



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



本日の内容

- 具体的な研削装置の種類と特徴
- 砥石の寿命
- 加工表面の性状



工作物の 、、、 などに応じて使い分ける

砥石の使用面 { 外周: が得やすい、
端面: が得やすい、

砥石軸の方向 { 水平 (横軸)
垂直 (立軸)

工作物の運動 { 直線往復: が得やすい、
回転: が得やすい、



平面研削盤のテーブルに鉄系の工作物を取り付ける



砥石には直流電源を必要とする電磁石よりは、永久磁石が使われることが多い。吸引力は 以上と規定されている。

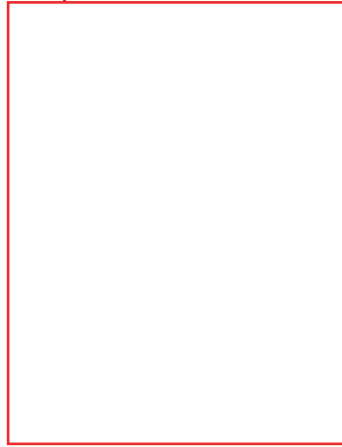
磁気チャックの特長

- 1) 工作物の着脱をレバー本で簡単に行える。
- 2) が不要で薄板も固定できる。
- 3) 両面を高精度で平行に仕上げられる。





なるべく短時間で正しい寸法に仕上げるためには、砥石台の切込速度を変化させる。



砥石の切込みを [] に、または [] 状態で研削を続けることで、寸法精度と仕上面粗さを向上する。

図 8.12 プラズマ研削における砥石台への切込みの与え方と工作物寸法の関係



- [] に対しては非常に高能率かつ高精度の加工を経済的に行える。
- × [] の製品しか加工できない。(キー溝などがあるとその反対側がふくらんでしまう。)
- × 少量生産には不経済である。
- × 等径ひずみ円(おむすび形)を生じやすいので、適当な防止策が必要である。



すきまより少し小さい素材をのせる。素材の直径がすきまと等しくなれば []、加工が自動的に終わる。

素材は、[] 砥石に近い表面速度で回転しながら、高速で回る [] 砥石で研削される。



心無し研削

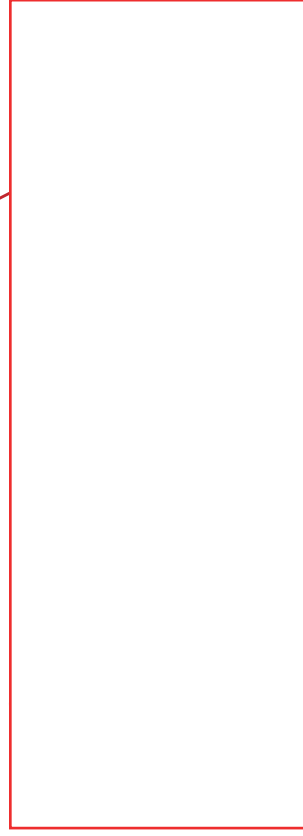
円周上の2点または3点を拘束し、製品を回転したとき、その表面が必ずその2または3点上にあるようにするもの。中心を積極的には決めない。

普通切削(三次元切削)

円形の中心と刃先との距離によって半径がきまる。



受板を使って工作物の位置を上げ、中心に対してなす角が180°より [] ようにする。



工作物の回転にともなう支点と研削点の関係が A:B→B:C→...と移ってゆくため、加工前の凹凸が順次平均化され、真円に近づいてゆく。



工作物が2つの砥石の間を軸方向に通し送り始めるように送りを与える方法

の軸を砥石車の軸に対して少し(2~6°)傾け、工作物に軸方向の速度成分を与える。

は工作物に接する部分が砥石車の軸と平行な直線になるように整形するため、その表面は、ややになる。



砥石にプランジ研削と同様な切込み方向の送りを与える

その他の複雑な形の工作物
通し送り法は適用できない
→送込み法が使われる

小径穴の内面研削での問題

- 砥石軸のしがちで、研削抵抗による弾性変形や振動のためにしやす。一方で、研削抵抗を減らすために砥石の、能率が下がる。
- 砥石がよい切れ味を保つためには30m/s程度の周速が必要であり、小径の砥石にはが必要になる。ベルトを使う駆動方式では5000rpm程度が限界であるため、高周波モーターや空気(または油圧)タービンによる直接駆動方式の高速回転砥石軸(6~15万rpm)を使わなければならない。
- 砥石径が小さいと、単位体積当たりの砥石磨耗に対する砥石のが大きいため、から、。



特殊研削法

工具研削盤 (バイト、ドリルなどの切削工具の研削)

