への調整工程

表1 超高速ガス溶射条件

予熱温度	(K)	373	
プロピレン	圧力 (kg/cm ²)	7.0	
	流量 (ℓ/min)	381.9	
酸素	圧力 (kg/cm ²)	10.5	
	流量 (ℓ/min)	484.4	
空気	圧力 (kg/cm ²)	6.3	
	流量 (ℓ/min)	603.8	
粉末供給量	(g/min)	2003粉	40
		未処理粉	23
		仮焼粉	22
溶射距離	(mm)	225	
パス数	(回)	2003粉	5
		未処理粉	7
		仮焼粉	6

各工程で得られた粉末及び試験片は、EPMA による観察、X 線回折による構造解析を行った。硬度及び耐摩耗性についてはマイクロビッカース硬度測定及びスガ式摩耗試験（荷重 500g、研磨紙#320）により評価した。

3 実験結果及び考察

3-1 前処理方法による粉末形状及び構造の変化

図2に今回調整した各粉末と比較材 2003 粉の SEM 像を示す。未処理粉は研削屑の状態がよく反映され、粒径が 20 μm 以上の粗大凝集粉末から 1 μm 以下の単独粉末まで観察される。仮焼粉は微細粉末が凝集した粉末形態となっており、未処理粉に比べ粒度は若干揃っている。これは、回収当初に凝集していた研削屑が還元処理により破碎し、その後の仮焼処理により再び一部焼結し粒径が均一化したと考える。一方、比較材の 2003 粉は典型的な粉碎粉の形状を示し、さらに分級及び造粒に

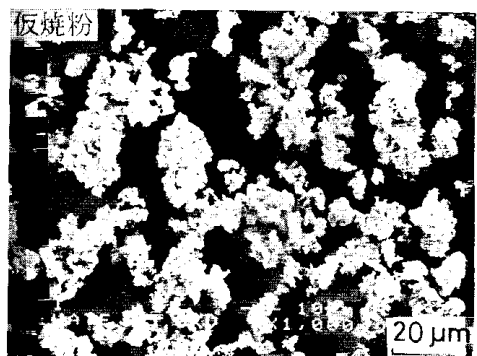
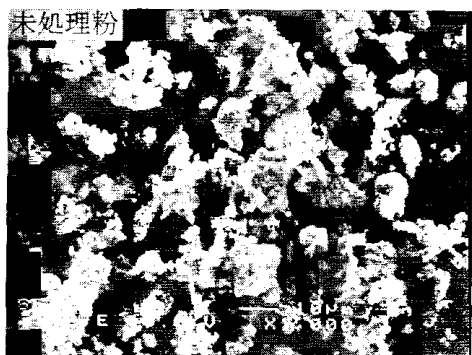
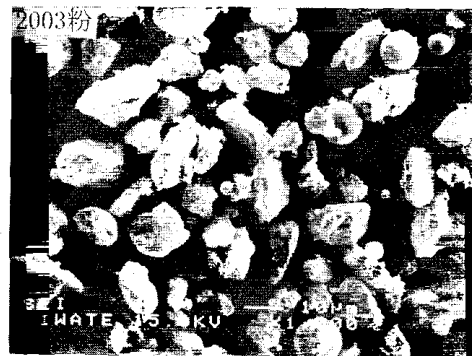


