

新しい価値を創造する 超砥粒ホイール

著者 田中 愛梨奈

工業機材事業本部
研削ソフト技術部
加工技術グループ



■ 超砥粒ホイールの歴史

旧石器時代、人類は石を打ち砕いた打製石器を道具として使用していました。新石器時代になると打製石器を石で磨くことで表面の凹凸をなくした磨製石器が誕生し、これが砥石の初期の形態とされています。その後、砥石は進化し、石のほかに装飾品や刀など、硬い材料の研磨に使用されるようになりました。これまで砥石は天然石が使用されていましたが、19世紀後半になるとアルミナや炭化ケイ素を主成分とする人工砥粒を使って砥石を作る技術が開発されます^[1]。やがて、産業の発展とともに砥石には高い研削性能が求められるようになり、20世紀にはダイヤモンドや立方晶窒化ホウ素（CBN）などの非常に硬い砥粒である超砥粒が開発されました^[2]。超砥粒ホイールの登場により、一般砥石では対応できなかった高能率の加工や高精度加工を実現し、産業はさらに発展を続けました（図1）。

現在も超砥粒ホイールの技術は進化し、幅広い産業で活躍しています。私たちの身の回りでは、スマートフォンに欠かせない半導体の製造工程やメガネレンズの加工など、さまざまな身近な製品に超砥粒ホイールが使用されています。

図1 砥石とワークの歴史

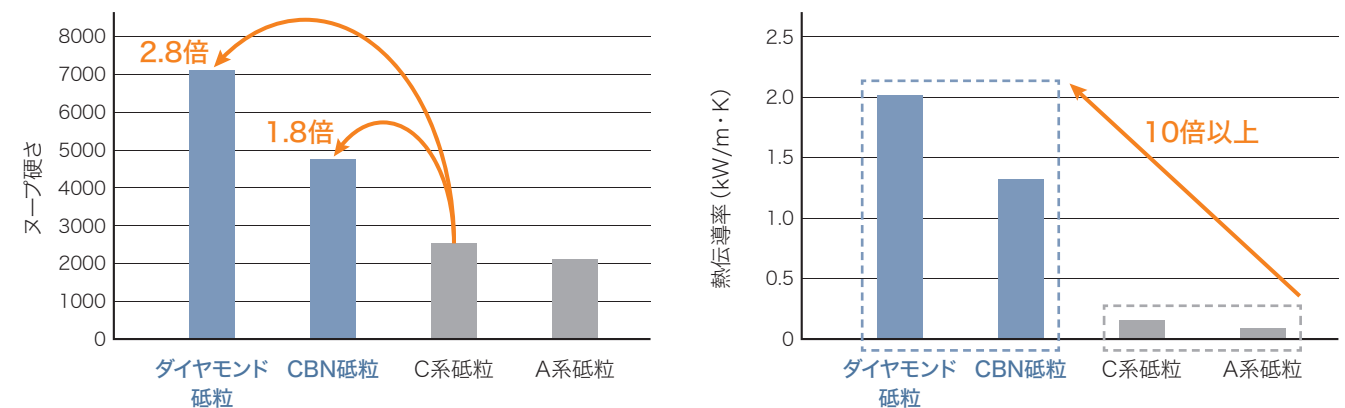


■ 超砥粒の性能

科学技術の発展に欠かせない超砥粒には、どのような特徴があるのでしょうか？一般砥粒と比較してみましょう。

超砥粒はダイヤモンド砥粒とCBN砥粒に、一般砥粒はアルミナ（ Al_2O_3 ）を主成分とするA系砥粒と炭化ケイ素（ SiC ）を主成分とするC系砥粒に分けられます。それぞれの砥粒の硬度と熱伝導率を比較すると、一般砥粒に比べて超砥粒は約2倍以上硬く、熱伝導率は10倍以上高いことがわかります（図2）。

図2 超砥粒と一般砥粒の特性



この砥粒の物性の違いにより、どれだけ研削性能に差が表れるのでしょうか？ CBN砥粒を使用したホイールとA系砥粒を使用した砥石の研削性能を見てみましょう(図3)。CBNホイールはA系砥石に対して研削比が100倍以上で、表面粗さはCBNホイールの方が緩やかな推移を示すことがわかります。これは、一般砥粒と比較して非常に硬いため、研削時の負荷に対して砥粒が摩耗しにくく、切れ刃を長時間維持することができるためです。また、超砥粒は熱伝導率が高く、研削によって発生した熱が砥粒側に伝わりやすいため、ワークの品質を良好に保つことができます。

