

セラミックスの加工技術とその利用に関する研究

機械部機械科 大塚 裕 俊
後藤 幸 臣

1. はじめに

ファインセラミックスをはじめとする各種新素材には硬脆材料に属するものが多いが、従来の金属材料とは異なったこれらの材料に対する加工技術はいまだ十分に確立されていない。

セラミックスの切削加工は生材を対象として行われることが多いが、強度の低さや取扱いの困難さ、加工能率の悪さ等問題が多い。

そこである程度の熱処理を施したセラミックスの仮焼材を被削材として加工する方法が近年広まりつつある。

今回は、このセラミックスの仮焼材旋削加工に焦点を絞り、各種工具による種々の条件下での実験を

行い、セラミックス仮焼材の切削性についての考察を試みた。

2. 実験の方法

(1) 実験機器

旋盤：昌運工作所ガスヌーブ旋盤HB500型
無段変速

(2) 切削試験

切 削 材：窒化硅素—炭化硅素 (Si₃N₄-SiC)
複合焼結体1000°C仮焼体

φ 35mm×150mm

使用工具：工具材の成分と機械的性質を表1に示す。

表1 工具材の成分と機械的性質

工 具 材	成分 (系)	破壊靱性値	密 度 g/cm ³	抵抗力 kg/mm ²	硬 度 HV	熱伝導率 Cal/g°C	粒 径 μm	チャンファー mm×deg
焼結CBN	CBN	...	3.5	65	4000	3.10	2-4	0.1×-20°
サーメット	Tic-Tin	8.5	6.0	150	1650	0.04	...	0.07×-20°
焼結ダイヤモンド	※ 7000	—
セラミックスA	Al ₂ O ₃ -Tic	4.5	4.2	80	2100	0.07	1.5-2.0	0.2×-25°
セラミックスB	Al ₂ O ₃ -Tic	5.7	4.3	90	2050	0.06	1	0.1×-20°

※ヌーブ硬さ

切削条件：表2に詳細を示す。

(3) 測定項目

試験開始初期は工作物1run(切削長約150mm)ごとに、それ以降は適宜判断してチップをホルダからはずし、工具顕微鏡ですくい面、逃げ面の摩耗幅の測定、写真撮影を行った。また表面粗さ計にて工作物の表面粗さを測定した。逃げ面の最大摩耗幅が0.2mmを越えた時点で寿命と判断し実験を打ち切った。

表2 切削条件

切削形態	旋削、外丸削り、乾式
工具形式	-6°, -6°, 6°, 6°, 15°, 15°, 0.8mm
工具寸法	12.7×12.7×4.76mm
切削速度	170, 100 (セラミックス(A)のみ) m/min
送 り	0.1mm/rev 一定
切 込 み	0.5mm 一定

