

# ダクティル・ロールの切削加工について (第 1 報)\*

—長時間切削による工具の適合性—

大草喜太雄\*\*・北川 亮三\*\*・前田 俊明\*\*\*

On the Cutting of Ductile Roll (1st Report)

—The Selection of the Suitable Tool by Life Test—

Kitao ŌKUSA, Ryōzō KITAGAWA and Toshiaki MAEDA

## Abstract

The hardness of this roll is 581 Hv. and considered to be difficult for cutting.

For the selection of the suitable tools, an experiment on the tool wear is carried out.

A summary of the results is as follows.

- (1) The suitable tools show larger length of the cracks around the vickers cavity than 500 $\mu$ .
- (2) Although the cutting temperature is 600°C~700°C at the cutting speed of 20m/min, the tool failure is mainly caused by the mechanical wear due to the hard carbide particles on the underside of the chip and the surface material of the tool.

## 1. 緒 言

圧延用ロールは強靱性・耐摩耗性・耐肌荒性・耐熱亀裂性などの性質を具備することが要求される。近年、ロール製造技術の進歩は著しく、高能率圧延を満足するロールや高級製品圧延用ロールなど製造されている。

しかし、鍛造や鋳造で製作したロールは機械加工を行なって所定の形状に仕上げなければならないが、切削工具材料の進歩は著しいものの、切削加工における加工速度は他の切削例と比較して極めて低く、非能率的である。

そこで、本研究はダクティル・ロールをとりあげ、工具のいかなる物理的要素が最も切削加工に有利であるかを検討するため、先ず長時間切削を行ない、工具の耐摩耗性について調べたものである。

## 2. 切削工具と被削材

本研究に供した切削工具は超硬合金であり、とくに高耐摩耗性を有すると考えられる K 種と M 種から任

意に各 5 種類を選び使用した。

切削工具の形状は旋盤の剛性も考慮して Fig. 1 に示すような角度に定めた。ロール切削の経験から大きな切削力を受け、びびり振動を発生し切削不能になることをさけるため、切削工具のシャンクは 25mm の正方形断面とした。実験に供する超硬合金の形状は JIS O2-4 形で、すべてシャンクにろう付けし、その後、ダイヤモンド砥石を用いて Fig. 1 の形状に研削した。

超硬合金工具の機械的性質を表示する方法として抗折力試験が定められている。しかし、JIS 規定の抗折力試験片の入手が困難であり、仕上げ方法によりその値は影響を受けるものと思われ、かなりの数でテストを行なって妥当な数字をえて、靱性を評価することは容易でない。

そこで超硬合金の靱性を表わす一方法として、ピッカース硬さとピッカース圧痕の割れ長さとの関係<sup>1)</sup>が提案されている。本研究では超硬合金の靱性を表現する便宜的な方法としてこの方法を採用した。この測定方法は Fig. 2 に示す。なお、ピッカース硬度計の荷重は 30kg である。

