

Change of Ground Surface Roughness in Grinding Processes

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Honda, Ryoshin, Sugita, Tadaaki, Matsui, Seiki メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00011706

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



研削過程における仕上面粗さの変化

本 多 良 辰* 杉 田 忠 彰* 松 井 正 己**

Change of Ground Surface Roughness in Grinding Processes

by

Ryōshin HONDA, Tadaaki SUGITA, Seiki MATSUI

Abstract

With the determination of the optimum grinding condition, it is useful to know the change of surface roughness in the process of grinding because the ground surface roughness is introduced as a criterion of the wheel life. The changes of shape and distribution of the grain cutting edges caused by fracture and wear on the wheel surface are observed in this paper. After that, a theoretical analysis and some experimental results for the ground surface roughness are indicated using the above mentioned results for the changes of the grain cutting edges in grinding process. As a result, it is found that the ground surface roughness R_a in grinding process is shown as a power function as given by $R_a = R_{a0} L_g^{\delta_R}$, where L_g is the grinding distance of a grain and both signs of R_{a0} and δ_R show the constants determined by the experiments. δ_R which suggests the tendency for variation of R_a is not varied by the grinding speed and/or the wheel grade, but it seems that the types of grain and/or the depth of cut in the wheel concern with the value of δ_R . The value of δ_R in wet grinding is considerably smaller than that in dry grinding.

1 結 言

研削作業では、砥石のドレッシング後ある期間研削が続けられるが、その間、砥石面の砥粒切れ刃は力学的および熱的負荷を受け、脱落や破碎、摩耗を生じて、砥石面は次第に後退し、いわゆる砥石の減耗を生ずる。この研削中の砥石の減耗は砥石面の砥粒切れ刃の状態を次第に変えていき、砥石の切れ味や加工精度の低下をきたし、ついには再ドレッシングしなければならなくなる。このドレッシングから次のドレッシングまでの稼働時間がいわゆる砥石の寿命と定義されており、従来からこれに関連する諸問題が多く議論されてきた。

ところで、表面精度を重要視する研削作業の場合は、仕上面粗さを砥石寿命判定の基準とすることが多い。この場合、適正な研削作業標準を作成するためには、研削の進行に伴う仕上面粗さの変化を予測できることが望まれる。しかし、この点に関しては従来あまり明らかにされていない。

* 精密工学科, ** 東北大学工学部

研削過程における仕上面粗さの変化は、砥石面の砥粒切れ刃の分布状態や形状の変化に原因するものである。したがって、研削中の砥粒切れ刃の破碎や摩耗挙動に基ずく切れ刃の分布や形状の変化に関する性質が把握されれば、仕上面粗さの変化状況を予測することも可能になる。本報告は研削過程における仕上面粗さの変化予測に関する基礎的事項を明らかにすることを目的として、炭素鋼材料の研削について実験的検討を行ったものである。

2 研削仕上面粗さの理論式

解析に際し、砥粒切れ刃は頂角が 2ϕ で先端幅が $2b(\text{mm})$ の円錐台形であり、これが砥石円筒面にアランダムに分布し、一方、砥石半径方向には、その先端が下式で表示されるように砥石最表面よりの深さ $z(\text{mm})$ に関してべき関数状に分布すると仮定する¹⁾。

$$\bar{n} = k_s(z/z_0)^c \quad (1)$$

ここで、 $\bar{n}$ は単位砥石面積当り累積平均切れ刃数 (個/ mm^2)、 k_s は切れ刃数に関する定数で $z_0=0.001\text{mm}$ における $\bar{n}$ の値 (個/ mm^2)、 c は切れ刃分布形に関する定数である。

このような砥石によってプランジ切込み研削を行った場合、仕上面の粗さの高さが H と等しいかまたはそれ以上である確率 $F(H)$ 、および、中心線平均粗さ R_a はそれぞれ次式で表わされる²⁾。

$$F(H) = \exp \{-K_a(H^{c+1.5} + K_0 H^{c+0.5})\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} R_a &= 2 \left\{ \Gamma\left(-\frac{c+2.5}{c+1.5}\right) \cdot K_H - 0.696(c+0.5)^{0.13} K_H^{1.15/c^{0.06}} \left\{ K_a^{-\frac{1}{c+1.5}} \right. \right. \\ K_H &= 1 - \log_e \left[1 + \frac{0.753}{(c+0.5)^{0.82}} \left\{ \log_e(1 + K_a) \right\}^{1.09/(c+0.5)^{0.04}} \right] \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここで、

$$K_a = 2\sqrt{\pi} \frac{\Gamma(c+1)}{\Gamma(c+2.5)} \left(\frac{1}{z_0}\right)^c k_s \left(\frac{1}{D_s} + \frac{1}{D_w}\right)^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{V}{v}\right) \tan\phi \quad (\text{円筒研削の場合})$$

$$K_0 = (c+1.5)b/\tan\phi, \quad K_a = K_0 K_a^{1/(c+1.5)}, \quad \Gamma(x): x \text{ のガンマ関数}, \quad z_0 = 0.001\text{mm}$$

$$D_s, D_w: \text{砥石と工作物の直径 (mm)}, \quad V, v: \text{砥石と工作物の速度 (m/min)}$$

上式よりわかるように、仕上面粗さの形成に関係する砥粒切れ刃の因子は、切れ刃分布に関する定数 c 、 k_s と切れ刃形状に関する定数 ϕ 、 b である。これらの因子のうち切れ刃頂角 2ϕ の平均値は砥石の減耗にはあまり影響されず²⁾、 $2\phi=160^\circ$ 一定とみてよく、一方、 c 、 k_s 、 b は減耗の進行に応じて変化する。したがって、研削過程における仕上面粗さの変化の問題を考える場合、これら砥粒切れ刃に関する 3 定数 c 、 k_s 、 b に注目する必要がある。