図2 溶射用各種粉末のSEM像

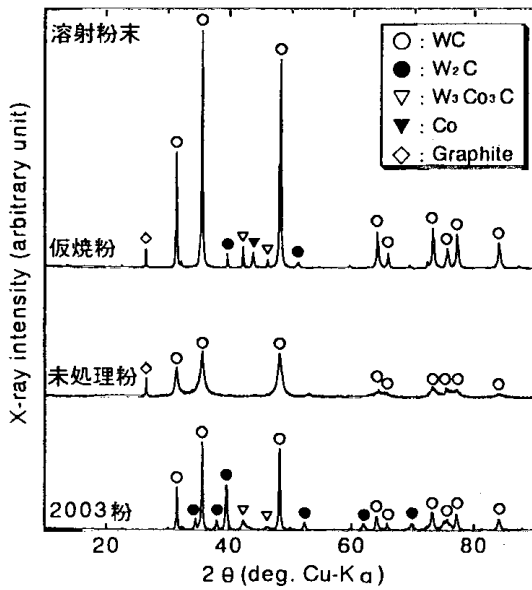


図3 溶射用各種粉末のX線回折結果

より非常に粒径の揃った粉末であることがわかる。図3に各粉末のX線回折結果を示す。2003粉はWC、 W_2C とわずかに W_3Co_3C が認められるのに対し、未処理粉はWCと添加した黒鉛のピークのみであり、仮焼粉はピークのほとんどがWCであり、わずかに W_2C と W_3Co_3C が認められる結果となった。また、未処理粉は仮焼粉に比べピーク強度が低く、各ピークがブロードとなっており仮焼粉に比べ微細粉が多いと推察された。次に実際にこれらの粉末を用いて溶射加工を行った。

3-2 溶射皮膜の性質

図4に各粉末による超高速ガス溶射皮膜断面の組成像を示す。写真は上部から溶射皮膜、S45C基板である。いずれの粉末でも気孔の少ない緻密な皮膜が得られる。特に仮焼粉の場合、2003粉と同等の微細均一組織となる。それに対し未処理粉の場合、組織が他に比べ不均一である。これは今回の溶射方法が主に基材への粉末の衝撃力を利用した方法であるため、溶射前の粉末形状や粒度がそのまま皮膜組織に反映したと考える。

図5は各粉末による溶射皮膜のマイクロピッカース硬度測定結果である。2003粉がHv1260と最も高く、次いで仮焼粉がHv1128、未処理粉はHv614と比較材の約半分の硬度しか得られない。図6に各溶射皮膜表面のX線回折結果を示す。溶射過程でのWCの脱炭により2003粉及び仮焼粉ともWが認められるが、硬質粒子である W_2C 、WCのピークが明確に認められる。一方、

