

# 工具寿命に及ぼす刃先丸味の影響\*

北川 武揚\*\*

佐伯 義二\*\*

(昭和46年9月30日受理)

## Influence of Nose Radius on Tool Life

by Takeaki KITAGAWA and Yoshiji SAEKI

As the nose radius increases, the cutting temperature decreases because it changes the situation of tool and chip contact.

If the formation of the tool wear is strongly temperature dependent, it will be useful for the improvement of tool life to increase the nose radius.

From the experimental results, it has been found out that the tool life of carbide tool is improved in proportion to  $\exp(2.25 \times 10^4/\theta)$  with increase of the nose radius in cutting cast iron, where  $\theta$  is the cutting temperature.

### 1. ま え が き

超硬工具による鋳鉄系材料の旋削において、刃先付近のクレータ摩耗が異常に発達することがあり、ついには前逃げ面の摩耗にも影響を及ぼし工具寿命を著しく低下させる。これは、切くずと工具面の接触状態により接触面の温度の最高部が刃先付近に集中するためと考えられる。刃先丸味はその大きさによって切くずの流出方向を変え、切くずの刃面接触状態をある程度改善できると思われる。

また刃先丸味は従来、仕上げ面あらさの向上あるいは刃先の急激な衝撃による欠損を防ぐ目的で付けられてはいるが、工具寿命におよぼす影響については詳しく調べられていない。

著者らは、工具ノーズ半径の変化に伴う工具摩耗の状態と工具寿命および切削温度などを調べ、すくい面の工具寿命について若干の検討を試みたのでそれらの結果をまとめて報告する。

### 2. 実 験

切削条件は切削速度 60~140 m/min, 送り速度 0.29 mm/rev, 切込み深さ 1.5 mm の乾切削とし、切削方法は 150 mm 直径棒材の旋盤長手方向切削である。被削材はねずみ鋳鉄 FC 25, 工具材は超硬工具 [0, 0, 6, 6, 15, 15, var.] とし、ノーズ半径 R を 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 mm

\* 精密機械学会北海道支部学術講演会 (昭和44年10月) 札幌にて講演

\*\* 北見工業大学機械工学科

に 400 # ハンドラッパーにて正確に仕上げた。工具摩耗量の測定は仕上げ面検査機により行ない、切削温度は一本バイト法により切くずと工具接触面の熱起電力を測定し、管状電気炉中にて熱起電力と温度の較正を行なって求めた。

### 3. 実験結果と考察

図 1 は切削速度 100 m/min で 10 分間切削した時の各種ノーズ半径を有する工具について、クレータ摩耗進行曲線を比較したものである。ノーズ半径  $R$  の増大に伴って摩耗は明らかに減少している。また図 2 は図 1 と同一実験で得た工具摩耗部の顕微鏡写真を示し、 $R$  の増大に伴ってすくい面の切くず接触面積は増し、また、クレータ最大摩耗部が刃先側よりしだいに後退しているのが観察される。ノーズ半径  $R$  を変化させた場合の切削温度および工具寿命は図 3、図 4 のように示され、 $R$  の増大に伴って切削温度は減少し、工具寿命は向上している。

通常の工具で、切くず接触面積が増し切削温度が減少することは M. C. Shaw の切削温度の理論式<sup>1)</sup> から理解できる。また、工具寿命が切削温度の減少によって向上することは、摩耗のメカニズムが温度に強く依存する物理化学的な摩耗<sup>2)</sup> によるものと考えられる。

摩耗が凝着、拡散、合金化などの物理化学的な反応によるものとする。それらは速度過程であり摩耗もまた速度過程的とみなすことができ、摩耗速度は  $\exp(-E/R \cdot \theta)$  に比例すると考えられる。ここで  $R$ ,  $E$  は定数、 $\theta$  は切くずと工具接触面の温度  $^{\circ}\text{K}$  である。工具すくい面の摩耗深さは一様でないため摩耗量を切くず接触面積当たりの摩耗体積、すなわち平均摩耗深さ  $h$  mm