Fig. 3 はピッカース硬さとピッカース圧痕の割れ長

\* 昭和44年11月28日精機学会中国四国支部松山地方講演会にて発表

\*\* 生涯機械工学教室

\*\*\* 松江工業高専・機械工学科

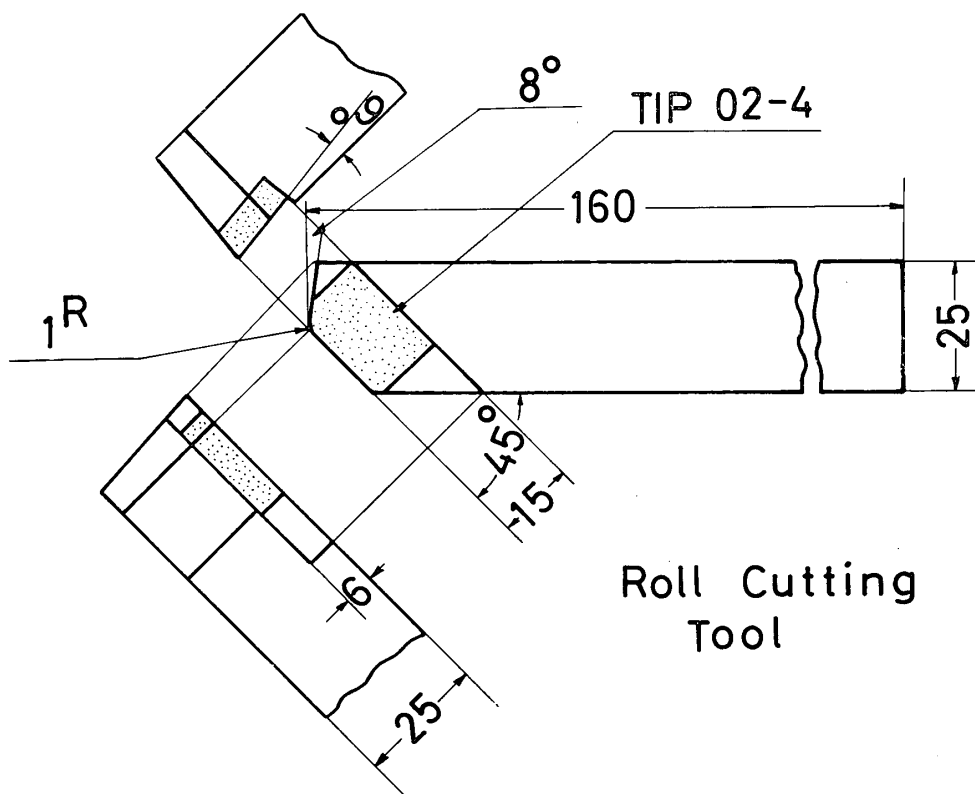


Fig. 1 Geometry of roll cutting tool

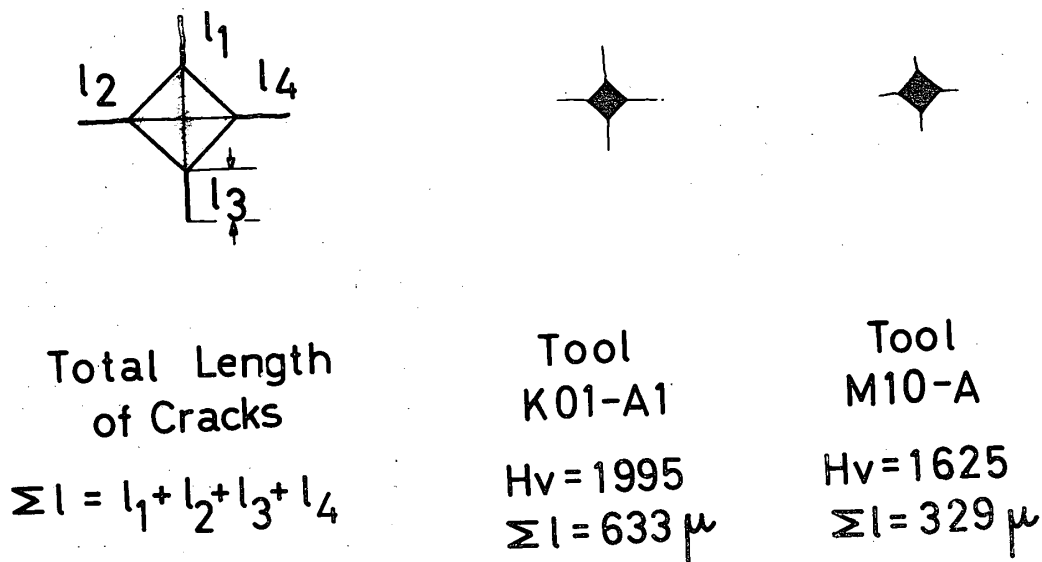


Fig. 2 Cracks around the vickers cavity

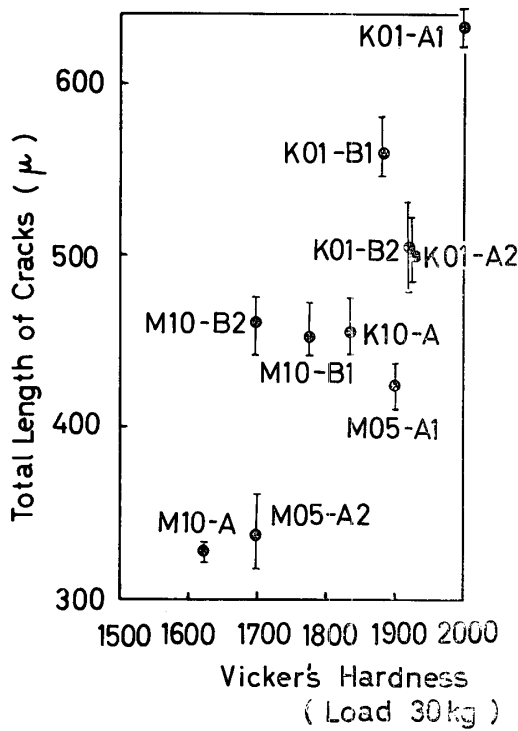


Fig. 3 Characteristics of cutting tool tips used

さとの関係を実験に供した超硬合金10種類について調べたものである。ビッカース圧痕の割れ長さが長いほど脆性を示し、短いものほど靱性を示している。Fig. 3から実験に用いた超硬合金のビッカース圧痕の割れ長さは使用分類番号の小さいものほど大きくなり、超硬合金材種の通念的な脆性の特性を表わしている。

切削温度の測定には工具-被削材熱電対法を用いた。

