

超硬合金の高温研削

田戸 保*・横尾 嘉道*

High Temperature Grinding of Sintered Carbide

Tamotsu TADO and Yoshimichi YOKOO

Abstract

In this report, the high temperature grindings by GC wheels of sintered carbides at constant load are investigated experimentally. Grinding wheel wear, grinding ratio, grinding force and surface roughness of grinding wheel are examined, in which the workpiece temperature and grinding wheel speed vary.

The main results are as follows ;

- (1) The heating effect of workpiece is remarkably at 700°C. The grinding ratio at 700°C is about fine times of it at room temperature.
- (2) The wheel wear is not almost affected by heating, but it is affected by wheel speed.

1. ま え が き

現在、超硬合金は各方面において非常に多く使用されている。とくに工具としての用途は著しく拡大され、その結果研削加工の必要性も、ますます広範囲に増加している。

一般に超硬合金の精密研削は、ダイヤモンド砥石が使用されているのが、あら研削においては価格の面から、ダイヤモンド砥石よりもGC砥石が使用されているのが現状である。しかしながら、超硬合金のGC砥石による研削についての報告は非常に少なく、いわゆる手引書、作業指導書類が多く基礎的な技術文献¹⁾²⁾³⁾はきわめて少ない。またとくに、超硬合金の研削は一般の鋼材における研削状態と異り、砥石損耗が非常に著しく従来の研削方法では、研削性能を向上させることが、非常に困難であるように思われる。

そこで、本研究では超硬合金を加熱することにより、材料硬度が低下することや研削割れの減少が考えられることなどを効果的に作用させるため、高温での研削実験を行った。また、材料への加熱効果を率よくするため、研削方式として定荷重押込研削方式で行い、砥石周速度

の変化や加熱温度の変化に対して、研削性能を比較するために砥石損耗量、研削量、研削比、研削抵抗、有効面あらしなどの研削諸量に及ぼす影響を実験的に調べた。

2. 実験装置、供試材料および実験方法

2・1 実験装置

- A) 平面研削盤；PSG-1D形平面研削盤（岡本工作機械）で、砥石軸は無段変速できるように改造してある。
- B) 加圧装置；Fig. 1 に示すように、被研削材に一定の荷重が加わるようにしてある。本実験では荷重6kg一定で行った。
- C) 加熱装置；Fig. 2 に示すように、被研削材の回りに絶縁のため厚さ約0.1mmの雲母板をおき、その上にニクロム線(0.65φmm)を巻き、熱の発散を防ぐため石綿帯でおおった。
- D) 抵抗測定装置；砥石駆動用モータの所要電力をワットメータ（横河製）で測定し、これより計算にて接線抵抗値を求めた。

