

砥粒加工基礎講座「砥石」

砥石の構造(その4): 結合剤(ボンド)の種類とその適性

《ビトリファイドボンド編》

神谷 泰弘 (株式会社ノリタケカンパニーリミテド)

1. はじめに

近年では機械製品の高性能化にともなって、各種機械部品に対する高精度化・高品位化が求められており、製品の仕上げ加工に用いられる砥石の重要性はますます高まっている。砥石は結合剤(以下、「ボンド」)の種類によって、その性状と適用範囲が大きく異なってくるが、その代表的なものとしてガラス質のボンドを用いたビトリファイド砥石と、フェノール樹脂などの各種合成樹脂のボンドを用いたレジノイド砥石がある。ビトリファイド砥石は、アルミナや炭化ケイ素などの砥粒と長石、陶石、粘土、フリットなどの窯業原料を混合して高温(約1300℃)で焼成して結合させた一種のセラミックスであり、ガラスや陶磁器のような無機質ボンドで砥粒を固定しているため保持力が強く、劣化や経時変化がなく安定していることから、数多くの精密部品加工に使用されている。¹⁾ 物性的には高弾性率であり形状の変化が少ないため工作物の形状精度が要求される加工に向くが、衝撃の大きい加工に対しては砥石の形状崩れが懸念されるため不向きであるとされる。²⁾ レジノイド砥石は比較的弾性が高く自由研削や粗研削に使用されているが、水分や高熱に弱い性質があり、研削油や経年により砥石が劣化することがあるため取り扱いに注意を要する。³⁾

本稿ではビトリファイド砥石について、その特徴と適性について紹介する。

2. ビトリファイド砥石の製法

図1にビトリファイド砥石の製造工程を示す。

最初に、切れ刃となる砥粒(アルミナ、炭化ケイ素、CBN、ダイヤモンド)と砥粒を保持するボンド(長石、陶石、粘土、フリットなど)を混合攪拌機中で混合する。次に、その混合物を金型に装填したあとにプレスして砥石を成形する。成形された砥石は乾燥工程を経ることで形状が崩れにくくなり、必要に応じて砥石に形状をつける生仕上げを行う。その後、単独窯やトンネル窯などを用いて砥石を焼結させる焼成工程があるが、ビトリファイド砥石は約1300℃で高温焼成することで、砥粒とガラス質のボンドを焼結させる点に特徴がある。焼結した砥石は常温まで冷却されたあと、面仕上げ、穴仕上げ、外周仕上げの順に仕上げ工程を経て、必要な形状に仕上げられて

完成する。完成した砥石は寸法検査や平衡度測定、回転試験などで品質と安全性が確かめられたあとユーザーへと出荷される。

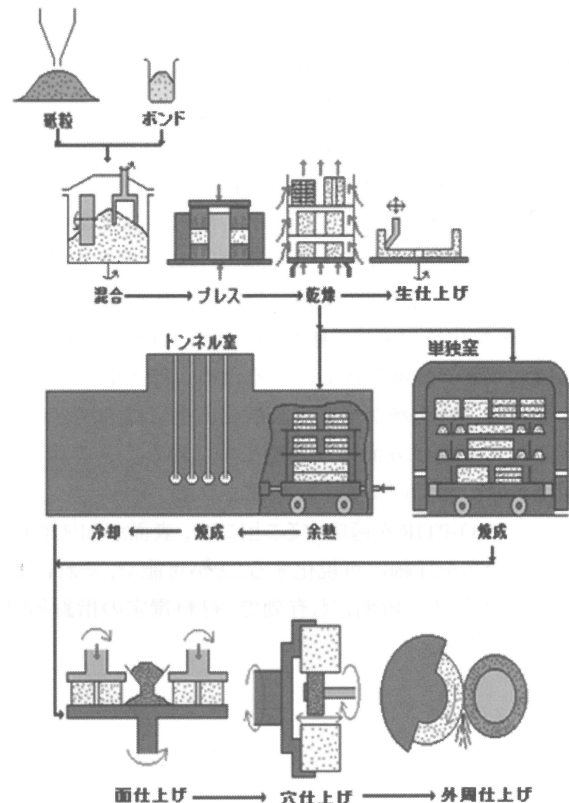


図1 ビトリファイド砥石の製造工程

3. ビトリファイド砥石の構造

図2にビトリファイド砥石とレジノイド砥石の構造を示す。前述したように、ビトリファイド砥石は高温焼成によって砥粒とボンドが化学的に焼結されてボンドブリッジ構造を取っており、砥粒と結合剤は強い力で結合していることに加えて研削油による劣化や経時変化も生じにくいという特徴をもつ。一方、レジノイド砥石は樹脂を主成分としたボンドの中に砥粒が埋め込まれて物理的に保持されているようなボンドマトリクス構造をとる。このような砥石構造の差によってビトリファイド砥石はさまざまな研削加工への適性をもつ。

