

砥石の使い方(その1): 平面研削加工

由井 明紀 (神奈川大学)

1. はじめに

平面研削加工では、工作物の形状と加工目的に応じてさまざまな様式の平面研削盤が使用され、その研削方式の違いにより求められる砥石の種類と使い方は異なる。ここでは、横軸平面研削加工(狭義の平面研削加工, 成形研削加工, クリープフィード研削加工, スピードストローク研削加工)において、求められる砥石の選定と使用方法について解説する。

2. 横軸平面研削盤

横軸平面研削盤とは、砥石軸が工作物に対して平行な平面研削盤である。これは、工作物に対して寸法精度と表面粗さや平面度の創成を目的とする狭義の平面研削盤と、形状精度創成を目的とした成形研削盤に分類される。

前者は一般的な平面研削盤であり、角テーブル研削盤と円テーブル研削盤に分類される。角テーブル研削盤は500mm×200mm程度の小型のテーブル面積を有するサドルタイプの小型成形研削盤から、10m×3.5m程度のテーブル面積を有する大型のベッド研削盤までが含まれる。トラバース研削による平面創成を目的としている横軸平面研削盤の案内面はV-平またはV-Vのキサゲ加工によるすべり案内、あるいは高精度研削盤では静圧案内が採用されている。

円テーブル研削盤は、ロータリーテーブルにより高い平行度を得ることができ、テーブルを傾斜することにより凸または凹状の平面研削加工も可能である。いずれの平面研削でも、一般に加工面の表面粗さが小さく、鏡面になればなるほど加工面上にビビリマークが目立つようになる。そこで、十分な砥石バランスが必要で、不均一な砥石の使用は絶対に避ける必要がある。

横軸成形研削盤は、角テーブルに限定され、テーブル上に砥石成形装置を備えたものが多い。高い形状精度を得るのが目的であり、一般に表面粗さより形状精度が優先される。

2.1 平面研削用砥石

狭義の平面研削盤は、加工面の表面性状や平面度を得ることを目的とするため、切れ味のよい砥石を選定する必要がある。とくに、表面粗さを小さくしたい場合は、一般に微粒砥石(粒度番号が大きい)を選定する。微粒砥石は目づまりが

発生しやすいので、砥粒率の小さな多孔質砥石(組織番号が大きい)を選定するのがよい。

一方、高い平面度を得たい場合には比較的大きな粒径(粒度番号が小さい)で多孔質砥石を選定するのがよい。また、一般砥石では砥粒の脱落により加工面にスクラッチが発生しやすい。そこで、鏡面研削を目的とする場合は、金属材料においてもダイヤモンド砥石を使用することが推奨される。

とくに、硬脆材料の鏡面研削には、一般砥石ではなく、ダイヤモンド砥石が一般的に使われる。高い平面度を得たい場合や高能率に加工したい場合は、ビトリファイドボンドダイヤモンド砥石が適している。一方、表面粗さを小さくしたい場合は、レジノイドボンドダイヤモンド砥石が適している。

2.2 成形研削盤用砥石

成形研削盤は、高付加価値の高精度金型などの2次限の形状成形(中には3次元成形もある)を目的としている。狭義の平面研削盤と成形研削盤の外見は似ているが、成形研削盤はプランジ研削専用でトラバース研削をすることはなく(CNC研削盤では、いずれの加工も可能である)。テーブルの案内面も、一般にすべり案内よりボールガイドを採用し、加工面の表面性状より工作物の形状精度を重視している。

そこで、砥石は形くずれを嫌い、結合度が高く(Zに近い)で気孔率の小さい(組織番号の小さい)砥石を選定する。成形研削では、先鋭な刃先形状を有する砥石が多いので、その取り扱いにはとくに注意を要する必要がある。

一方、超硬合金などの硬脆材料の成形研削加工では、ダイヤモンド砥石が使われる。形状精度を重視するため、一般にビトリファイドボンドダイヤモンド砥石が使用される。

2.2.1 クリープフィード研削用砥石

クリープフィード研削は、図1に示すように大きな砥石切込み深さと低い工作物送り速度で、さまざまな断面形状を総形成する研削加工法である。ジェットエンジンのタービンブレードや油圧部品、

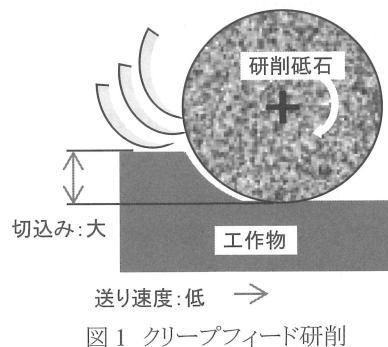


図1 クリープフィード研削

* 神奈川大学: 〒221-8686 横浜市神奈川区六角橋3-27-1

金型、工具などの他、超硬合金やセラミックス部品を高能率に加工することができる。加工中の砥石と工作物は常に接触しているため、一般的なプランジ研削と比べて砥石の工作物に対するアタック回数が極端に少なくなる。その結果、砥石作業面のダメージが小さくなり、比較的研削比は高くなる。

ところが、クリープフィード研削では、接触弧が長く、平均切りくず断面積が小さくなる。すなわち、砥粒の摩擦距離が長くなり、摩滅摩耗が発生しやすい。とくに研削油剤の供給が不十分だと、研削温度が上昇して摩滅摩耗が進み、研削抵抗が急上昇する。その結果、工作物表面に焼けや熱変形が生じやすくなる。そこで、耐熱合金などのクリープフィード研削ではアルミナ系あるいはセラミックス砥石などの破砕性に富み、切れ味の良い砥粒が選定される。