2・2 供試材料

* 宇部工業高等専門学校機械工学科

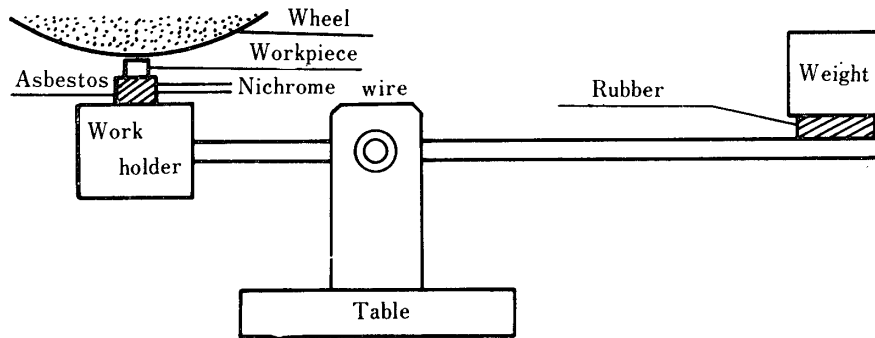


Fig. 1 Schematic of grinding setup

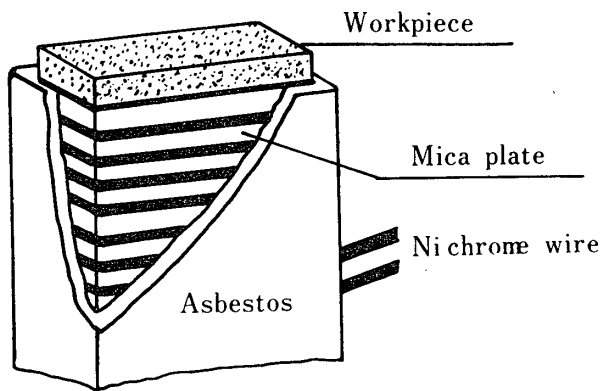


Fig. 2 Schematic of heating setup

A) 研削砥石

種類；GC-60-K-7-V

形状寸法；1号平形

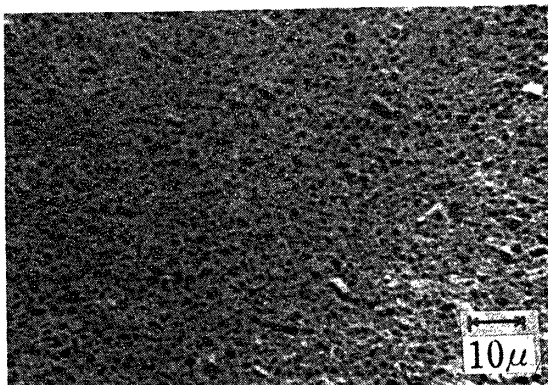
140×9, 5×25.4

B) 被研削材

種類；超硬合金 (WC+25%Co)

形状寸法：8.0×3.0×5.0

Fig. 3 に走査顕微鏡による被研削材組織を示す。



Murakami's reagent

Fig. 3 Microstructure of workpiece

2・2 実験方法

研削砥石の目直しは、いずれの実験の場合も先端角 120° に整形したダイヤモンド・ドレッサを用いて、目直し速度は 0.1mm/rev で切込み量は、前実験の影響を少なくするため $20, 10, 5\ \mu\text{m}$ として往復目直しを行い、最後に $10\ \mu\text{m}$ の切込みで丹道目直しを行った。研削実験は砥石周速度 $400, 600, 800, 1,000, 1,200\text{m/min}$ で、被研削材の加熱温度は、室温、 $300, 600, 700^\circ\text{C}$ として、2分間の乾式研削を行った。

2・4 測定方法

砥石損耗量の測定は前報⁶⁾⁷⁾にした方法と同様であるが、形板は今回ベークライト板(5mm)を使用した。

研削量の測定には、被研削材の厚さをマイクロメータに鋼球を取り付けて測定し、その減少量からその容積を算出した。

3. 実験結果および考察

砥石周速度の変化に対しての砥石損耗量を各加熱温度について示したのが、Fig. 4である。この図より砥石損耗量は加熱温度の相違によって、あまり影響をうけないといえる。また、いずれの加熱温度においても砥石周速度の増大にともなって、砥石損耗量は増加している。しかし、砥石損耗量の増加割合については大きな差が見られる。すなわち、砥石周速度が 600m/min を境として、それより以下では増加の割合が微少であるが、それより以上では急激な増加を示している。その増加比率は前者と後者では、約4倍強の違いが見られる。この違いの原因については、砥石周速度 600m/min 以下の時の砥石減耗は摩減摩耗や微少破砕が主なものであろうが、

