

北見工業大学 ○高橋 正(院) 久保 明彦 茨城大学 前川 克廣
北見工業大学 田牧 純一 北川 武揚

1. はじめに

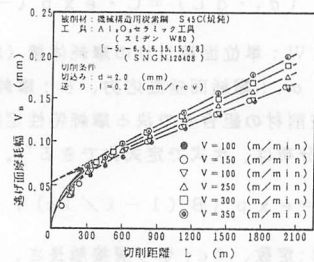
アルミナ系セラミックス工具は、高温硬度が高く、高速切削に対して優れた性質を有しているが、靱性に劣り熱伝導率が低く機械的・熱的衝撃に弱い欠点があり、切削工具としては種々の制約を受けていた。最近これらの欠点を補うための微細化粒子、炭化チタンの添加及びコーティング等の技術開発による性能向上がはかられている。また安価であることから今後利用の機会が増えることが期待される。しかし、いかに優れた工具材とは言え、工具の材種、形状及び切削条件の選定をあやまれば工具の性能を発揮できないばかりか、ひいては加工能率の低下をも招く。このような高性能工具についての最適切削条件の選択は、従来法による切削寿命試験だけから求めるには摩耗し難いがゆえに多大な時間、労力及び資材を必要とすると言ふ困難さを回避できない。本研究は、このような寿命試験省力化の視点から最小限の切削データを用いてセラミックス工具の寿命を解析的に予測するための数学的モデル、すなわち摩耗特性式を導くことを目的とし、セラミックス工具による炭素鋼の切削について二、三の知見が得られたので報告する。

2. 供試材及び実験方法

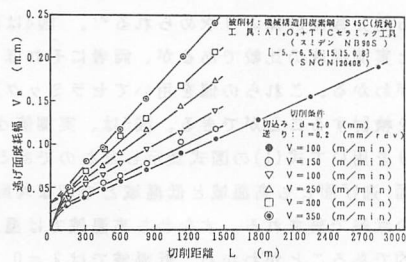
被削材はS45C炭素鋼(焼鈍)φ200×400mmの棒鋼を用い、セラミックス工具材には微細アルミナ(S社W80)とチタンカーバイドを添加した強靱アルミナ(S社NB90S)の2種類を使用した。工具形状は[-5,-6,5,6,15,15,0.8]SNGN120408規格チップ)である。切削条件は、切削速度V=100~350m/min、送りf=0.2mm/rev、切込みd=2.0mm、乾式の長手方向外周旋削を行った。

3. 実験結果と検討

図1の(a),(b)は、それぞれの工具により実測された横逃げ面平均摩耗幅 V_B と切削距離の関係を示す摩耗経過曲線である。測定は各切削条件とも測定回数を統一した。また測定中は工具ホルダの取外しを行わず、チップのみを取外して工具顕微鏡による測定観察を行った。これにより、ホルダの取り付け状態の僅かな相違による工具逃げ面摩耗のばらつきを抑えることができる。同一切削条件での比較において、高速域で Al_2O_3+TiC セラミックの方が摩耗率(V_B/L)が大きく、耐熱性の少ない温度依存型の摩耗機構をとっているものと推察される。低速域では、 Al_2O_3 セラミックの場合切削速度100,150,200m/minについては、ほとんど同じ摩耗率を示し温度に依存しないアプレッシブタイプの摩耗が支配的と思われる。この傾向は、 Al_2O_3+TiC セラミックでも100,150m/minに見られる。さらに特徴的なことは、いずれの工具も切削距離500m以上の摩耗進行は直線的で、これらの延長は切削速度に依らず切削距離零の位置でほぼ定点となる。これを初期摩耗とすれば Al_2O_3 セラミックより靱性の大きい Al_2O_3+TiC セラミックの方が小さい初期摩耗値をとることがわかる。図2はすくい面最大摩耗深さ K_T の経過を示したもので、逃げ面摩耗のような初期摩耗は見られない。また原点を通る直線で表示できることから後述の摩耗特性の検討には逃げ面摩耗測定の実験におけるクレータ摩耗痕形状をあらかじめ測定したものをを用いている。図3(a),(b)は、すべり長さ当りの摩耗率(V_B/L)を図1の直線部より求めたものと最終切削距離1425m



(a) Al_2O_3 セラミック



(b) Al_2O_3+TiC セラミック

図1 工具逃げ面摩耗経過曲線

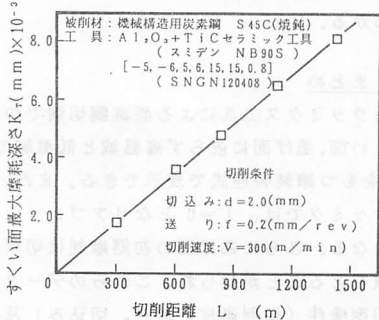


図2 Al_2O_3+TiC セラミック工具のすくい面摩耗経過曲線

後に測定したクレータ形状の最大摩耗深さ (K_T/L_c) を求めたものを比較したものである。ただし、すくい面の場合には切り屑長さの測定より求めた切り屑すべり長さ L_c を用い、逃げ面摩耗深さは逃げ角 6° の場合で V_B の約 $1/10$ となることからすくい面と対比しやすいように縦スケールを1オーダーずらせて示した。いずれの工具も高速域では逃げ面よりすくい面において摩耗率が大きくなっているが、摩耗が温度依存性をもつとすれば、すくい面最大摩耗深さの位置での温度は一般に、逃げ面よりはるかに高いことから当然のようにも思われる。次に工具摩耗における摩耗粉生成が熱活性化過程に従うものとする摩耗特性式は、次式で提案されている¹⁾。