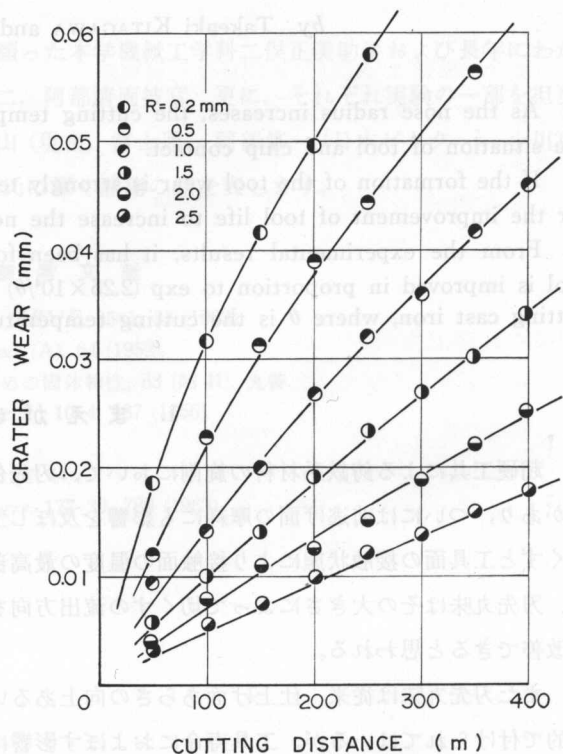


図 1 クレータ摩耗進行曲線。工具 K 10, 被削材 FC 25, 切削速度 120 m/min, 送り 0.29 mm/rev., 切込み深さ 1.5 mm, 工具形状 [0, 0, 6, 6, 15, 15, var.], ノーズ半径 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 2.5 mm.

Fig. 1. Crater wear-process curve. Tool material K 10 (ISO); material cut, cast iron FC 25 (Japanese Standard); cutting speed, 120 m/min; feed, 0.29 mm/rev; depth of cut, 1.5 mm; tool shape, 0, 0, 6, 6, 15, 15, var; nose radius, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 mm.

