

平成 13 年度卒業論文

ダイヤモンド砥石のツルーイング特性

高知工科大学工学部知能機械システム工学科

豊嶋隆博

指導教員 松井敏

平成 14 年 2 月 5 日

目次

1. 緒言	1
1. 1 研究の背景	1
1. 2 研究目的	1
2. ツルージング比について	2
3. 実験方法および実験装置	3
3. 1 実験方法	3
3. 1. 1 ツルージング方法	3
3. 1. 2 研削方法	6
3. 2 実験装置	7
4. 実験結果および考察	8
4. 1 ツルージング粒度	8
4. 2 ツルージング砥石の粒度とツルージング比の関係	10
4. 3 ツルージング砥石の粒度と研削特性の関係	11
4. 3. 1 研削抵抗	11
4. 3. 2 表面粗さ	12
5. 結言	13

1. 緒言

1. 1 研究の背景

硬脆材料の研削加工には一般にダイヤモンド砥石が使用される。ダイヤモンド砥石を使用する前に、その外周を真円に成形するためのツルーイングと呼ばれる加工を行うが、ダイヤモンドは地球上で最も固い物質であるため、精度よくツルーイングすることが難しい。従来のツルーイング方法には、普通砥石製のスティックや平形砥石をツルアとして、これをダイヤモンド砥石の回転軸方向に送り運動させてツルーイングする方法（これをトラバースツルーイングという）や、カップ形ツルアによるインフィードツルーイングなどがある。これらの中で、ダイヤモンド砥石の結合剤に関係なくツルーイングできる方法として、普通砥石をツルアとするトラバースツルーイングが広く行われている。しかし、この方法ではツルーイング切込み量に比例してツルーイングされた砥石作業面が斜面になってしまうという問題がある。

そこで、その対処法として、ツルーイング切込み量を段階的に減らしながらツルーイングする方法が行われている。このため、ツルーイングに非常に時間がかかり、能率よく高精度な砥石作業面を得ることは困難であるという問題がある。

1. 2 研究目的

本研究の目的は、普通砥石をツルアとするトラバースツルーイングにおいて、ツルーイング砥石の粒度と能率の関係および、ツルーイング砥石と研削特性の関係を調べ、高精度なツルーイングを能率よく行うための条件を選定することを目的とする。

2. ツルーイング比について

ツルーイングの能率を表す指標の一つにツルーイング比がある。ツルーイング比はツルーイングで消耗したツルーイング砥石とダイヤモンド砥石の体積比で、式（1）で表される。

$$\alpha = \frac{W_w}{W_t} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 α : ツルーイング比

W_w : ダイヤモンド砥石の消耗量

W_t : ツルーイング砥石の消耗量

ツルーイング比が大きいと、ツルーイング砥石の単位消耗量当りのダイヤモンド砥石消耗量が多くなるので、ツルーイング能率が高いと言える。本研究では、ツルーイング能率をツルーイング比により評価する。

3. 実験方法および実験装置

3. 1 実験方法

はじめに、5種類の粒度のツルーイング砥石でダイヤモンド砥石をツルーイングして、ツルーイング比によりツルーイング能率を評価した。

次に、5種類の粒度のツルーイング砥石でツルーイングしたダイヤモンド砥石を使用して、アルミナを研削加工し、研削抵抗と表面粗さに対する影響を調査した。

3. 1. 1 ツルーイング方法

はじめに、ツルーイング精度を調べるため、ツルーイング砥石を精密バイスに固定し、段階的に切込み量を変化させてツルーイングを行った。ダイヤモンド砥石の形状をカーボンに転写し、粗さ計 SURCOM480A でカーボンに転写された砥石作業面形状を測定した。表1にツルーイング条件を示す。

十分にツルーイングされたことを確認するため、ダイヤモンド砥石の表面にカラーペンにより色を付けてツルーイングを行い、表面の色がなくなったときにツルーイング終了の目安とした。

表1. ツルーイング条件

ダイヤモンド砥石	SD1200L100BS30-3				
ツルーイング砥石粒度	C1200H				
砥石回転数	1800 min ⁻¹				
送り速度	300 m/s				
切込み量	20 μm	10 μm	5 μm	2 μm	1 μm
総切込み量	1850 μm	940 μm	885 μm	308 μm	299 μm