工具ホルダー：N11R-33(20mm角、特別仕様)、突出し長さ20mm

3. 実験結果と考察

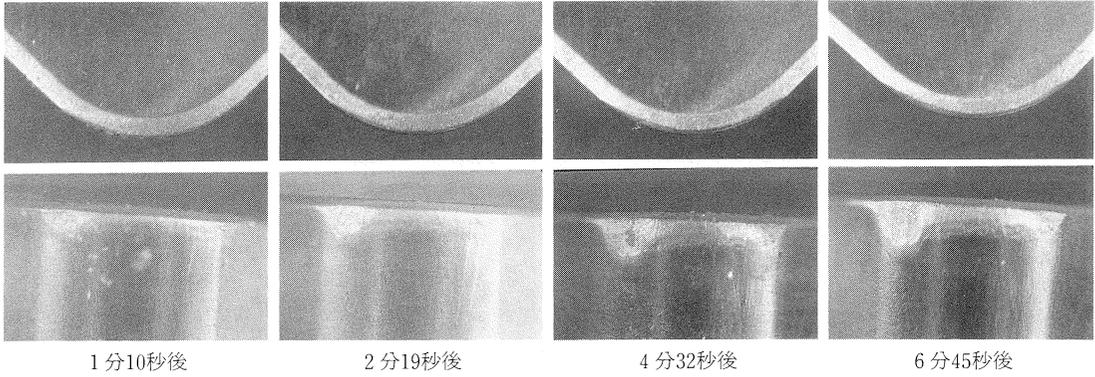
(1) 工具の損傷形態

図1に各チップでの切削時の工具損傷状態を示す。焼結CBN、170m/minでは前逃げ面に境界摩耗が大きく現れており、すくい面の摩耗は少ない。チ

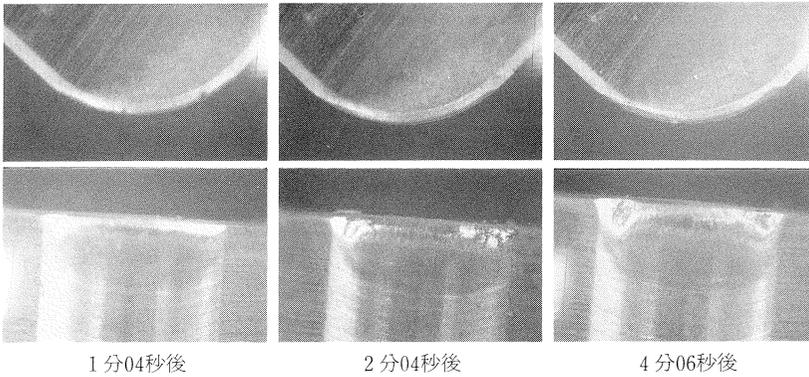
ッピングも見られない。

サーメット、170m/minでも境界摩耗が現れており、チッピングが少し見られる。逃げ面に摩耗とは違うが変色部が見られる。二者とも耐酸化性に弱いと考えられる。

焼結CBN



サーメット



焼結ダイヤモンド

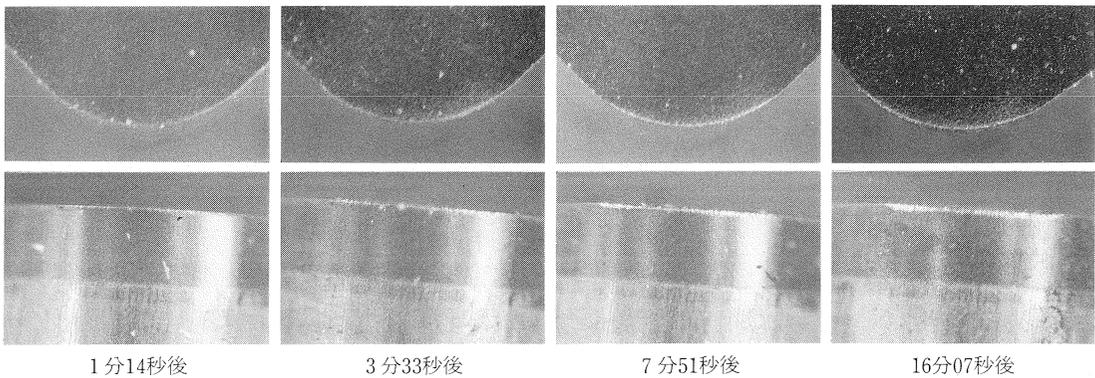


図1.1 工具損傷状態

焼結ダイヤモンドは、逃げ面、すくい面ともに非常に摩耗が少なく境界摩耗も見られない。耐摩耗性、耐酸化性、耐拡散性に優れた性能を示している。被削材の量の関係から実験は途中で打ち切った。