超硬合金工具の熱起電力特性は超硬合金の配合元素、粒子径、コバルト厚みなどに影響されると考えられる。熱起電力の測定はダクタイル・ロールと超硬合金工具を一組の熱電対とし、電気炉にて加熱し、温度と熱起電力との関係を求めたものであるが、超硬合金工具の冷接点対策上、補償回路法<sup>2)</sup>を使用している。

Fig. 4は温度と熱起電力との関係を示す図である。

曲線の傾向はWCが多く、C<sub>0</sub>が少なく、粒子径の小さいものほど低くなり、TiC+TaCやC<sub>0</sub>が増し、粒子径も大きいものほど高い熱起電力値を示している。熱起電力特性とビッカース硬さ試験との間には関係がないと思われる。熱起電力の較正はダクタイル・ロールと超硬合金との接合に銅ろうを用いたため1000°Cまでである。

Fig. 5は本実験に用いた低合金ダクタイル・ロールの金属組織写真である。組織には細かい球状黒鉛が点在し、オーステナイト初晶が晶出し、その間隙をレデブライト共晶(白色)で埋められていて、オーステナイ

Fig. 4 Characteristics with Carbide-Ductile Roll Couple (Compensating Circuit)

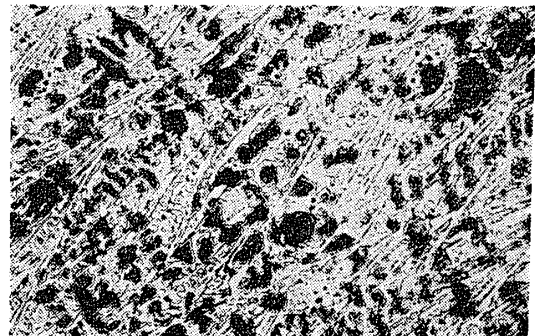
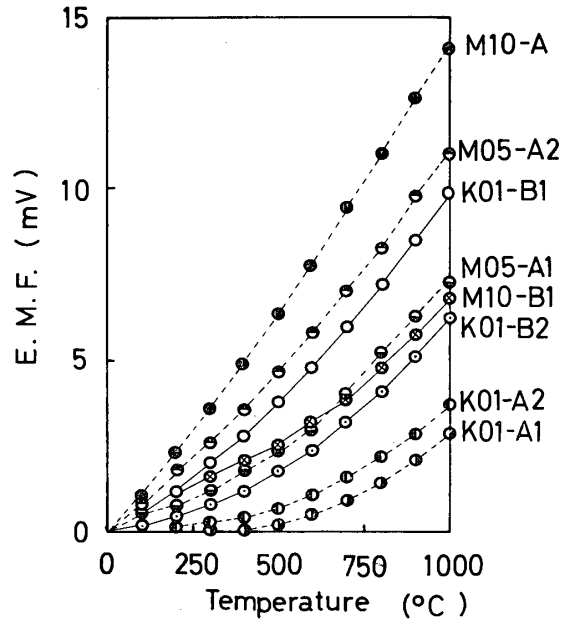