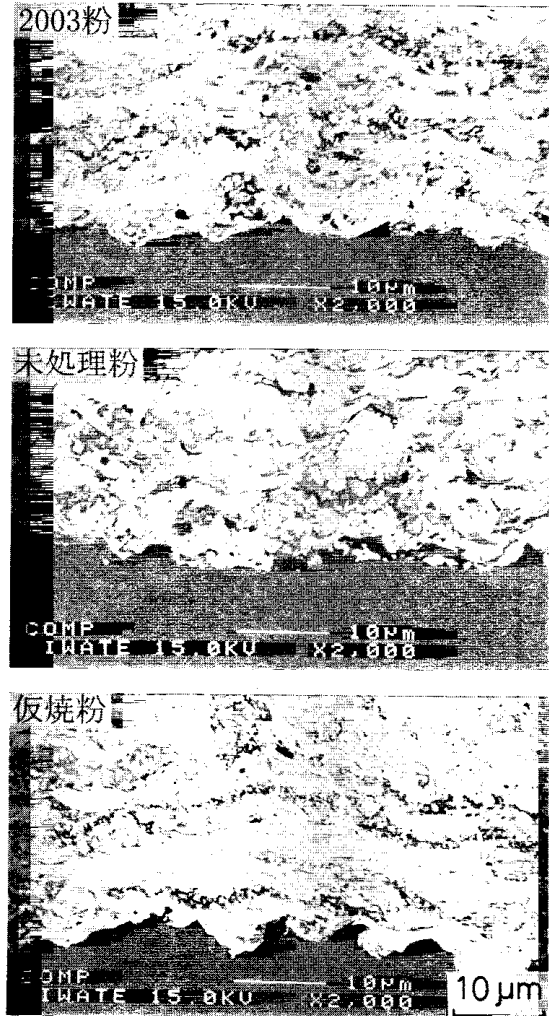


図4 溶射皮膜断面の組成像

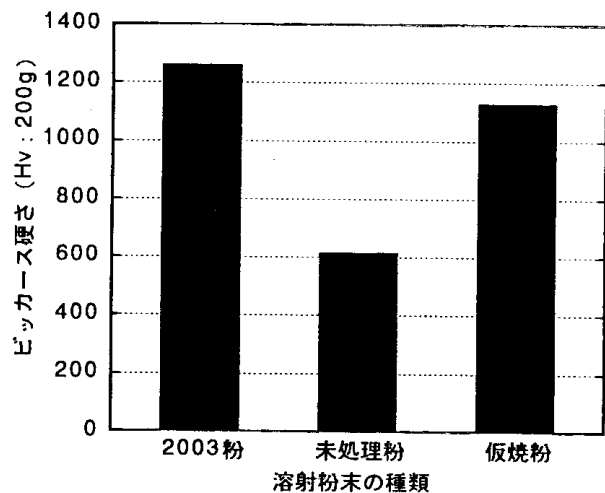


図5 溶射皮膜マイクロピッカース硬度

低硬度であった未処理粉の場合、ほとんどが W となりわずかに W_2C のピークが認められるが、最も硬度に寄与する WC のピークはほとんど認められない。これが硬度低下の原因である。同じ溶射条件にも拘わらず、未処理粉において WC の脱炭が著しく発生したのは、原料粉末の粒径が大きく関与していると考えられる。即ち、未処理粉は他の粉末比で多量の微細粉末を含むため、同じ脱炭酸化雰囲気でも、その脱炭はより早く進行したため

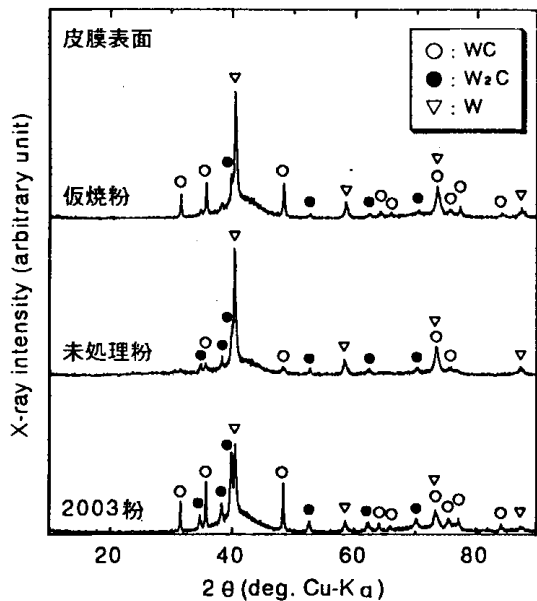


図6 溶射皮膜表面のX線回折結果

と考える。それ故、仮焼処理は単一微細粉末同士を焼結・凝集させ、微細粉末が減少することから、脱炭の進行を抑制するために効果的な処理と考える。

図7にスガ式摩耗試験結果を示す。比較材 2003 粉に比べ仮焼粉で約3倍、また、皮膜硬度の低い未処理粉では約11倍と大きな摩耗減量を示す。何故、硬度では2003粉に比べ若干低い仮焼粉皮膜の耐摩耗性が低いのかを考察した。図8に摩耗試験前後での摩耗表面のSEM像を示す。試験前表面は2003粉、仮焼粉の場合とも同様の表面形態を呈しているが、3600回往復運動後の表面は、2003粉ではほぼ全面で研磨紙と接触しているのに対し、