3 研削過程における砥粒切れ刃の挙動

まず、研削中の砥石面の砥粒切れ刃の破碎や摩耗の挙動を調べ、これが砥粒切れ刃の分布や形状の変化に与える影響について検討する。

3.1 実験方法

平面研削盤（岡本工機製 SPG 1形）を用い、A60KmV 砥石により炭素工具鋼 SK7 焼入材を研削する。砥石をドレッシングした後、図 1 に示すように、砥石面の中央部に幅約 0.3mm の部分を残して他の部分はドレッサで深さ 25 μ m 程度削り落とし、帯状のとっ起部を作り、この部分で研削する。このようにすると研削中の砥粒切れ刃の挙動を追跡的に観察するのに都合がよい。表 1 に示す実験条件により、幅 30mm、長さ 75mm の工作物表面を 0.6mm ずつクロスフィードして、テーブルの往復とも研削を行い、砥石減耗量の測定、砥石面の砥粒切れ刃プロファイルの記録、アセチルセルローズ・フィルムによる切れ刃レプリカの採取などを行う。

砥石減耗量は、炭素鋼試片に砥石面の形状を研削転写して、その転写された表面形状を触針式万能表面形状測定機により記録して測定した。砥粒切れ刃プロファイルの記録には、電気マイクロメータを改造した触針式切れ刃測定機（サファイヤ製ナイフエッジ形触針、エッジ幅 0.4mm）を用いた。

3.2 実験結果

砥石切込み $\Delta=10\mu\text{m}$ を与えて、乾式研削を続けた場合の砥石半径減耗の進行状況を図 2 に示す。ここで、横軸の研削回数 N_w は長さ l_w の工作物が砥石を通過する回数であり、砥粒研削距離 L_g は研削回数に対応して砥粒切れ刃が工作物を研削する累積距離であり、式 (4) で計算される。

$$L_g = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\Delta}{D_s}} \frac{V}{v} l_w N_w \quad (4)$$

図 2 において、砥石は研削回数 25 回付近から定常減耗の状態に入り、以後、 $L_g=1\text{m}$ 当り約 0.3 μm ではほぼ直線的に増加する。この研削について、砥石円周に沿い砥石面の同一個所のプロファイルを追跡的に記録した例を図 3 に示す。本実験方法では、研削の進行による切れ刃の変化をかなり正確にとらえることができた。ドレッシング直後の切れ刃はドレッサにより平らに削られたとみられるものが多いが、25 回研削後は鋭利な形状の切れ刃が増加し、研削開始初期は切れ刃が激しく破碎して、砥石面の状態がかなり変化することがわかる。以後定常減耗期に入れば、切れ刃の破碎や先端の摩耗が漸進的に進行し、大きな変容はみられない。

そこで、この切れ刃プロファイルについて、比較的深部にあって変化しなかったとみられる砥粒を基準にして、数個の砥粒切れ刃の後退寸法を測定した。図 4 はその結果を示す。A, C, D, E の切れ刃は砥石最表面近くにあったもので、研削初期に破碎して 2～3 μm 後退し、それ以後は摩擦的にゆるやかに後退する。B, F はやや内部にあった切れ刃であり、最初から摩擦的に後退している。なお、切れ刃

表1 実験条件 (I)

砥 石	A60km V 1 号 149×9.5×25.4mm
工 作 物	炭素工具鋼 SK7, Hv600 寸法: 75×30×20mm
ドレッシング	単石ダイヤモンド・ドレッサ 切込み: 0.01mm 送り: 0.07mm/rev
研 削	平面研削盤, 乾式研削 砥石周速度 $V=1500\text{m/min}$ 工作物速度 $v=7.5\text{m/min}$ 砥石切込み量 $\Delta=10\mu\text{m}$ クロスフィード: 0.6mm/ストローク 上向き, 下向き時とも研削。

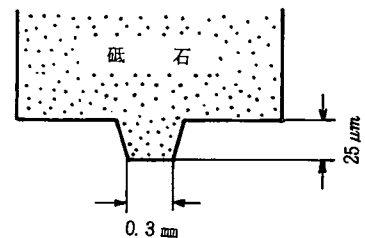


図1 砥石面の形状

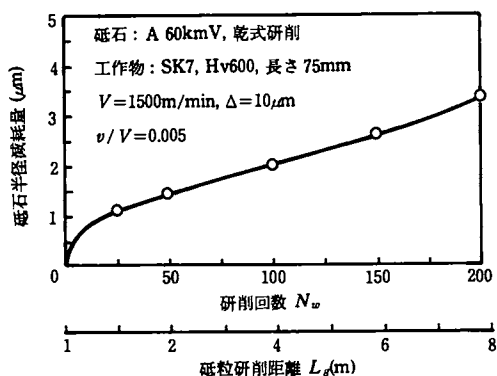


図2 研削過程における砥石の減耗 (I)

