

ファインセラミックス研削加工技術研究

新技術応用部 佐川 克雄 大滝 英幸*
戸張雄一郎*

1. 緒言

構造用セラミックスは現在かなり使われるようになってきたが、加工の際に発生するクラックに敏感であるので、これを小さくすることが重要である。そこで2種類のアルミナについて研削加工を行い剥離及びキズを小さくできる条件を実験的に求めた。

2. 実験方法

平面研削盤を使い3種類のダイヤモンド砥石、2種類のアルミナについて研削加工を行った。研削盤の性能を表1に、アルミナの物性を表2に、実験方法を表3に示す。

表1 研削盤

平面研削盤（セラミックス用）	
主軸電動機	7.5KW 4P
主軸静剛性	5Kgf/ μ m
テーブル作業面積	605*300

1) ドレッシング条件（プレーキツルア

法）：ダイヤモンド砥石周速 471m/min ツル - イング用砥石 C60K, 1回当り切込み 5 μ m 合計 75~100 μ m 切込む WA220G スティック

2) スパークアウト：なし

3) 測定（触針式表面粗さ計）：ダイヤモンド触針先端半径 3 μ mR

4) 測定場所：1 試料に付き研削方向

と平行4力所、研削方向と垂直4力所の表面粗さ Rmax（測定長さ 20mm）図1参照

5) 研削液：JIS W2-2を50倍に希釈

表面粗さは、キズ及び剥離も含めるため測定長さを 20mm として Rmax を使い、R111ax20 と表す。実験には、田口メソッドを使い0より大

表2 アルミナの物性値

試料	アルミナA	アルミナB
純度	95.0	99.8
比重	3.6	3.9
熱膨張係数 $10^{-6}/deg$	7.0~8.0	7.0~8.0
熱伝導率 cal/cm.sec.deg	0.045	0.070
ビッカース硬さ	1,500	2,000
曲げ強さ Kgf/cm ²	2,700	3,000
圧縮強さ Kgf/cm ²	20,000	24,000
衝撃強さ(シャルピ-) cm-Kgf	6.5	8.0

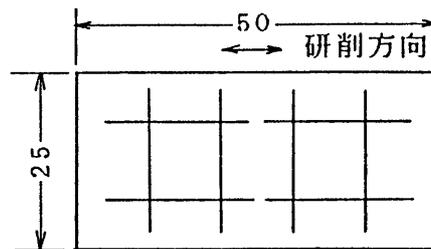


図1 測定場所

* (株)大坪製作所

きくて小さいほど良いという特性の時に用いる望小特性の SN 比を使った。D

3. 結果及び考察

これらのデータの外側因子より望小特性の SN 比を作り最適条件を推定する。分散分析結果を表 4 に示す。そのときの最適条件は、砥石 SD200N100V、砥石周速 $V_s = 1885 \text{ m/min}$ の条件でアルミナ A では、テーブルステップ送り量 $f = 2 \text{ mm/pass}$ 、アルミナ B では、 $f = 5 \text{ mm/Pass}$ のときである。クーラント流量、砥石切込み量 d 、テーブル速度 v は、 $R_{\text{max}20}$ に影響を及ぼさない。焼結表面より内の場合は、 $R_{\text{max}20}$ が大きくなるのがわかる。アルミナ A、B について最適条件のもとで、 $f = 5 \text{ mm/pass}$ とした時の焼結表面よりの深さ 9 による $R_{\text{max}20}$ の変化を図 2 及び図 3 に示す。

また、参考までに砥石の累積研削量も標示因子としたときの各因子の効果を図 4 に示す。

表 3 実験方法

内 側 因 子	水 準		
	1	2	3
研削液濃度	大	小	一
切込み量	5	10	20
砥石 (φ300 B20)	SD 140J100V	SD 200N100V	SDC200N100B
周速	942	1414	1885
テーブル速度	5	10	15
加工深さ	0	1	2
テーブルステップ送り量	2	5	8

