

重研削用砥石の研究

横尾 嘉道*・田戸 保*・工藤 要**

Study on the Wheels of Heavy Grinding

Yoshimichi YOKOO, Tamotsu TADO
and Kaname KUDO.

Abstract

The experimental results of heavy grinding are reported in this paper for SNCM 26 and SCM 21 steels with WA, MA, FA and MA/FA wheels. The test results are summarized as follows.

- (1) The best of the used wheels is MA46K 8 VFo 4.
- (2) In some infeed-rates, grinding ratios are affected largely by the length of grinding time.
- (3) The variation of wheel wears, grinding forces and surface finishes as a function of the grinding time can be classified in 3 groups.

1. ま え が き

時代の進展にともない高度の生産性が要求され、研削の分野でも加工の能率化という点から重研削が益々重視されるようになった。しかしながら重研削は精密研削と異なり、砥石の損耗が一樣でなく、最適砥石の選定とともに、その損耗状態の究明が急がれている。

前報¹⁾では SCM 21ならびに SNCM 26鋼の重研削用砥石として WA 系の46K, 46L, 60K, ならびに60Lについて実験を行った。今回はこれに引続き、砥粒の種類を広くしてWA 砥石以外に MA, FA (ノルトン表示57 A) ならび MA/FA (ノルトン表示23A) の砥石を用いて高切込みの円筒ブランチ研削を行い、研削砥石の性能を比較するとともに、砥石損耗の状態を調べたので報告する。

2. 実 験 方 法

実験に使用した装置ならびに供試材料は表1に示す通りであるが、研削盤の砥石軸回転速度および砥石切込み速度はいずれも無段変速できるように改造したものである。

実験の方法は表2に示す通りであるが、まず前回¹⁾と

同様に切込み速度 (V_f) を $V_f=0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5\text{mm/min}$ の5段階に変えて2分間研削を全砥石について行った。つぎにこれらの砥石のうちで研削性能のすぐれた砥石4種類を選んで $V_f=1.5\text{mm/min}$ として10分(連続)研削を行った。最後に10分(連続)研削における諸測定値の途中経過を知るために MA 46K 8 VF 0 4砥石を用いて $V_f=1.0, 1.25, 1.5, 1.75, 2.0\text{mm/min}$ の5種類に対して1分きぎみの断続研削を10分間行った。いずれの実験においても工作物はマンドレルに固定して研削を行い、スパーク・アウトは行わなかった。

砥石損耗量の測定は砥石面の損耗形態を型板(ベークライト板)に写し取る転写法によって行い、損耗量の少い時には前実験²⁾と同様に仕上面検査機で型板を記録し、損耗量の多い時には投影器により型板を20倍に拡大してその面積より算出した。

研削量は研削前後の工作物直径をマイクロ・メータで測定し、それらの値より算出した。

研削抵抗は、心押合センタにストレイン・ゲージを張り、その出力を動ひずみ計を通じて記録計に導き、記録した曲線より平均の抵抗値を算出した。

工作物表面あらさの測定は、東京精密製のサーフコム 2 B型によりカット・オフ 0.8mm で円周上8ヶ所で平均あらさ (R_a) を測定し、その平均値を算出した。

* 宇部工業高等専門学校機械工学教室

** 宇部工業高等専門学校学生課実習係

表 1. 実験装置および供試材料

(1) 円筒研削盤	近藤製作所製 GLOSS 450 H 型 (砥石駆動用電動機2.2 KW) 研削しうる最大長さ 470 mm 研削しうる最大直径 120 mm							
(2) 工 作 物	種 別	成 分 (%)						ビッカース硬度
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Nj	
	SNCM 26	0.14	0.26	0.93	1.51	0.48	2.96	306
	SCM 21	0.16	0.23	0.75	1.05	—	—	215
	(共に熱処理したもの) 寸法 (単位 mm) SNCM 26 120×10×24 外径×厚さ×内径 SCM 21 115×10×24							
(3) 研 削 砥 石	WA 46 K MV , WA60K MV MA 46 K 8 VF 04 , MA 46 K 8 VG 1 MA/FA46 K 8 VF 04 , MA/FA 46 K 8 VG 1 FA 46 K 8 VF 04 , FA46K 8 VG 1 寸法 (外径×厚さ×内径) 305×27×127							

表 2. 実験方法

(1) 研 削 方 式	円筒プランジ研削 (湿式)	
(2) 目 直 し 条 件	(a) ドレッサ (b) 砥石軸回転数 (c) 目直し速度 (d) 切込み	単石 1 カラット 1800r. p. m. 360mm/min (0.2mm/rev) 25μm で2往復
(3) 加 工 条 件	共 通	(a) 砥石周速度 1900m/min (b) 工作物周速度 47.5m/min (速度比) (4) (c) 研削油剤 ユシローケン GC 10倍稀釈液 (d) 油剤供給量 20l/min.
	2 分	(e) 鋼 材 SCM21 (f) 研削砥石 全砥石 (8種) (g) 切込み速度 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, mm/min (h) 研削時間 連続2分間 (スパークアウトなし)
	10 分 (連続)	(e') 鋼 材 SCM 21, NCM 26 (f') 研削砥石 WA45K MV, MA46K 8 VF 04 MA/FA46K 8 VF 04, FA46K 8 VF 04 (g') 切込み速度 1.5mm/min (h') 研削時間 連続10分間 (スパークアウトなし)
	10 分 (断続)	(e'') 鋼 材 SCM 21 (f'') 研削砥石 MA46K 8 VF 04 (g'') 切込み速度 1.0, 1.25, 1.5, 1.75, 2.0mm/min (h'') 研削時間 1分きざみの10分間 (スパークアウトなし)