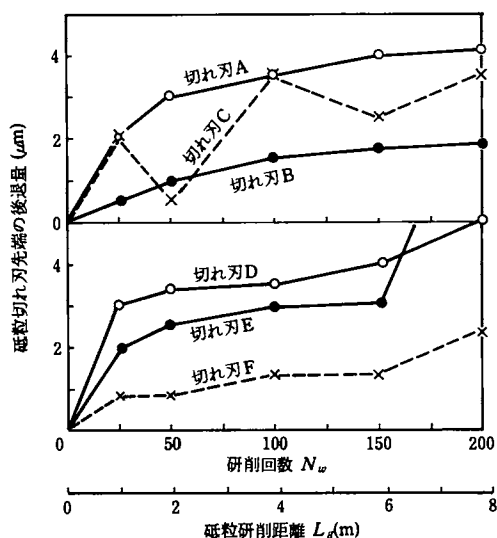
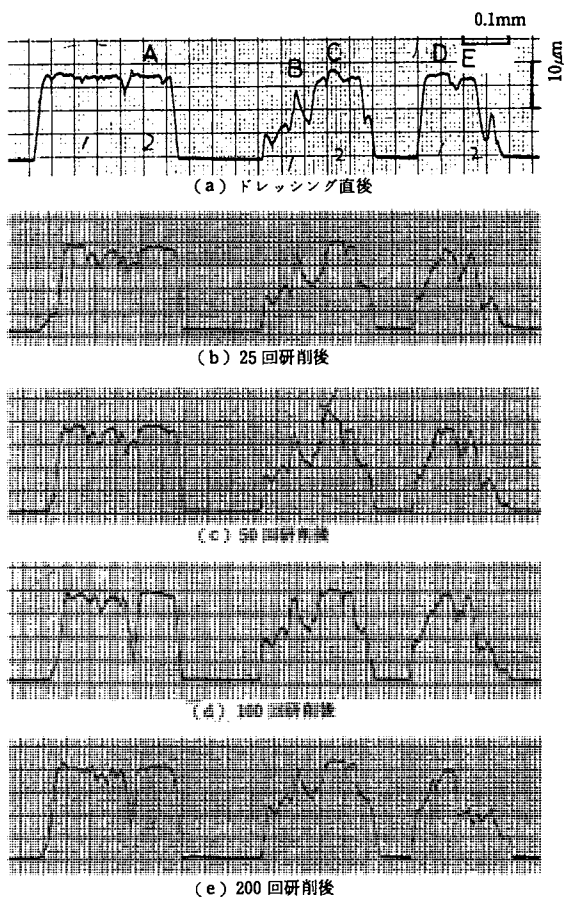


図4 研削過程における砥粒切れ刃先端の後退量



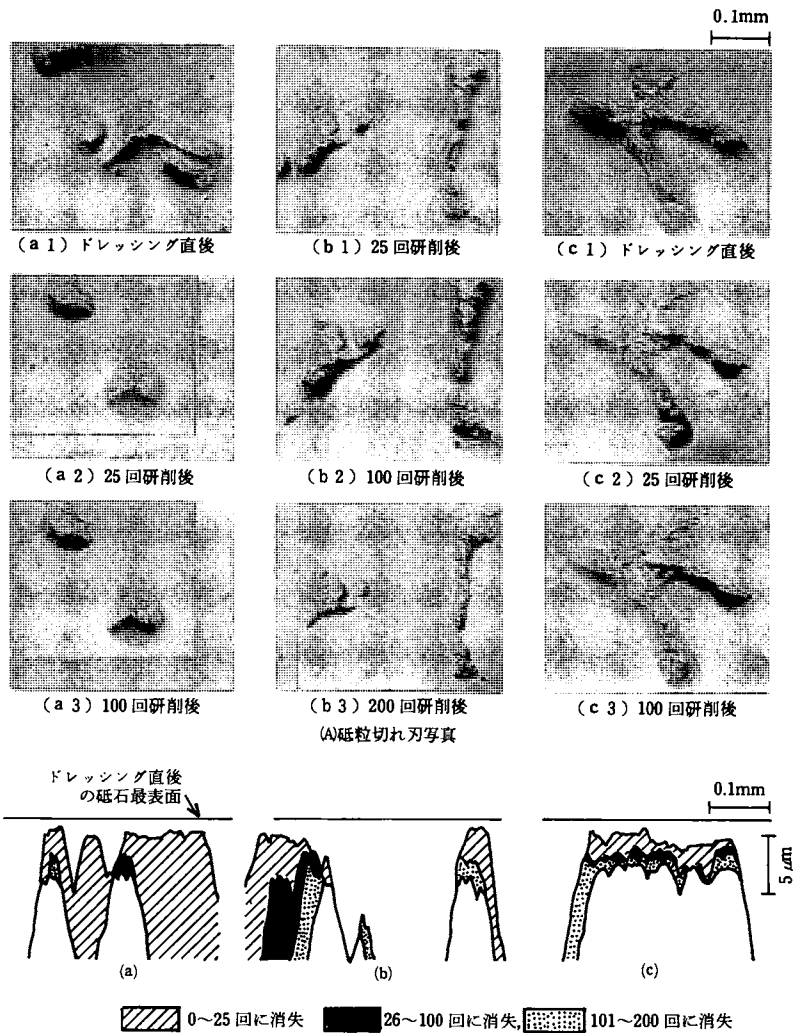
砥石: A 60kmV, 工作物: SK7, 長さ 75mm
 乾式研削, $V=1500\text{m/min}$, $\Delta=10\mu\text{m}$

