

砥石の構造(その7): 気孔の種類とその適性

藤井 大輔 (株式会社テイケン)

1. はじめに

1.1 砥石の要素としての気孔

気孔は砥石を構成する要素の1つであり、その役割は、研削くずを排除するための空隙として作用することはよく知られている。また、組織とも関わりが大きく、組織が粗な砥石ほど気孔を多く含む場合が一般的である。

とくに組織のごく粗なもので大きな気孔のあるものを多孔性砥石(図1)と呼び、一般的に目づまり、研削焼けを防ぐために用いられるものであるが、強度が低く、高速では使用できないり、とされる。しかしながら、この言葉は多孔性砥石の一面面を表したものであり、気孔の多い砥石の説明とすると誤解を招く恐れがある。

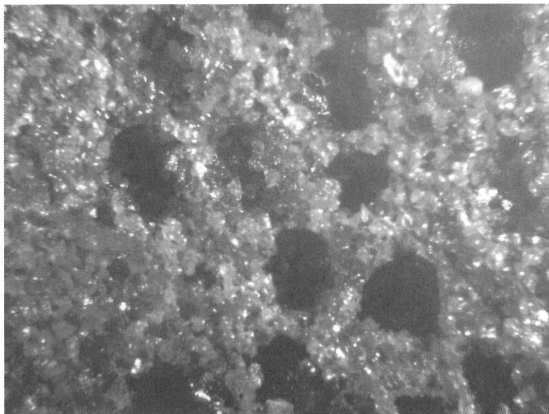


図1 多孔性砥石の表面

1.2 気孔の生成

一般砥石の場合、砥粒ならびに結合剤が主な構成要素だが、残りは気孔となる。このとき砥粒の自然充填率は砥粒のかさ(かさ比重/真比重)に依存し、砥粒のかさは粒度と砥粒形状に依存する。そのため自然に生成する気孔のみを含む砥石は組織ならびに結合度が非常に限定された範囲となる。先に述べた砥粒のかさによって、選択可能な組織は粒度ごとに異なり、基本的に粗目ほど密で細目では粗となる。このような事情から、極端に密な砥石には限界があるが、多孔性砥石をはじめとする粗な砥石は気孔を生成するための素材(以下気孔

材と称す)を添加することで製作することが可能となる。また、同一の粗な組織を得ようとした場合、細目よりも粗目の方が多くの気孔材を導入する必要があり、その結果、同一結合度、同一組織において、元来低くなりやすい粗目の最高使用周速度がさらに低くなることから、選定、使用時に注意を要す。

超砥粒ホイールの場合、一般砥石よりも保持力を要するために結合剤の量が多く、気孔を含有させることが難しい。とくにレジノイドホイールやメタルホイールは、その構造から気孔を含有させることが困難であるが、この場合ドレスによりチップポケットを設けることにより、気孔の代用とすることが一般的である。

ビトリファイド砥石に使用される気孔材は、焼成時に燃焼ないし昇華することで空隙となる物質を用いることが一般的である。古くは木粉やクルミ殻粉末などの天然素材が使用されていたが、現在は合成樹脂やその他物質が用いられる。

とくにナフタレンは比較的扱いやすいことからよく用いられていた。しかしながら、多環式芳香族炭化水素(PAH)であることから発がん性が懸念され、EUでは規制物質とされたが、研削砥石の気孔材として除外申請された。日本国内においても、2015年11月に、炉材として用いられるリフラクトリーセラミックファイバーとともに特定化学物質に加えられた。

レジノイド砥石に使用される気孔材は、ビトリファイド砥石のような手法をとることが困難である。近い手法として、発泡スチロールの球を、硬化時の熱で収縮させることにより気孔を生成する方法があるが、圧力や溶剤に弱く、気孔内に残存する樹脂の球が傷の原因になることがあるため、用途が限定される。よって、一般的に用いられる気孔材は、使用前まで砥石内に残存し、使用時の衝撃によって脱落、気孔となるものが多い。一般的には粘土や研削助剤を顆粒にしたものが用いられる。

1.3 気孔の形態

自然に生成する気孔の形態は砥粒間の空隙であり、結合剤量が多量である場合を除き、隣接する気孔とつながりがある連通気孔である。一方、気孔材を用いて生成した気孔はその周囲の気孔と接触しないかぎり単独気孔となる。その形状は、ビーズや中空バルーンを由来とした球形のもの、顆粒を由来とした柱状のもの、破砕物を由来とした多角形・不定形のもの、ナフタレンなど化成品を由来とした針状・扁平状のものなどがある。これらは砥石の製法によって選択されるもので

* 株式会社テイケン: 〒737-2603 広島県呉市川尻町西6-1-40

あるため、意図的に形状を選択することは製法の変更を要す。古い世代の多孔性砥石²⁾は、大気孔の周囲に通常の組織が多く存在していることから、気孔同士のつながりが少なかった。新しい世代の気孔の多い砥石³⁾(図2)は、小径の気孔材を主に使用しており、組織が粗な砥石に見えないものもある。気孔の周囲の組織が粗であるため他の気孔とのつながりも多い。また、ビトリファイド結合剤の性能向上により、結合剤を減らすことが可能になったことから、従来と同結合度、同組織の砥石でも気孔量が増加しているものがある。このような構成の砥石の場合、従来の砥石よりも若干軽量であり、従来型の多孔性砥石ほどの強度の低下がないことから、一般的な砥石に近い使用周速を得られるものがある。