Fig. 5 Microstructure at x100 of ductile roll

トはパーライトに変化している。この試料のビッカース硬さは荷重30kgを用いたとき  $H_V = 581$ であった。

### 3. 実験結果と考察

ダクタイル・ロールのように高い硬度をもつ被削材の切削では、切削工具の摩耗は機械的摩耗(すきとり摩耗)と切削熱による摩耗の促進などが考えられる。工具の摩耗特性を解明する方法として、切削力・切削温度・逃げ面摩耗幅などの測定が可能であり、これらの結果がダクタイル・ロールに対する工具の適合性を判定する資料と考える。なお、本報は超硬工具K10-Aを除く9種の工具について実験を行なった。

工具の摩耗特性を調べる方法として逃げ面摩耗幅  $V_B$  がよく利用される。Fig. 6は切削速度  $V = 20\text{m/}$

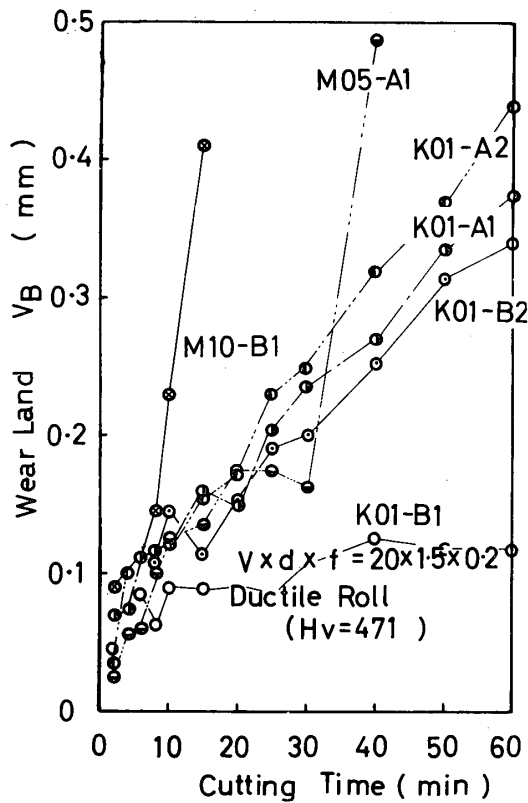


Fig. 6 Relation between cutting time and wear land for each grade

min, 切込み  $d=1.5\text{mm}$ , 送り  $f=0.2\text{mm/rev}$ , 乾式の切削条件のとき, 切削時間60分にわたり逃げ面摩耗幅がどのように変化するか求めたものである。超硬工具9種類のうち切削時間60分にわたって切削できた工具はK01の4種であり, M系列の2種類は30分以内であり, 他のM系列工具は切削時間2分以内で切削不能になっている。

切削時間30分以内で切削不能になる工具はある時間まで矩形型の逃げ面摩耗を示しているが, 一定時間をすぎると摩耗形態はノーズ部に流れた三角形摩耗を示して, 急に切削不能になる。この摩耗形態を示す工具材種は熱摩耗に対して弱いものと思われる。切削時間60分まで可能である工具はいずれも矩形の摩耗を示している。切削の初期においては工具すくい面上に構成刃先を生じ, 切くずはコイル状で, その径も大きい。切削時間の経過とともに構成刃先は漸次小さくなり, クレーターは深くなり, それとともに切くずのコイル直径は小さくなってゆく。逃げ面摩耗がとくに少なかった工具K01-B1でも切くずについては他の3種(K01-A1, A2, B2)と同じ傾向である。