切削工具独特の複雑・微細な幾何学的形状を研削する。

- 工具製造時にメーカによって研削される場合
- 使用後にユーズによって再研削される場合

砥石および研削条件の選定項目

- 切削工具である工作物は、である。
- 高速度工具鋼(ハイス)の研削では、硬さが低下しないようなで作業する必要がある。

そこで、超砥粒砥石を使用し、湿式研削される場合が多い。

- 高速度工具鋼のような鉄系工具の研削:
- 超硬合金やセラミックスのような非鉄系工具の研削:



(1) 研削比

$$\frac{\text{研削体積}}{\text{砥石の減耗体積}} = G$$

- 精密研削
Gが□以上であるのが普通。
- 自由研削などの荒研削で時間当たりの研削体積を重視する場合
Gは□程度の小さい値であることが多い。



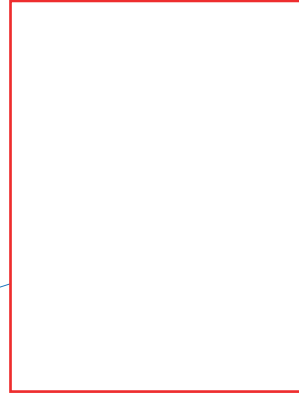
(2) 目直し間寿命: □の间隔

寿命の表示: 寿命に達するまでの研削時間、研削体積、研削個数など

- 目つぶれや目づまりによって□すると不具合がおこる。
 - びびり振動の発生とその結果である仕上面のびびりマークの発生
 - 研削焼け
 - 研削抵抗の背分力の増大による工作物のたわみに基づく寸法精度の低下
 - 工作物の熱膨張によるオーバーカット
- が、研削仕上面の粗さの増大を招く。
 - 砥石作業面に少数の硬い砥粒が突起として残る。
(仕上面には斑点状のくぼみができる。)
 - 砥石が軟らかすぎて、研削方向の溝ができる。
(仕上面にも研削方向の溝ができる。)
 - びびり振動によって砥石作業面に波状のうねりができる。
(仕上面にびびりマークができる。)
- 砥石の□のくずれ
 - 砥石が一樣に減耗しないと工作物の形状精度が低下する。
 - ブランジ研削における砥石のエッジの減耗が特に問題になる。



研削方向の接線分力 F_t



作業面に垂直方向の
垂直分力 F_n

研削抵抗分力の意義

- : $F_t v_s$ 、
□: $F_t v_w$ 、
いずれも接線分力に比例する。
- 全駆動動力 $F_t(v_s + v_w)$ の100%近くは研削点で熱になり、温度上昇と熱膨張の原因になる。
- 垂直分力 F_n は、工作物、砥石、砥石軸などを変形させ、寸法精度が低下する。



- 単位体積を研削するに要する動力を比研削エネルギー

$$u = \frac{F_t v_t}{abv_w}$$

$a = \text{切込み}, b = \text{研削幅}$

砥石の表面状態、研削条件、被削材質などによって大きく変化するが、切削の場合の比切削エネルギーの□であるのが普通である。その理由には、

- 砥粒切刃は鈍い形をしている(すくい角が著しい負角)
 - 上すべりに浪費されるエネルギーも大きい
 - 個々の切刃が削る厚さが非常に薄い
- u が大きいにもかかわらず、砥石を高速回転して v_t/v_w を大きくするために、比研削抵抗の□は小さい。
 - 2分力の比 F_n/F_t は、□という大きい値をもつ。これは砥粒切刃のすくい角が著しい負角であるためである。
(切削ではこの比は普通は□で、すくい角30°付近では0になる。)
 - 細かいドレッシングをしたり、研削によって目つぶれをおこしたりすると、 F_t, F_n はともに増大する。





【焼入鋼】
研削量が増すと砥石が[]をおこし、抵抗が増大

【軟鋼】
[]が鋭くため、抵抗は変化しない

ドレッシングの送り量が小さいときやスパークアウトドレッシングを行うと切削抵抗が増す。



研削仕上加工は、 R_{max} で普通：[]、鏡面：[]もある。
研削仕上面は、砥石作業面上に並ぶ切刃群の形が転写されて作られる。

粗さを小さくする方法

- ① 砥石は、切刃密度を高くするために、[]がよい。
- ② ドレッシングは切込みと送りをなるべく小さくして行う。
- ③ 研削条件としては、 v_w をなるべく大きくする。
- ④ トラバース研削では送り量を小さくし、プランジ研削ではスパークアウト研削を行い、[]を大きくする。
- ⑤ 正常研削がなるべく長く続くような条件を選ぶ。砥石が目こぼれをおこすと仕上面粗さは増大するし、目つぶれをおこすと最初は粗さが減るが、やがて増大する。
- ⑥ の条件と①～④とは矛盾することが多いので、砥石の目直し間寿命時間の設定も含めて、どの辺で妥協するかは総合的判断を要する問題である。