3. 実験結果ならびに考察

3-1. 2分間研削の場合

SCM 21鋼を2分間連続研削して得られた研削量(又は削除率)と研削比との関係は図1, 2に示す通りである。切込み速度(V_f)がはやくなれば一定時間内の研削量は増加するので各砥石について左より $V_f=0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5$ mm/min の時の測定値が示してある。図2中の MA/FA 46 K 8 VF 04 の○印が一つ少いが、これは $V_f=2.5$ mm/min で研削抵抗が大きくなり、砥石騒動用電動機が停止したため実験できなかった。

一般的にみて、各砥石とも切込み速度の変化が砥石消耗量に大きな影響を与えている。また詳しく調べると、MA 46, MA/FA 46, FA 46のうち F04系の3種と WA 46の合計4種の砥石が切込み速度の大きいところで研削比が高くなっていることは重研削に向いていると言える。またFA 46 K 8 VG 1 の研削比が $V_f=1.0$ mm/min で特に低い値を示しているが、これは砥粒の脱落

が他の砥石より速く始ったためと考えられる。

つぎに同様に得られた切込み速度と工作物表面あらさ(Ra)との関係は図3, 4に示す通りである。表面あらさは前回りに報告したように切込み速度の増加につれて増加するが、その増加の割合は始めゆるやかに中頃は急で終りはまたゆるやかになり、緩-急-緩の形をしている。これは砥粒の損耗状態と大いに関係がある。すなわち切込み速度の小さい時は砥石の損耗は主として摩擦減摩耗に支配されるため工作物表面あらさはゆるやかに上昇し、 $V_f=1.5$ mm/min 付近から急上昇するのは砥粒の脱落や破碎が激しくなり、摩耗形態が質的に変化するからである。その後は砥粒の脱落や破碎が量的に増加するのみであるからその増加割合は緩かであると考えられる。この点で特徴のある砥石は FA46K 8 VG 1 で、これの $V_f=1.0$ mm/minにおける表面あらさは他砥石のそれに比べて格段に大きい。この点は砥粒の脱落のため砥石損耗が大きく、研削比も格段に小さい値であったことと

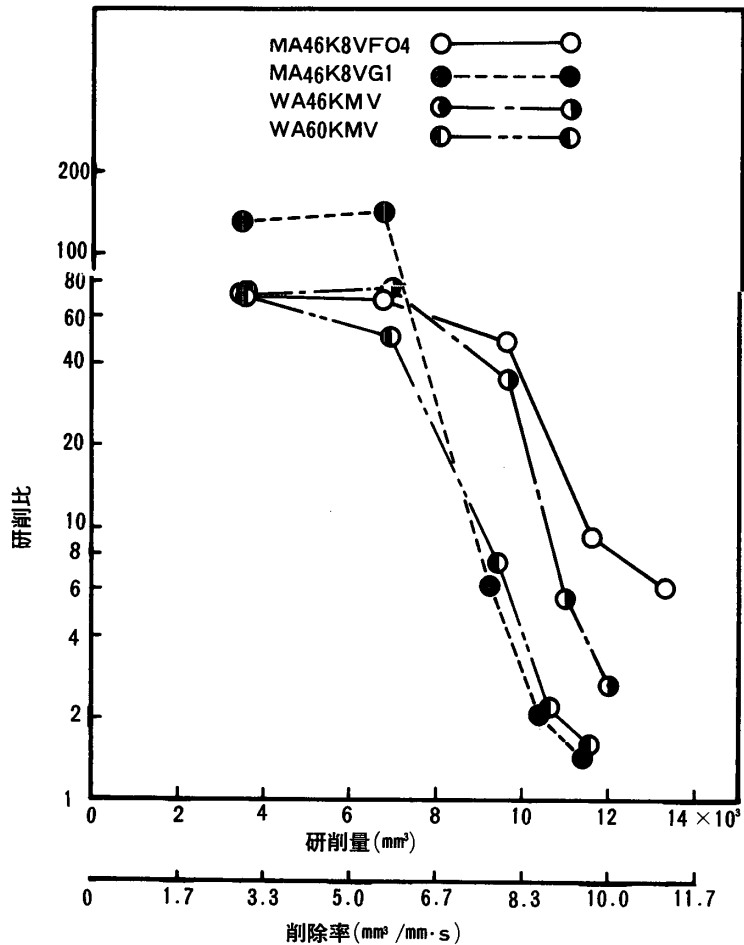


図1. SCM 21鋼を2分間研削して得られた研削量(または削除率)と研削比との関係(その1)