L18 直行表に直行表割付

外 側 因 子 (誤差因子)	水 準		
	1	2	3
切込み量のばらつき	-2.0%	0%	2.0%
砥石累積研削量	0	500	1000

表 4 分散分析 ($R_{\text{max}20}$)

要 因	自由度	変 動	分 散
砥石	2	3.7020	1.8510
周速	2	1.3603	0.6802
加工深さ	2	1.3617	0.6809
ステップ送り	2	1.4354	0.7177
e_1' (1次誤差)	9	1.2457	0.1384
材料	1	4.9239	4.9239
材料×ステップ送り	2	0.6958	0.3479
e_2' (2次誤差)	15	1.7582	0.1172
e' (e_1', e_2' フォール)	24	3.0039	0.1252
合計	35	16.4831	

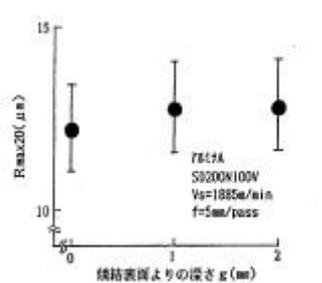


図 2 $R_{\text{max}20}$ -焼結表面よりの深さ

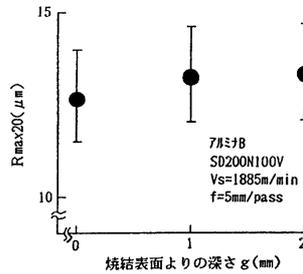


図 3 $R_{\text{max}20}$ -焼結表面よりの深さ

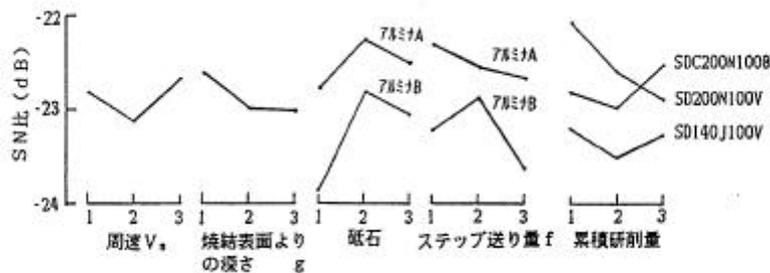


図 4 $R_{\text{max}20}$ に対する各因子の効果

次に剥離やキズは大きなものが問題となるので、1 試料につき Rmax20 8 データの最大のものを使う。外側因子を総てまとめて SN 比をつくるとばらつきが小さくなると思われるので砥石の累積研削量ごとに望小特性の SN 比を作ることとした。分散分析表を表 5 に示し、各因子の効果を図 5 に示す。

ただし、キズの場合最大値のみとしたためデータ数が少なく、かつ常時発生するものでないため効果推定の信頼性は低い。

表 5 分散分析表 (キズ)

要因	自由度	変動	分散
砥石	2	4.4854	2.2427
周速	2	7.8184	3.9092
加工深さ	2	4.2078	2.1039
ステップ送り	2	5.4629	2.7315
e ₁ ' (1次誤差)	9	3.8340	0.4260
材料	1	12.4625	12.4625
材料*ステップ送り	2	6.5084	3.2542
e ₂ ' (2次誤差)	87	106.4479	1.2235
e'(e ₁ ', e ₂ ' フォール)	96	110.2819	1.1488
合計	107	151.2273	

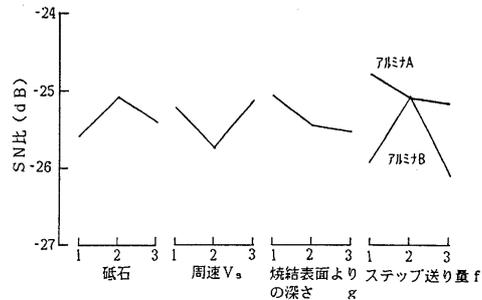


図 5 キズに対する各因子の効果

この結果より砥石 SD200N100V, 周速 Vs = 1885m /min で、ステップ送り量は、アルミナ A の場合 f = 2mm / Pass, アルミナ B の場合 f = 5mm / Pass が良い条件であるが、焼結表面より中の場合は、表面に比較して研削加工によりダメージが大きくなることわかる。図 6 及び図 7 に SD200N100V, Vs = 1885m / min, f = 5mm / Pass の時の焼結表面、それより 1mm 下及び 2mm 下 (g = 1, 2) のキズの大きさを示す。

