

基礎加工学

第6週: 研削加工 I (研削理論)



鈴木 孝明

087-864-2343 (大学居室)
087-887-1873 (FROM香川)
suzuki@eng.kagawa-u.ac.jp
http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~suzuki/



4

研削加工



P.117

研削加工とは高速(普通は またはそれ以上)で
回転する円形の研削砥石で工作物を削る加工法

刃数が非常に多い によるフライス削りとよく似ている



7

研削の特徴 (フライス削りに比べて)



- 砥粒切刃は鈍い形をしている。すくい角は一般に で、逃げ角は であることも多い。
 - 比切削抵抗や比切削エネルギーが切削に比べて非常に大きい(20倍以上)。
 - 逃げ面での摩擦力も大きい。
 - 以上の結果、 が多く、 しやすい。
 - 切りくずを出さずにただ摩擦するだけの上すべりをおこしやすい。
- 砥粒切刃は粒状の3次元形状をもつから、前方に切りくずを出すだけでなく、側方にも盛り上がりや2次元的な切りくずを出す。
- 砥粒切刃は工作物表面に対して非常に小さい角で進入する。すなわち切込角が小さい。これもおすべりをおこしやすくする。
- 多数の切刃が少しずつ削る。切取厚さは非常に薄い(以下が多い)ので切削抵抗の寸法効果が現れる。
- 切刃の形状や配列はランダムなので、個々の切刃が削る部分の形や仕上面の粗さ曲線もある範囲内で変動する。
- 砥粒切刃は研削によって磨耗、破碎、脱落などをおこし、砥石表面は刻々変化する。



10

研削理論



(2) 3次元的にみた形状

各切刃は の溝を作るように削り、仕上面に細長い研削溝を残す。

- 工作物の縦断面(砥石軸に垂直な断面)は、各切刃は砥石径にほぼ等しい径の円弧を描く。
- したがって隣接する2つの円弧の最低点の距離は λ に等しい。
- 各研削溝の横断面の形は各切刃の断面形状に等しい。
- 砥石作業面上の有効な切刃密度(単位面積当たりの有効切刃数)を C とすると、研削仕上面にはこれが 倍に濃縮されて転写されるから、仕面上の単位面積当たりの研削溝数は となる。したがって、研削溝を上からみたときの面積の平均値はその逆数の となる。
- 切刃が鈍化して輪郭が扁平になると、研削溝は短く幅広く浅くなる。すなわち C は同じでも連続切刃間隔 λ は短くなる。



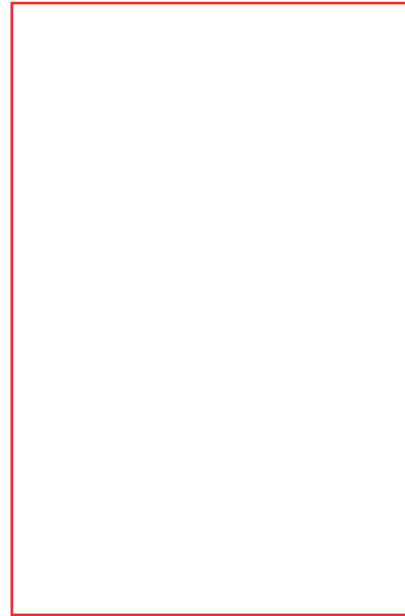


(3) 切刃密度

切刃密度は、切刃の形(鋭利さ)とともに、砥石作業面の幾何学的特性を示す最も重要な因子である。すなわち切刃密度が高ければ、多数の切刃が少しずつ削るから、各切刃に加わる力は小さく、仕上面粗さも小さくなるが、切りくず収容空間は小さくなる。

切刃密度に関する一般的な傾向

- A) 切刃の先端の位置は同一レベルにそろっていることはなく、最外層からある深さまでの間に分布している。したがって累積切刃密度()は、深さとともに増し、飽和する。
- B) ていねいにドレッシングすると、切刃が狭い範囲内に集中するから、一般の研削条件に対しては、累積切刃密度が増す。
- C) 砥石ほど切刃密度は高い。



- ①
切削工具の切れ刃に相当し、工作物の微小切込み切削を行う。
- ②
砥粒の保持・連結を行う。
- ③
砥粒による微小切込み切削時に発生する切りくずを一時ためておく空間で、チップポケットになる。湿式研削の場合には、研削油剤のたまり場にもなる。