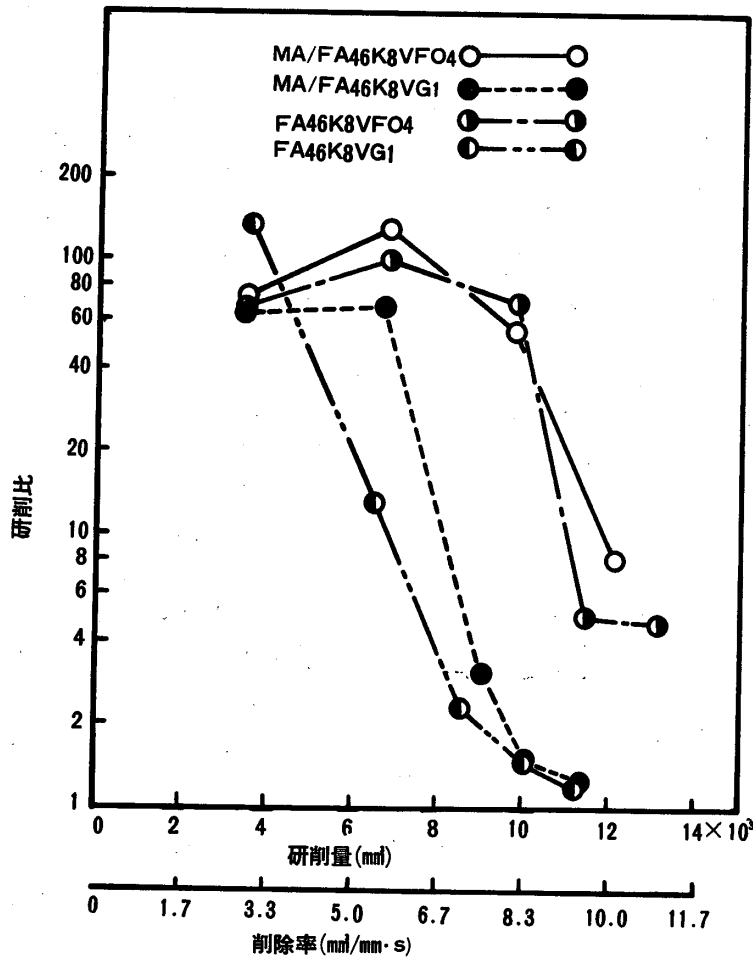


図2. SCM21鋼を2分間研削して得られた研削量（または削除率）と研削比との関係（その2）

対応している。

つきに同様に得られた代表的砥石4種の切込み速度と研削抵抗との関係を示すと図5の通りである。同図より分ることは切込み速度の増加につれて研削抵抗の両成分は始め急上昇するが ($V_f=1.0\text{mm/min}$ まで), その後は一般的にゆるやかな上昇をする。しかし $V_f=1.5\text{mm/min}$ を過ぎれば横ばいに推移するか, ならぬかに低下する傾向がある。また破碎性の悪いMA/FA砥石とFA砥石は破碎性のよいWA砥石とMA砥石に比べて研削抵抗の値は大きくなっている。

つきに前記4種の砥石の切込み速度と切削効率との関係を示すと図6の通りである。いずれの砥石も切込み速度の増加とともにほぼ平行に増加しているが, V_f の大きい範囲では効率のよい方からWA46, MA46, FA46の順になっている。

3-2. 10分（連続）研削の場合

先に行った2分間の研削実験で切込み速度の大きい処

で研削比の高い4種の砥石を用いてSCM21およびSNCM26鋼を $V_f=1.5\text{mm/min}$ で10分間連続研削した。この場合の研削比, 研削抵抗ならびに表面あらさの値を図7, 8に, 法線抵抗の時間的変化を図9, 10に示す。

まず図7, 8の研削比について言えば両鋼に共通してWA46, FA46, MA/FA46, MA46の順に大きくなっている。この点から見て本実験に用いた砥石のうちではMA46K8VF04が上記二鋼の重研削用砥石として最も適していると思われる。

つきに工作物表面あらさについて言えば, SCM21鋼ではMA46砥石が僅かに低い可他は大差ない状態である。一方SNCM26鋼では4種の砥石でほとんど差のない値となっている。これについては砥粒の脱落が経常化してくれば, 表面あらさは砥粒の粒度などによって決る一定値になるのではないかと考える。

つきに研削抵抗では, 2分間研削実験と同じように,

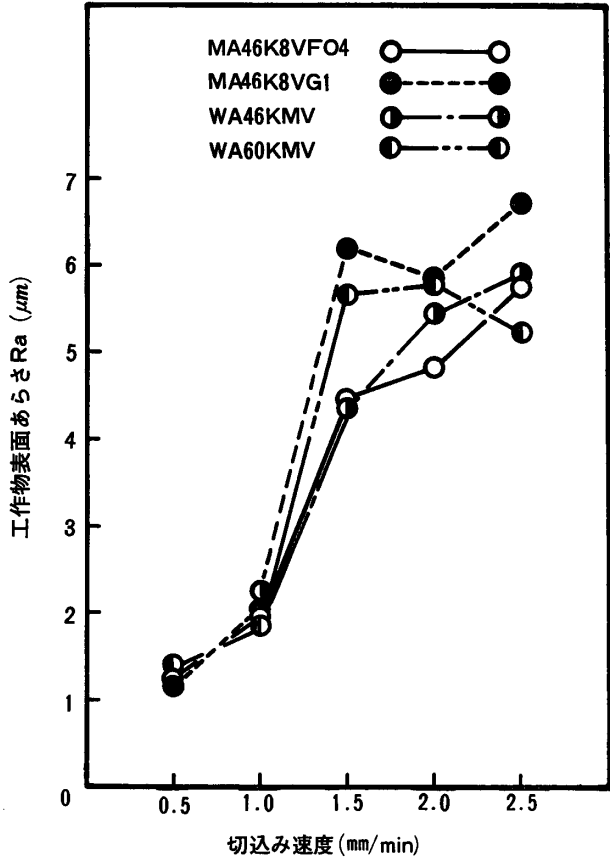


図3. SCM21 鋼を2分間研削して得られた切込み速度と工作物表面あらさとの関係 (その1)