次に、ツルーイング砥石の粒度を変えてツルーイングを行いツルーイング比に対する影響を調べた。

ダイヤモンド砥石の消耗量は少ないため、直径を測定することにより消耗量を求めることは困難であるので、次の方法で測定した。

- ① 図1 (A) に示すように、ダイヤモンド砥石の中央に自転形単石ドレッサで傷を付ける。
- ② ダイヤモンド砥石でカーボンをプランジ研削し、図1 (B) のようにダイヤモンド砥石に付けた傷を転写する。

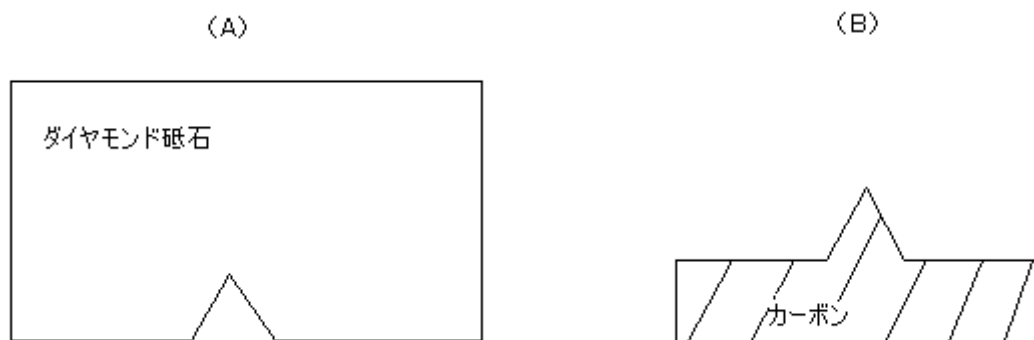


図1 ダイヤモンド砥石の半径摩耗測定法

- ③ カーボンに転写された突起を粗さ計 SURCOM480A で測定する。これがダイヤモンド砥石に付けた傷の深さに相当する。
- ④ ダイヤモンド砥石を設定した総切込み量までツルーイングする。
- ⑤ ツルーイング後②～③の操作を行い、ツルーイング後の傷の深さを測定する。
- ⑥ ③と⑤の差からダイヤモンド砥石の半径摩耗を求める。

すなわち,①~⑥より図2に示す a_1 および a_2 の値が求められる. これから, ダイヤモンド砥石の半径摩耗 ΔR は式 (2) から求められる.

$$\Delta R = a_1 - a_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

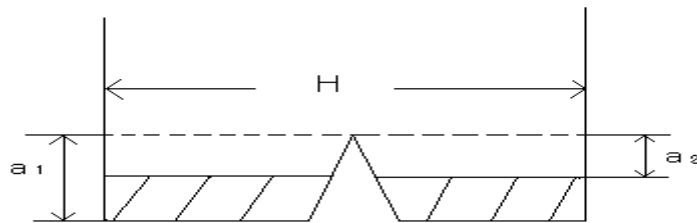


図2 ダイヤモンド砥石の半径摩耗

したがって, ダイヤモンド砥石の消耗量は, 式 (3) により求めることができる.

$$W_w = 2 \pi R \cdot \Delta R \cdot H \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで, H : ダイヤモンド砥石の幅

R : ダイヤモンド砥石の直径

一方, ツルーイング砥石の消耗量は式 (4) により求められる.

$$W_t = B L \delta \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで, B : ツルーイング砥石の幅

L : ツルーイング砥石の長さ

δ : ツルーイング砥石の切込み量

なお, ツルーイング砥石の消耗深さは総切込み量からダイヤモンド砥石の半径摩耗を引いた値になるが, 前者に比べて後者は非常に小さいので, 式 (4) では総切込み量をツルーイング砥石の消耗深さとした.

表2にこの実験のツルーイング条件を示す.

表2 ツルーイング条件

砥石回転数	1 8 0 0 m i n ⁻¹
ダイヤモンド砥石	SD1200L100BS30-3
ツルーイング砥石	C200H,C600H,C800H,C1200H,C1500H
切込み量	1 0 μ m
送り速度	3 0 0 m m / m i n

3. 1. 2 研削方法

ツルーイング砥石の粒度を変えてツルーイングした場合の研削特性に対する影響を調べるため、アルミナを研削して粒度と研削抵抗および表面粗さの関係を調査した。

工作物はNC平面研削盤のテーブル上に設置したキスラーの動力計に取り付けてプランジ研削した。

表3に研削条件を示す。

表3 研削条件

ダイヤモンド砥石	SD1200L100BS30-3
工作物	アルミナ
砥石回転数	1800 min ⁻¹
切込み量	2 μm × 20回
テーブル速度	10 m/min