図3 研削過程における砥粒切れ刃プロファイルの変化

Fは図3のプロファイルに現れていないものである。ここで、切れ刃Cが低くなったり高くなったりしながら後退しているが、これは、切れ刃先端において切りくずが溶着したり離脱したりしているため生じたものとみることができる。

さらに、一部砥粒切れ刃についてレプリカを取り、切れ刃プロファイルと対比して、レプリカによる顕微鏡観察を行った。それらの観察における二、三の特徴的な例を図5に示す。(a)は研削初期に砥粒が破碎または脱落したとみられる例であり、(b)は研削が進むにつれて逐次破碎が発生する例であり、(c)は砥粒が比較的強固で、切れ刃先端の微細な破碎と摩耗により漸進的に後退する例である。

以上において、砥石面の個々の砥粒切れ刃についてその破碎と摩耗の挙動を観察したが、次に、統計的観点から砥粒切れ刃の破碎の進行状況を観測した。延べ測定長さ 60mm の砥石面より得た切れ刃プロファイルについて、研削の進行につれて破碎が発生する回数を数えた結果を表2に示す。ここでは微小な破碎については考えず、 $4\sim 5\mu\text{m}$ 以上の比較的大きく破碎したとみられるものに注目した。この観測結果は、研削回数 25 回までの初期減耗の期間に破碎が多く発生し、以後定常減耗の期間では破



(B) 砥粒切れ刃プロフィール

砥石：A 60km V, 工作物：SK7, 長さ 75mm

乾式研削, $V=1500\text{m/min}$, $\Delta=10\mu\text{m}$

図 5 研削過程における砥粒切れ刃の挙動観察

表 2 研削過程における砥粒切れ刃の破碎の発生

ドレッシング直後の切れ刃数 193 個 (測定砥石面積：22.5mm²)

破碎発生率 = (破碎個数) ÷ (全破碎個数) × 100 (%)

研削回数区分	脱落個数	破 碎 の 発 生	
		破碎個数	破碎発生率 (%)
0 ~ 25	5	91	51
26 ~ 50	3	39	32
51 ~ 100	1	21	12
101 ~ 150	2	16	9
151 ~ 200	0	11	6
合 計	11	178	

砕の発生は漸減していくことを示している。なお、本実験では砥粒が脱落あるいは大きく欠損したとみられるものは比較的少なかった。

3.3 考 察

研削中の砥石の減耗は初期減耗、定常減耗、末期減耗の過程をたどることは³⁾広く知られているが、本実験においても、個々の砥粒切れ刃の挙動観察から、研削初期に砥粒切れ刃は一様に破碎を生じて比較的大きく後退するが、以後次第に摩擦的に後退する状況がみられた。また、統計的観測によって、研削初期に切れ刃の破碎が多く発生し、以後次第に低減する状況がみられた。研削初期の異常減耗は、ドレッシングにおけるクラックの発生により形成された砥粒のぜい弱層が、研削負荷により除去される過程である。この期間を過ぎれば、砥粒や結合橋の破碎強度や摩耗特性と研削負荷が平衡した状態で減耗が進行し、いわゆる定常減耗過程が形成され、この過程が研削過程の大部分の期間を占める。

ところで、砥粒の破碎強さや破碎状況はそれぞれの砥粒により大きな差異がある⁴⁾。定常減耗期において、砥粒切れ刃の破碎発生率が次第に低減していくのは、砥石面において、ぜい弱な砥粒は順次破碎消失して、強固な砥粒の占める割合が次第に増加するためであろうと考えられる。このことは、砥粒切れ刃の挙動観察の結果とよく対応する。すなわち、砥石の最外面は強固な砥粒の先端で支えられているとみてよく、それらの摩擦的挙動に支配されて、漸進的に後退していくと考えられる。一方、ぜい弱な砥粒よりなる切れ刃は次々と破碎して後退し、研削の進行につれて、砥石面の砥粒切れ刃は粗な分布状態に変化していくと考えられる。そこで、次に、この研削過程における砥粒切れ刃の分布状態や形状の変化と、これに起因する仕上面粗さの変化について、実験的検討を行う。