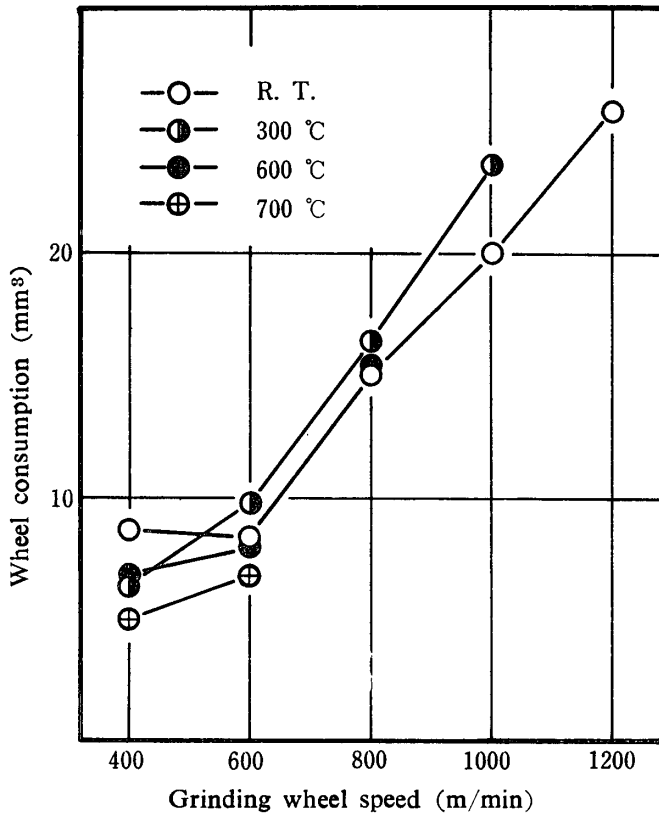


Fig. 4 Relationship between grinding wheel speed and wheel consumption

600m/min 以上の時の砥石減耗は前述的なものではなく、砥粒そのものの脱落や大きな破碎によるものと考えられる。この原因については十分な検討を行っていないが、砥石周速度が高くなるにつれて、材料との摩擦が激しくなり、摩擦熱による結合剤の軟化や砥粒の劣化を著しくさせることにあると思われる。Fig. 4に見られるような傾向は普通のプランジ平面研削においても観察³⁾している。このような傾向から考えると、砥石周速度をあまり高速にすることは意味がなく、600m/min 前後の速度で研削することが良いように思う。

Fig. 5 は、研削量を砥石周速度の変化に対して、各加熱温度ごとに示したものである。各加熱温度とも砥石周速度の増加に対して、研削量は二次曲線的に増加している。また、加熱温度が高温になるにもなると、研削量は大きくなっており、材料の加熱効果は充分に出ていることが理解される。とくに、高温部(600°C, 700°C)では加熱効果は顕著である。常温や300°Cの加熱温度でも、砥石周速度が高速域では研削量は大きくなっており、前述したように砥石損耗量が非常に著しいため、研削条件として好ましい状態ではないと考える。また、各加熱温度において、ある砥石周速度以上になると急激

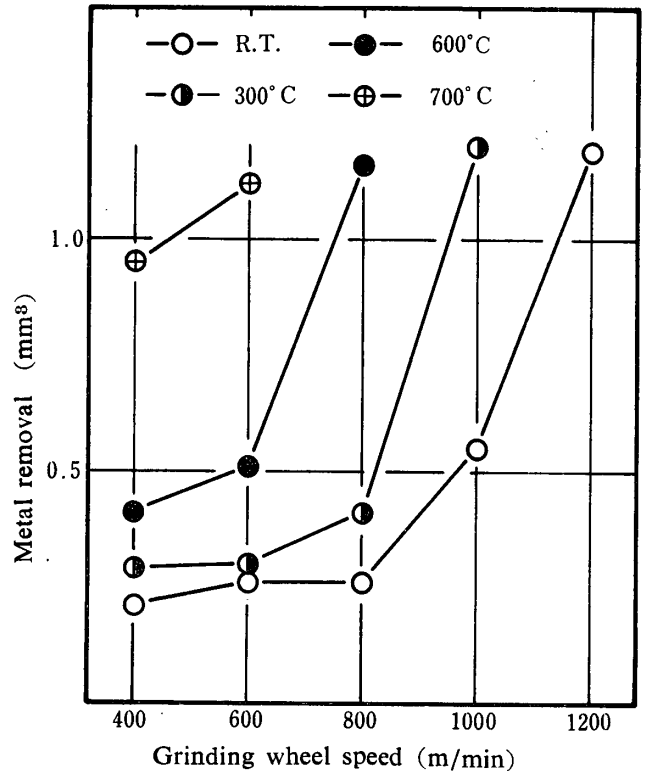


Fig. 5 Relationship between grinding wheel speed and metal removal

に研削量が増加しているが、これは砥石との摩擦による摩擦熱によって、材料の軟化が起きているためであろう。とくに、研削方式が定荷重押込研削のため連続的に材料を摩擦して加熱することになり、材料の軟化が起りやすくなっている。