切削温度の高低は工具摩耗に大きな影響をおよぼすと考えられる。Fig. 7は切削時間と切削温度との関係

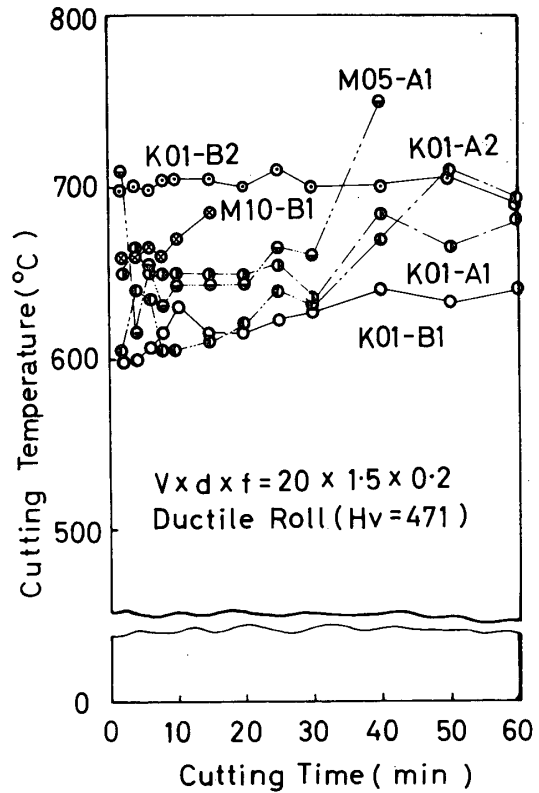


Fig. 7 Relation between cutting time and cutting temperature for each grade

を各種の工具について示したものである。切削温度は切削速度 $V=20\text{m/min}$ と一定であるため,  $600^\circ\text{C}\sim 700^\circ\text{C}$ の範囲にある。ただ, 工具M05-A1は切削時間30分をすぎると今までの矩形型からノーズ部に流れた三角形摩耗になり, 横切刃部と被削材との接触部分が多くなり, 切削温度は急に上昇したものと考えられる。切削時間の経過に伴って逃げ面摩耗幅 $V_B$ は漸次増加しているが, 切削温度の変化はそれに比較して小さい。工具材種により切削工具の摩耗とともに切削温度はわずかに上昇するものもあり, また, わずかに低下するものもあって, 本実験における切削条件では切削工具の摩耗状況と切削温度が十分に対応しているとは言い難い。

切削に伴う切削力の変化は切削工具の摩耗状態をよく表現するものと考えられる。切削開始直後で切削工具に摩耗が発生していない時点では, 切削工具材種の変化は切削力の変化に余り影響を与えていない。しかし, ノーズ部に流れた三角形摩耗を呈する工具材種は送り分力 $F_2$ や背分力 $F_3$ の変化に影響をおよぼすと考えられる。

Fig. 8は20秒間切削したときに生ずる切削力の平均値である。切削工具が摩耗して刃先形状に変化を生ずれば, 切削力のうち送り分力 $F_2$ と背分力 $F_3$ への影響

$v \times d \times f = 20 \times 1.5 \times 0.2$ , Ductile Roll (Hv=471)