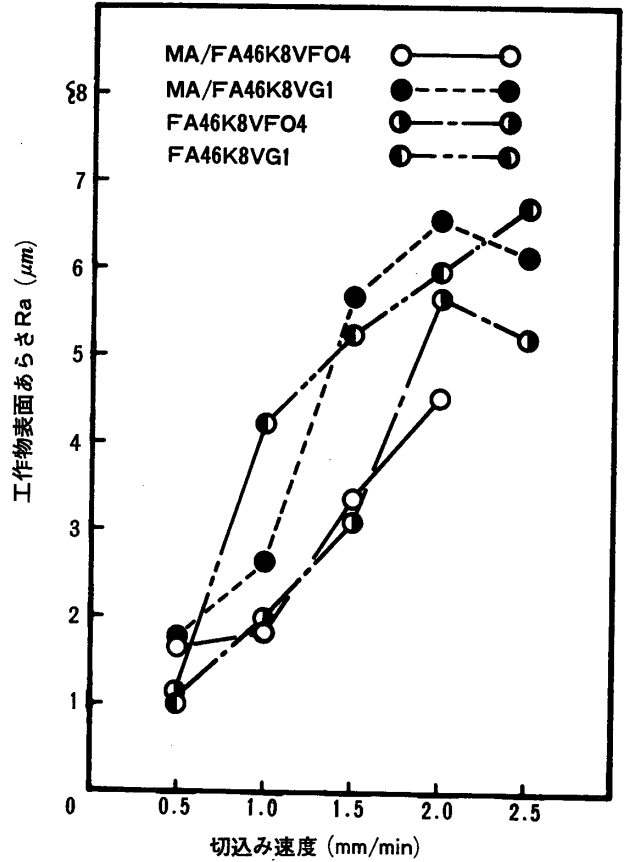


図4. SCM21 鋼を2分間研削して得られた切込み速度と工作物表面あらさとの関係 (その2)