4 研削過程における仕上面粗さの変化

4.1 研削実験

平面研削盤（岡本工機製，SPG 5形）を使用し，A 60 番とWA60 番の結合度 I，K，M の各種砥石を用いて，炭素工具鋼 SK 7 焼入材（長さ 75mm）をクロスフィードなしで上向き研削時に砥石切込みを与えて研削し，所定回数研削するごとに砥石減耗量や仕上面粗さの測定，砥石面の砥粒切れ刃プロファイルの記録¹⁾などを行った。乾式研削を主体とし一部湿式研削も行った。表 3 はその実験条件を示す。砥石減耗量の測定および砥石面のプロフィール記録は前述の実験と同様である。仕上面粗さの測定

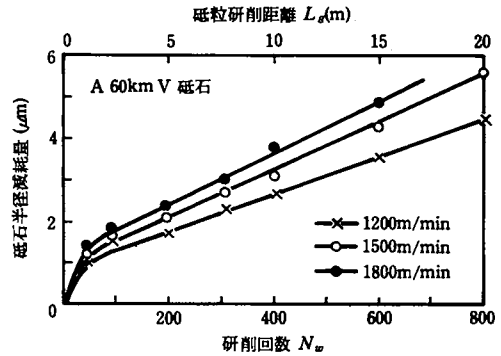
表 3 実 験 条 件 (II)

砥 石	A60Im V 1 号	194 × 19.5 × 50 mm
	A60km V 1 号	192 × 19.5 × 50 "
	WA60Im V 1 号	204 × 19.5 × 50 "
	WA60km V 1 号	201 × 19.5 × 50 "
	WA60Mm V 1 号	205 × 19.5 × 50 "
ドレッシング	単石ダイヤモンド・ドレッサ	
	送 り：0.07mm/rev 切込み：0.005mm	
研 削	平面研削盤，乾式および湿式研削	
	クロスフィードなし，上向研削のみ切込む。	
	砥石周速度 V ：1200, 1500, 1800m/min	
	研削速度比 $v/V=0.005$	
	砥石切込み量 Δ ：5, 10, 15 μ m 工作物：SK7, Hv730, 寸法 75 × 5 mm	

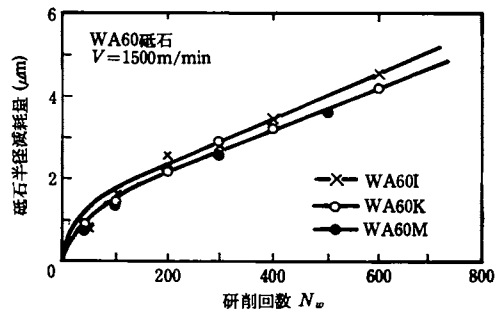
は触針式表面形状測定機により、仕上面の5個所について中心線平均粗さ R_a を測定し、その平均値をとった。

まず、研削速度比 v/V を0.005、砥石切込みを $5\mu\text{m}$ 一定とし、A 60 K 砥石により砥石速度 V を変化させた場合と、 V を1500 m/min にしてWA60 番の砥石の結合度を変えた場合について、乾式研削における、砥石面の砥粒切れ刃の状態を調べた。図6はこれらの研削における砥石の減耗進行状況を示す。A 60 K 砥石で V を変えて研削したとき、速度が高くなれば砥石の定常減耗量も増加する傾向がみられたが、WA60 番砥石では結合度による減耗量の差異はわずかであった。

これらの研削について記録した砥石面の砥粒切れ刃プロファイルより、砥粒切れ刃の分布に関する定数 c (分布形に関する定数) と k_s (切れ刃数に関する定数)、および切れ刃形状に関する定数 $\bar{b}$ (平均切れ刃先端半幅) を測定^{1,2)}した結果を図7に示す。 c は研削初期に1.5~1.8程度の値をとり、研削が進むにつれて増加する傾向がみられる。一方、 k_s は研削の初期段階で急激に減少し、以後次第に減少傾向はゆるやかになり、表2の砥粒切れ刃の破碎発生状況と対応する傾向を示している。