* 株式会社ノリタケカンパニーリミテド: 〒496-0005 愛知県津島市神守町字二ノ割16-1

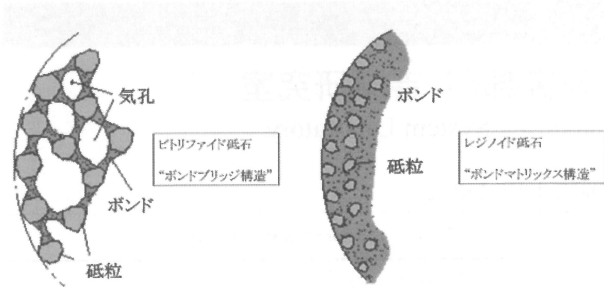


図2 ビトリファイド砥石とレジノイド砥石の構造

4. ビトリファイド砥石の適性

4.1 精密研削への適性

前述したように、ビトリファイド砥石は砥粒とボンドが強い力で結合しており、高弾性率であり形状の変化が少ないためドレッシング(目直し)された面を維持したまま加工をすることができる。そのため、砥石の自生作用を強く働かせるレジノイド砥石と比較してワークの寸法精度や表面粗さの維持性に優れており、精密研削に適しているといえる。筆者らはビトリファイドボンドとレジノイドボンドの特徴を比較するために、ボンドの種類のみを変更した砥石を用いて、湿式円筒プランジ方式で研削性能を評価した。表1に加工条件を、図3に試験結果を示す。図3はワーク削除量の指標である砥石単位円周長さあたりの研削代断面積を横軸に、ワークの表面粗さRaと砥石の半径摩耗量を縦軸にとり、ビトリファイド砥石とレジノイド砥石の研削性能の推移を表している。砥粒の種類や粒度、組織などの基本的な砥石の構成は同一であることから、ドレッシング直後はビトリファイド砥石もレジノイド砥石もほぼ同等の表面粗さで加工することができている。ところが、研削を続けていくとレジノイド砥石は自生作用を発揮して砥石摩耗量が増加し、ドレス面が目替わりしてしまうことで表面粗さが右肩上がりになっていく。一方、ビトリファイド砥石は砥粒とボンドの結合力の強さで、表面粗さを維持することができている。また、ビトリファイド砥石の砥石摩耗量はレジノイド砥石と比較して約10分の1で収まっていることから、ワークの寸法精度の維持に期待ができることがわかる。

4.2 ワーク形状に対する適性

ビトリファイド砥石は砥粒とボンドが強く結合しているながらも、ボンド自体はガラスであるため、被ツルーイング(形直し)性が良いという特徴もある。そのため、ネジ研削やタービンブレードのセレーション部のような総型研削加工においてはビトリファイド砥石を用いることで、砥石の成形が容易であるにもかかわらず、ワークの寸法精度の維持を図ることができる。

また、図2で示したようにビトリファイド砥石は多くの気孔をもつ構造であることから通液性が高く、加工点への研削油の供給が容易である。そのため、各種溝加工やクランクシャフトのショルダー研削など、研削油の供給が困難な形状のワークに対して効果的に研削油を供給することができ、寸法精度の維持やワークの焼け防止を期待することができる。とくに研削焼

けの懸念のある加工においては、気孔径を大きくしたり、気孔率を高めて砥石を粗組織化したりすることで、より一層の効果が期待できる。

表1 加工条件

研削方式	円筒プランジ研削
砥石周速度	33 m/s
ワーク周速度	0.33 m/s
研削能率 Z'	1.0 mm ² /s
取り代	Φ0.500 mm
スパークアウト	10 rev.
ドレッシングリード	0.040 mm/r.o.w.
ドレッシング切込み量	0.010 mm
ドレッサ	□0.8 単石ドレッサ
ワーク材質	SCM435(焼入)
ワーク硬度	HRc 48±2
研削油	水溶性研削油

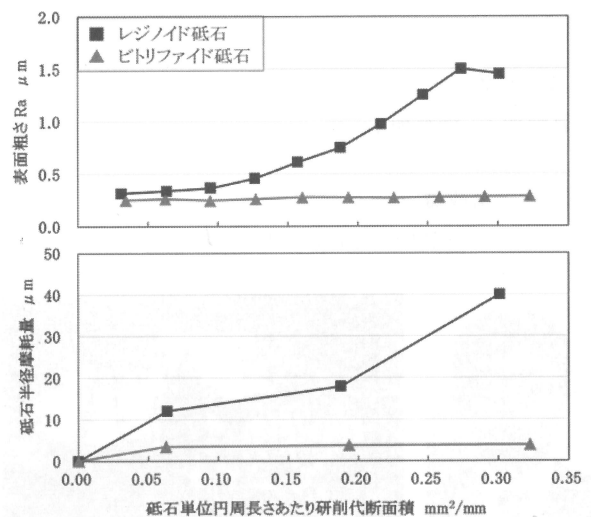


図3 ビトリファイド砥石とレジノイド砥石の研削性能

5. おわりに

本稿ではビトリファイド砥石についての特徴とその構造に起因する適性について解説した。ビトリファイドボンドに限らず、砥石にはそれぞれ特徴があるため、その特徴を理解して用いることで、砥石は最大限の性能を発揮できる。

6. 参考文献

- 1) 井上 孝二:ビトリファイド研削砥石,セラミックスアーカイブズ No.8, (2008), 666.
- 2) 水谷 元哉:研削砥石概説—研削砥石の分類と構造—,トライボロジスト, 63, 3, (2018), 133.
- 3) 中央労働災害防止協会:グラインダ安全必携,第1版第1刷,(2017),64.