この結果からわかる通り、超砥粒を使用することでさまざまな効果が期待できます。

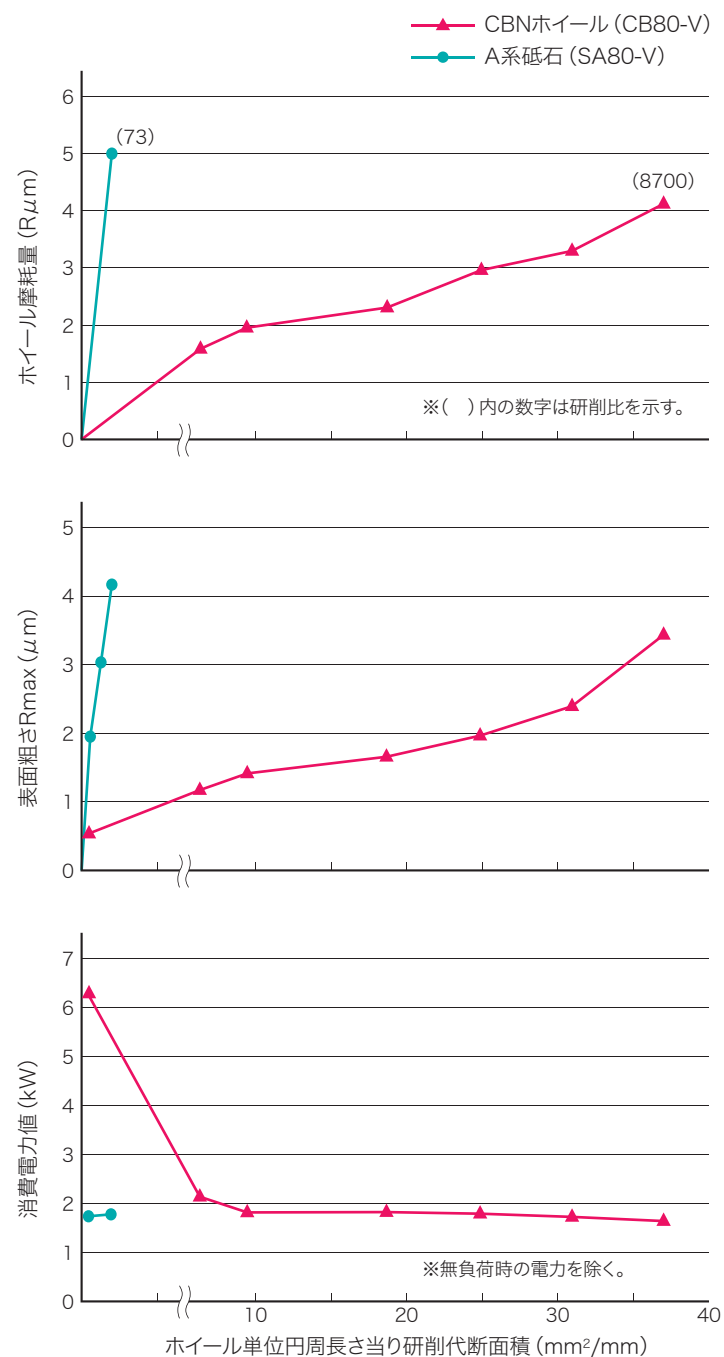
- 1) 生産性の向上**：高負荷でも摩耗しにくいため、高効率な研削が可能となり、サイクルタイムを短縮できます。
- 2) コスト削減**：一般砥石と比較してドレッシング間隔の延長が可能のため、トータルコストの低減が期待できます。
- 3) 加工品位の向上**：研削熱を砥粒側に逃がすことができるため、研削焼けを抑制することができ、残留応力の低減を実現します。
- 4) 作業効率の向上**：工具寿命が長いいため、工具交換頻度を減らすことができます。加工を中断する時間を削減し、効率的な作業に貢献します。
- 5) 環境負荷低減**：一般砥石は研削に使用しない部分が廃棄となりますが、超砥粒ホイールは金属コア部分が再利用できます。そのため、廃棄物を削減することができ、環境負荷の低減にも寄与できます。

以上のように、超砥粒にはさまざまな優位性がありますが、一般的に価格は一般砥粒より高く、ツルーイングやドレッシングが頻繁に必要な作業には適しません。超砥粒と一般砥粒のどちらを選択するかは生産性、品質、コストなどの面から総合的に判断する必要があります。砥粒についての詳しい解説はNORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2020をご覧ください。ここでは、超砥粒ホイールについて、今後拡大する市場とノリタケの技術をご紹介します。