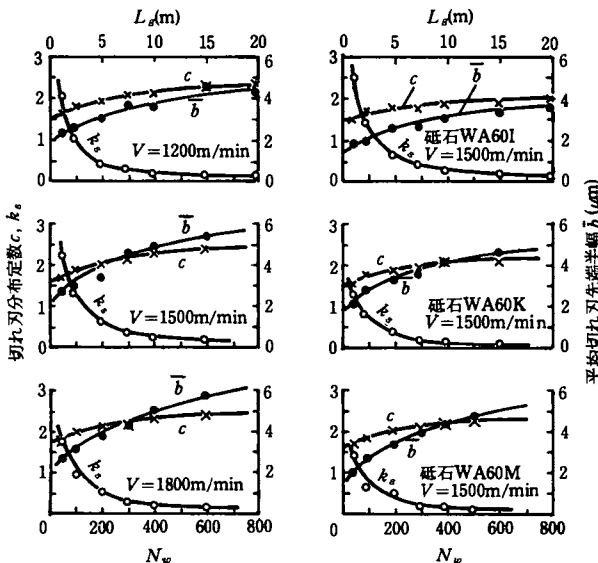
(a) A 60 K 砥石により砥石速度 V を変えて研削した場合



(b) WA60 番砥石の結合度を変えて研削した場合

砥石切込み: $5\mu\text{m}$, $v/V=0.005$, 乾式研削
工作物: SK7, Hv730, 長さ75mm,

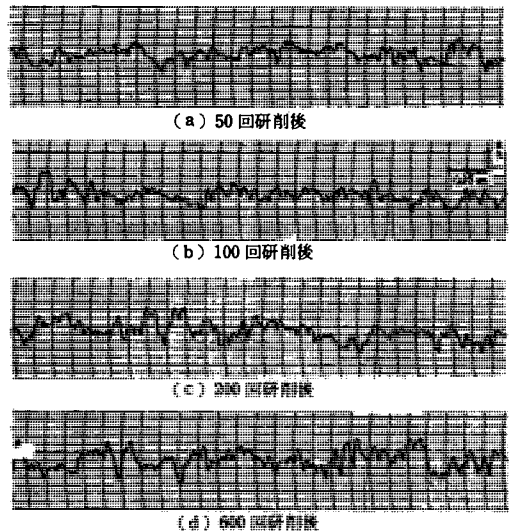
図6 研削過程における砥石の減耗 (II)



(a) A60K 砥石による研削 (b) WA60 砥石による研削

工作物: SK7, Hv730, 長さ75mm, 乾式研削
砥石切込み $\Delta=5\mu\text{m}$, $v/V=0.005$

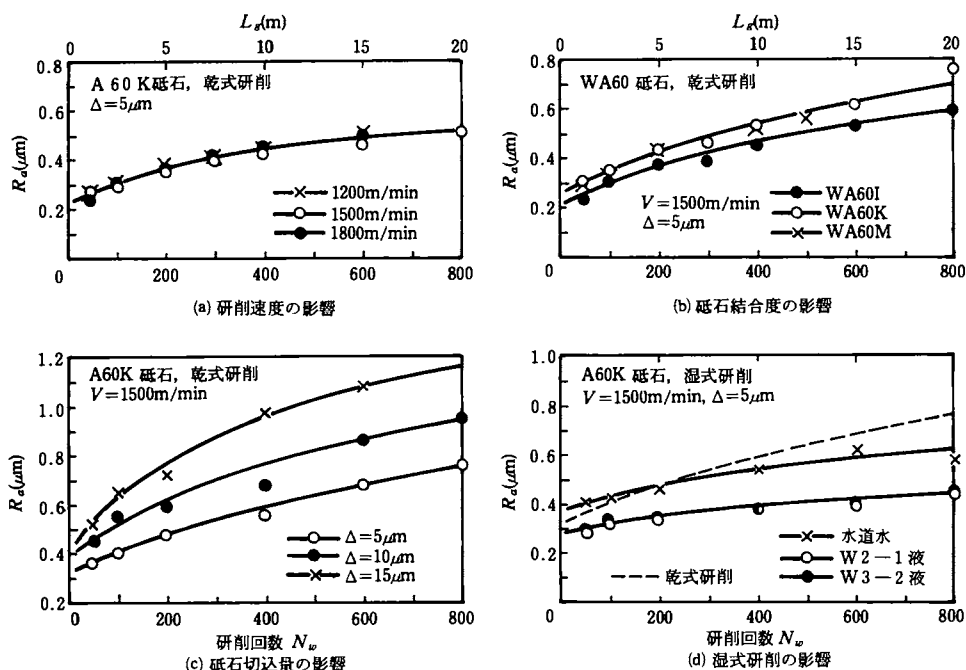
図7 研削過程における砥粒切れ刃定数 c , k_s , $\bar{b}$ の変化



砥石: A60km V, 工作物: SK7, Hv730, 長さ75mm

乾式研削, $V=1500\text{m/min}$, $v/V=0.005$, $\Delta=5\mu\text{m}$

図8 研削仕面粗さプロファイルの変化



工作物: SK7, Hv730, 長さ 75mm, $v/V=0.005$

図9 研削過程における仕上面粗さの変化

切れ刃先端幅 $\bar{b}$ は研削初期に $2\mu\text{m}$ 程度の値をとり、研削が進行するにつれて次第に増加して切れ刃先端の平たん化が進行する。

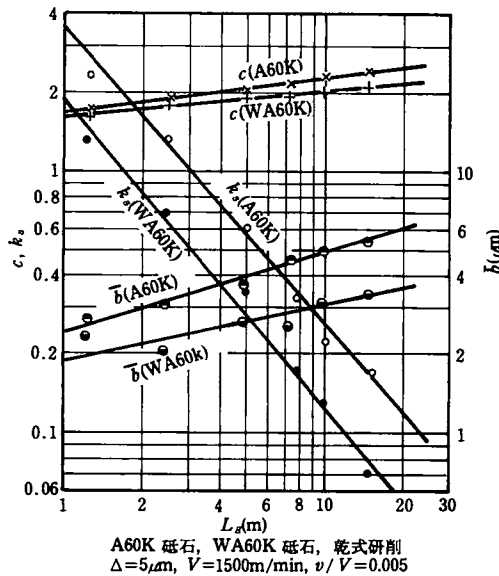
次に、研削の進行に伴う仕上面粗さの変化を調べた。図8は研削仕上面粗さプロファイルの例を示す。一般的には、研削作業が進行すると仕上面粗さは次第に悪くなる。この研削過程における仕上面粗さの変化状態を中心線平均粗さ R_a について調べた結果を図9に示す。仕上面粗さは研削の進行につれて次第に増大する。また、同一研削条件下で、WA砥石はA砥石よりも粗さの増大は著しい。そして、砥石切込み量の増加は粗さの増加をまねく。乾式研削に比べて湿式研削では、粗さの変化はかなり小さくなる。湿式研削で粗さがあまり変化しないのは、研削液の作用で砥粒が一樣に破砕する傾向が強まるために、砥粒切れ刃の分布状態があまり変化しなくなることによるものと考えられる。