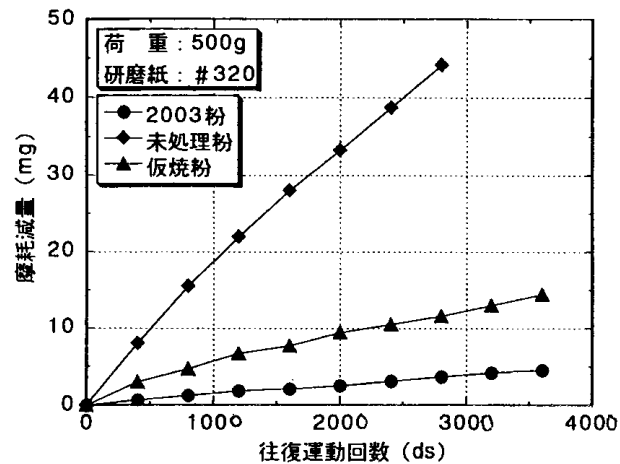


図7 溶射皮膜の摩耗試験結果

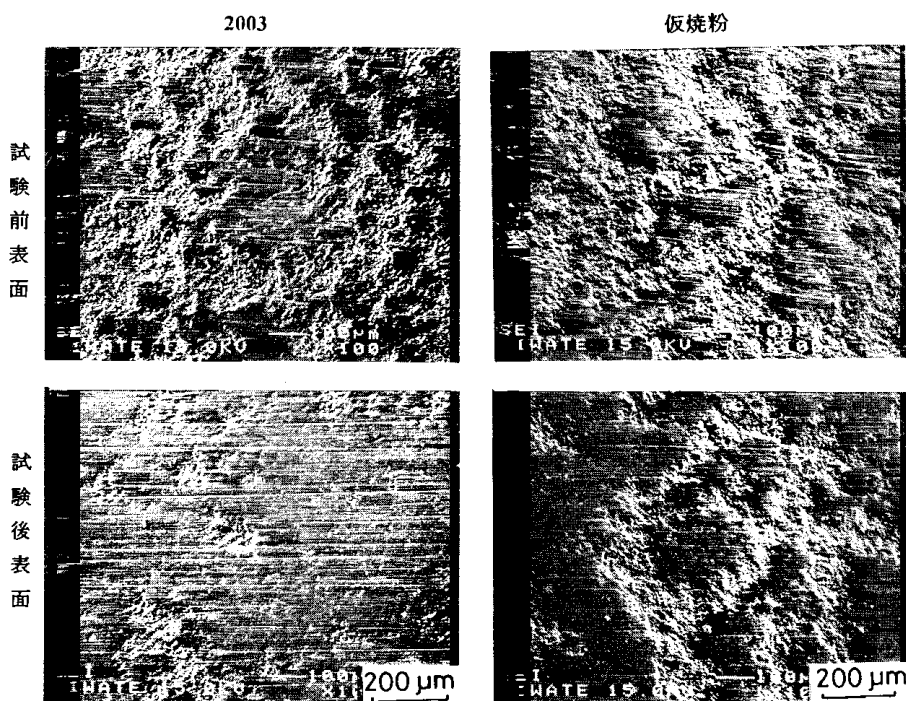


図8 摩耗試験前後の溶射皮膜表面のSEM像

仮焼粉では摩耗減量が大きいにも拘わらず、未接触部が多数見られる。これは仮焼粉による皮膜の表面粗さが大きいことを示しており、その原因として 2003 粉が 10 ~ 45 μ m の均一粒径であるのに対し、仮焼粉は 75 μ m に分級したのみであることが挙げられる。これらの結果から、耐摩耗性の改善には、仮焼処理により微細粉末同士を一部焼結・凝集させるとともに、得られた仮焼粉の粒径の均一化が必要と考える。

4 結 言

超硬合金研削屑の溶射原料への応用について、超高速ガス溶射装置を用い検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) 研削屑を還元・加炭・仮焼処理することで、市販の溶射原料と同様の緻密でかつ微細均一な組織を有する溶射皮膜が形成できた。
- (2) 皮膜硬度は市販原料よりは若干低かったものの、Hv1128 を得た。また、仮焼処理をしない場合は溶射過程での WC の脱炭が著しく、硬度低下を招いた。

- (3) スガ式摩耗試験の結果、摩耗減量は市販原料に比べ約 3 倍となった。これは、研削屑から再生した粉末の粒度が不均一でかつ粗粒を含むため、皮膜表面粗さを大きくしたためと考える。

本研究の遂行に際し、原料の超硬合金研削屑の提供に協力いただいた和田工業（株）東北工場 田鎖 真氏ならびに溶射加工において指導・協力いただいたスルザーメテコジャパン（株）佐々木光正氏に衷心より深謝致します。

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, 3, 61 (1996).
- 3) 鎌田公一, 佐々木稔明: 岩手工技セ研報, 4, 59(1997).