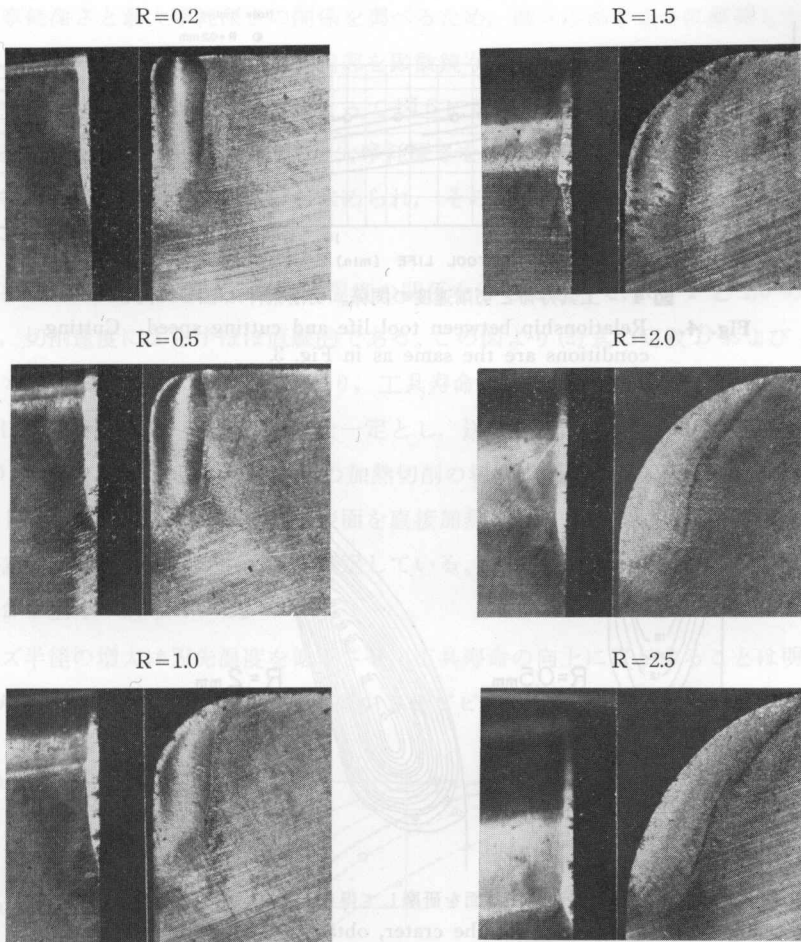


図2 図1と同一条件で得た工具摩耗面の写真

Fig. 2. Photographs of the worn tool. Cutting conditions are the same as in Fig. 1.

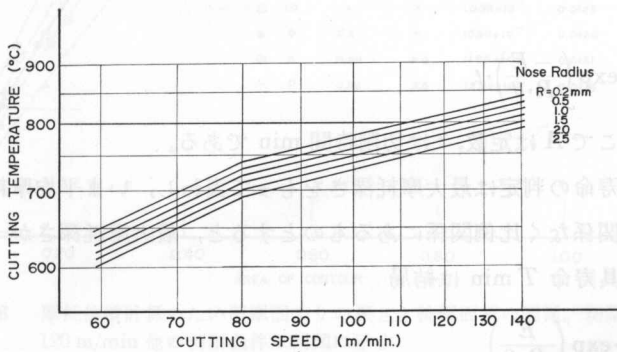


図3 切削温度と切削速度の関係。切削条件は速度以外図1と同じ

Fig. 3. Relationship between cutting temperature and cutting speed. Cutting conditions are the same as in Fig. 1 with the exception of cutting speed.

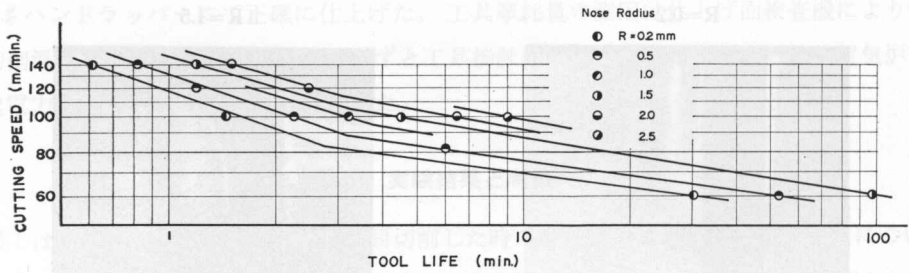


図4 工具寿命と切削速度の関係。切削条件は図3と同じ

Fig. 4. Relationship between tool life and cutting speed. Cutting conditions are the same as in Fig. 3.

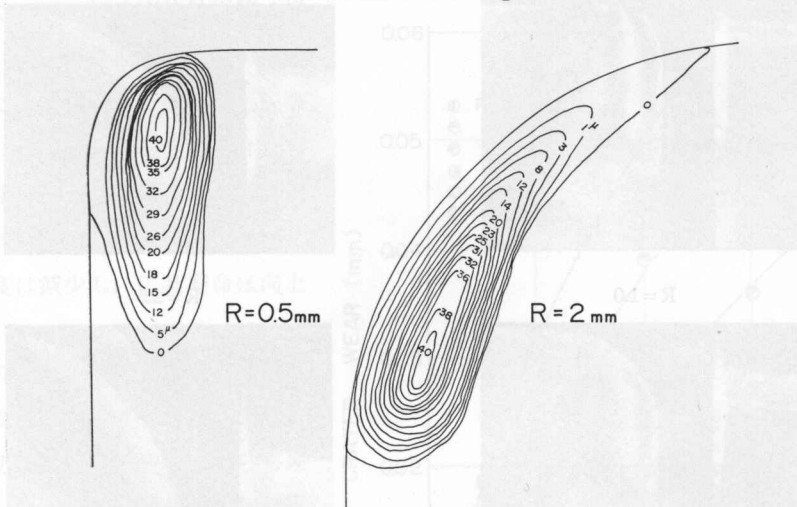


図5 摩耗した工具面を研磨して得られたクレータの等高線

Fig. 5. Contour line of the crater, obtained by grinding the surface of the worn tool.