Fig. 6 は研削比を砥石周速度の変化に対して、各加熱温度について示したものである。材料の加熱温度が低温度域では大きな差はないが、高温域では大きな値を示している。加熱温度が700°Cでは常温時の約5倍以上の結果を示し、材料の加熱効果が現れていることが理解できる。また、Fig. 6で示している破線の右上では、材料の酸化現象が起り、研削量の測定誤差が大きくなるため、実験値を示さなかった。この材料の酸化現象を防ぐ加熱方法は可能であろうが、800°Cの加熱温度に見られるように、砥石周速度を高くしても、研削比はかならずしも高い値を示すとはかぎらないと思われる。

Fig. 7 は Fig. 6を材料の加熱温度の変化に対して研削比を各砥石周速度について示したものである。全体的に見ると加熱温度の増大に対して、研削比は二次曲線的な増加を示しており400, 600m/minでは、700°Cの加熱温度において急激な増加値を示し、800°Cになると逆増加している。この原因として材料の加熱と摩擦熱により、研削砥石の結合剤の軟化で砥粒の脱落がはやまるの

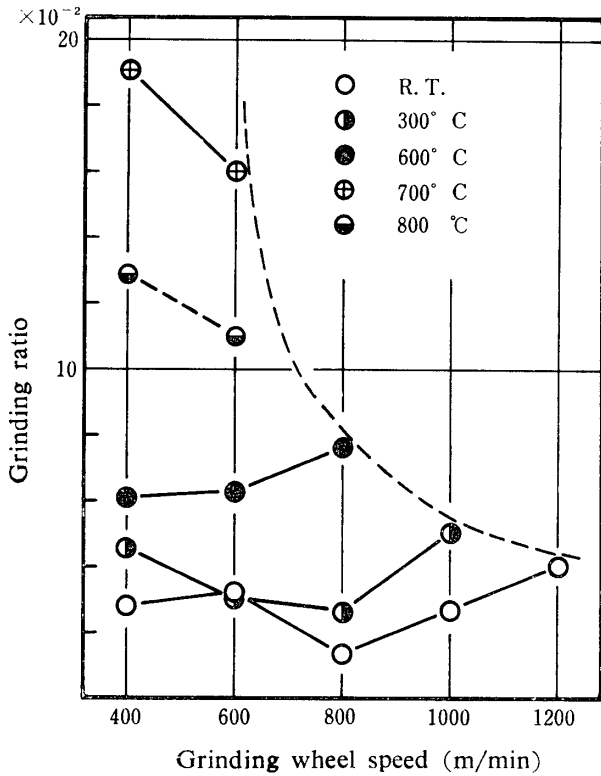


Fig. 6 Relationship between grinding wheel speed and grinding ratio
Grinding ratio
Heating temperature (°C)

