研削砥石の目つまりの研究(I)*

——目つまりの測定方法について——

重松 日出見**

Loading of Grinding Wheels (I)

——On the Measurement of Loading——

Hidemi SHIGEMATU

The loading of grinding wheels generated in grinding have various harmful consequence for the grinding resistance, surface layer, grinding efficiency and surface finish.

This article describes the method of measurement of loading by means of the back scattering of β -rays and some test results.

It was found that the back scattering of grinding wheel change considerably by the classification of abrasive materials, grain size and bond, or percentage of grain and bond, porosity, etc.

1. ま え が き

研削中の研削砥石に生じた目つき現象が研削加工上いろいろな悪影響を有することは数多くの実験結果で指摘されている。例えば目つきが生じると切りくずの排出が困難になり、砥石面への切りくず溶着も生じて砥粒切れ刃が鈍化する一方、研削熱、加工面温度、研削抵抗ならびに加工変質層などが増大し、研削能率や加工精度は低下し、さらには研削焼けや研削割れなどを生じる原因となる。

ところがこのようないろいろな悪影響を及ぼす目つまりの定性的、定量的な研究はきわめて少ない。これは研削砥石の砥粒や気孔の形状、大きさやその分布状態が一様でない上に、さらには研削中に砥粒の破碎(自生発刃も含む)や脱落および砥粒切れ刃の目つぶれなどが生じて目つまりの状態も時々刻々変化しているために目つまりの定量的な測定がきわめて困難な問題があったことに起因するものと考えられる。

そこで筆者らは先に研削中の砥粒に及ぼす研削油剤の作用について明らかにしたが²⁾、研削油剤の目つきに及ぼす作用もまたきわめて大なるものがあり、したがってその影響度を求めるために目つまりの定量的な測定方

法についていろいろと検討した結果、放射性同位元素の線源による、すなわち β 線***の後方散乱を利用すれば目つまりの状態変化の定量的測定が可能であることが明らかになった。

本報では測定方法および砥石の種類と後方散乱強度について述べる。

2. 測 定 方 法

β 線の後方散乱を利用してめっき層や塗料層などの厚さの測定が行なわれているが、この散乱形 β 線厚み計の原理の概略を示すと図1のように β 線源と検出器を試料に対して同じ側におき、試料によって後方散乱された β 線が検出器に入る。

いま試料の厚さを変えた場合に試料から散乱される量は図2に示すように試料の厚さが増すと共に増加し、その後飽和に達する。したがって飽和になるまでは試料の厚さは散乱量に関係するから散乱量によって試料の厚さ

A: β 線源
B: 検出器
C: 試料

図1 β 線後方散乱厚み計

*精機学会秋期大会(昭和40年11月,京都)にて発表。

**神奈川大学工学部

*** γ 線でもよい。

を知ることができる。そこで研削砥石面に生じた目つまり層の測定を β 線の後方散乱を利用して行なった。

図3に示しているように研削砥石面は砥石層(A)と目つまり層(B)の原子番号の異なった2層となる。この場合の β 線の後方散乱量は図4に示すような曲線になる。すなわち砥石層のみの場合には砥石層の厚さと共に散乱量は増し、ある厚さ以上になると散乱量は飽和に達する。この状態で研削を行なって目つまり層が生じると散乱量が変化する。例えば加工材の原子番号が砥石よりも大きければ散乱量は増し(図4のB)、小さければ減少する(図4のB')。

3. 放射線源(β 線)の種類

3.1 後方散乱率と β 線のエネルギー

後方散乱率は図5に示すように β 線のエネルギーに関係する。つまり目つまり層のような厚さが、かなり薄いものでは β 線のエネルギーが1 MeV以上の線源では十分な散乱を生ぜず、透過するのが増すので散乱率は減少する。