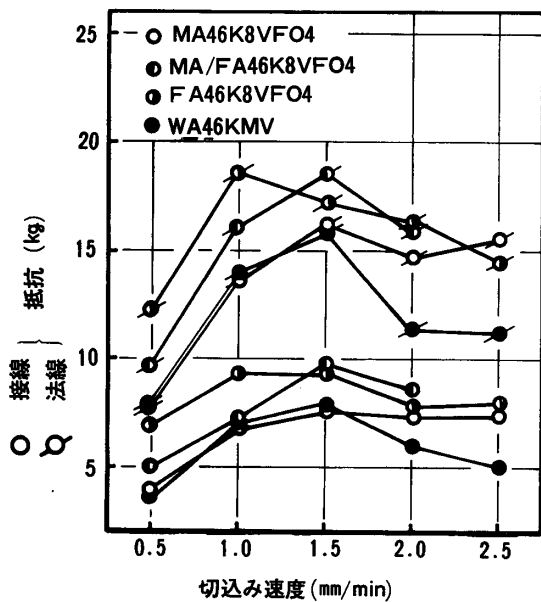


図5. SCM21 鋼を2分間研削して得られた切込み速度と研削抵抗との関係

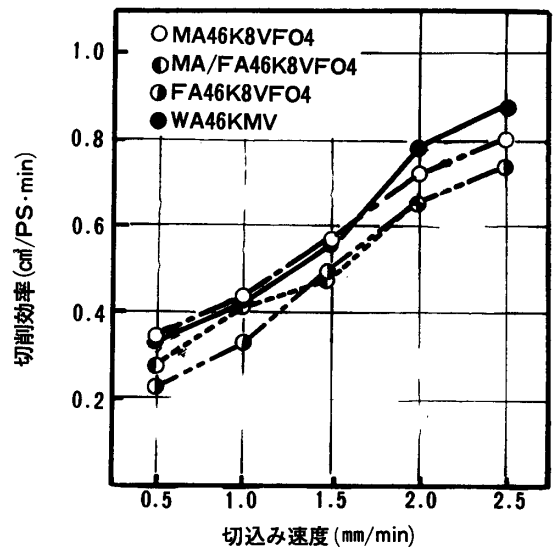


図6. SCM21 鋼を2分間研削して得られた切込み速度と切削効率との関係

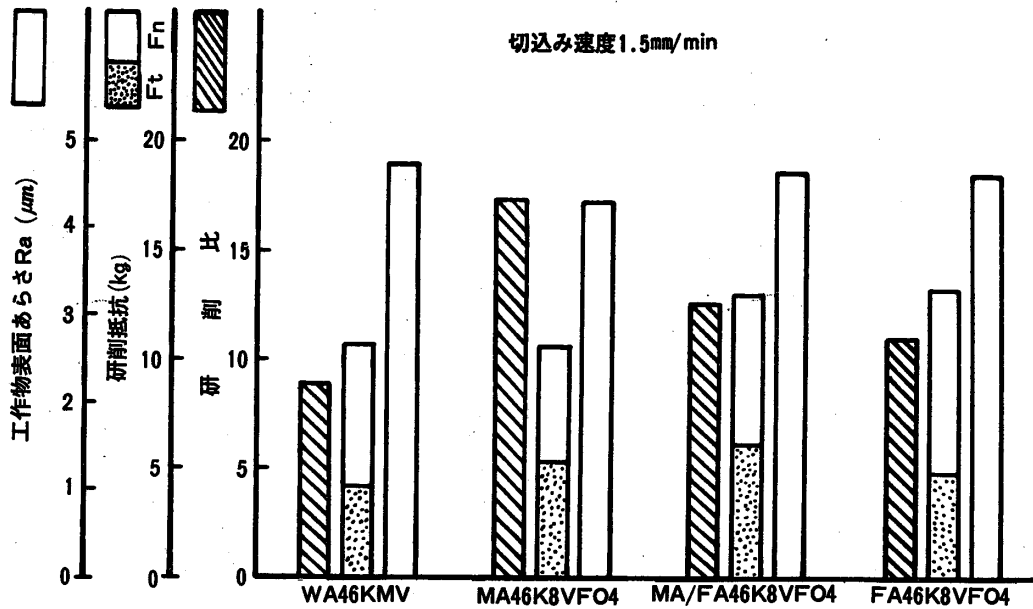


図7. 4種の砥石を用いて SCM21鋼を10分間連続研削した場合の研削比, 研削抵抗および工作物表面あらさ

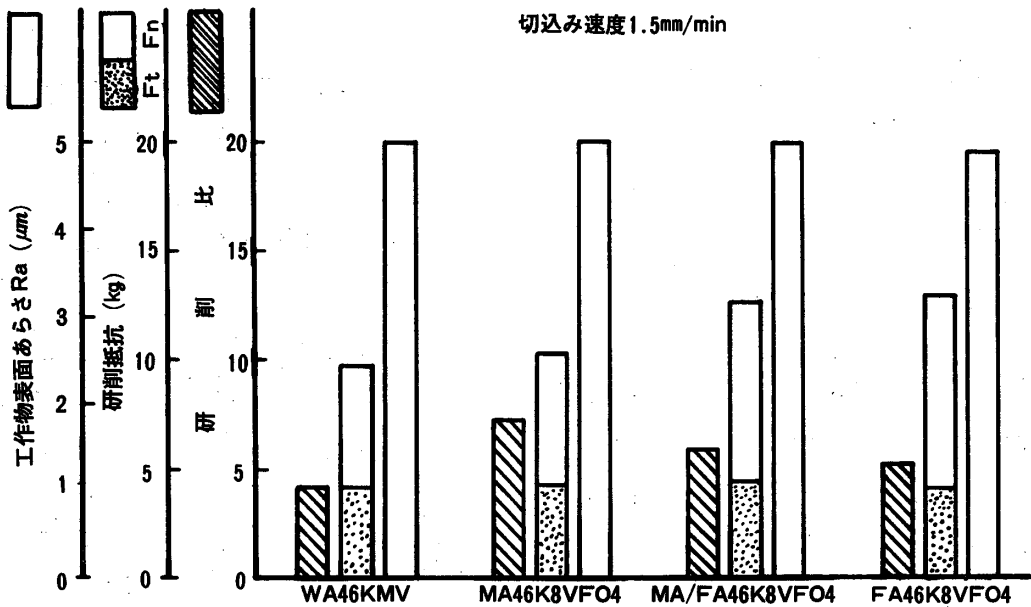


図8. 4種の砥石を用いて SNCM26鋼を10分間連続研削した場合の研削比, 研削抵抗および工作物表面あらさ

破碎性の悪い MA/FA46とFA46砥石は他の二者より法線抵抗が大きく, 抵抗比 F_n/F_t も大きいのが目立っている。

つぎに図9, 10の法線抵抗の時間的変化から研削抵抗初期の形態は一樣でなく, 平行形・増加形および減少形の3つの形に分けることが出来る。一般的に研削初期の抵抗値と終期のそれとを比較すれば, 後者が前者よりいくぶん低い値となっている。つぎに気付くのは, 破碎性

のよい砥石は図9のMA砥石に代表されるごとく全時間を通じて割合になだらかな曲線となっているのに対して, 破碎性の悪い砥石では図10のMA/FAやFA砥石に代表されるように凹凸の激しい特有の鋸歯状の起伏を示している。これは砥粒脱落の周期性が研削抵抗の大小として現れたものと考えられる。

