研削中の砥粒におよぼす研削液の作用

正野 崎 友 信* 重 松 日 出 見*

Action of Grinding Fluid on Abrasive Grain in Grinding

Tomonobu SYONOZAKI, Hidemi SHIGEMATSU

This experiment was carried out on the action of the grinding fluid on the abrasive grain in grinding by a special method in which only one cutting grain remained on the circumference of grinding wheel.

The following conclusion was obtained :

Grining with grinding fluid produces more fracture on the abrasive grains compared with dry grinding. Moreover, the tendency of grain fracture depends upon the lubricating, wetting and cooling action of grinding fluid.

1. 緒 言

最近では研削加工における研削液の作用について、それぞれ異なつた角度から色々な実験が行なわれ研削液の研削加工におよぼす効果は、きわめて著しいものである事が認められている。しかしながら、研削中の研削砥石の切れ刃である砥粒におよぼす研削液の作用についての定性的な事はいまだに明らかでない。

一般の研削においては、研削中の砥粒形状はまちまちで、しかも破碎、目つぶれ、目つまりなどの現象が生じて砥粒先端の切れ刃形状は刻々変化しており、その上研削液の潤滑性、浸透性、冷却性が作用してますます複雑化されている状態では、研削液の砥粒におよぼす作用を明確に把握する事が困難である。

図 1 試験砥石外観

そこで本研究は特殊な方法を用いて研削中の砥粒におよぼす研削液の作用を究明する事を目的として行なつたものである。

2. 試験砥石形状

1号平形の研削砥石の円周面にある数多くの砥粒の中から1個の砥粒だけを円周面に残した、いわゆる単粒の状態で行なう。

試験砥石の外観を図1に示す。

このように砥石の円周面に砥粒1個を残す方法は図2に示したように、まず砥石幅の両側を落して凸状にする

図 2 砥石円周面に1個の砥粒を残す方法

*1)。そして、凸部の円周面に配列されている砥粒分布の状態を調べて、比較的大きな気孔中に存在している砥粒gを見つけてその周囲の砥粒をたがねを用いて削り落した後、残りの凸部を落せば砥石の円周面上に1個の砥粒gを残す事が出来るのである。

このような方法で砥石の円周面に1個の砥粒を残すには細粒や軟かい結合度の砥石は不適当であるが*2)、実際的には粒度30以下、結合度K以上の砥石であれば可能である。

以上のような方法で砥石の円周面に残した1個の砥粒の顕微鏡写真の一例を示したのが図3(a)である。

なお図3(a)に示した砥粒顕微鏡写真撮影装置および撮影方向を図3(b)(c)に示す。

この方法による実験では、砥石円周面に残す1個の砥粒の形状、特に砥粒切れ刃の先端形状を毎回一定にする事は不可能であるが、しかしながら一般の研削の場合で

*1) 平のままたがねで削り落した場合、円周面の凹凸が甚しく砥石の静的平衡が取りにくくなるためにあらかじめ凸状にしている。

*2) 結合度が軟かくても粗い粒度の砥石であれば砥石円周面に1個の砥粒を残す事は可能であるが、研削を行なつた場合脱落してしまう事が多い。

顕微鏡による砥粒観察を容易ならしめるために砥粒近傍を白ラックで塗布している。

図 3a 砥粒顕微鏡写真

1. 砥石
2. 顕微鏡 (A, B, C 方向撮影)
3. // 取付け (D, E 方向撮影)
4. 光源
- 5, 6. 位置決め基準板

図 3b 砥粒撮影装置

図 3c 砥粒撮影方向

も砥石円周面の数多くの切れ刃となる砥粒の形状は全て異なつた状態で、しかも研削中の砥粒先端は時々刻々変化している。したがつて本実験の場合、一般研削と異なる点は砥粒切れ刃間隔が大きく、砥粒切込み深さが増大する事と、さらには目つまり現象が全く生じない事である。