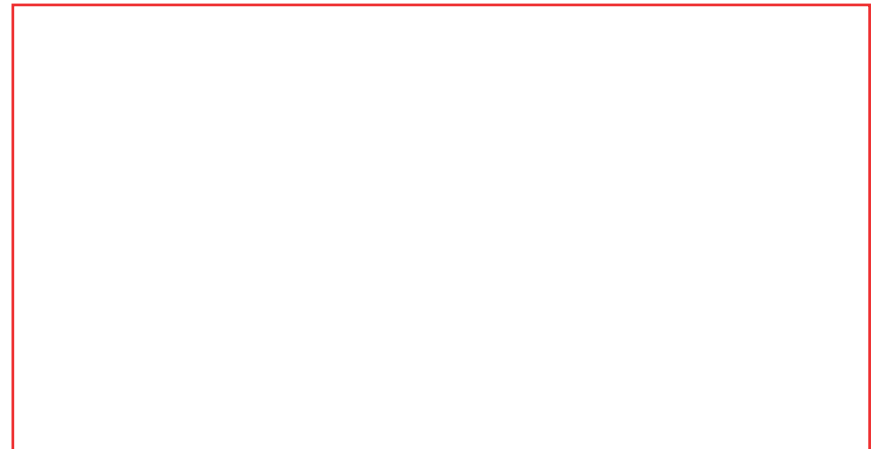
図 8.1 研削砥石を構成する3要素



- (1) 砥粒の種類
- (2) 粒度(砥粒の大きさ)
- (3) 結合剤の種類
- (4) 結合度(砥粒保持力の程度)
- (5) 砥石の組織



アルミナ(Al_2O_3)の結晶を電気炉の中で加熱熔融し、添加物を加え、徐冷して結晶構造を変えた種類を作る。





高価ではあるが、

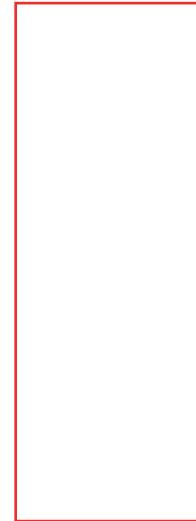
- ①硬質材料を加工できる
- ②砥石の減耗が少ない



砥粒の大きさとその分布

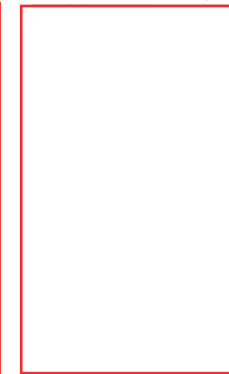
粗粒

表 7.2 粗粒の粒度



微粒

表 7.3 微粒の粒度と平均値 (μm)



粒度は研削能率や研削仕上げ面粗さに影響を及ぼす。

荒加工では[]が重要で、仕上げ面粗さや加工精度はあまり問題にならないから[]が使われる。仕上げ加工ではその反対であるから[]な粒が使われる。

粒度番号が大きくなると砥粒径は小さくなる。



一般砥石用結合剤	ビトリファイド (V)	ガラス質
	レジノイド (B)	フェノール樹脂
	ゴム (R)	
	マグネシア (Mg)	
超砥粒砥石用結合剤	レジノイドボンド (B)	
	メタルボンド (M)	
	ビトリファイドボンド (V)	
	電着メタルボンド (P)	

()内は JIS 記号



[]に広く用いられる。

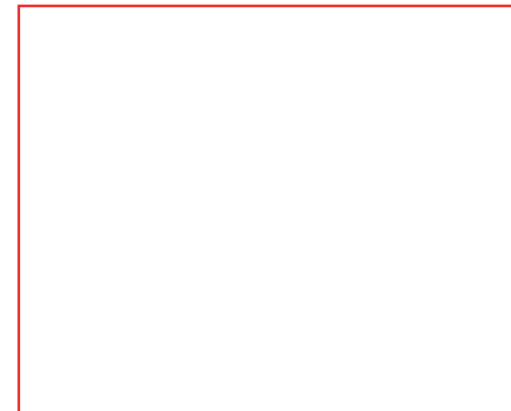
- 熱に強く、研削液に対して安定
- 砥粒の保持力が強い
- 研削抵抗による弾性変形も少ない
- ×引張りや曲げに弱く、衝撃によっても脆性破壊をおこしやすい

[]として広く用いられる。

- 引張り、曲げ、衝撃などに強い
- △弾性変形しやすいので、製品の角がだれるなど加工精度の点でやや劣るが、なめらかな光沢面は得やすい。
- △砥粒の結合力は小さく、また熱にも弱いので、砥粒は脱落しやすいが、目づまりや目つぶれはおこりにくい。

銅、黄銅、ニッケル、鉄などの金属を結合剤に使う。

- 砥粒の保持力が強いので、もっぱら []