拡大する超砥粒ホイールの需要

さまざまな効果が期待できる超砥粒ホイールは、自動車や切削工具など、幅広い分野で活躍しています。今後、技術の発展とともに市場は変化し、研削・研磨工具にはこれまで以上の性能が求められ、多様化するニーズに対応するため、超砥粒ホイールの需要増加が予想されます。それでは、どのような分野・部品に使用されるのでしょうか？

図3 CBNホイールとA系砥石の研削性能



次世代自動車

近年、世界的な環境問題への取り組みから次世代自動車の普及が進み、静粛性向上や航続距離の延長、燃費・電費向上へのニーズに応えるため、部品の高精度化が求められています。さらに、車体構造の変化による部品形状の複雑化や軽量化を目的としたマルチマテリアル化、新材料の採用が増えることが予想されます。そうした新材料は研削がより困難になることが考えられるため、超砥粒ホイールの活躍が見込まれます。超砥粒ホイールが使用される部品を見てみましょう(図4)。

①モーター用磁石

内燃エンジンに比べて効率的かつ高性能なモーターの搭載が増加し、モーター用磁石の需要拡大が予想されます。磁石は硬脆材料であり、難削材の一つとして挙げられます。これらの材料において、高い研削能力と精度を実現するため、超砥粒ホイールが使用されます。

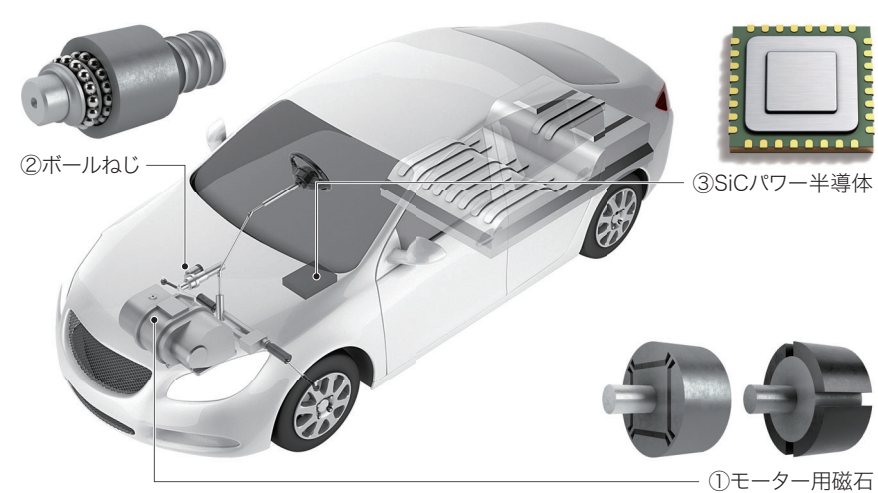
②ボールねじ

油圧システムから電動化への移行、運転支援システムや自動運転技術の進展により、高精度な制御が求められる部品が増加します。ボールねじは、高い精度・軽量化・安全性・耐久性などの要求に応えるための重要な部品です。ボールねじの高精度で滑らかな表面仕上げのため、超砥粒ホイールが使用されます。

③SiCパワー半導体

自動運転技術や安全機能向上のため、半導体を搭載した部品が増加します。電力を制御するパワーデバイス用半導体材料はシリコンが主流ですが、電力の変換ロスを減らすため、新しい半導体材料であるシリコンカーバイド(SiC)の活用が進んでいます。SiCは非常に硬くて脆い材料であり、加工が困難なため、高い精度と品質を保つために超砥粒ホイールが使用されます。