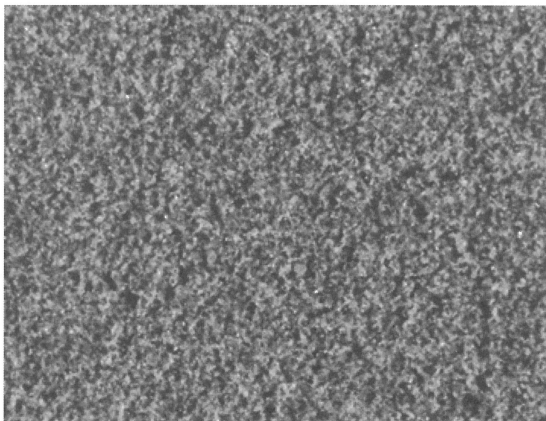


図2 新しい世代の気孔の多い砥石の表面

2. 気孔の効果

2.1 研削くずを排除するための空隙としての気孔

研削くずの大きさは、砥粒の接触孤の長さ、および砥粒切込み深さによるものである。この時の気孔は研削くず以上の大きさが必要である。しかし、横軸の研削盤は接触孤の長さに限りがあらず、生成した研削くずも遠心力により砥石表面より剥離しやすい。そのため、多孔性砥石がもつような大きな気孔は、研削くずを排除するための空隙として必要とされないことが多い。一方、横軸であってもクリープフィード研削などは接触孤が長くなりやすく、ダブルディスクグラインダーなど縦軸の研削盤は接触長に加え遠心力による研削くずの剥離の効果が小さい。このような場合は大きな気孔の効果が期待できる。また、樹脂やゴムのように、研削くずが熱もしくは力により熔融、固化する場合、大きな気孔でなければ研削くずの排出はできない。

2.2 被削材を冷却するための気孔

気孔は研削くずを排除する効果のほか、被削材を冷却する効果を併せもつ。とくに被削材が樹脂など熱可塑・可燃物の場合、熔融や火災、それを起因とする砥石の破壊に注意しなければならない。

湿式研削の場合、通常の供給法であれば通常の組織でもあまり問題になることはないが、気孔の増加は研削液の供給

点への到達を容易にする。円筒研削やセンタレスなど密な砥石を使用する場合でも、高性能な結合剤を生かし、従来と同等組織でも気孔を増やすことで熱変位を減少させ、ドレスインターバルの長期化が可能となる場合がある。一方組織粗になるほど砥石内部への研削液の含浸が多くなることから、使用後の振り切りが不十分だとアンバランスによる不具合を生じる。乾式研削の場合、旧来の多孔性砥石のような単独気孔に近い構造であっても、大気孔を含む場合は、その表面の凹凸により周囲の空気を流す効果は高く、樹脂やゴムなどの研削においてよく用いられる。

2.3 砥粒間隔を調整するための気孔

かつて難削材の加工には粗目の砥石を使用することがあった。これは組織が密でありながら、切れ刃間隔が広いことがその理由として挙げられる。従来型の多孔性砥石も使用されることあったが、現在は減少している。従来型の多孔性砥石は大気孔と通常の組織が混在した構造になっており、通常の組織の部分で不具合を生じやすいためである。一方、新しい世代の気孔の多い砥石は粗目の砥石と同様な切れ刃間隔に調整することで粗目に近い感触で使用可能となり、粗目よりも良好な面粗さを得られるようになる。これらの関係を図に示す(図3)。

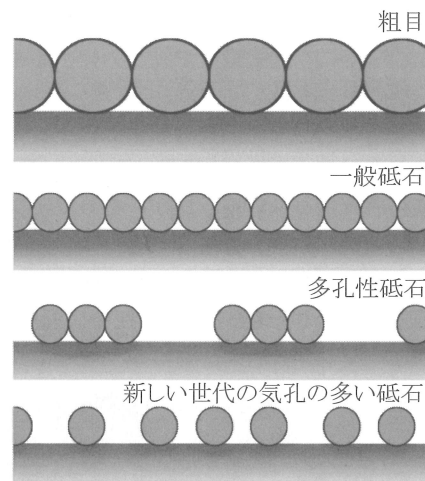


図3 砥粒間隔

砥粒間隔は均一であるほど性能向上がわかりやすいが、不具合を生じる前兆がわかりにくい傾向となる。そのため、わざと不均一にし、不具合の前兆がわかりやすいようにすることで、扱いやすい砥石となる。平面研削や歯車研削など、その砥石と被削材の接触面積が広がるほど新しい世代の気孔の多い砥石が生きる。一般的な研削における性能向上を図るにはこの砥粒間隔を考慮しながら選択することが重要となる。

3. 参考文献

- 1) 河村末久, 矢野章成, 樋口誠宏, 杉田忠彰:加工学基礎2 研削加工と砥粒加工 共立出版(1984),10.
- 2) 株式会社テイケン,PTトイシ:
<https://www.teiken-corporation.com/products/grinding/pt.html>.
- 3) 株式会社テイケン,ドルチェンリズ:
<https://www.teiken-corporation.com/products/grinding/dolce.html>.