砥粒が埋め込まれた状態になりがちであるから、砥粒はよく保持されるが、砥石としての []はよくない。

砥粒が単一層だけ並んだ電着砥石が作られる。これは全砥粒が有効に使えて経済的であるだけでなく、砥粒の突出量が適当であれば []もよい。

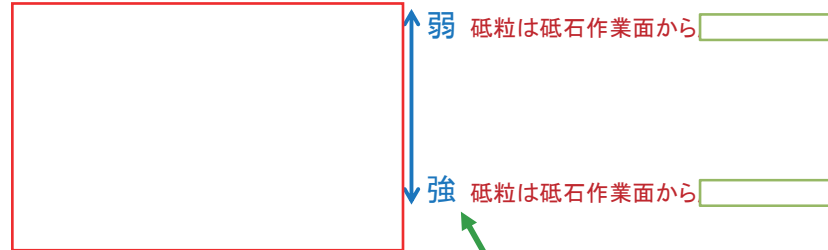
メタルボンドは、硬結合度で []が良好なため工具研削、切断用砥石の結合剤として使用されている。メタルボンド砥石は目直し・形直しが困難であるのに対し、 []砥石は比較的容易に行える。





結合剤が砥粒を保持する強さの程度をアルファベットで示したもの。

表 8.1 砥石の結合度

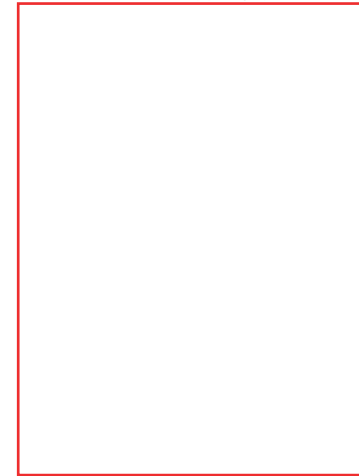


砥石の形状・寸法は保ちやすいが、磨耗した砥粒も脱落しないので、砥石の切れ味が低下し、熱膨張や研削焼けをおこしやすい。



砥石の中に砥粒が密に詰まっているか、粗で間隔が広くあいているか

表 8.2 組織と砥粒率



砥粒率（見掛けの体積の中で砥粒が占める体積の割合）

組織が0に近づく砥石は、砥粒と砥粒の間隔が狭くなり組織が密になる。

[]を使った方が仕上面粗さが小さく、砥石の減耗も少ないので精密な研削ができるが、[]で重研削には向かない。



[] (ドレッシング)

目つぶれや目づまりなどにより切れ味の鈍化した砥石作業面の砥粒、溶着金属を削り落として、新しく鋭い砥粒切れ刃ならびにチップポケットを作り出すことによって切れ味を回復する作業。

[] (ツルーイング)

砥石作業面を砥石軸に対して同心に整形する作業。

[] (forming)

総形研削用砥石、ねじ研削用砥石、歯車研削用砥石などを要求される形状に成形する作業。一般砥石の場合、形直しあるいは成形と目直しは同時に完了することが多い。

これらの作業を行う工具をドレッサと呼ぶ。



単石ダイヤモンドドレッサは比較的大粒(1/3~3カラット)のダイヤモンドを1個だけホルダに固定したもの

小粒のダイヤモンドを数~数十個適当な配列で焼結金属中に埋め込んだ多石ダイヤモンドドレッサ

#20以下の細粒を金属粉と混ぜて焼結したインプリドレッサなども使われる





自由に回転できる焼入鋼または超合金製のロールで、これを適当な荷重で砥石作業面に押し付け、一緒に低速(30~100m/min)で回転すると、砥石表面の突起が圧縮破壊をおこし、鋭い切刃が出現する。

ロールの径は小さい方が砥石との接触面積が小さくなるから、面圧が上がり、能率はよいが、磨耗による直径減がはげしくなる。

なお、クラッシング中には研削液を注いで破碎砥粒を除去することが必要である。

クラッシングロールは多山ねじ研削砥石その他の複雑な断面形状の総形砥石の整形によく使われる。ダイヤモンドドレッサを使った場合より砥石の切れ味がよくなるが、仕上面粗さや形状精度の点でやや劣る。

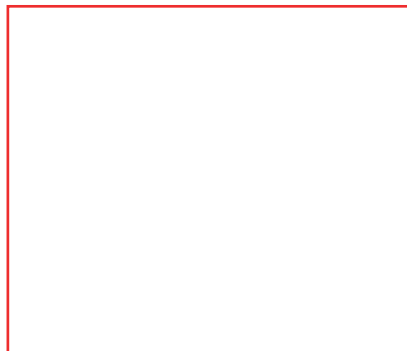
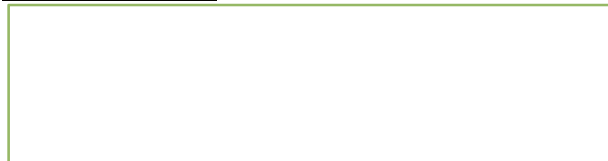