3-3. 10分(断続)研削の場合

さきに行った $V_f=1.5\text{mm/min}$ で SCM 21鋼を2分

間と10分間連続研削した両方の結果を比較すれば、その研削比の値に大きな開きがある。この原因を追求するために、同鋼材を MA46 K 8 VF 04 砥石で1分刻みにして10分間研削して得られた研削量、砥石損耗量および研削比の変化を図11に示す。図から分るように研削量はほぼ直線的に増加するが、砥石損耗量は特有の S 形曲線を描くので研削比は図のごとき曲線となる。従って前述の研削比相違の最大原因は砥石損耗量が時間とともに大きく変化することにある。

上述のように $V_f=1.5\text{mm/min}$ において砥石損耗量は研削時間により激しく変化することが分ったので、他の切込み速度 (V_f) の場合、砥石損耗量はどのような変化をするかを調べたものが図12である。この時一緒に測定した工作物表面あらさや研削抵抗の変化を図13、14

に示す。上記3図よりこれらの値の変化形態はつぎの3つのグループに分けられる。

第1グループ… ($V_f=1.0\text{mm/min}$ の時)

これは精密研削の時に現れる一般的な型である。砥石損耗量は初期摩耗の後ではほぼ一定の割合で微小増加する。工作物表面あらさもほぼ一定の割合でゆるやかに上昇する。研削抵抗はほぼ一定の値を保つ。

