

ダイヤモンド工具

(1975年～現在)

Key-words：ダイヤモンド、切削工具、超高压

ダイヤモンド工具は、アルミニウム合金、銅合金などの非鉄金属材料や、プラスチック、木材、セラミックス成形体などの非金属材料の切削加工に広く用いられている。特にダイヤモンド粉末を超高压高温下で焼き固めたダイヤモンド焼結体は、高硬度で強靱であり、切削工具や耐摩工具として多く使用されている。近年、機械加工の高能率化、高精度化とともに、材料の多様化、難削化が進んでおり、ダイヤモンド工具に対する要求が最近ますます高くなっている。

1. 製品適用分野

アルミニウム合金、銅合金などの非鉄金属材料や、プラスチック、木材、セラミックス成形体などの非金属材料の切削加工

2. 適用分野の背景

機械、電気・電子などの分野における、切削加工の高能率化、高精度化の流れにより、ダイヤモンド工具による切削加工が広まってきた。自動車業界の例を挙げると、生産性を高めるために高能率加工が必要とされるのに加え、車体の軽量化のためアルミニウム合金の使用率が増加したことなどにより、ダイヤモンド工具の使用量が増加してきている。

3. 製品の特徴

ダイヤモンドは、物質の中で最高の硬度と熱伝導率を有している。この性質のため、天然に産出されるダイヤモンドを利用して工具とすることは古くから行われていた。しかし、天然のダイヤモンドは高価であり、

また機械的特性にばらつきがあるといった問題があった。1955年にGE(ゼネラル・エレクトリック)社が、超高压高温発生装置を用いるダイヤモンドの人工合成に初めて成功し、粉末状の合成ダイヤモンドが、珪石の原料として使われ始めた。1975年頃、GE社によって、この合成ダイヤモンド粉末をコバルトなどの金属結合材を用いて焼き固める方法が開発された。その後、様々なダイヤモンド焼結体が開発され、天然ダイヤモンドよりも安価で高品質なダイヤモンド焼結体は、広く切削加工に用いられるようになった(図1)。2007年のダイヤモンド切削工具の国内生産額は110億円にのぼる。この中には、超高精度加工に用いられる単結晶ダイヤモンドを用いた工具も含まれるが、ここでは、生産額の大部分を占めるダイヤモンド焼結体工具について述べる。

図2に典型的なダイヤモンド焼結体組織の模式図を示す。数 μm ～数十 μm のダイヤモンド粒子が相互に結合しており、ダイヤモンド粒子の隙間には、コバルトなどの金属結合材が存在している。ダイヤモンド単



図1 ダイヤモンド焼結体工具

(左) 刃先交換型バイトで使用する切削チップ、(右上) 刃先交換型フライスとチップ、(右下) ドリル。ダイヤモンド焼結体(黒い部分)は工具刃先部分のみに貼り付けてある。

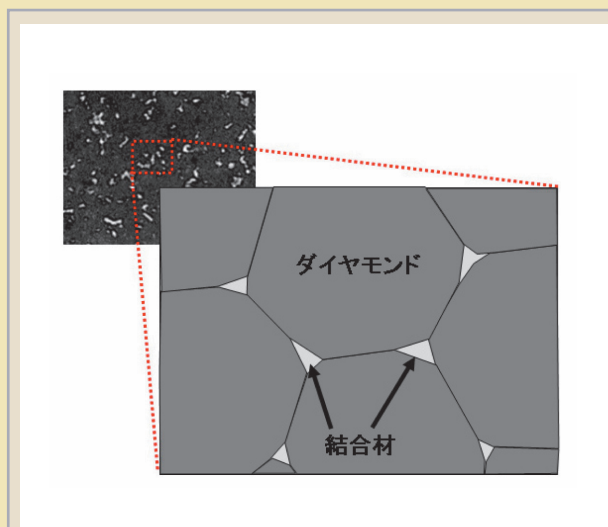


図2 ダイヤモンド焼結体組織の模式図

暗灰色で示された領域がダイヤモンド、明灰色で示された領域が結合材を表す。結合材の働きによりダイヤモンド同士が強固に結合している。

結晶は、劈開^{注1)}のため、特定の方位にはたやすく破壊し、靱性が低いという問題があった。一方、多結晶のダイヤモンド焼結体は、様々な方位を向いた結晶の集合体であるために、劈開の影響が小さく、単結晶に比べて強靱で高い強度を有する。このため、ダイヤモンド焼結体は、切削加工用バイト^{注2)}、フライス^{注3)}、ドリルなど様々な形状の工具となり、幅広い分野の切削加工に用いられている。