3. 実験条件

使用機械	超精密平面研削盤 (岡本工作機械製 PSG-6B)
使用砥石	A-16-P-m-V
砥石寸法	205mm×19mm×50.8mm
加工材	SK-2 (焼鈍 R _B 92)
加工材寸法	長さ 50mm 幅 16mm
砥石周速度	1900m/min~1840m/min
切込み深さ	0.020mm, 0.015mm
送り速度	2.6m/min~2.4m/min
研削液	乾研削 水道水 水溶性研削液 Emulsion Type×50, Soluble Type ×80 60 スピンドル油 不水溶性研削液
給油量	2.5l/min

4. 砥粒先端形状 (切れ刃形状)

本実験においては上記のように円周面に残す砥粒の形状を毎回一定にする事が不可能であるために、砥石の円周面に残す1個の砥粒による実験を多数回行なつて加工材の砥粒研削痕を触針式あらさ計で測定して、砥粒切れ刃の先端形状 (研削方向に直角に投影した場合) を調べた。その結果を大別したのが図 4(a)(b) である。

砥粒先端形状は図 4(a)(b) に示したような単刃と複刃の2種類に別ける事が出来る。しかもこのような砥粒先端の形状は研削中に破碎を生じて、たとえば研削初期において単刃であつたものが複刃になり、また逆に複刃

表 1 研削液の性状

研 削 液	表面張力 (dyne/cm)	摩擦係数 (曾田式振子Ⅱ型)	主 成 分 (%)	含有極圧添加剤
水 道 水	72.0	0.21		
Emulsion Type	33.0	0.14	鈹 油 87 活 性 剤 10	塩素化合物
Soluble Type	35.9	0.14	輸入品のため不明	
60 スピンドル油	30.0	0.41		
不水溶性研削液	28.0	0.17	鈹 油 94 植 物 油 2	塩素化合物 硫黄化合物

図 4a 砥粒研削痕顕微鏡写真

図 4b 触針式あらさ計による砥粒研削痕

図 4c 破碎による砥粒先端形状の変化

であつたものが単刃になる場合、さらには砥粒先端角も変化して研削が行なわれている事が考えられる。

5. 砥粒の破碎状況

4で述べたように砥粒の先端形状は主に破碎によつて

変化している事が考えられるので、研削時における砥粒破碎状況について調べた結果を図5に示す。

図5(a)の砥粒破碎の顕微鏡写真では、大破碎を起こしたものについては明瞭に判別出来るが、微細破碎やさらには破碎の過程については明らかでない。そこで、破碎個所の砥粒研削痕を触針式あらさ計で測定してその形状から調べた結果、研削時の砥粒破碎状況は次の2種類に大別される。

(I) 大破碎：図5(b)

(i) 砥粒先端が切込み深さ以上に破碎される場合（最初に加工材と接触した瞬間に破碎される場合と研削中に突然破碎されて砥粒研削痕が消滅する場合）

(ii) 先端形状が著しく変わる場合

(iii) 先端形状が著しく変わらない場合

(II) 微細破碎：図5(b)

先端形状は殆んど変わらず切込み深さが僅かに減

少する場合

砥粒の強度、先端形状、研削条件、加工材質などの変化によって砥粒の破碎も異なる事は勿論であるが、いずれにしても研削中の砥粒破碎状況は前記2種類の破碎の単独、あるいは連続的な破碎過程をへて切込み深さならびに砥粒研削痕幅の減少、さらには砥粒先端形状も変化している事が考えられる。なお、破碎された砥粒が図5(c)(d)(e)に示しているように、加工面上で転がる場合と圧碎される場合とがあり、破碎された個所の加工面にはかなり深い砥粒きずが生じている場合がある。

6. もり上がり

単粒実験において、砥粒研削痕の周囲にもり上がり現

(a) 砥粒破碎顕微鏡写真

砥粒研削痕が研削中に消滅した場合

先端形状が著しく変る場合

先端形状が著しく変らない場合

微細破碎

(b) 砥粒破碎触針式あらさ計による砥粒研削痕

象が生じる事はいままでの実験で認められているが¹⁾、研削液の種類によってもり上がりに差異を生じるものと考えられる。

最初に述べたように本実験では実際の砥石の円周面に毎回1個の砥粒を残して実験を行なうために砥粒の先端形状を毎回一定にする事は不可能である。このため1個の砥粒で研削液を変化させても、砥粒の先端形状が変わらなければ定量的に研削液別もり上がりの差異を求めて比較する事が可能と考えられる。