3. 2 実験装置

図3にNC平面研削盤の外観写真を、表4に主な仕様を示す。また、図4に研削部分の写真を示す。

表4 NC平面研削盤の主な仕様

機種	GHL-NB360M
テーブル作業面積	600×300mm
テーブル左右送り速度	2～25m/min (普通)
砥石の大きさ	φ305×32×φ76.2mm
砥石回転数	1800min ⁻¹
砥石軸用電動機	AC 3.7Kw



図3 NC平面研削盤の外観写真



図4 研削部分の写真

4. 実験結果および考察

4. 1 ツルーイング精度

図5に、ツルーイング後の砥石作業面形状を測定した結果を示す。どの場合も切込み側の消耗量が大きく、作業面が傾斜面になっていることが分かる。

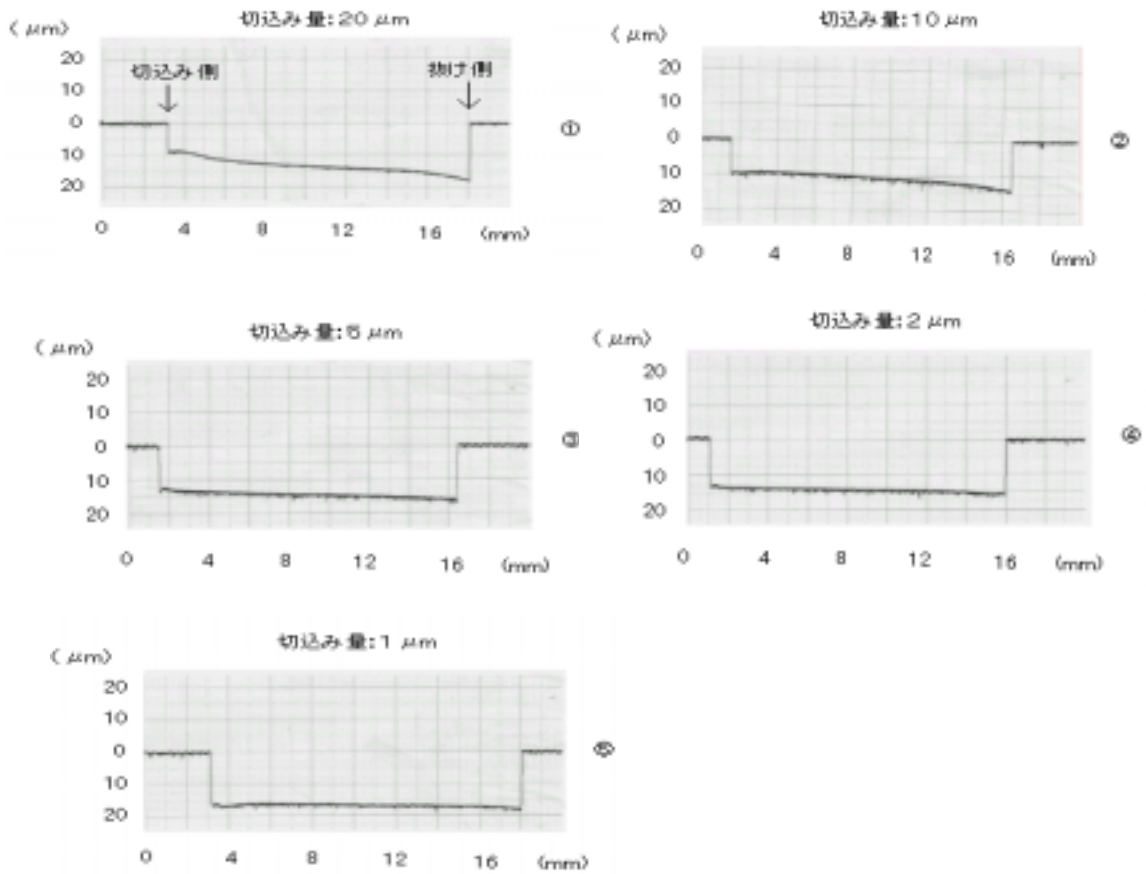


図5 ツルーイング後の砥石作業面形状

図6は、図5に示した砥石作業面の切込み側と抜け側の消耗深さの差を傾斜深さと定義し、ツルーイング切込み量と傾斜深さの関係を示したものである。これから、砥石作業面にはツルーイング切込み量にほぼ等しい傾斜深さの傾斜面が形成されていることが分かる。