$$dW / (\sigma_t \cdot dL) = C \cdot \exp(-\lambda / \theta) - (1)$$

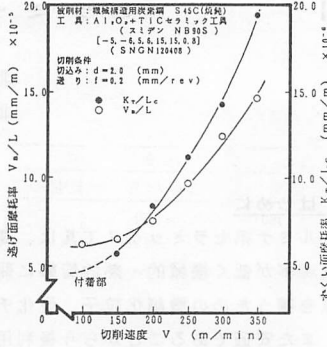
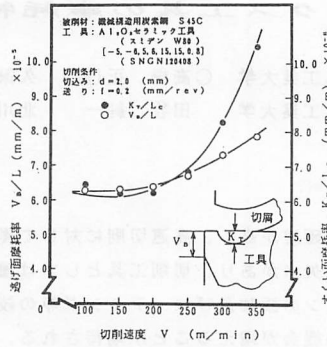
ただし、 dW : 単位面積当りの摩耗体積 (摩耗深さ)、 dL : すべり長さ、 σ_t : 摩耗面垂直応力、 θ : 摩耗面絶対温度、 C, λ : 工具材と被削材の組合せで決る摩耗特性定数である。すくい面垂直応力 σ_t 分布は、次式で定式化できる¹⁾。

$$\sigma_t = \exp\{B(1 - l/l_c)\} - (2)$$

ただし、 B : 定数、 l_c : 切り屑接触長さ、 l : 主切刃からの距離である。また、すくい面温度分布、逃げ面温度分布は電算機による差分数値計算より求められる²⁾。図4は計算された逃げ面温度と実測温度の比較であるが、両者にそれほど大きな差のないことがわかる。これらの値を用いてセラミック工具の摩耗特性式(1)を検討することができる。図5は、実測値 dW/dL 、計算値 σ_t 、 θ を用いて式(1)の図式表示したものである。その結果、すくい面、逃げ面とも高温域と低温域とで別な勾配 (式(1)の λ に相当) の直線で表される。すなわち高温域では温度依存型の摩耗が支配的であることがわかる。低温域では $\lambda = 0$ となり温度に依存しないアプレッシュタイプの摩耗が支配的、特に $Al_2O_3 + TiC$ セラミックより Al_2O_3 セラミックについてその傾向が強いことがわかる。

4. まとめ

セラミクス工具による炭素鋼切削での摩耗特性を調べた結果、すくい面、逃げ面に依らず高温域と低温域で別な摩耗特性定数 (C, λ) をもつ摩耗特性式で表示できる。また、低温域、特に Al_2O_3 セラミックでは、 $\lambda = 0$ となりアプレッシュタイプの摩耗が支配的となる。さらに逃げ面の初期摩耗は切削速度に依らず、ほぼ一定値をとることが知られ、これらのデータを用いることにより他の切削条件 (切削速度、送り、切込み) 及び種々の工具形状 (すくい角、切削角) についての摩耗予測が可能となり、これらの工具寿命を計算から予測することができる。



(a) Al_2O_3 セラミック (b) $Al_2O_3 + TiC$ セラミック
図3 工具すくい面、逃げ面の摩耗率の比較

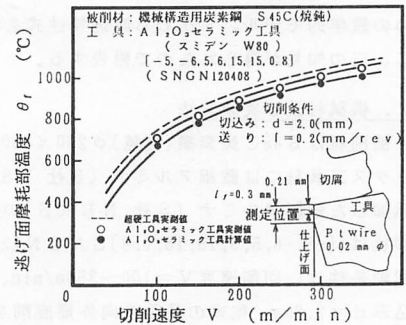


図4 実測温度と計算温度の比較

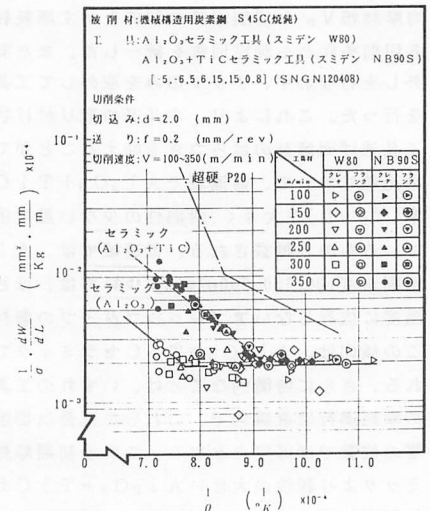


図5 摩耗特性の図式表示

参考文献 1) 北川ほか: 精密機械42巻12号
2) 白井ほか: 精密機械41巻12号