図4 次世代自動車研削部品例



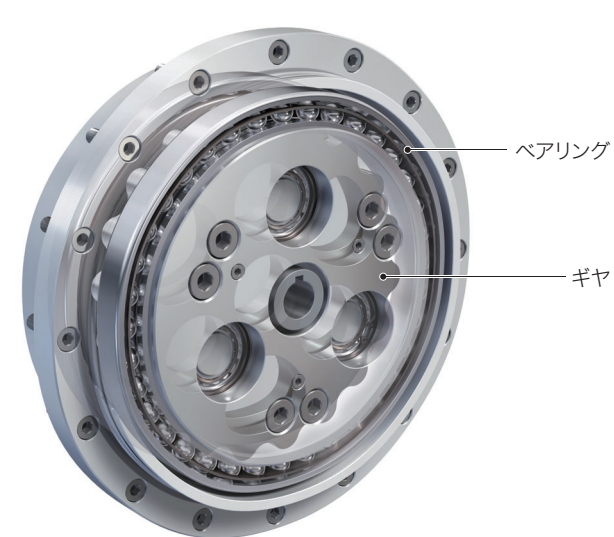
ロボット

製造業において、生産性向上、自動化、省人化のため、生産設備にはロボットの導入が加速すると予想されます。ロボットの運動能力、位置決め精度、耐久性を担保するための重要部品である精密減速機は、ロボット一台に対して複数個搭載されます。そのため、精密減速機の生産性向上が求められ、高効率かつ高精度に研削が可能な超砥粒ホイールの需要が高まると考えられます。

さらに、次世代自動車の製造工程では、バッテリーの組付けや交換作業におけるロボットの増加が見込まれます。重量物であるバッテリーを持ち上げるために、ロボットは大型化が進み、それに合わせて減速機も大型化します。大型部品の加工は精度と工具寿命の両立が難しく、超砥粒ホイールの活躍が期待されます。

ロボットの構成要素である精密減速機において、超砥粒ホイールが使用される部品を見てみましょう(図5)。

図5 精密減速機の研削部品例



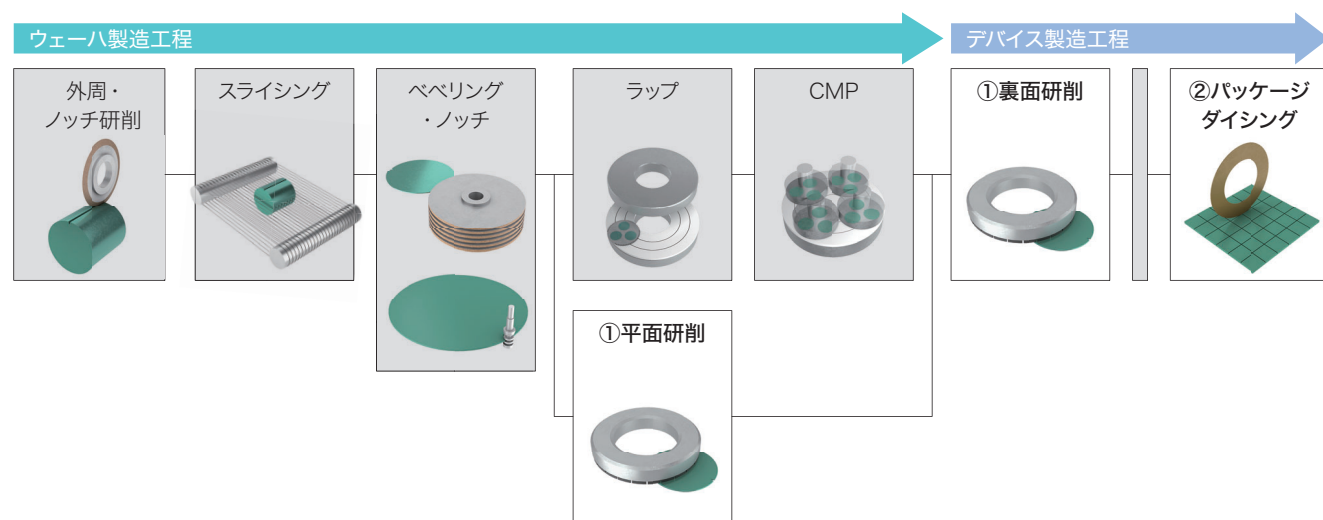
ギヤ・ベアリング

精密減速機用ギヤ・ベアリングの幅研削は、量産のための高能率化や、製造工程の自動化、大型ワークに対する平面度の精度が求められます。こうした難易度の高い研削に対して、一般砥石は工具寿命が短く、砥石の摩耗が多いため人による補正作業が必要となり、製造ラインを自動化できないという課題があります。そこで、形状崩れせずに加工可能な超砥粒ホイールを使用することで、製造ラインの自動化が実現します。

エレクトロニクス

あらゆるモノがインターネットにつながるIoTや人工知能（AI）、自動運転などの次世代技術が進歩し、半導体の需要が増加しています。半導体はさまざまな産業を支えており、常に新しい技術の開発が進んでいます。次世代パワー半導体ベース基板として注目されるシリコンカーバイド（SiC）は非常に硬く、加工が難しいことに加え、半導体の生産性向上、低コスト化を狙い、SiCウェーハの大口径化が進行しています。ウェーハのサイズが大きくなるほど、高精度に加工する難易度が上がるため、より高い研磨技術が必要とされます。そのような難しい加工において、高精度・高品位を実現するため、超砥粒ホイールの需要が拡大すると推測されます。SiCウェーハの製造プロセスにおいて、どのように超砥粒ホイールが使用されているのか見てみましょう（図6）。

