

砥石の使い方(その2):円筒研削

太田 稔 (京都工芸繊維大学)

1. はじめに

円筒研削は平面研削や内面研削と並ぶ基本的な研削方式の1つである。円筒研削で特徴的なことは、工作物形状などに応じてさまざまな研削盤が円筒研削から派生していることである。例えば、万能研削盤、歯車研削盤、ねじ研削盤、カムシャフト研削盤、クランクシャフト研削盤など数多くの特徴的な研削盤がある。本稿では、一般的な円筒研削盤に絞って、円筒研削で使われる砥石の特徴や使い方のポイントについて、基本的な事項を述べる。

2. 円筒研削の諸形式

円筒研削には工作物の形状や作業に応じてさまざまな形式がある。円筒研削の諸形式を図1に示す。(a)ブランジ研削((d)総形研削も含む)、(b)トラバース研削((e)テーパ研削も含む)は代表的な円筒研削方式である。アンギュラー研削は砥石軸を傾け、円筒研削の弱点である端面研削やショルダー研削を容易にした研削方式である。また、コンタリング研削はCNC研削盤により可能となった研削方式で、工作物外形に沿いながら研削を行う。それぞれ、用途に合った砥石が用いられるが、これらの作業で砥石を選定あるいは使う場合に、とくに注意すべき基本的な事項を次章以降で述べる。

3. 研削の基礎理論から考える円筒研削用砥石

円筒研削における砥石の使い方について、研削基礎理論

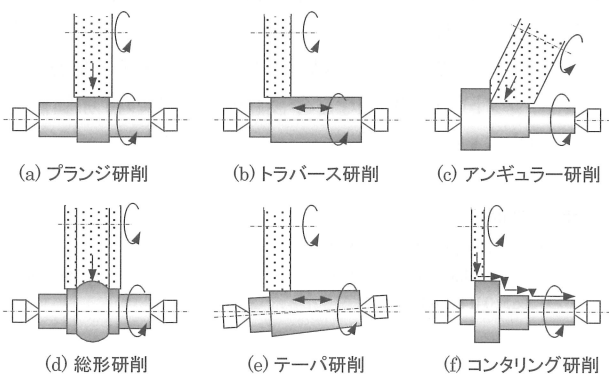
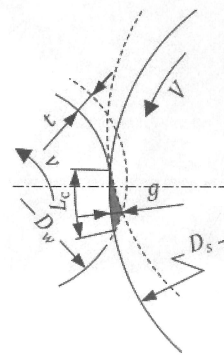


図1 円筒研削の諸形式

から考えてみたい。図2に、円筒研削における砥石と工作物の幾何学的干渉状態を示した。



t : 半径切込み深さ
 L_c : 接触弧の長さ
 D_s : 砥石直径
 D_w : 工作物直径
 g : 最大砥粒切込み深さ
 a : 連続切れ刃間隔
 v : 工作物周速度
 V : 砥石周速度

図2 砥石と工作物の幾何学的干渉状態

研削現象を考えるうえで重要な接触弧の長さ L_c 、最大砥粒切込み深さ g は、それぞれ、(1)式、(2)式のように表される。

$$L_c = \sqrt{t \left(\frac{1}{D_s} + \frac{1}{D_w} \right)} \quad (1)$$

$$g = 2a \frac{v}{V} \sqrt{t \left(\frac{1}{D_s} + \frac{1}{D_w} \right)} \quad (2)$$

(1)、(2)式から、工作物の直径が小さくなるにつれて、接触弧の長さ L_c は小さく、最大砥粒切込み深さ g は大きくなり、砥石の作用の仕方が変化するので注意が必要である。とくに、最近では、グライディングセンターによる円筒研削も行われており、砥石直径が小さくなるため、さらに注意が必要となる。

また、一般的に、研削加工では加工所要動力 P は接線研削抵抗 F_t と砥石周速度 V の積で、(3)式のように表される。

$$P = F_t \cdot V \quad (3)$$

円筒研削では、工作物支持剛性が低くならざるを得ないため、同じ加工所要動力(同じ加工能率)で加工するためには、接線研削抵抗 F_t を小さくして、砥石周速度 V を大きくすることが効果的である。この点に円筒研削で高速研削が多用される理由がある。すなわち、円筒研削では、高速研削用砥石の使い方が重要になる。