で表わし、摩耗進行中、切くず接触面積および接触面の温度は変化せず一定であるとする、平均摩耗深さ  $h$  は

$$h = A \cdot \exp\left(\frac{-E}{R \cdot \theta}\right) \cdot t \quad (1)$$

で表わされる。ここで  $A$  は定数、 $t$  は切削時間 min である。

一般に、工具寿命の判定は最大摩耗深さをもって表わし、いま平均摩耗深さと最大摩耗深さがノーズ半径に関係なく比例関係にあるものとする、最大摩耗深さが一定値に達するまでの時間すなわち工具寿命  $T$  min は結局

$$T = B \cdot \exp\left(\frac{E}{R \cdot \theta}\right) \quad (2)$$

となる。 $B$  は定数、また切削速度が変化しても最大摩耗深さと平均摩耗深さの比例関係が常に一定に保たれるものとする、 $\log T$  と  $1/\theta$  のグラフは一本の直線になるはずである。

平均摩耗深さと最大摩耗深さの関係を調べるため、図5に示すように摩耗した工具面を徐々に研磨し、その都度現われる凹部の輪郭を顕微鏡写真にて拡大し輪郭内の面積を測定した。その結果を縦軸に研磨面よりの深さをとって図6に示す。同図は、切削速度 120 m/min で工具形状、送り速度を種々変えた場合で最大摩耗深さをすべて 0.04 mm について行なったものである。面積を深さで積分し摩耗体積が求められ、その結果平均摩耗深さはほぼ 0.012 mm の一定値を示すことがわかる。

図7は、実測された工具寿命と切削温度の関係を示したもので、 $\log T$  と  $1/\theta$  のグラフはノーズ半径、切削速度によらずほぼ直線的である。この図より(2)式の定数  $B$  および  $E/R$  はそれぞれ  $1.06 \times 10^{-9}$  および  $2.25 \times 10^4$  と定まり、工具寿命は切削温度のみにて表わされる。

図8は、切込み深さ、ノーズ半径を一定とし、送り速度、工具すくい角を変えた場合と切削速度 60 m/min、その他切削条件一定の加熱切削の場合を同様に示したものである。加熱切削の方法はトーチランプの火炎で被削材表面を直接加熱しながら切削を行なったもので、その時の被削材表面温度と切削温度を同時に測定している。これらの実験でも  $\log T$  と  $1/\theta$  の関係は図7の場合と全く一致している。

ノーズ半径の増大は刃先温度を低下させ、工具寿命の向上に寄与することは明らかとなったが、過大なノーズ半径は切くず厚さを減少させビブரி振動を誘起し<sup>3)</sup>、ひいては工具逃げ面の