また、図 2(b)に示す組織番号の大きな多孔質砥石は、目づまりが少なく、砥石内部に研削液が入り込み、研削熱の発生を抑制する効果がある。なお、図 3 のように砥石の砥粒率は、独立して変化するものではなく、結合度および粒度によって相対的に変化する¹⁾。

近年ではクリープフィード研削に cBN 砥石も積極的に使用され、焼き入れ鋼、低合金鋼などの機械部品の高能率研削にも使われている。cBN は高温下でも硬度が低下しにくく、熱による劣化が進みにくいため、砥石回転数をあげることで砥粒 1 個にかかる負担を軽減し、砥石の寿命を長くすることもできる。近年では多孔質の cBN 砥石も実用化され、その適用範囲も広がっている。一方、ダイヤモンド砥石は高温に弱いため、総形クリープフィード研削には適さない。

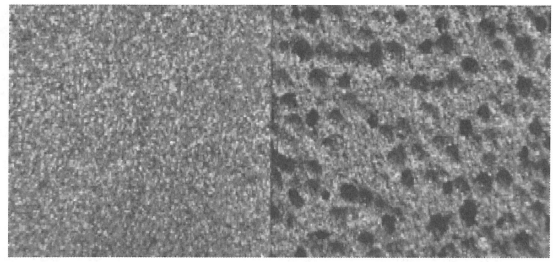
また、ドイツで開発された HEDG (High Efficient Deep Grinding) 加工では高剛性な研削盤に高圧注水を用いて cBN 砥石により高砥石切込み、高工作物速度を実現し、極めて高い加工エネルギーを実現している²⁾。

2. 2. 2 スピードストローク研削用砥石

近年、成形研削では、スピードストローク研削が注目を浴びている。スピードストローク研削は、比較的短い工作物を高速往復させながら小さな砥石切込み量、あるいは連続的に砥石切込みを与え、加工する方法である³⁾。前述のクリープフィード研削とは全く違った思想の加工方法で、総形プランジ成形や、単純形状砥石によるコンタリング研削による 3 次元形状の総形加工法である。ジェットエンジンのタービンブレードや、金型、工具などの高能率研削加工に使用されている。

スピードストローク研削では、テーブルまたは工作物が加減速を繰り返すため、切りくず断面積は常に変化する。さらに、クリープフィード研削と比較して、切れ刃となる砥粒のアタック回数が飛躍的に多いので、砥石の自生発刃が促進され、砥石の切れ味が持続する。すなわち、砥粒の摩滅摩耗は比較的起こりにくいが脱落しやすい。そこで、多孔質砥石より比較的結合度が高い砥石が適しており、とくにビトリファイドボンドの超砥粒砥石は、推奨される。

表 1 に、加工法別砥石選定の目安を示す。加工目的や加工方法に応じて適切な砥石を選択することが望まれる。砥石の選定は、加工条件や研削盤そして工作物により複雑に絡み



(a) 一般砥石 (b) 多孔質砥石

図 2 多孔質砥石 (出典:京浜工業所)

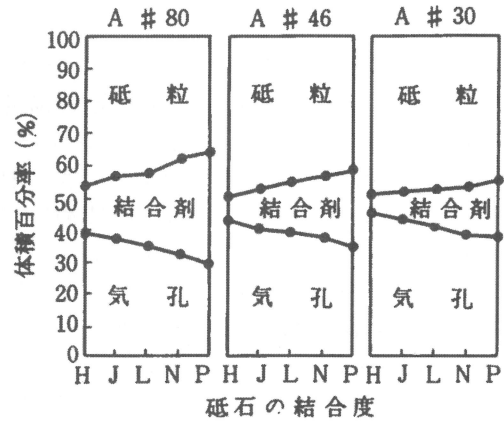


図 3 ビトリファイドボンド砥石の結合度と体積百分率の関係¹⁾

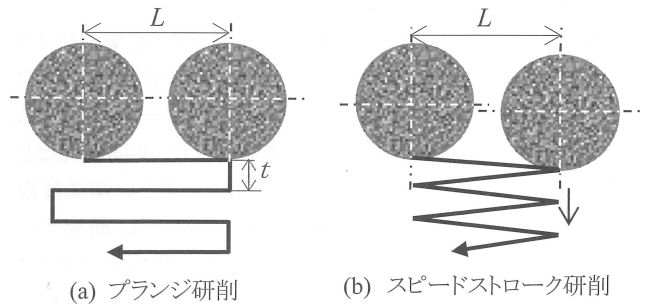


図 4 プランジ研削とスピードストローク研削³⁾

表 1 加工法別の一般砥石選定目安

	砥粒	組織	結合度
総形成形研削	微粒	緻密	高い
クリープフィード研削	破砕性	多孔質	比較的低い
スピードストローク研削	セラミックス	多孔質	比較的高い
高速研削	cBN	—	高い
平面研削(鏡面)	微粒	多孔質	—
平面研削(平坦度)	破砕性	多孔質	低い

合っており、簡単ではない。同じ型式でも製造メーカーによって加工性能は大きく異なる。教科書や本特集記事のデータはあくまでも砥石選定の参考であり、工作物、加工条件、そして研削盤に合った砥石を選択いただきたい。

3. 参考文献

- 1) 奥山茂樹, 宇根篤暢, 由井明紀, 鈴木浩文, 機械加工学の基礎, コロナ社(2013),123.
- 2) 松尾哲夫, 精密工学会誌, 58. 4(1992), 5.
- 3) A.Yui, et al.:Development of dead-end grinding machine with linear moter driven table, Proc. of ASPE,(2001),445.