

# 「ダイヤモンド用研磨砥石の開発」

機械電子担当  
藤井利徳

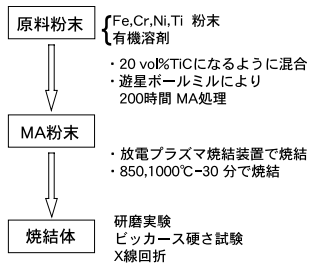


図1 金属砥石の作製方法

砥石番号	セラミックの割合	原料粉末	焼結温度
No.1	20vol%	Fe, Cr, Ni, Ti	850°C
No.2	20vol%	Fe, Cr, Ni, Ti	1000°C
No.3	SUS304溶製材		

表1 砥石の作製条件

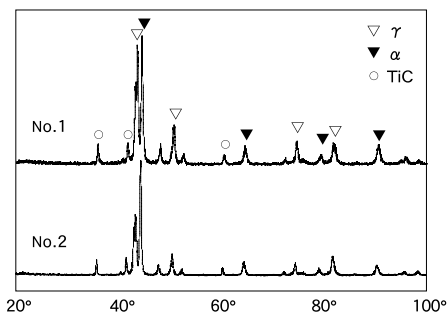


図2 砥石のX線回折結果

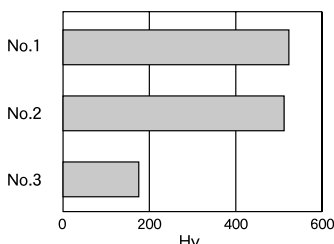


図3 研磨実験に使用した砥石の硬さ試験結果

## ●はじめに

ダイヤモンドは地球上でもっとも硬い物質であることから、工業用として切削工具や研削工具、耐磨部材などへ応用されています。とくに、ダイヤモンド切削工具は、アルミニウム合金や銅合金などの非鉄金属の切削において鏡面加工が可能であるため、広く利用されています。ダイヤモンドを切削工具に用いる場合、刃先形状を精密に加工する必要があります。現在は、ダイヤモンド微粒子や、それをバインダで固めた砥石が使用されており、高精度な加工が可能です。しかし、加工効率の点で問題があると言われています。そこで、ダイヤモンド砥石を使わずにダイヤモンドをより効率よく研磨する方法が研究されてきました<sup>(1)~(4)</sup>。また、むかしからダイヤモンドで鉄系材料を切削すると、バイト刃先が摩耗して、加工できなくなることが知られています。したがって、ダイヤモンド研磨の研究においても、鉄系材料が多く用いられてきました<sup>(1)~(3)</sup>。これまでにオーステナイト系ステンレスであるSUS304を使用することで、効率よくダイヤモンドを研磨できることが報告されています<sup>(1)~(2)</sup>。

本研究では、そのSUS304よりも効率よくダイヤモンドが研磨できる砥石を作製することを目的に実験を行いました。

## ●作製した砥石

SUS304溶製材で焼結ダイヤモンドを研磨した予備実験で、焼結ダイヤモンド表面にSUS304の金属成分が付着するという現象が起きました。そこで、付着した金属を取り除く目的で、SUS304にセラミック粒子(炭化チタン、アルミナ)を混合させた砥石を作製し、それを用いて研磨実験を行いました。しかし、SUS304粉末とセラミック粉末を混合して焼結したものは脆く、研磨実験を行うと砥石のほうに損傷してしまいました。