第2グループ… ($V_f=1.25, 1.5, 1.75\text{mm/min}$ の時)

砥石損耗量は始め第1グループと同じく一定の割合で僅かずつ増加しているが、その後急に大きくなり、それがしばらく持続した後は増加の傾向がいくらか鈍化する。一方工作物表面あらさは始め一定の割合で増加し、それが $Ra=3.3\sim 3.7\mu\text{m}$ になると頭打ちになり、その

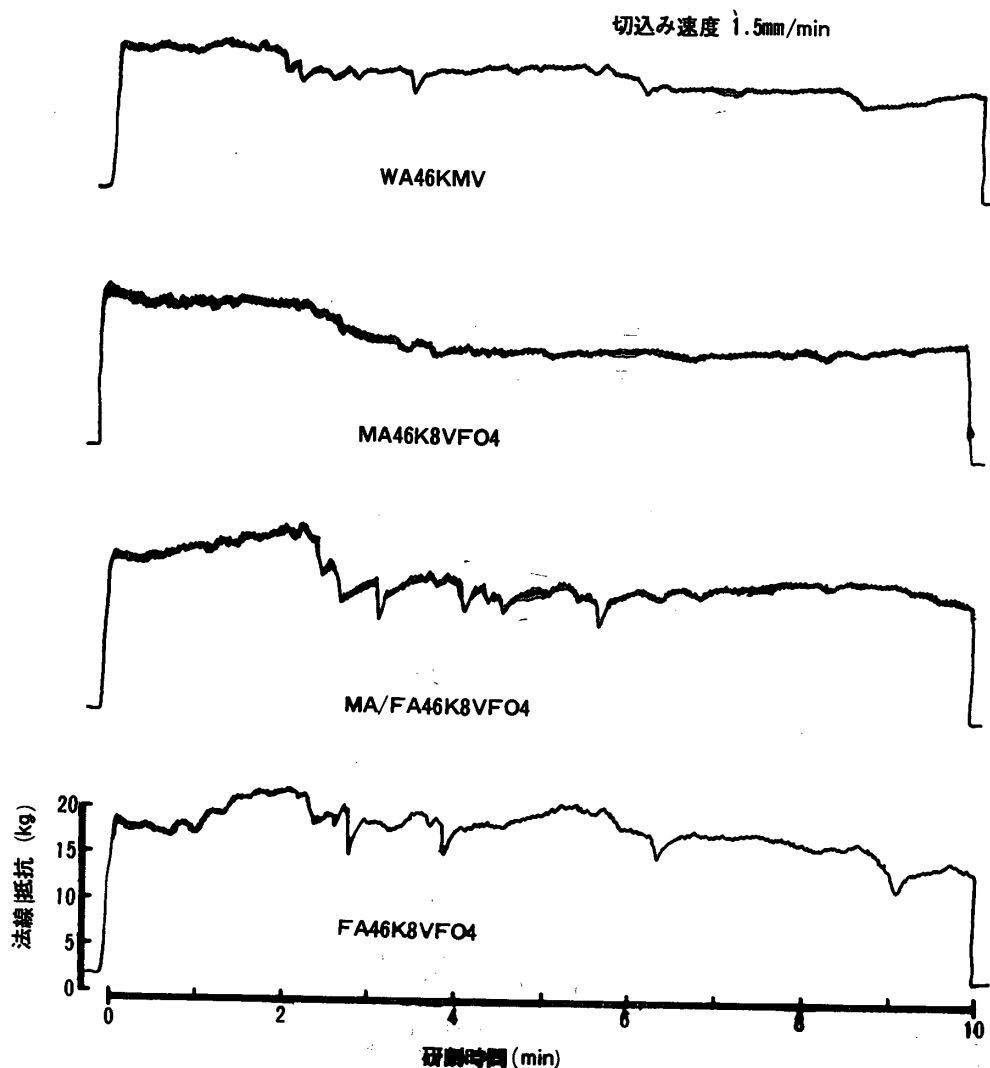


図9. 4種の砥石を用いて SCM21鋼を10分間連続研削した場合の法線抵抗の変化

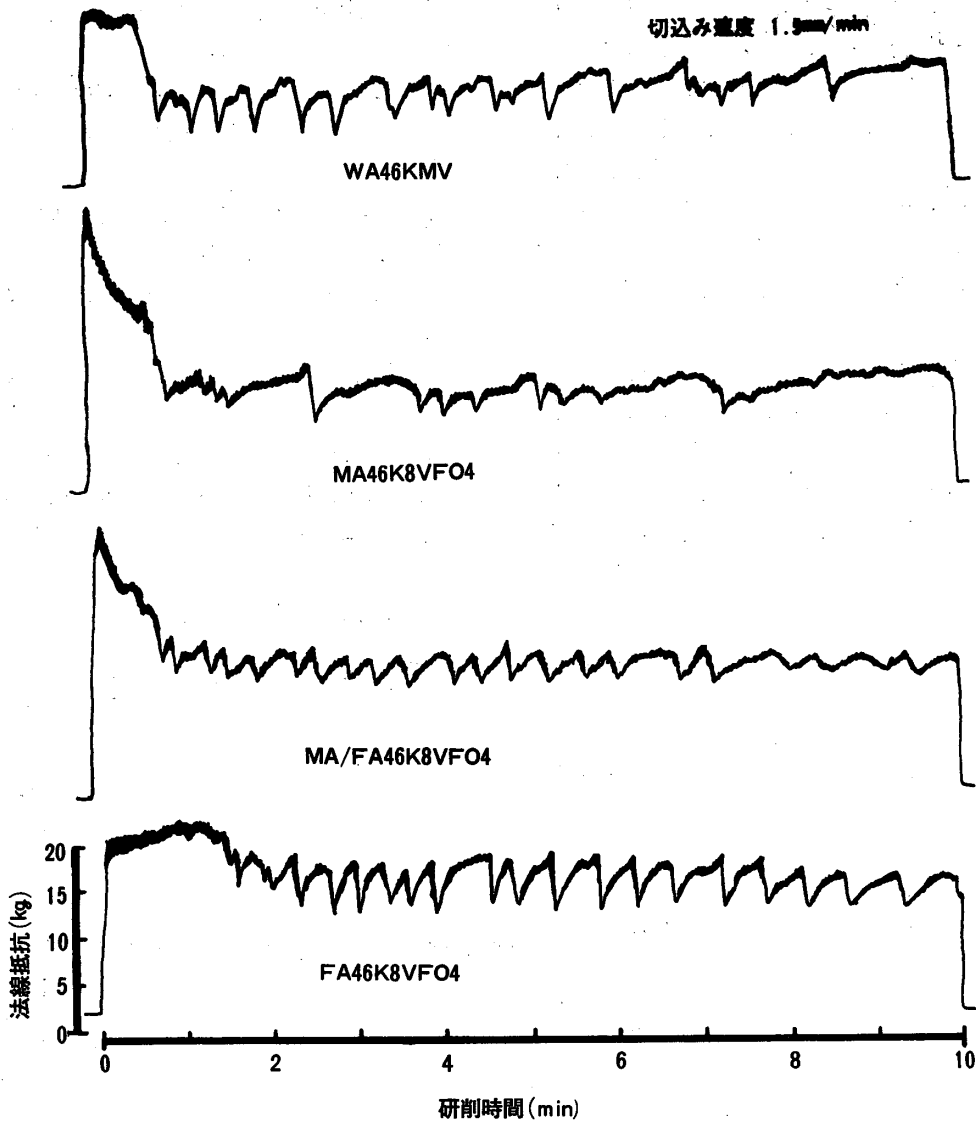


図10. 4種の砥石を用いて SNCM26鋼を10分間連続研削した場合の法線抵抗の変化

後は横ばいか、やや低下する。研削抵抗は始めやや増加の傾向があるが、ある点で最高値に達した後降下してほぼ一定の値を保つ。

第3グループ… ($V_f=2.0\text{mm/min}$ の時)

砥石損耗量は研削初期より急昇し、それが相当続いた後上昇の度合はやや低下する。一方工作物表面あらさは始めから大きな値 $3.9\mu\text{m}$ であり、その後はほぼ横ばいに推移する。研削抵抗は始めが一番高く、その後急激に低下した後はほぼ横ばいに推移している。図14によれば $V_f=1.75\text{mm/min}$ の研削抵抗は第3グループのように見えるが、これは図15に示すように研削初期に研削抵抗の漸増時間が1分余りあるので第2グループにはいる。