- ロールの表面に小粒のダイヤモンドを多数埋め込んだ焼結体。
- クラッシングロールと同様に使われるが、磨耗量が少ないので高精度で高能率のドレッシングができる。
- 非常に高価であるから、大量生産の場合にしか使われない。



砥石にアンバランスがあると回転中に振動をおこすから、仕上面が悪くなる。

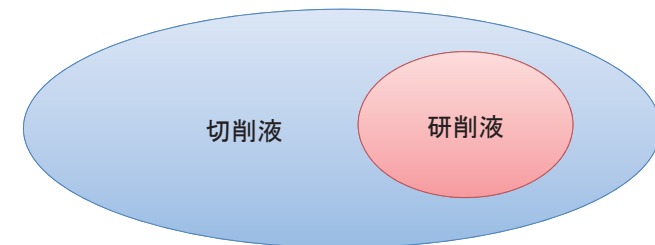
アンバランスの原因



形直しをした後の砥石に残るアンバランスを除くためには、バランスウェイト付フランジを用い、バランス台上で円形溝の中の2または3個のバランスウェイトの位置を調整する方式が広く使われている。



研削中に研削点近傍に注ぐ研削液



切削液と同じ機能を有する。研削液の特徴は、

- ① 研削では切削に比べて単位除去体積当たりの消費エネルギー、したがって発熱量が大きいので、研削焼けや割れを生じやすく、高精度加工では熱膨張を極力防がねばならぬこともあって、研削液には冷却機能がとくに重要である。したがってほとんどの場合、が使われる。
- ② 砥粒の破片や切りくずが仕上面を傷つけないように流し去ることも重要な機能である。そのために多量の液を流すので、使うことになり、その清浄化のためのフィルタや沈殿槽の性能が問題になる。
- ③ 切りくずの砥石への溶着を防ぎ、目づまりをおこさないようにする機能も要求される。

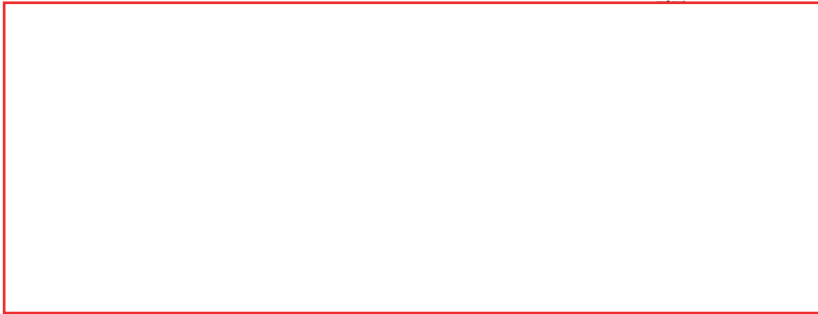




高速で回転する砥石の周囲にはこれについて回転する空気層ができるので、研削液を普通に注ぐ程度では研削点まで到達させることはむずかしい。とくに多孔質のビトリファイド砥石は遠心ポンプのような機能を持ち、中心部の側面から吸い込んだ空気を外周から吹き出すので、ますます研削液を寄せつけない。したがって普通の研削盤作業では研削液は研削点の周辺を冷却しているにすぎない場合が多い。

対策法

- 1) 邪魔板を使って空気層を除く。
- 2) 高圧(0.5MPa以上)でノズルから噴出する研削液で空気層を吹きとばす。
- 3) 特殊な砥石フランジを使って、砥石の中心近傍から研削液を供給し、砥石の遠心ポンプ機能を利用して外周から流出させる。



1. 外径200mmの平形砥石を3000rpmで回転し、切込み10 μ m、工作物速度12m/minである材料を平面研削した。その仕上面に作られた研削溝を観察した結果、平均長さは0.6mm、溝数は35個/mm²であった。この仕上面を作った砥石の有効切刃について、下記諸量の平均値を求めよ。(a)連続切れ刃間隔、(b)切込み角、(c)接触弧長さ、(d)最大切取厚さ、(e)有効切刃密度、(f)研削幅が10mmの場合、同時に研削している切刃数。[94mm, 6×10^{-3} rad, 1.7mm, 8.5 μ m, 0.22個/mm², 3.7個]
2. 砥粒切り込み深さを小さくするに従って、研削加工面は平滑になる。どのような砥石を使用し、どのような条件で加工を行えば平滑な加工面が得られることになるか。
3. 砥石表面の切刃密度は研削作用にどのような影響を及ぼすか。
4. ある研削加工で研削焼けがおこった。これを防ぐための具体策を簡単なものから順に列挙せよ。