3.2 飽和后方散乱と β 線の飛程

後方散乱を利用しての厚み測定では図4のように飽和后方散乱に達すれば測定不可能となる。この飽和后方散乱の厚みは試料(加工材)の種類や目つまり層の大小などには無関係で放射線源の種類に関係する。つまり目つまり層の測定範囲は β 線源の飛程によって決まってくる。飛程と飽和后方散乱厚みとの関係は

$$R_s \div 6\sqrt{R}$$

$$R_s: \text{飽和后方散乱厚さ, } \text{mg/cm}^2$$

$$R: \text{飛程, } \text{mg/cm}^2$$

$$R = 407 E_{\max}^{1.38}$$

$$E_{\max}: \text{最大エネルギー, MeV}$$

以上の事柄と、さらに人体への影響、半減期などを考慮して本実験の β 線源は“Krypton85”を採用した。

線源	原子番号	半減期	壊変型	エネルギー	飽和后方散乱厚さ
^{85}Kr	36	10.3年	β^-	0.666MeV	91.3mg/cm ²

4. 測定装置

装置の外観を写真1、略図を図6に示す。

図6において真鍮容器中(C)に密封された ^{85}Kr 線源と計数管(E)を砥石面に対して一定距離で固定台(F)に取り付ける。そして砥石台(T)上の砥石の後方散乱強度を計数装置(M)で測定する。

図2 試料の厚さと散乱量

図3 β 線の後方散乱を利用した目つまり層の測定

図4 目つまり層と散乱量

図5 後方散乱とエネルギーとの関係⁸⁾

h : 砥石面と線源との距離
 H : 砥石面と計数管窓との距離
 l : 線源と計数管窓との距離
 L : 砥石面と遮蔽板の距離

図6 測定装置略図

5. 砥石面に対する線源と検出端 (GM計数管窓) の位置

図6に示した測定装置では3次元的*であるために散乱は各方向に生じており、しかも透過方向にも散乱(吸収)している。

したがって砥石面に対する線源と検出端の相対位置によって後方散乱の割合が異なってくる。そこで線源と検出端の距離をいろいろ変化させた場合の後方散乱強度を吟味した。

まず線源と検出端の間の遮蔽板の位置ならび高さが散乱強度に及ぼす影響を吟味した結果を表1(a)に示す。

遮蔽板の高さは砥石面に近くなるほど、散乱強度が減少するのは当然なことで、遮蔽板の位置としては図7(a)に示しているようにaの位置が最も少なく、bとcの位置ではほぼ同じ散乱強度を示している。そこで実際に目つまりさせた砥石について調べた結果、理由は明らかでないが遮蔽板の位置をbにして高さは表1(b)に示しているように10mmの場合が散乱率は最も多くなっている。

次に砥石面からの線源および検出端の高さを同一にして砥石面からの距離、すなわち $h=H$ の状態に変化させた場合の散乱強度を調べた結果を図7(b)に示しているように砥石面から16~18mm程度の距離で散乱強度が最大

* 1次元的: 放射線源が無限の面上に一樣密度で分布しており、試料も一樣な厚みで無限に広がっている場合。

2次元的: 線源、試料、検出器などが無限の広がりを有せず、中心軸のまわりに軸対称である場合。

3次元的: 線源、試料、検出器などが無限の広がりを有せず、任意の形状、配置をとる場合。

C : 密封線源 K : 遮蔽板
 E : 計数管 M : 計数装置
 F : 線源, 計数管固定台 S : 支持台
 G : 砥石 T : 砥石台

写真1 測定装置の外観

図7(a) 遮蔽板の位置

図7(b) 散乱強度と線源, 検出端との距離

図7(c) 散乱強度と線源, 検出端の距離との関係

a^* 18462~18500cpm b 18709~18735
 c 19302~19379 d 18565~18662

* a の場合は砥石のみの場合とほとんど同じ

図7(d) 測定位置

表 1(a) 線源と検出端間の遮蔽の影響

遮蔽板の位置	散乱強度 (cpm)
a	23300
b	24032
c	24075

bでの遮蔽板の高さL(mm)	散乱強度 (cpm)
5	14916
10	20944
15	21362
20	24032
25	24321
遮蔽板なし	24839