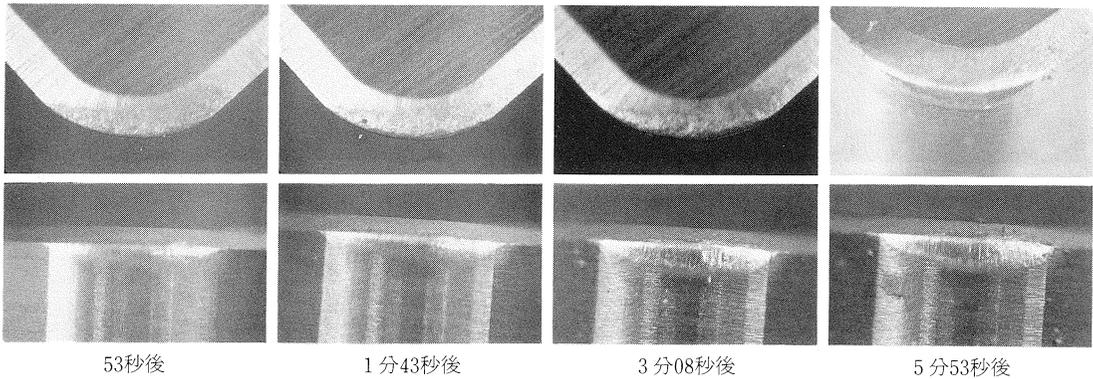
セラミックス(A)、170m/minにおいても境界摩耗

は全く見られないが、すくい面にチッピングが少し見られる。

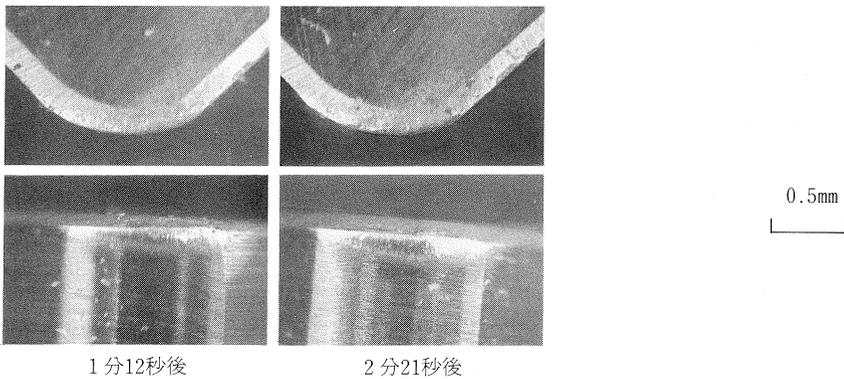
セラミックス(B)、170m/minでは、セラミックス(A)、170m/minと良く似た損傷形態を示した。

セラミックス(A)、100m/minでは、同じセラミッ

セラミックス(A)



セラミックス(B)