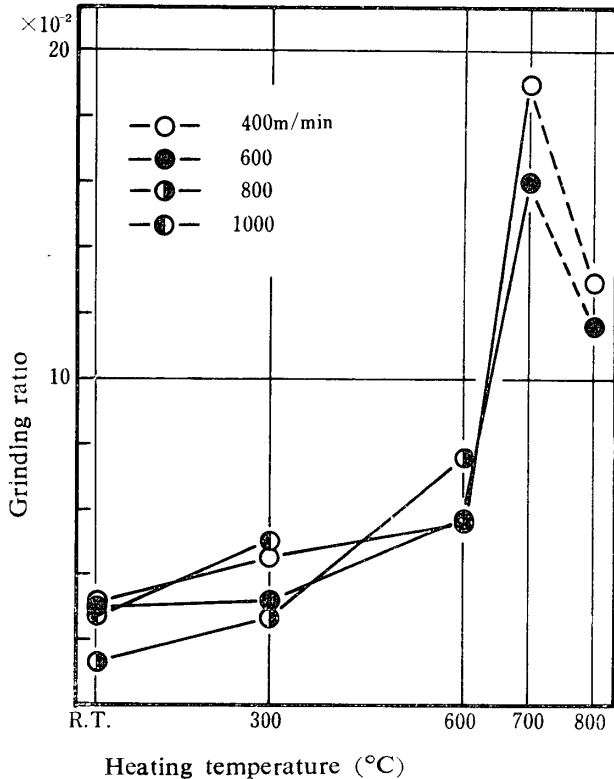


Fig. 7 Relationship between heating temperature and grinding ratio

に減少していることがわかる。800°Cにおいて、わずかな酸化による誤差を考慮しても、材料の加熱温度として700°C前後が好ましいと思われる。しかし、材料の仕上精度などからの検討も必要であると考え、砥石面の有効あらさを測定し、その値を Fig. 8 に示した。加熱温度

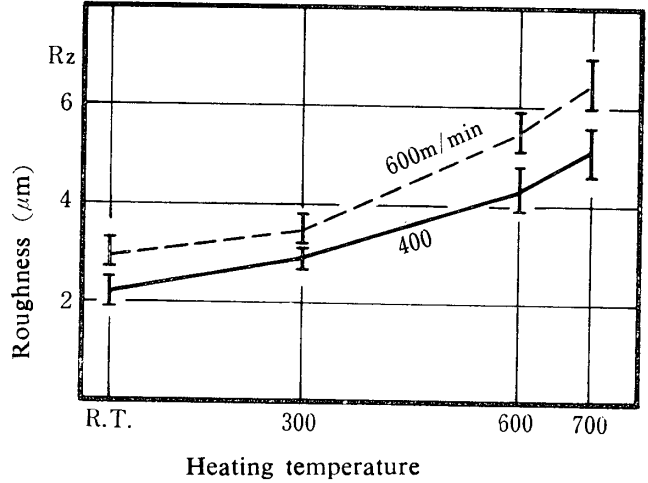


Fig. 8 Relationship between heating temperature and roughness of wheel surface

の変化に対して見ると、温度上昇と共に有効あらさも

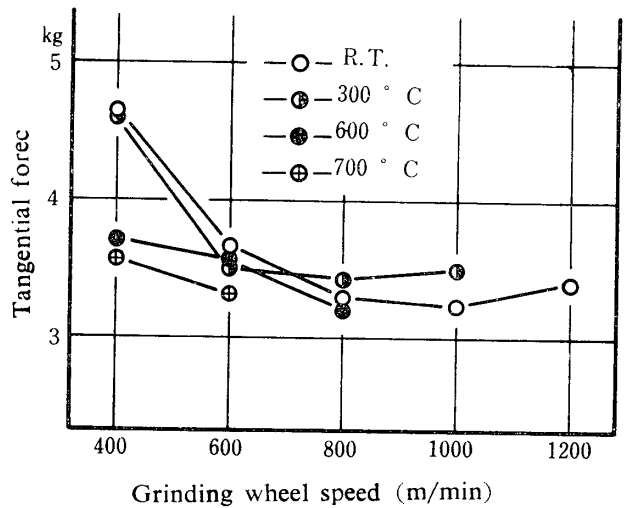
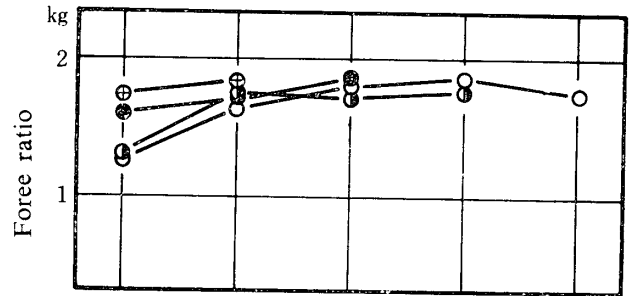