表 1(b) 散乱係数と遮蔽板の高さ

遮蔽板の高さL (mm)	研削前の散乱強度 (cpm)	研削後の散乱強度 (cpm)	散乱係数
5	13448	13671	1.0165
10	15261	16347	1.0712
20	18868	19001	1.0071
遮蔽板なし	19067	19567	1.0262

砥石WA80K 9 V 加工材 アルミニウム棒1種

図 8 測定場所

になっている。また線源と計数管窓との距離を変化させた場合、図7(c)のように距離の増加と共に散乱強度は著しく減少している*。

なお、砥石の種類、たとえば砥材、粒度、結合度、組織などを変化させても散乱強度は異なるが、やはり上記結果と同じような傾向を示す。

以上のことから本実験における目つまりの測定では遮蔽板の位置をb、高さを10mm、線源と検出端の距離を40mm、砥石面からの線源および検出端の距離を17mmにする。

さらに本装置では線源と検出部が離れているために、砥石面に生じている目つまり層のどの部分が主に散乱強度に関係するかの一つの目安として図7(d)に示しているような実験を行なった。すなわち2cm×2cm角のアルミ箔を砥石面上のa、b、c、dの位置において散乱強度

G C 60MmV h=10mm, H=30mm, l=50mm

目立て量 ● 0mm (砥石厚み18mm) ○ 0.5 (17.5) × 0.5 (17.0) △ 0.5 (16.5)

(a)

(b)

図 9 砥石の厚みと散乱強度との関係

を測定した結果、線源と検出端の中間部分が最も多く散乱に影響することが推察される**。

6. 砥石の厚みと後方散乱量

上記 2. で述べたように研削前の砥石の厚み(砥石層)が飽和散乱量に達していることが必要である。そこで図8に示しているように、まず砥石側面(A, B面)をダイヤモンド・ドレッシングにて18mmの厚さにした時のA面の8箇所(図8のa1からa8)の散乱量を測定したあと、さらにA面を0.5mmづつドレッシングして厚みを15mmまで減少させた場合の散乱量について調べた結果の一例を図9に示す。

図9(a)はドレッシングによって砥石厚みを0.5mmづつ減少させた場合の砥石A面の8箇所のそれぞれの散乱強度を示したものであるが、厚みの減少には無関係で、さらには8箇所の散乱強度も不規則な変化をしている。

* h, Hが異なれば散乱強度は変るが曲線の傾向は同じである。

**装置が3次元的であるために散乱が各方向に生じていると同時に何回もの散乱を受けているが、この散乱回数は Z^2 (Zは散乱体の原子番号)、平均の散乱角は $\sqrt{t}$ (tは散乱体の厚さ)に比例することが明らかにされている⁴⁾。なお散乱体が非常に薄い場合(例えば箔など)では1回の散乱しかうけない。

図10 (a) 砥石の粒度，結合度の変化と散乱強度との関係

図10 (b) 砥石の砥粒の変化と散乱強度との関係

これは砥石面の砥粒，結合剤，気孔の配列分布の変化に起因しているものと考えられる。

次に砥石厚み別の8箇所の散乱強度を算術平均したのが図9(b)で，これより線源 ^{85}Kr に対しては砥石の厚みが15mm以上ならば散乱強度は十分飽和に達していることが明らかである。

7. 砥石の種類と後方散乱強度

砥粒，粒度ならび結合度を変えて図8に示しているA面の15箇所の散乱強度を調べた結果の一例を図10(a), (b)に示す。

まず粒度は砥材の種類にかかわらず細かい方が散乱強度は増えている(図10(a))。これは粒度があらくなれば砥石面の凸凹もはなはだしくなるために後方散乱量も減少するのは当然なことである。次に砥石の粒度，結合度，組織，結合剤が同一で砥材がA系とC系では後者の方が散乱強度は増している(図10(b))。