図6 SiCウェーハ製造工程



①平面・裏面研削

ウェーハの平面研削やデバイスウェーハの裏面研削は取り代が多く、工具寿命が短い傾向にあります。今後、ウェーハの大口径化が進み、さらなる工具寿命の低下が懸念されるため、高品質・高能率を両立しつつ、長寿命を実現する工具として、超砥粒ホイールが使用されます。

②パッケージダイシング

半導体デバイスの高精度化により、基板の多層化やCu配線の高密度化が進んでいます。これらの基板はダイシングによりCuバリが発生すると配線管の通電誤作動が引き起こされるため、切断負荷を減らして切断熱を低くすることでCuの拡張を抑えることが必要です。ダイシングには安定した切れ味を持続するため、超砥粒ホイールが使用されます。

SiCウェーハ製造工程における研削・研磨工具の詳しい解説は「次世代パワー半導体製造工程における研削ソリューション」のページをご参照ください。

前述した以外に、半導体製造工程に使用される機械の消耗品部材の研削にも、超砥粒ホイールが使用されています。

その他にも、一般砥石が使用されている部品・工程を超砥粒ホイールへ切り替えることで研削性能の向上が期待できます。一般砥石では実現できない高能率研削を実現し、高精度・高品質化に貢献します。さまざまな産業で高付加価値製品を提供するため、超砥粒ホイールの使用は今後より一層増えていくと考えられます。

多様化するニーズに応える超砥粒ホイールを目指して

自動車や半導体分野など、さまざまな産業で超砥粒ホイールが使用されており、今後も需要の拡大が予想されています。技術の進歩により、ワークは高硬度化、大きく薄くなど、新しい材料の開発が進み、研削の難易度が上がるなか、市場で求められる品質や能率向上への要求は高くなっています。ノリタケでは多岐にわたるニーズに応えるため、新しい技術・製品の開発に取り組んでいます。今回は、超砥粒ホイールにおける注目の技術・製品についてご紹介します。それぞれの詳しい性能についての解説は製品説明のページをご参照ください。

Ideal Metal (アイディアルメタル)

両頭平面研削や平面研削（縦軸）において、大型の鉄系ワークや硬脆ワーク（セラミックス、磁性体等）を高能率・高精度で研削を可能とするメタルホイールを開発しました（図7）。

特長①：高能率で高精度な研削が可能

弾性変形の小さいメタルボンドと、特殊な砥粒層設計により砥粒の食い込み性が向上し、高能率で高精度な研削が可能です。

特長②：簡単に修正や目立てが可能

特殊なボンド構造によりレジノイドボンド以上のドレッシング性を有するため短時間での修正が可能となり、お客様の生産性向上に貢献します。

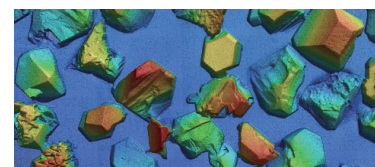
図7 Ideal Metal (Wind Chip構造) 外観



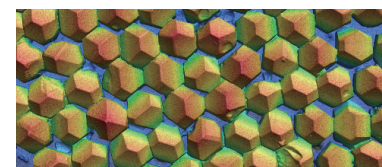
高砥粒密度電着技術

砥粒を高密度に電着させる技術を開発しました（図8）。この技術をドレッサに応用することで、従来品よりもドレッサ寿命の延長を実現します。ドレッサ以外にも半導体デバイスに使われる放熱部材への展開など、研削研磨以外の分野でも活躍が期待されます。

図8 砥石面状態比較



一般電着品



高砥粒密度電着品

超砥粒ホイールの性能と需要拡大の可能性、ノリタケの技術や製品の一部をご紹介しました。多様化するニーズに応えるため、これからも新しい製品の開発、新しい加工技術の確立に取り組み、変化する社会の欠かせない推進役として貢献し続けます。

文献

[1]岡井 弘：最近の研削砥石工業とその問題点, 窯業協会誌,69 (792), (1961) C474-C483.

[2]石田 泰弘：ダイヤモンド研削の進展, 精密機械,39 (457), (1973) 166-172.

●無断転載禁止

●本内容は2024年10月時点の情報です