- ⑥ []ようにする。
 - ・ 砥石などの回転体のアンバランス、床の振動などによる強制振動 → []の除去または隔離
 - ・ 砥石の切れ味不良と表面状態のムラ → []
 - ・ 工作物とその支持系、砥石軸などの剛性不足 → []
- ⑦ 砥石作業面に被削材が溶着して仕上面にムシレや盛り上がりが生ずるのを防ぐため、[]
- ⑧ 切りくずや脱落砥粒が仕上面に傷をつける場合、十分ろ過した研削液を多量に注いでそれらを流し去る。



研削熱による工作物の温度上昇がはげしいと、工作物表面が変色する。

変色は、金属の表面にできる薄くて透明な酸化膜で生ずる光の干渉。

色は膜厚と母材の色とよってきまる。

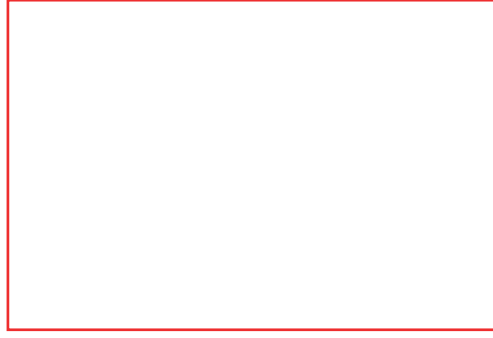
鋼の場合、[]に増加する間に、

その表面の色は

薄黄→わら色→褐色→紫→青→薄青

の順に変化する。

酸化膜の厚さは温度だけでなく、その温度に保たれた時間によっても変わるから、焼けの色から簡単に[]を推定することはできない。しかし、伝熱条件が類似している場合には、[]の高低を定性的に比較することは可能。



研削熱による工作物の温度上昇が上げると、工作物表面が変色する。

研削による工作物表面層の加工変質層の複合要因

- ① 研削焼けをおこすような温度上昇は、を変化させ、硬度を変化させる。
 - ② 塑性流動がおこり、をおこす。
- 加工変質層は、切削と同様に、をともなう。製品の疲労強度の低下を防ぐためには、最外層に圧縮応力を残したいが、のかね合いが微妙に変化する。制御が困難。
- むしろ加工変質層の発生をなるべく少なくして残留応力を減らす方が安全。
- ① 砥石作業面を状態に保つ。
 - ② 砥粒切り込み深さが小さくなるような研削条件を選ぶ。
 - ③ 有効な研削液を多量にそそぐ。



研削作業は人命にかかわる重大な事故をおこすことがあるので、安全に関する十分な知識と注意が必要である。

(1) 砥石の破壊

砥石は高速で回転させるから、遠心力によって引張応力がはたらく。引張応力によって破壊しないように、砥石には最高使用周速度が指定されており、製造時にはその1.5倍の速度で検査されている。

ビトリファイド砥石は、密度は比較的高く、しかもクラックが生じやすいから、破壊の危険性が高い。

砥石の中に存在するクラックを発見する簡便な方法にがある。砥石を中心穴で支持して軽くたたくと、正常ならば澄んだ音がするのに対し、クラックがあると反射による高調波を含むために濁った音がする。



(2) 砥石おおい(カバー)
砥石の破壊による飛散を防ぐため、研削盤には開口部を必要最小限にした砥石おおいをつける。(労働安全衛生規則に基づいた規格)

カバーの材料には引張強さのほかに伸びも要求されるので、一般に圧延鋼板が使われる。

(3) 工作物の保持
工作物の保持が不完全であると、研削抵抗によって工作物が飛んだり、傾いて砥石に食い込んで砥石を破壊させるなどの重大事故を招く。

工作物を磁気チャックで保持する場合には何らかの安全対策が必要である。



1. 研削砥石の目つぶれ状態および自生作用について述べよ。
2. 研削砥石(半径200mm)の速度が45m/s、工作物(半径40mm)の速度が0.9m/sで、砥石切込み速度が工作物1回転当たり5μmであるプランジ研削において、最大切りくず厚さ、切りくず長さ、および、切込み角を求めよ。ただし、連続切れ刃間隔は5mmであるとす。[1.55μm、0.64mm、 2.88×10^{-3} rad]
3. 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。
4. 砥石おおいには鑄鉄でなく鋼板が一般に使われるのはなぜか。