4.2 検 討

上述の研削実験において、砥石をドレッシング後研削を継続すれば、砥粒切れ刃の分布形に関する定数 c はゆるやかに増大し、切れ刃数に関する定数 k_s は減少傾向をたどることを示した。砥石面におけるこのような変化傾向は切れ刃密度が減少していくことを意味し、仕上面粗さの増大化をもたらす。一方、砥粒切れ刃先端幅 $\bar{b}$ は研削の進行につれて増大し、これは仕上面粗さを減少させる方向に作用する。したがって、仕上面粗さは砥粒切れ刃におけるこれら2要因の差引き勘定に依存するが、一般研削では切れ刃密度の方が大きく減少し、その結果として、仕上面粗さは悪化の傾向をたどるとみられる。そこで、研削過程におけるこれら各因子や仕上面粗さの変化傾向がどのような性質のものであるかを検討する。

4.2.1 砥粒切れ刃の状態の変化

まず、砥粒切れ刃の分布および形状に関する定数 c , k_s , $\bar{b}$ の研削過程における変化状態に数学的規

図10 切れ刃定数 c , k_s , $\bar{b}$ と砥粒研削距離 L_g との関係表4 研削過程における c , k_s , $\bar{b}$ および R_a の変化に関する定数 α_c , β_k , γ_b , δ_R の値

砥石	研削	V (m/min)	Δ (μm)	切れ刃			あらさ
				α_c	β_k	γ_b	δ_R
A60I	dry	1500	5	0.095	-1.06	0.22	0.27
A60K	"	1200	5	0.097	-1.16	0.23	0.27
"	"	1500	5	0.108	-1.16	0.29	0.27
"	*wet	"	5	—	—	—	0.13
"	dry	"	10	—	—	—	0.30
"	"	"	15	—	—	—	0.32
"	"	1800	5	0.115	-1.14	0.33	0.26
WA60I	dry	1500	5	0.091	-1.13	0.21	0.31
WA60K	"	"	5	0.099	-1.19	0.29	0.31
WA60M	"	"	5	0.105	-1.29	0.31	0.31

* 湿式研削における研削液：W2—1, W3—2.

則性がみられないか種々検討した。その結果図10に示すように、両対数グラフ上で c , k_s , $\bar{b}$ とともに砥粒研削距離 L_g について、ほぼ直線的に変化する様相を認めた。よって、 c , k_s , $\bar{b}$ は L_g に関して近似的に次式で表示できる。

$$c = c_0 L_g^{\alpha_c}, \quad k_s = k_{s0} L_g^{\beta_k}, \quad \bar{b} = \bar{b}_0 L_g^{\gamma_b} \quad (5)$$

ここで、 c_0 , k_{s0} , $\bar{b}_0$ は $L_g = 1\text{m}$ における c , k_s , $\bar{b}$ の値であり、 α_c , β_k , γ_b は変化の傾向を表わす定数で、図10の直線の傾きより定められる。

c_0 , k_{s0} , $\bar{b}_0$ は研削の諸因子や状況に左右される値であり、いまはこれに触れず、変化の傾向を示す定数 α_c , β_k , γ_b に注目する。各研削実験から求めた α_c , β_k , γ_b の値を表4に示す。これらの数値が大き

ければ、切れ刃の定数が大きく変化することを意味する。表 4 の値をみれば、同一砥石では、研削速度に応じて α_c と γ_b は増大するが β_k はあまり影響されず、同一研削条件では、砥石結合度が高くなれば α_c , β_k , γ_b とも大きくなる傾向がみられ、研削過程において砥石面の砥粒切れ刃の状態が変化する様子がよくわかる。