セラミックス(A)100m/min

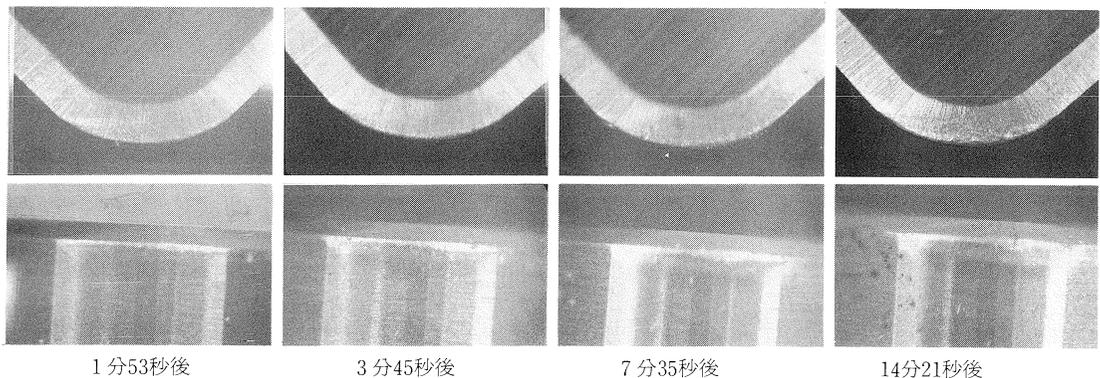


図1.2 工具損傷状態

クス(A)、170m/minと同じような損傷形態を示すが、切削速度が遅いだけ損傷量は少ない。

セラミックスでは耐衝撃性に難があると考えられる。

(2) 工具摩耗進行曲線

図2に逃げ面最大摩耗幅の進行曲線を示す。

最大摩耗幅が0.2mmを越えた時点で実験は打ち切った。

セラミックス(B)、170m/minでは、切削時間1分経過後には早くも0.2mmを超過して寿命に達した。

サーメットと焼結CBNが非常に良く似た摩耗進

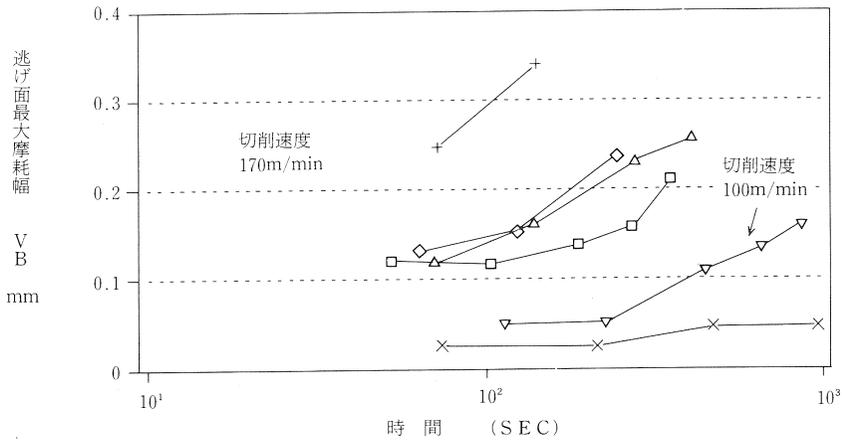
行状態を示しており、いずれも4分程度で寿命に達した。

セラミックス(A)、170m/minでは、前三者に比較していく分寿命は延びるが、それでも14分後には寿命に達した。

焼結ダイヤモンドは非常に摩耗進行が遅く16分経過後も0.05mm程度で他に比較して抜群の性能を示した。

(3) 切削仕上げ面粗さ

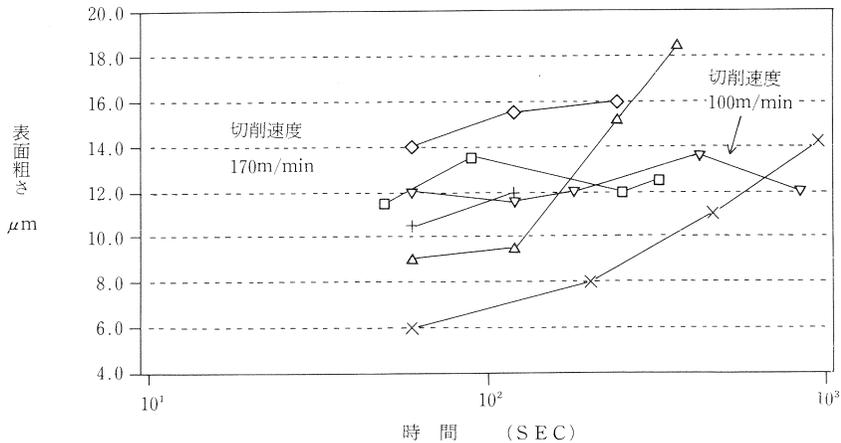
図3に切削仕上げ面粗さ経過曲線を、図4にはその断面曲線を示す。



□セラミックス(A) +セラミックス(B) ◇サーメット△CBN ×DIA ▽セラミックス(A)(100)

図2 各種工具の摩耗量の変化

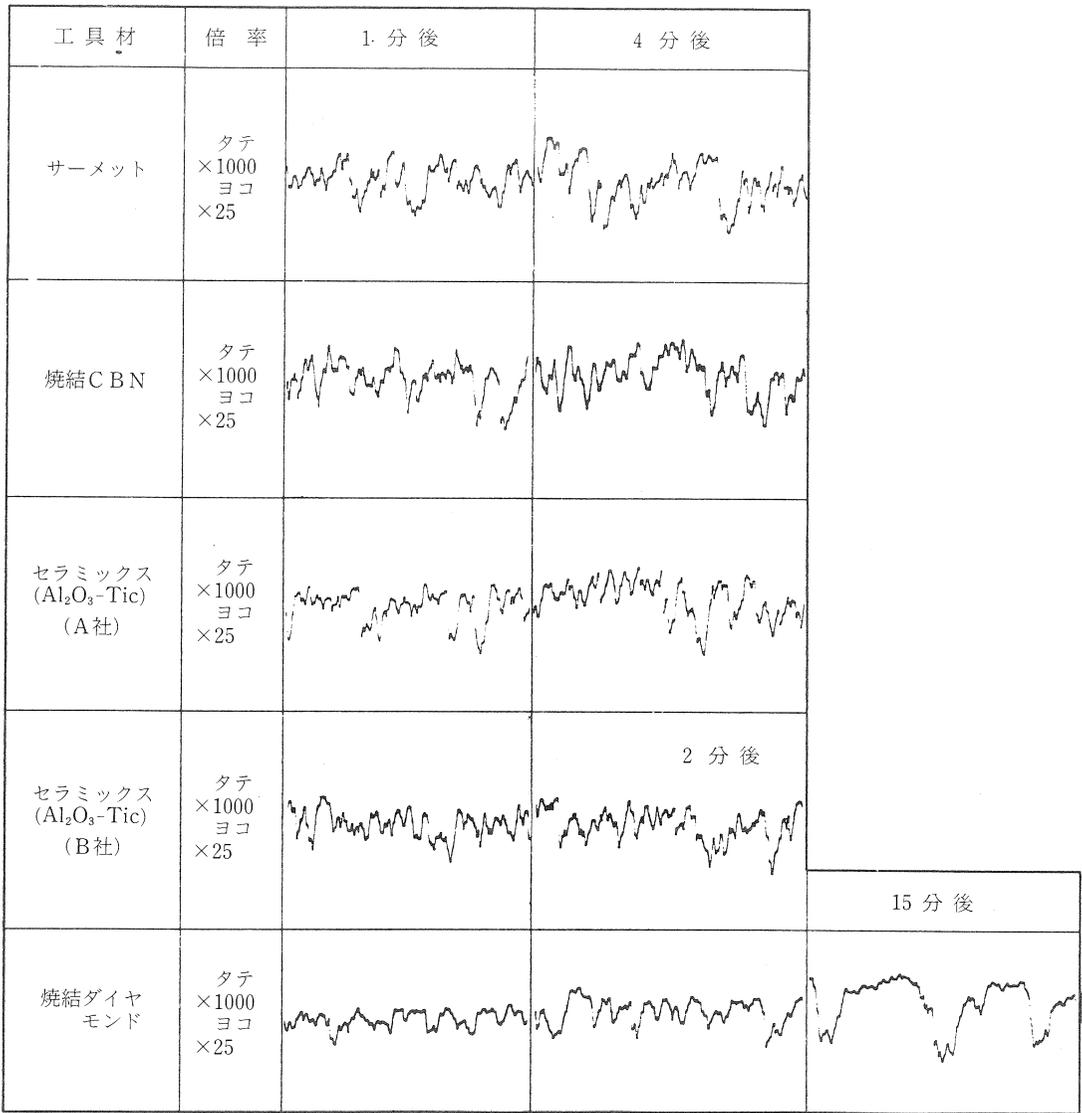
(被削材：窒化珪素仮焼材 1000°C)