* 京都工芸繊維大学名誉教授: 〒239-0812 横須賀市小原台36-6

円筒研削の特徴	現象, 問題	砥石の使い方, 作業上のポイント
研削の形式から ・砥石回転方向前面で作業 ・工作物支持剛性が低い ・独特な研削方法 ・プランジ研削 ・トラバース研削 ・コンタリング研削 ・砥石側面での端面研削	・砥石の破壊による危険 ・工作物の弾性変形 ・びびり振動 ・研削抵抗大 ・切込みの仕方 ・砥石の偏摩耗 ・精度確保と砥石の破壊	・作業位置 ・砥石の最高使用周速度のチェック ・切込み速度の調整 ・送り速度の調整 ・トラバース研削の切込み位置 ・摩耗を考慮した砥石形状 ・側面凹形状の砥石整形法と送り条件
研削理論から ・工作物直径により最大砥粒切込み深さが大きく変化 ・砥石周速度が大きいほど有利		・工作物直径に応じた砥石と研削条件の選定 ・砥石周速度の高速化による抵抗の低減(高速研削用砥石の活用)

図3 円筒研削の特徴から考える砥石の使い方と作業上のポイント

4. 研削の特徴から考える円筒研削用砥石

ここでは、円筒研削の代表的な特徴や研削理論から、研削現象や作業上の問題を考える。それらの問題に対する砥石の使い方や作業上のポイントを図3に整理した。とくに、円筒研削の最大の特徴である工作物支持剛性の低さは、独特な研削方法(プランジ研削、トラバース研削、コンタリング研削、砥石側面での端面研削)と合わせて考える必要がある。

以下に、独特な研削方法に対する砥石の使い方の例を示す。トラバース研削の例では、工作物の弾性変形による加工精度の問題に対して、図4に示すように、左右端での砥石の切込み位置を工作物端面から砥石幅の1/3程度はみ出すのが適当とされている。また、コンタリング研削では、図5に示すような砥石の偏摩耗が発生する。ある程度摩耗が進行すると、一定の形状に収束しその後はほぼ類似形状で摩耗が進行するという特徴をもつ。そこで、最初から摩耗形態を考慮した砥石形状に整形することで安定した研削が可能になる。図6は、円筒研削が不得手な端面研削の例を示す。砥石側面を使うことは避けるべきであるが、円筒外周面と端面の直角度を確保するため、できるだけ小さな取り代で端面研削が行われる。通常は、図6(a)のように、平形砥石の側面を凹型に整形して、砥石外周エッジ部で端面研削を行う。工作物との接触面積や送り条件など、極めて繊細な作業となるので、十分な熟練が必要である。このような熟練作業が困難な場合、アンギュラー研削で外周面と端面を研削する方法が一般的である。また、図6(b)に示すように隅Rが必要な場合、肩R砥石での隅R+端面研削が行われる。砥石と工作物端面の接触面積が増えると、研削焼けが発生しやすくなるため、砥石の選定や、研

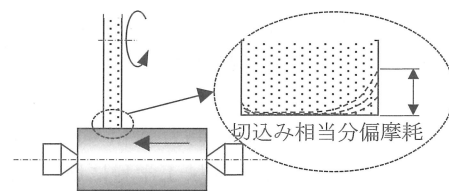


図5 コンタリング研削時の砥石摩耗

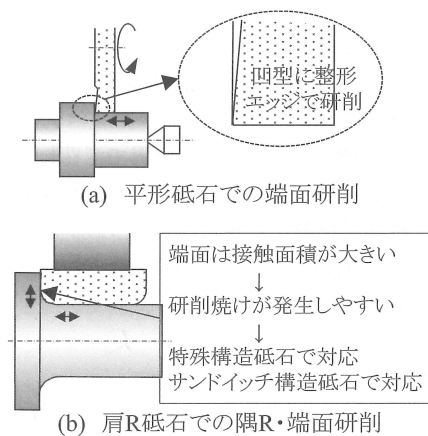


図6 円筒研削での端面研削

削液供給、ツルーイング・ドレッシング方法などの検討が必要になる。

最後に、円筒研削で効果的な高速研削用砥石について触れておく。高速研削用砥石の使用にあたっては、最大使用周速度の理解は当然のこと、コアの材質、遠心力や研削液供給による砥石の変形、動バランスのとり方など、使用に際しては十分な理解と確認が必要であり、万が一の砥石破壊等の問題への対応策もきちんと考えておく必要がある。

5. おわりに

円筒研削における砥石の使い方について、研削の基礎理論を背景にしながら、特に円筒研削特有の研削形態での基本的な対応を述べてきた。紙面の関係で代表的な例をあげることはできていないが、参考になれば幸いである。

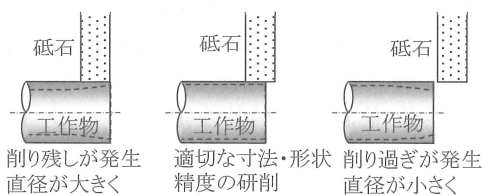


図4 トラバース研削での砥石の切込み位置