そこで、SUS304とセラミック粒子を強く結合させた砥石を作製する目的で、本研究では図1に示すようなメカニカルアロ

イング(Mechanical alloying:MA)という方法で、表1の砥石(No.1, No.2)を作製しました。MA法というのは、2種類以上の金属粉末を硬質ボールとともにポットに充填し、ボールミルで回転させることにより、合金粉末を作製する方法です。比重が大きく異なる金属同士の合金粉末やアモルファス合金、超微細結晶粒組織を有する粉末を容易に作製できる方法です。SUS304の主成分である鉄、クロム、ニッケル粉末と、分散させるセラミック粒子(炭化チタン)の原料であるチタン粉末と有機溶剤(炭素添加のためのヘプタン)を炭化チタンの体積率が20%になるように秤量し、SUS304ボールとともにポットに充填し、ボールミルで200時間MA処理を行い、粉末を作製しました。この粉末を放電プラズマ焼結装置で焼結し、直径30mm、高さ約10mmの円盤状に成形しました。これをダイヤモンド研磨実験用の砥石としました。比較材として、ダイヤモンドが効率よく研磨できると報告されているSUS304溶製材(No.3)を使用しました。

図2に、No.1とNo.2の砥石のX線回折結果を示します。作製した砥石はオーステナイト( $\gamma$ )相、フェライト( $\alpha$ )相、炭化チタンで構成されているのがわかります。ちなみに、SUS304溶製材は、 $\gamma$ 相に若干の $\alpha$ 相が混在した組織となっていました。本研究では、分散させるセラミック粒子として炭化チタンを選択しました。その理由としては、チタンは鉄、クロム、ニッケルよりも炭素との結合力が大きく、母相のSUS304に影響を与えることなくセラミック粒子として析出しやすいのではないかと考えたからです。図2から、意図したとおりに炭化チタンが析出していることがわかります。SUS304中に分散しているこの炭化チタンはMA時に生成したのではなく、焼結中の昇温時に析出したものです。

作製した砥石の硬さ試験の結果を図3に示します。炭化チタンが分散しているために、溶製材よりも3倍程度硬くなっているのがわかります。また、分散した炭化チタンによって結晶粒の粗大化が

抑制されていることが予想され、これも硬さ向上の要因であると考えられます。

### ●ダイヤモンドを研磨してみると

研磨実験は、工具研削盤の回転軸に作製した砥石を取り付け、その外周面にダイヤモンドを接触させる方法で行いました。研磨実験には、約3.5mm角、厚み1.5mmの人工単結晶ダイヤモンドを使用しました。砥石の回転数は4000rpm、押しつけ荷重は5kgで10分間、砥石とダイヤモンドを接触させました。図4に、No.1の砥石で研磨したダイヤモンド表面の断面形状を示します。研磨後のダイヤモンド表面には、このような研磨溝ができます。この溝の断面積から研磨量を算出し、この量の多少で砥石の研磨特性を評価しました。図4では、深さ0.084mm、幅3.17mmの研磨溝ができており、研磨量は0.179mm<sup>2</sup>となります。ちなみに、研磨により除去された体積は0.627mm<sup>3</sup>となります。

図5に、No.1～No.3の各砥石で研磨したときのダイヤモンド研磨量を示します。今回作製した砥石（No.1、No.2）を使用することで、SUS304溶製材よりも約1.8倍多く研磨できました。このように、今回作製した砥石で効率よくダイヤモンドが研磨除去できることがわかります。しかしながら、研磨後表面の粗さは、No.1の砥石で平均粗さRa:0.1896μm、No.2の砥石でRa:0.0522μmとなり、研磨前（Ra:0.0034μm）よりもかなり悪くなっているのがわかります（図6）。

そこで、ダイヤモンドを砥石の幅だけ揺動させながら、研磨してみました。その結果を図7に示します。揺動させて研磨すると粗さはRa:0.0077μmで、揺動なしの場合（Ra:0.0522μm）と比べて約1/6に改善され、研磨前のダイヤモンド表面と比べても、約2倍程度の粗さに抑えることができました。

### ●なぜ、ダイヤモンドが研磨できるのか

では、なぜステンレス合金でダイヤモンドが研磨できるのでしょうか。その要因として、

- ①加工時の発熱と砥石の熱伝導性
- ②鉄と炭素の親和性

が挙げられます。

①については、温度によるダイヤモンドの炭化が関係していると考えられます。ダイヤモンドは、650℃～750℃で炭化します。砥石に押しつけられているとき摩擦熱が発生し、接触している部分が高温になりダイヤモンドが炭化し削れていくことが考えられます。また、ステンレス合金は他の鉄系合金と比較して、熱伝導性が悪く、砥石に発生した熱が逃げにくいことが研磨効率のよい原因であると考えられます。