Fig. 9 Relationship between grinding wheel speed tangential force, force ratio (F_N/F_T)

増加している。この原因として材料の加熱と摩擦熱により硝削砥石の結合剤の軟化で砥粒の脱落がはやまるのではないかと考えられる。また、超合金内のボンド的な役目をしているコバルトの軟化も、タングステン・カーバイド (WC) の掘り起しの原因となるため、仕上面あらさから考えて、大きな値を示すことが推察される。

次に、研削の機構や砥石の摩耗などの研究において、広く採用されている研削抵抗について、砥石駆動モータの消費電力の変動により、測定を行った。Fig. 9 に接線抵抗と抵抗比 (法線抵抗/接線抵抗) を示す。接線抵抗は砥石周速度の増大に対し、全体的な傾向として減少している。各加熱温度とも 600m/min 以上の砥石周速度では、大きな差はないようであるが、400m/min においては、加熱温度が 600°C 以上になると低い抵抗値を示している。これは材料の軟化や砥石の結合剤軟化などによるものと考えているが、現在まだ十分に検討していない。また、抵抗比について見ると、各加熱温度とも約 1.7 値を示しているが、400m/min で常温と 300°C においては約 1.3 値を示している。この抵抗比は鋼の正常研削における値と類似しているが、一般の普通研削方式では約 2 倍の値が測定されている。この抵抗比の違いは、本実験における定荷重研削方式特有な現象であるかどうかは、今後検討しなければならない。したがって、今後は研削方式、加熱方法そして加熱研削に適した砥粒、結合剤などについて、十分に検討しなければならないと考えている。

4. む す び

定荷重押込み研削方式により、超合金の高温研削実験より得られた、おもな実験結果はつぎのとおりである。

- (1) 材料の加熱効果が 700°C 前後で、顕著に現れている。とくに研削比については、常温時の約 5 倍以上の良い結果を示している。また、その増加割合も加熱温度に対して、二次曲線的に増加している。
- (2) 砥石損耗量においては、加熱温度による影響はほとんどない。しかし、砥石周速度の変化に対しては大きな差があり、600m/min を境として増加の割合

が約 4 倍以上となり、600m/min 以上の高速域では急激な増加を示している。

- (3) 700°C の場合を除けば研削量は砥石周速度に対して、各加熱温度とも二次曲線的に増加しており、700°C では加熱効果が十分に現われている。
- (4) 研削抵抗については、砥石周速度や材料の加熱温度の増加に対して大きな差はなく、抵抗比は鋼の正常研削値とほぼ類似した傾向を示した。

5. 謝 辞

本研究にあたって、種々のご指導を下さいました本校瀬戸雅文助教授に厚くお礼申し上げますとともに、実験にご協力下さいました本校卒業生宮崎智、末富巧二、丸岡敦雄、幸田芳文の諸氏に深く感謝します。

なお、本研究の一部に文部省科学研究費を充当しました。

参 考 文 献

- 1) E. Zmihorski ; High-Temperature Grinding of Carbide Tools. Tachinery. Merch (1959) P 118
- 2) 玉置元久 : 超硬工具の研削に関する研究 (第 1 報) 精密機械, Vol 27—8 (1960—8) P 26
- 3) 玉置元久 : 超硬工具の研削に関する研究 (第 2 報) 精密機械, Vol 27—8 (1960—8) P 33
- 4) 竹中規雄 : 研削加工, 誠文堂新光社
- 5) 横尾, 瀬戸, 田戸 : 研削性能に及ぼす目直し速度の影響. 精密機械, Vol 36—9 (1970—9) P 55
- 6) 古市, 中山, 横尾, 田戸 : 平面研削性能に及ぼす乳状液中の界面活性剤ならびに添加剤の効果. 機械学会論文集, Vol. 32—243 (1966—11) P 1741
- 7) 横尾, 田戸 : 平面研削における研削油剤供給状態の影響, 宇部工業高等専門学校研究報告, Vol. 10(1970—1) P 11
- 8) 未発表

(昭和 51 年 9 月 1 日受理)