そこで、まず次のような実験を行なった。

図6(a)に示したように一方向から一定切込みをあたえて研削を行なう方法で、研削した砥粒研削痕を触針式

(c) 破砕砥粒が加工面で転がった場合

(d) 破砕砥粒が加工面で圧砕された場合

(e) 破砕砥粒による加工面に生じたきず

図 5 砥粒破砕状況

あらさ計で測定した結果、図 6(b) に示したように $n=3 \sim 4$ で砥粒の破砕もなくなつて切込み深さも研削初めと研削終わりとはほとんど変わらず、かつ砥粒先端形状もほぼ一定となる。したがつて、このような方法で砥粒の初期破砕をなくした状態で、一定切込み深さをあたえたまま同一方向から不溶性研削液、水溶性研削液、乾研削の順に行なつた結果を図 7(a)(b) に示す。

ところが、図 7(a)(b) から明らかなように、砥粒先端形状、切込み深さがほぼ一定であるにもかかわらず研削長さ 10 mm の研削初めと研削終わりとは、もり上がりの高さ形状が異なっている。

そこで、各研削液の砥粒研削痕を 1 mm おきに触針式あらさ計で測定した結果の一例を図 8 に示しているように、もり上がりの高さ(ならび形状も)は場所によつてまちまちである。このため、もり上がりの部分を顕微鏡で観察した結果、図 9 に示すように触針式あらさ計でもり上がりとして現われる部分は切り屑である事が判明した。

この結果、たとえ真のもり上がりが生じているとしてもかなり僅かのもので、このように研削痕の両側に付着している切り屑がきわめて大きな因子として研削作業に影響するものと考えられ、さらにもり上がりと研削液の関係には規則的な関連性はないようである。

7. 研削液別砥粒破砕状況

研削液を使用した場合、乾研削に比べて砥

- 1 で切込みをあたえて研削を行ない、
- 1' で砥石軸をあげる。
- 2 で再び 1 と同一切込みで研削を行ない、
- 2' で砥石軸をあげる。
- 3 で再び 1 と同一切込みで研削を行ない、
- 3' で砥石軸をあげる。
- 4, 5, 6 は一定切込みをあたえたまま一方向から行なう。

図 6a 実験方法

*3 初期破砕の影響をなくす場合に乾研削で行なうと、砥粒先端に溶着金属が認められる。したがつて、不溶性研削液を用いた状態で行なつた。

図 6b 触針式あらさ計による砥粒研削痕

粒破碎が多い事が考えられるので、次のような実験を行なった。

最初に、砥粒に一定切込み深さ (20μ) をあたえたまままで研削を行なつていけば、砥粒の破碎と共に切込み深さも減少するはずであるから、一定研削回数おきの砥粒研削痕を触針式あらさ計で測定して切込み深さを求め研削液別砥粒破碎状況の傾向を示したのが図 10 (a) である。

上記のように、この実験は毎回砥粒の先端形状が異なっているため各研削液別の実験回数を非常に多くして行なった結果、全般的に図10(a) に示した傾向で破碎を生じて切込み深さが減少する場合が多い。たとえば、乾研削、水溶性研削液 (Soluble Type)、不水溶性研削液の場合、100 個の砥粒について行なった中、約 70% の砥粒が図10 (a)、約 20% の砥粒が図10(b) で示した傾向で破碎して切込み深さが減少する。残りの約 10% の砥粒は殆どの場合最初に加工材と接触した瞬間に切込み深さ以上に破碎されてしまう。^{*4)}