このような傾斜面が形成される原因は次のように考えることができる。すなわち、ダイヤモンド砥石の消耗量に比べて、ツルーイング砥石の消耗量が非常に大きいので、ツルーイング砥石は切込み側でほとんど消耗してしまい、抜け側ではほとんどツルーイングが行われない状態になる。このような状態が繰り返し行われるので切込み側のダイヤモンド砥石が選択的に消耗して傾斜面が形成されるものと考えられる。

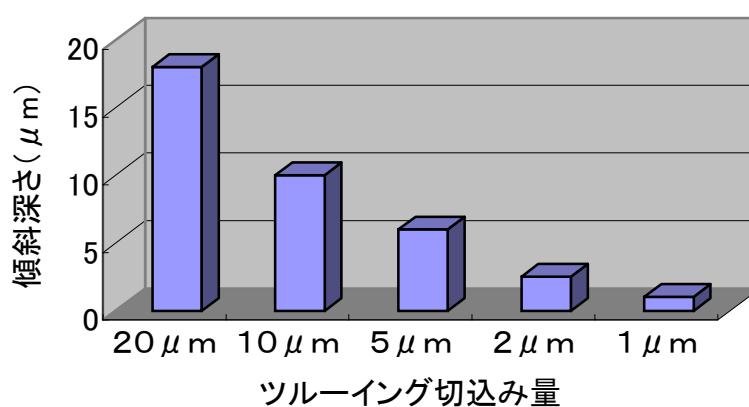


図6 ツルーイング切込み量と傾斜深さの関係

4. 2 ツルーイング砥石の粒度とツルーイング比の関係

図7にツルーイング砥石の粒度とツルーイング比の関係を示す。これから、ツルーイング砥石の粒度が粗くなるに従ってツルーイング比が高くなっていることが分かる。したがって、ダイヤモンド砥石の粒度よりも粒度が粗いツルーイング砥石を使用する方が、ツルーイング能率を高くできるといえる。

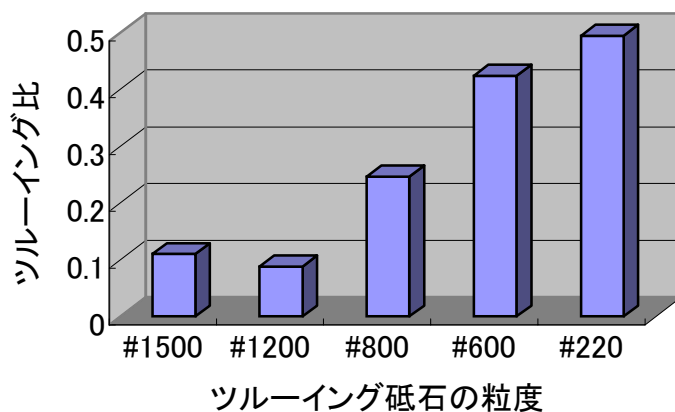


図7 ツルーイング砥石の粒度とツルーイング比の関係

このように、ツルーイング砥石の粒度が粗い方が能率が高くなるのは、砥粒が大きいため、より効率的にダイヤモンド砥石をツルーイングできるためと考えられる。

4. 3 ツルーイング砥石の粒度と研削特性の関係

4. 3. 1 研削抵抗

図8にツルーイング砥石の粒度と研削抵抗の関係を示す。ツルーイング砥石の粒度が粗くなると研削抵抗は高くなり、#800のツルーイング砥石でツルーイングを行ったダイヤモンド砥石が最も研削抵抗が低いことがわかる。#800よりも細かくなると研削抵抗は高くなる傾向が見られるが、その変化はそれほど大きくない。