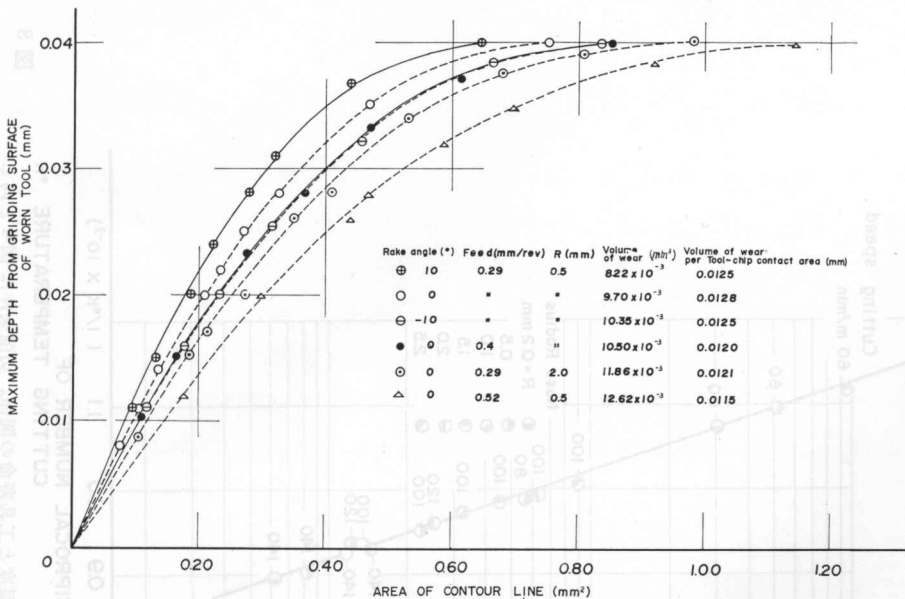


図6 摩耗体積計算のため研磨面よりの深さと輪郭面積の関係。切削速度 120 m/min 他の切削条件は同図に示す

Fig. 6. Relationship between the depth from grinding the surface of the worn tool and the area of the contour line in order to calculate the wear volume. Cutting speed is 120 m/min, other cutting conditions and tool shape are shown in the same figure.

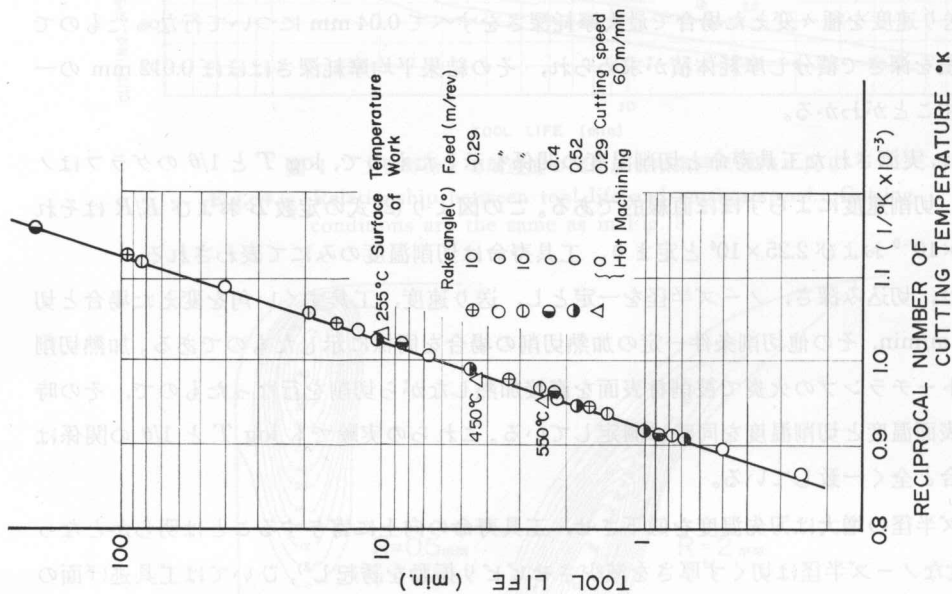


図 8 切削温度と工具寿命の關係。被削材鑄鉄，工具材質 K 10，切削速度変化，送り変化，切込み深さ 1.5 mm，工具形状 0，var. 6, 6, 15, 15, 0.5  
 Fig. 8. Relationship between cutting temperature and tool life. Material cut, cast iron FC 25; tool material, K 10; cutting speed, variable; feed, variable; depth of cut, 1.5 mm; tool shape, 0, var 6, 6, 15, 15, 0.5.