このように、同一研削液で砥粒破碎状況が2本の曲線の傾向にある事は砥粒形状の違いの影響が現われているものと考えられる。

なお、ドレッシングされた砥粒とドレッシングされていない砥粒の破碎状況にたいしての差異は認められなかった。

研削液別砥粒の破碎状況は乾研削、不水溶性研削液、水溶性研削液の順に破碎が多くなっている。^{*5)}

研削初期において、乾研削、不水溶性研削液、水溶性研削液共に破碎が多い事は、製粒工程における亀裂、ドレッシングによる砥粒の亀裂などの影響によるものと考えられる。

初期破碎後の乾研削においては、砥粒の破碎も少なくなりある研削回数の間は切込み深さの減少も僅かであるが、しかしながら砥粒先端を顕微鏡で観察すると図 10

図 7 研削液別もり上がりの状態

図 8 もり上がりの状態

*4) 結合状態が弱いため脱落する場合もある。

*5) 切込み深さを 0.005mm に減少して行なった結果でも同じ傾向を示す。

図9 砥粒研削痕顕微鏡写真

(d) のように金属の溶着が認められる場合が多い。

また図 11 に示した切り屑の顕微鏡写真からも、乾研削の場合発熱の大きい事が推察出来る。

つぎに研削液を使用した場合にはいずれも乾研削に比べて砥粒の破碎が多く、切込み深さの減少が著しい。

この事は、砥粒のような脆性物質にたいしての熱衝撃効果と疲労破壊効果による影響で砥粒の結晶破碎、あるいは存在クラックなどによる破碎をより多くしているものと考えられるが、いずれにせよ研削中における砥粒におよぼす研削液の作用として、砥粒の破碎を多くする事は確かである。

さらに、不水溶性研削液に比べて水溶性研削液の方が砥粒の破碎が多い事は脆性物質にたいしての研削液の冷却性の相違の影響によるものと考えられるが、水道水にたいして水溶性研削液、60スピンドル油にたいして不水溶性研削液を用いた場合に、砥粒の破碎が多い事は研削時において砥粒研削局部により浸透して作用するために破碎を多くしているものと考えられる。

以上の事から研削液の潤滑性、浸透性、冷却性の相違によつて研削中の砥粒破碎状況が異なる事から、研削液の砥石の目つまり、目つぶれにおよぼす効果と共に、砥粒の破碎による新生刃の顕出にたいしても研削液の潤滑性、浸透性、冷却性の多少によつて適当に調節する事が可能であるという考え方が研削液の今後の問題の基礎となるのではないかと推定する。

8. 結 言

以上のような特殊な方法による実験結果より次の事が明らかになった。

- (1) 研削中の砥粒先端形状は単刃と複刃の2種類に分けられる。
- (2) 研削中の砥粒は大破碎、微細破碎を起こして切込み深さ、砥粒先端形状も変化している。
- (3) 破碎砥粒が加工面上で転がる場合と圧碎される場合とがある。
- (4) 砥粒研削痕の両側に不規則に切り屑が付

図 10a 研削液別砥粒破碎状況

図 10b 研削液別砥粒破碎状況

図 10c 研削液別触針式あらさ計による砥粒研削痕

図 10d 砥粒顕微鏡写真

着していてもり上がりと研削液の関係は規則的な関連性はなく、付着切り屑が研削作業に大きく影響するものと推定される。

- (5) 研削中の砥粒におよぼす研削液の作用として乾研削に比べて砥粒の破碎を多くする。
- (6) 研削液の潤滑性、浸透性、冷却性の相違によつて研削中の砥粒破碎状況の傾向が異なる。

終わりに本研究は文部省科学研究費(総合研究)の援助によるものである。(1962, 4月13日受付)

実験条件

砥石周速度 1900m/min
送り速度 2.6m/min
切込み深さ 0.015mm

乾(溶融して丸まっている)

水道水(焼けている)

水溶性研削液 (Emulsion×30)

不水溶性研削液

0.3mm

図 11 砥粒研削切り屑

文 献

- 1) 竹中規雄：単粒による研削抵抗，砥粒加工研究会会報，3巻3号(1959)。
吉川弘之： //