4. 製法

ダイヤモンド焼結体工具の製造工程を図3に示す。ダイヤモンド粉末とコバルトなどの金属結合材を混合する。この粉末を、超高压高温発生装置を用いて、約5万気圧、千数百℃まで加圧・加熱する。こうすると、結合材金属が融解し、ダイヤモンド粒子の隙間に浸み渡る。ダイヤモンド粒子は、液体となった結合材にわずかに溶解し、粒子間に析出することにより、ダイヤモンド粒子同士の結合が生成する。この繰り返しにより、ダイヤモンド粒子は粒成長を伴いながら強固に結合し、緻密な焼結体となる。この焼結工程で用いる超高压高温発生装置は、ダイヤモンド焼結体の製造に不可欠であり、量産技術の要と言えるが、詳細な説明は専門書に譲ることとする¹⁾。焼結体は、ワイヤー放電加工^{注4)}などによって、細かく切断される。切断されて小片となった焼結体は、超硬合金などでできた工具本体に、ろう付けされ、ダイヤモンド砥石で刃先の加工を行って工具が完成する。

5. 将来展望

近年、環境問題への取り組みの中で高能率化、高精度化とともに、材料の多様化、難削化が進んでいる。例えば、航空機部材が高強度化、軽量化のため難加工材の使用率が急増しているなど、ダイヤモンド工具に対する要求が最近ますます高くなっている。

これに対応して製造各社は、組織の微細化などにより、高強度、高耐摩耗性を実現する方向で、新製品を開発している(図4)²⁾。また、これまでのダイヤモンド焼結体は金属結合材を含むため、耐熱温度が約700℃と低く、使用条件に限界があったが、最近では、非金属触媒を用いる方法や、結合材を使用しない方法(黒鉛からの直接変換法)³⁾による、高強度ダイヤモンド焼結体の開発も進められている。

これらの取り組みにより、今後もダイヤモンド焼結体は多彩な切削加工の要求に応え、産業の発展に貢献していくものと期待される。

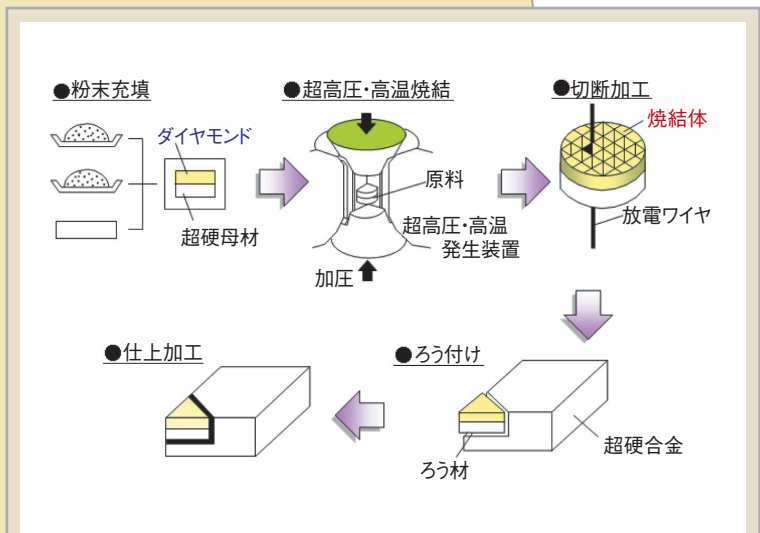


図3 ダイヤモンド焼結体工具の製造工程

ダイヤモンド焼結体は、超高压・高温発生装置を利用して焼結される。焼結体は高価なため、細かく分断されて、工具の刃先のみで使用される。

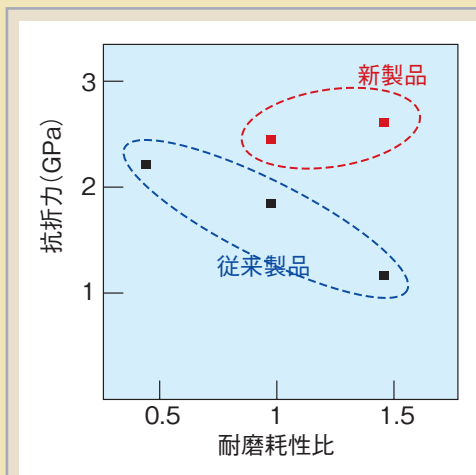


図4 新しいダイヤモンド工具素材の特性

組織の微細化などにより、高強度、高耐摩耗性を実現する方向で、新製品の開発が行われている。

文献

- 1) ダイヤモンド工業協会編, “ダイヤモンド技術総覧”, エヌジーティー (2007) pp.12-20.
- 2) 沖田 他, SEIテクニカルレビュー, 151, 96-99 (2008).
- 3) 角谷 均, 入船徹男, SEIテクニカルレビュー, 165, 68-74 (2004).

[連絡先] 原田 高志, 角谷 均
住友電気工業(株)
〒664-0016 兵庫県伊丹市昆陽北1-1-1

注1 単結晶が特定の面方位で割れる現象。結晶構造において原子間の結合力の弱い面でおこる。

注2 旋盤や平削盤などでの切削加工に用いられる工具。

注3 切削工具の中で、工具に回転を与えて切削加工に使用されるもの。外周や端面に切刃を持つ。

注4 真鍮などの金属製ワイヤーを電極として、アーク放電によって被加工物を加工する方法。