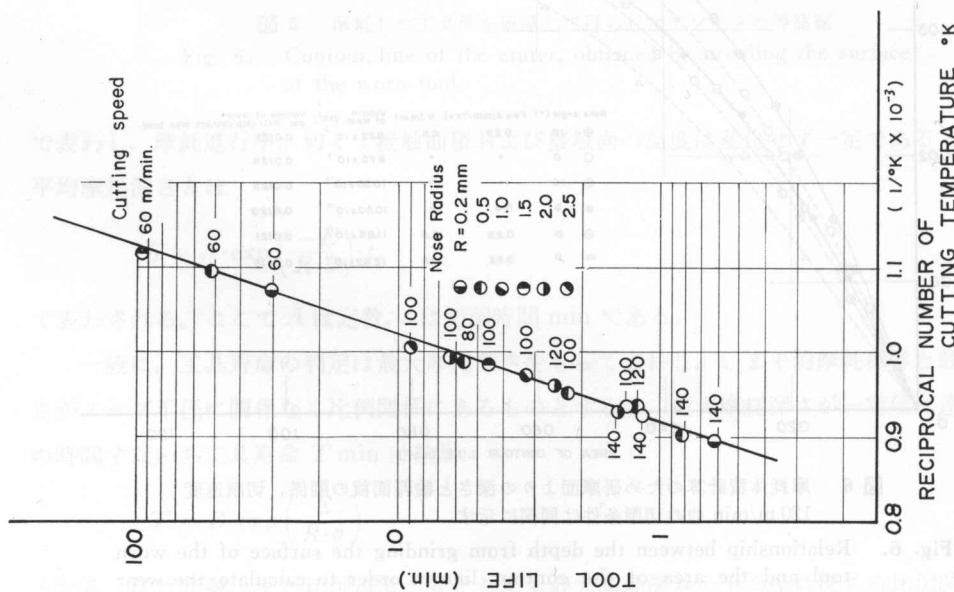


図 7 切削温度と工具寿命の關係。切削条件は図 4 と同じ  
 Fig. 7. Relationship between cutting temperature and tool life. cutting conditions are the same as in Fig. 4.

機械的摩耗を促進する。実用的にノーズ半径の大きさがどの程度が適当であるかについては、工作機械、被削材および工具などの剛性によって左右され本実験の結果からは一概に決め難い。

#### 4. む す び

以上の実験から、工具ノーズ半径の増大は切削温度を低下させ、その結果すくい面工具寿命は  $T=1.06 \times 10^{-9} \cdot \exp(2.25 \times 10^4/\theta)$  に従って向上することがわかった。しかしノーズ半径の大きさをどの程度にすべきかは、ビビリ振動による逃げ面摩耗なども考慮して決めるべきものでもあり最適値の決定には今後の検討をまたなければならない。

終りに、本報告書作製にあたり種々ご協力を願った本学機械工学科二俣正美助手ならびに切削実験についてあらゆる面でご協力をいただいた同工学科千田栄、阿部清兩技官および本学機械工学科学生中野博君（現在株式会社アマダに勤務）に深く感謝の意を表わします。

#### 文 献

- 1) 精密機械学会編：精密工作便覧，59（昭36），コロナ。
- 2) 竹山秀彦・村田良司・宮沢伸一：機械試験所報，15-4，258（昭36）。
- 3) 土井静雄：工作機械の振動，70（昭37）誠文堂新光社。

#### し ま え が き

トランス伝送特性、変調器及びマイフレクチャー等には、同一の線を単純ループ・ハイブリッドリングの区間を単純接続したものが用いられる。この接続の構成は、他のハイブリッドリングと異なり伝送線であるがその周波数特性はあまりよくない。2つの入力及び出力間の電気的結合、負荷との整合、出力ポート間の出力電圧配分比及び出力電力配分比を複素数でしか完全に記述されない。

しかしながら、この接続を中心周波数において調整最適し、更に中心周波数における出力配分比を1:1以外とする。これによってその電気的特性が広帯域化できることがわかった。

#### 1. 単純ループ・ハイブリッドリング

図-1に示されるハイブリッドリングのポート名称と各ポート間を連絡する線路の特性アドミタンスは図の様にとるものとす。すなわち左端に入力ポート  $a_1, b_1$  をとり、右端に出力ポート  $b_2, a_2$  をとり、 $a_1-b_1$  間、 $a_2-b_2$  間の線路の特性アドミタンスを  $Y_1$ 、 $a_1-a_2$  間、 $b_1-b_2$

\* 電子通信学会誌とトランス・変調器研究会で一部発表。（1971年7月、北陸）

\*\* 北陸工科大学電気工学科