一方，結合度が変化した場合，散乱強度に変化のある場合と，変化がない場合との両方を示す。すなわち図10(a)に示しているRAの120および60とGC100では結合度の差異に対する散乱量の変化が明らかでないが，GC60の場合には結合度が強くなれば散乱強度も増加している。結合度が強くなれば結合剤率も増え，しかも気孔一つの容積が小さくなることから砥石面の凸凹の程度も少

表2 砥石の結合剤と散乱強度

測定場所	砥	石
	38H36 I 7 V	38H36 I 7 B
a 2	18425cpm	21460cpm
4	18459	21314
6	18625	21360
8	18433	21297
9	18343	21508
11	18391	21381
13	18105	21538
15	18589	21164

h, H=17mm l=40mm

なくなるために後方散乱量は増加しなければならないはずである。ところが多くの砥石について行なった結果，散乱強度に結合度の差異があらわれる場合とあらわれない場合とがある*。

次に結合剤がビトリファイドとレジノイドでは表2に示しているように後者の方が散乱強度は増している。

以上のことから砥粒の種類や粒度の大小，結合剤の種類などによって散乱強度が変化することが明らかになっ

* 結合度と散乱強度との関係は本実験の範囲内ではまだ明らかでないが今後継続してこの関係を調べて報告する予定である。なお組織との関係もあわせて報告する予定である。

1. A, B面の差が少ないものの一例
2. A, B面の差が著しいものの一例
3. 同一種類でも差のあるものの一例

〔備考〕 散乱強度は15個所の最大と最小の範囲を示す
図10 (c) 砥石と散乱強度

表3 砥粒と結合剤の散乱強度

試料	散乱強度 (cpm)
19A-120砥粒のみの場合	16170 ± 127
ビトリファイド結合剤のみの場合	17255 ± 131

たが、さらに砥石面の場所による散乱強度の不均一や、また図10(c)に示しているように同一砥石のA面とB面ならび同一種類の砥石でも散乱強度の範囲にかなりの差のあるものが存在することが明らかである。このことは上記 6. で述べたように砥石面の砥粒、結合剤、気孔の配列分布が均一でないことに起因するもので、砥石面がいかに複雑なものであるかを物語っているものと考えられる。

次に焼成したビトリファイド結合剤のみと砥粒のみとの場合の散乱強度について調べた結果を表3に示す。

この場合砥粒のみの場合と結合剤のみの場合との表面

状態の違いがかなり影響していることも考えられるが、結合剤の方が後方散乱強度は1000cpm程度多い。

8. あとがき

上記実験結果をまとめると

(1) β 線 (^{85}Kr) の後方散乱を利用した目つまりの測定装置を試みた。

(2) 砥石の種類と後方散乱強度の関係を調べた結果、次の事柄が明らかになった。

(a) 砥石の粒度、結合度、組織、結合剤が同一で砥材がA系とC系では後者の方が散乱強度は増す。

(b) 粒度が細くなれば散乱強度は増す。

(c) 結合剤がビトリファイドとレジノイドでは後者の方が散乱強度は増す。

(3) 同一砥石のものを多数枚測定した場合や一枚の砥石でも場所によって砥粒、気孔、結合剤の分布状態の不均一な砥石の存在が認められる。

終りに始終ご指導賜った神奈川大学工学部教授正野崎友信博士に謹んで感謝の意を表します。また測定にあたりいろいろお世話になった防衛庁第1技術研究所原子力研究室の方々に深く謝意を表します。

(1965, 10月18日受付)

文 献

- 1) 正野崎友信：機械工作油，小峰工業社，(1952)149.
- 2) 正野崎友信，重松日出見：研削中の砥粒におよぼす研削液の作用，精密機械，28巻9号(1962)532.
- 3) 三輪博秀：応用放射線計測，日刊工業新聞社，(1961)51.
- 4) 工業技術院編：工業アイソトープ参照，日刊工業新聞社，(1956).