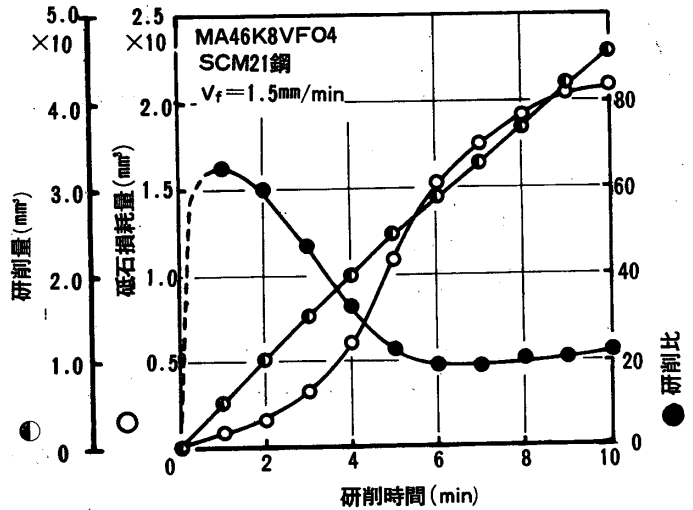


図11. 1分刻みにして10分間研削して得られた研削量、砥石損耗量および研削比の時間的变化

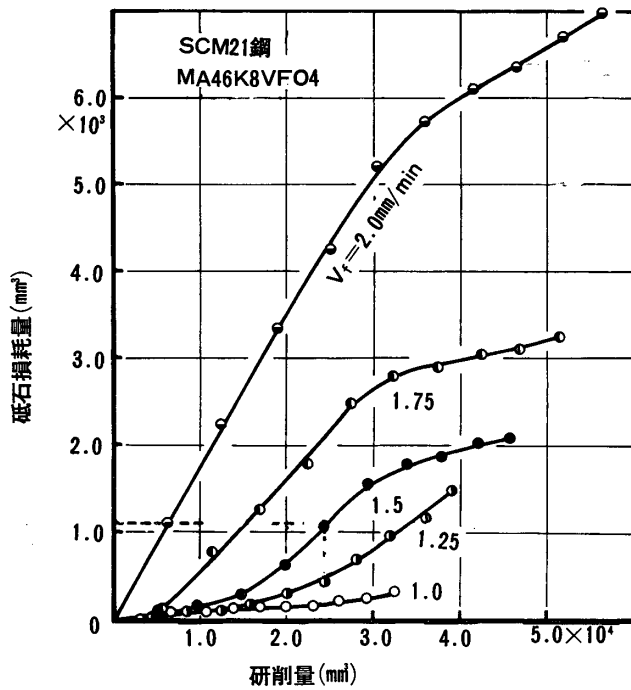


図12. 1分刻みにして10分間研削した場合の研削量と砥石損耗量との関係

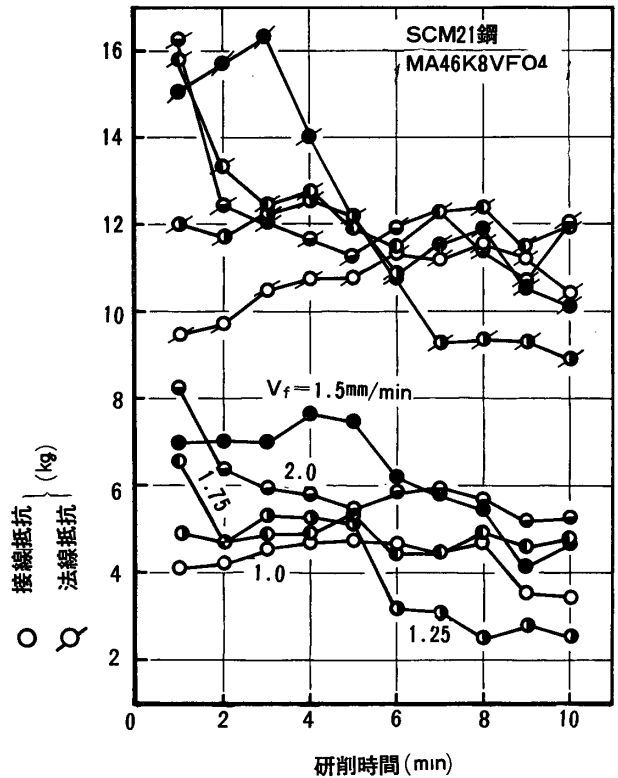


図14. 1分刻みにして10分間研削した場合の研削抵抗の時間的変化

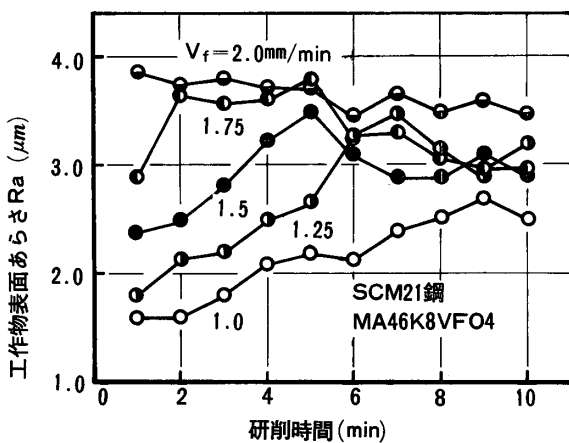


図13. 1分刻みにして10分間研削した場合の工作物表面あらしの時間的変化

4. むすび

WA, MA, MA/FA および FA 砥石を用いて SNCM 26および SCM 21鋼の高切込み円筒ポンズ研削を行った本実験で得られたおもな結果はつぎの通りである。

- (1) 本実験に使用した砥石の中では SNCM 26ならびに SCM 21鋼の研削砥石として MA46K 8 VF 04 が最も優れていると思う。

刃込み速度 (mm/min) 研削時間 (min)

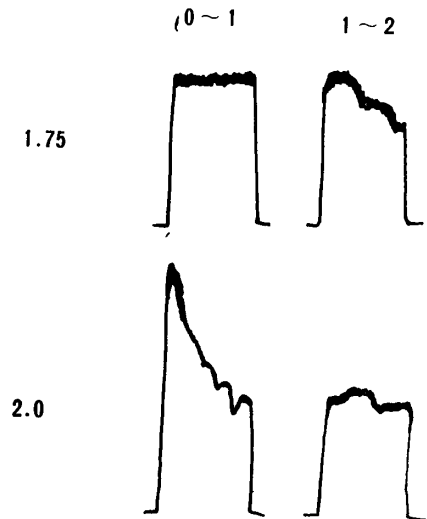


図15. 切込み速度1.75および2.0mm/minでの研削初期における法線抵抗の変化

- (2) 切込み速度の大きさによっては、研削時間の長短で研削比が大幅に変化することがある。その主な原因は砥石の損耗割合が時間によって大きく変わるから

である。

- (3) 比較的長時間——本実験では10分間——研削した場合、砥石損耗量・工作物表面あらさおよび研削抵抗の時間的变化の形態は3つのグループに分けられる。

なお、本研究は精機学会の重研削専門委員会の共同研究の一部であり、本会の委員長 熊本大学工学部松尾哲夫教授はじめ各委員の方々の御指導の賜であり、ここに感謝の意を表します。また、本実験に材料の提供その他で種々のご便宜を与えていただいた新日本製鉄(株)工作事業部、日本研磨砥石(株)ならびにユシロ化学工業

(株)のご好意に深く感謝します。次に、本研究に種々ご協力さいました本校瀬戸雅文助教授ならびに実習係の皆様にお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 横尾・瀬戸・田戸：宇部高専研報 18 (昭49-3) 11.
- 2) 横尾・瀬戸・田戸：精密機械 36-9 (1970) 645.

(昭和52年8月31日受理)