4.2.2 仕上面粗さの変化

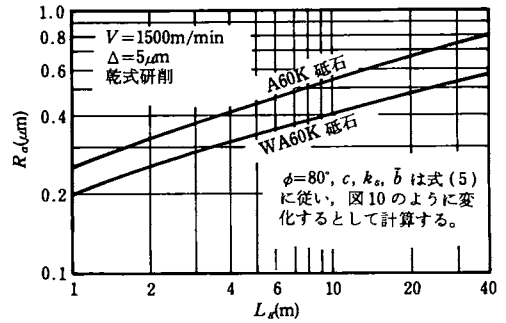
上述の検討より、研削過程における砥石面の砥粒切れ刃の各定数と砥粒研削距離 L_g との関係はべき関数で近似させられることがわかった。そこで、切れ刃定数 c , k_s , $\bar{b}$ が式 (5) に従って変化するとし、研削仕上面粗さの式 (3) より中心線平均粗さ R_a の値を計算し、両対数グラフ上に L_g について図示すれば図 11 (a) のようになる。 R_a と L_g とは非常にゆるやかな曲線関係をもつが、研削現象はかなりのばらつきを伴うことを考慮すれば、実際的には、直線関係をもつとみなしてさしつかえないように思われる。そこで、 R_a の実験値について図示すれば図 11 (b) のようであり、 R_a と L_g との関係は直線で近似させることができる。この結果より、正常な研削状態の下では、研削過程における R_a の変化は L_g に関して、近似的に次式で表示できる。

$$R_a = R_{a0} L_g^{\delta_R} \quad (6)$$

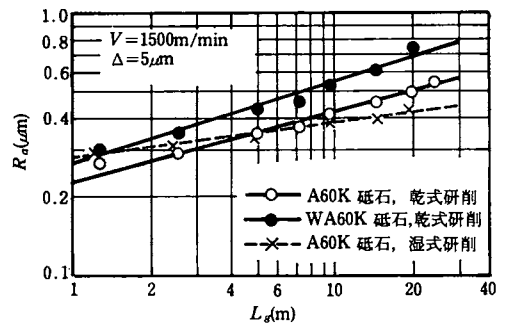
ここで、 R_{a0} は $L_g = 1\text{m}$ における R_a の値であり、 δ_R は R_a の変化の傾向を示す定数で、図 11 (b) の直線の傾きより定められる。

各研削実験から δ_R の値を求めた結果を表 4 に示す。同一研削条件では、砥粒の種類により δ_R の値に差異があり、A 砥石より WA 砥石の方がやや大きい。同種砥粒の砥石では、結合度や研削速度による差異はみられず、砥石切込み量に応じて δ_R は大きくなる傾向を示している。また、乾式研削に比べて湿式研削では δ_R の値は半減しており、砥石寿命が向上することがわかる。ここで、切れ刃定数に関係する α_c , β_k , γ_b の値が研削速度や結合度によりそれぞれ変化しているにもかかわらず、粗さに関係する δ_R の値に差異がみられない。このことについては、仕上面粗さが研削作用の総合的所産であり、これらの因子の相殺的作用がこのような結果をもたせたものと解釈できよう。なお、上述の結果は中心線平均粗さ R_a と同様に最大高さ粗さ R_{max} にも適用できるものである。

以上により、研削過程において研削仕上面粗さは、かなり近似的ではあるが、規則的な変化をすることが理論的ならびに実験的に確かめられた。この結果は、研削作業中の仕上面粗さの変化予測を可能にし、表面精度に重点をおく研削作業において、合理的作業標準の作成に資するものであると考える。



(a) 仕上面粗さの理論計算値と L_g との関係



(b) 仕上面粗さの実験値と L_g との関係

図 11 仕上面粗さ R_a と砥粒研削距離 L_g との関係

5 結 語

- 1) 砥石のドレッシング後，研削を継続すれば，砥石面の砥粒切れ刃は研削初期に激しく破碎する。そして定常減耗期に入ると，破碎の発生は次第に低減し，砥石面には強固な砥粒が残る。砥石最表面は強固な砥粒切れ刃で支えられ，ぜい弱な砥粒切れ刃は逐次破碎，後退して，砥石面の砥粒切れ刃の分布状態や形状は次第に変化していく。
 - 2) 研削過程において，砥石面の砥粒切れ刃の分布に関する定数 c , k_s や形状に関する定数 $\bar{b}$ は，砥粒研削距離 L_g のべき乗に近似した変化をする，変化の傾向は砥粒の種類や結合度，研削速度，砥石切込み量などの研削諸因子の影響を受ける。
 - 3) 研削過程において，工作物の仕上面粗さ R_a は砥粒研削距 L_g のべき乗に近似した変化をする。その変化の傾向は，砥石の結合度や研削速度にあまり影響されないが，砥粒の種類や砥石切込み量の影響を受け，また，乾式研削に比して湿式研削ではかなり小さくなる。これらの結果は研作中の仕上面粗さの変化予測に資するものである。
- 終りに，本研究についてご協力いただいた金沢大学工学部精密工学科西川勝信技官に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 本多良辰，進村武男，高沢孝哉：研削砥石の砥粒切れ刃の分布に関する考察，金沢大学工学部紀要，7，1（1973）79.
- 2) 本多良辰，進村武男，高沢孝哉：研削仕上面粗さに及ぼす砥石減耗の影響，金沢大学工学部紀要8，1（1974）98.
- 3) 高沢孝哉，横山恭男：研削砥石の減耗について，金沢大学工学部紀要，2，1（1957）51.
- 4) 高沢孝哉，本多良辰，西川勝信：研削砥粒の破碎強さと破碎状況，金沢大学工学部紀要，4，1（1965）56.

（昭和54年6月27日受理）