通常加工する場合は、焼結表面よりどのくらいの深さかわからない事があるので、深さも誤差と考えた場合の推定値を以下に示す。

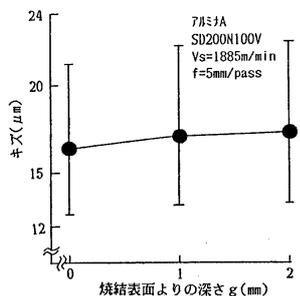
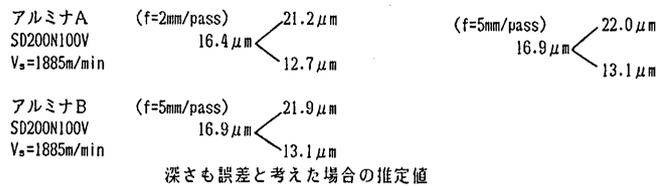


図 6 キズ-焼結表面よりの深さ

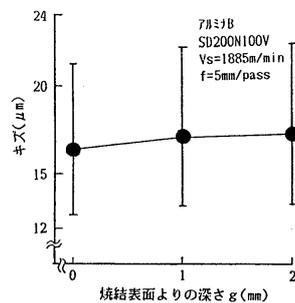


図 7 キズ-焼結表面よりの深さ

SD200N100V, $V_s = 1885\text{m/min}$, $d = 20\ \mu\text{m}$, $v = 5\text{m/min}$, $g = 2\text{mm}$, $f = 2\text{mm/pass}$ の時のアルミナA, BのSEM像を図8及び図9に示す。これからアルミナAの場合塑性流動が多くみられるが, アルミナBの場合にはほとんど見られず, 脆性破壊していることがわかる。ただしアルミナAの場合材料の欠陥である空孔が多く見られ, これを加工キズとして測定する可能性が高いと考えられるが, 粗さ曲線を見る限り空孔の影響を受けていない。

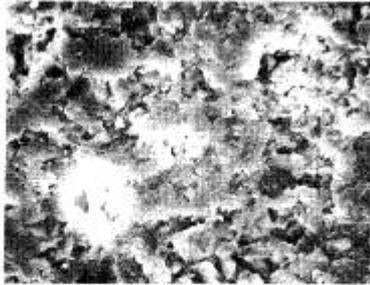


図8 アルミナA

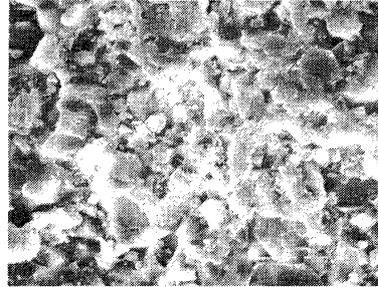


図9 アルミナB

4. 結言

以上のように2つの最適条件は一致し砥石SD200N100V, 砥石周速 $V_s = 1885\text{m/min}$ で材料によってステップ送り量は変わるが, ステップ送り量 $f = 5\text{mm/pass}$, 砥石切込み $d = 20\ \mu\text{m}$, テーブル速度 $v = 15\text{m/min}$ で加工するのが研削能率を含めて考えると最適加工条件と推定できる。但し今回は研削比について検討していないので研削比の検討が必要であると思われる。

最後に, 本研究を遂行するに際し実験計画について御指導頂いた, 工業技術院計量研究所の松田次郎氏に深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 矢野宏: 計測管理の実際, (株)工業調査会(1986)