②については、オーステナイトと炭素の良好な親和性があげられます。SUS304の構成相であるオーステナイトは、フェライトと比較して、炭素との結合性がよいことが報告されています<sup>(5)</sup>。SUS304砥石と接触した部分でダイヤモンド中の炭素原子が鉄と結合し、除去されることが考えられます。

本研究で作製した砥石に関しては、SUS304で研磨した際にダイヤモンド表面に付着した金属成分を除去する目的で、セラミック粒子を分散させました。しかし今回の場合、セラミック粒子の分散は、金属成分の除去という当初の目的ではなく、砥石の熱伝導性に影響を与えたと考えられます。セラミック粒子を分散させることでさらに砥石の熱伝導度が悪くなったことが、要因としてあげられます。また、セラミック粒子の分散により硬さが向上したことで、ダイヤモンド表面に砥石の金属成分が付着しにくくなったことも、研磨効率が向上した要因であると考えられます。

### ●今後の課題

このように、ダイヤモンドを金属砥石に接触させることでダイヤモンドが効率よく研磨できることを確認しました。さらに、研磨方法を工夫することで、加工面の表面粗さも改善できることがわかりました。今後の課題としては、加工成形性が挙げられます。ダイヤモンドをバイト刃先に加工する際、細かな寸法精度が要求されます。このような要求に耐えうる成形性の改善が重要になります。さらには、ダイヤモンド薄膜の研磨等にも適用できるか評価してみたいと考えています。

### 参考文献

- (1) 鈴木清：機械と工具 No. 5, 9 (1998)
- (2) 餅田正秋、守屋茂、島宗勉ら：精密工学会誌 vol. 67, No. 4, 597 (2001)
- (3) 森由喜男、和嶋直：公的試験研究機関成功事例集 (2000)
- (4) 阿部利彦、橋本等、武田修一、西村一仁：まてりあ vol. 40, No. 4, 395 (2001)
- (5) 西田智幸、末吉秀一：日本金属学会誌 第63巻, No. 9, 1212 (1999)

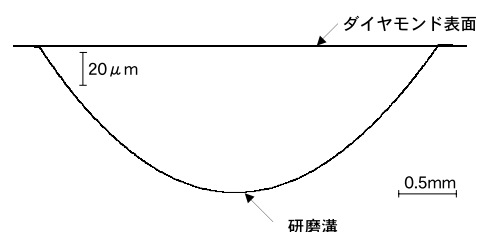


図4 研磨溝の形状測定結果

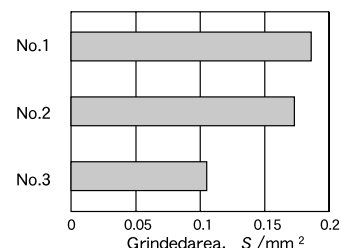


図5 ダイヤモンド研磨実験結果

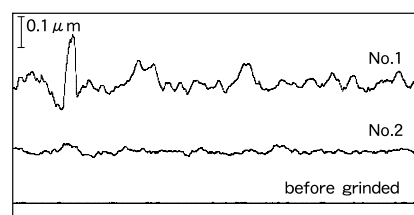


図6 研磨後のダイヤモンド表面の粗さ測定結果

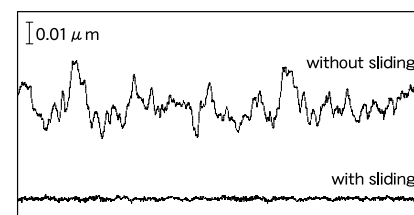


図7 揺動させたときのダイヤモンド表面の粗さ測定結果