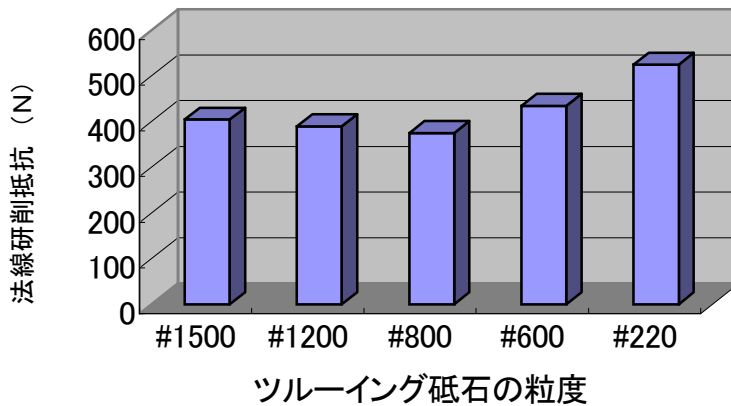


図8 ツルーイング砥石の粒度と研削抵抗の関係

ツルーイング砥石の粒度が粗いと研削抵抗が高くなっているのは、砥粒が大きいためダイヤモンド砥石の結合剤が除去されにくいので、ドレッシング作用が小さくてダイヤモンド砥石の研削能力が落ちたためではないかと思われる。逆に粒度が小さいツルーイング砥石の場合はダイヤモンド砥石の結合剤が効果的に除去されるので、ドレッシング作用が大きくなってダイヤモンド砥石の研削能力が高くなるためではないかと考えられる。

4. 3. 2 表面粗さ

図9にツルーイング砥石の粒度と表面粗さの関係を示す。#800が一番表面粗さが小さいが、全体の表面粗さの変化は小さく、著しい傾向は認められない。

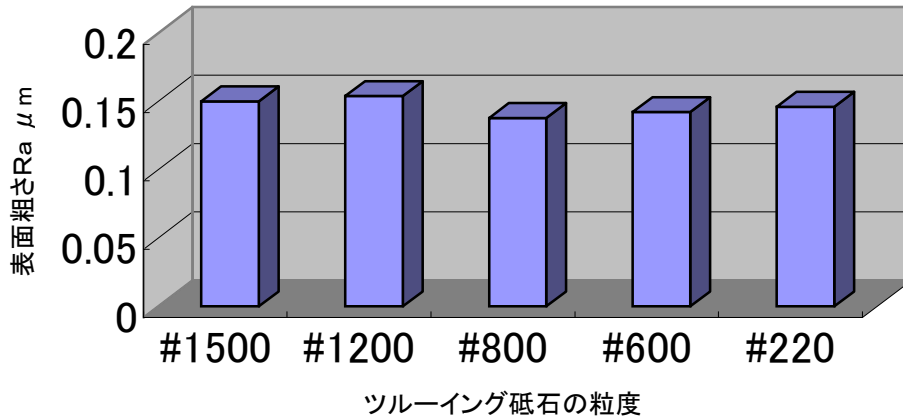


図9 ツルーイング砥石の粒度と表面粗さの関係

このようにツルーイング砥石の粒度による表面粗さの違いが小さいという結果になったのは、ダイヤモンド砥石がツルーイング砥石の SiC 砥粒に比べて硬度が非常に高いことが原因と考えられる。すなわち、WA 砥粒やC 砥粒などから成る普通砥石を単石ダイヤモンドでツルーイングする場合は、本実験とは逆に硬度の高いダイヤモンドでツルーイングするので、WA 砥粒などは削り取られたり、破碎したりして、ツルーイング条件によって切れ刃形状や切れ刃分布が変化する。このため、ツルーイング条件によって表面粗さも変化する。

しかし、本実験の場合には、硬度の高いダイヤモンド砥石を SiC 砥粒でツルーイングしているので、ダイヤモンド砥石が削り取られたり、破碎することは少なく、主に摩擦によりツルーイングが行われているものと推測される。このため、ツルーイングによって切れ刃形状や切れ刃分布が変化することは少なく、ツルーイング砥石の粒度を変えても表面粗さがあまり変化しなかったものと考えられる。

5. 結言

ツルーイング砥石の粒度とツルーイング能率の関係、ツルーイング砥石と研削特性の関係を調べた結果、以下のようなことが分かった。

- (1) トラバースツルーイングされた砥石作業面には、切込み側から抜け側に向かってツルーイング切込み量にほぼ等しい半径差のある傾斜面が成形される。
- (2) ツルーイング比はツルーイング砥石の粒度が大きくなるほど大きくなる。
- (3) ツルーイング砥石の粒度を変化させてツルーイングを行ったダイヤモンド砥石でアルミナを研削したときの研削抵抗は粒度が大きい方が大きくなる。また、表面粗さには顕著な差は見られない。

今後の課題として、以下のようなことについての検討が必要と考えられる。

- ①ツルーイング時の砥石回転数を変化させた時のツルーイング結果への影響
- ②ダイヤモンド砥石の粒度を変化させた時のツルーイング結果への影響