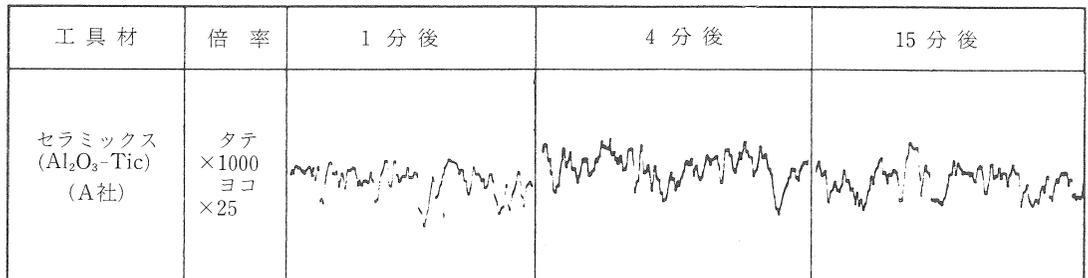
□セラミックス(A) +セラミックス(B) ◇サーメット△CBN ×DIA ▽セラミックス(A)(100)

図3 各種工具による表面粗さの変化

(被削材：窒化珪素仮焼材 1000°C)



切削速度：170m/min 送り：0.1mm/REV 切込み：0.5mm



切削速度：100m/min 送り：0.1mm/REV 切込み：0.5mm

図4 切削仕上げ面断面図

切削仕上げ面粗さには、切削初期においても6 μm から14 μm Rmaxまで、チップ材種により差が見られ、各々においても摩耗の進行とともに仕上げ面粗さも悪化する傾向が見られるが、刃先の損傷形態との関連性は見られない。

焼結ダイヤモンドチップでは、初期において仕上げ面粗さは良好だが、摩耗の進行が非常に遅いにもかかわらず、仕上げ面粗さの悪化が早く17分経過後には、寿命に達した他のチップの仕上げ面粗さと同程度になっている。

仕上げ面の断面曲線については、チップの種類による差異は見られないが、焼結性の材料のためか切削初期においてもはっきりした送りピッチは見られず乱れたピッチマークを示している。

4. まとめ

以上、窒化硅素のセラミックス仮焼体の旋削加工を種々の工具によって行った結果以下のようなことが確認できた。

- (1) サーメット、焼結CBNともに境界摩耗が見られ170mm/minの切削速度では寿命が短く切削に耐えられず、このセラミックス仮焼体に対してはさ

ほど有効でない。

- (2) セラミックス工具はチップングによる損傷が見られ、耐衝撃性に劣ると考えられるが、同じセラミックス(A)でも切削速度を100mm/minに緩和してこの弱点を補えば、工具寿命も大幅に延びる。このことは他のチップにおいても同じと推測される。
- (3) 焼結ダイヤモンドはこのセラミックス仮焼体に対して、他の工具に比し全ての点で極めてすぐれた切削性能を示し、切削速度170mm/min以上で充分に使用に耐えられる。
- (4) 切削仕上げ面粗さは、工具摩耗の進行と共に悪化する傾向があるが、刃先の損傷形態との関連は見られず、工具の種類による断面形状の差異も認められない。

5. おわりに

本研究は通産省の地域技術交流研究制度の一環として九州工業技術試験所との共同研究として行われたものであり、当工試の結果のみ報告した。各県工試による他のセラミックス仮焼体の試験結果とともにいずれ報告書としてまとめられる予定である。