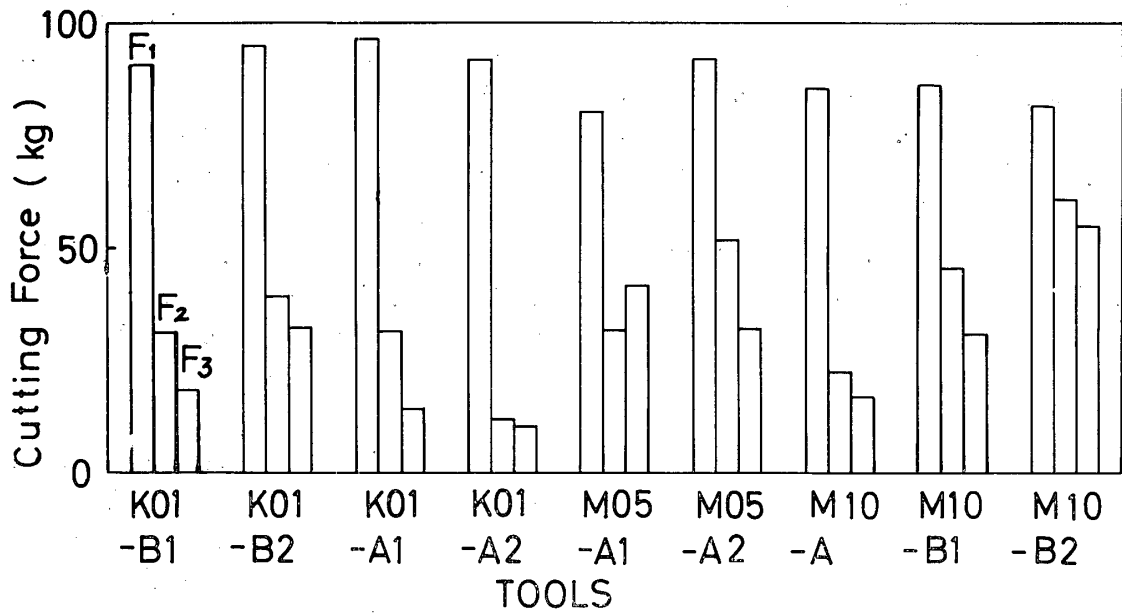


Fig.8 Comparison of cutting force for each carbide grade

が大きいことがFig. 8で見られる。

そこで切削時間60分まで可能な工具 (K01-B1) と切削時間が極めて短い工具 (M10-A, B2) について、

切削時間と切削力との関係をもとめたものがFig. 9, 10である。これらの図から、主分力  $F_1$  は工具寿命の長短に関係なく、ほぼ同じ値を示している。しか

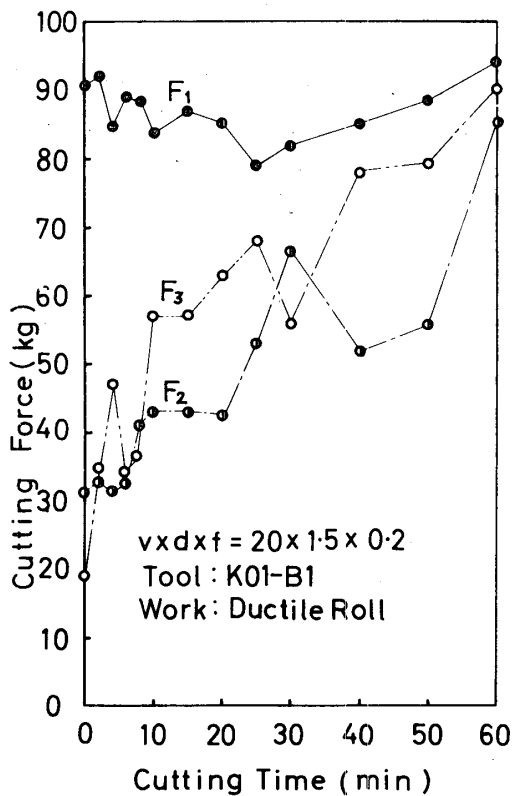


Fig.9 Relation between cutting time and cutting force for each grade

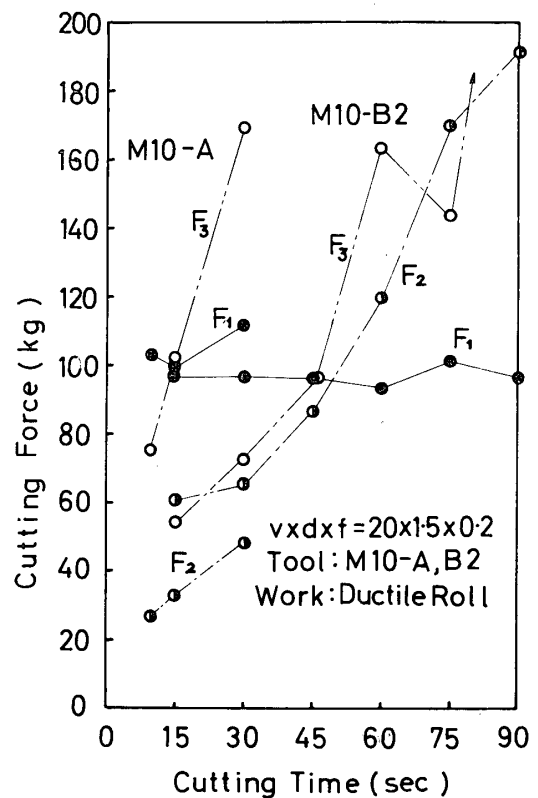


Fig.10 Relation between cutting time and cutting force for each grade

し、送り分力  $F_2$  と背分力  $F_3$  は工具の損傷状態に対応し、工具寿命の短いものでは急激に増加している。送り分力  $F_2$  と背分力  $F_3$  が短期間に増加する材種の摩耗形態はノーズ部に流れた三角形摩耗を呈し、耐熱摩耗性に欠けるため、切刃部の脱落が著しかったと考える。切削時間60分可能であった工具材種はFig. 9に示すようにやはり送り分力と背分力の増加を認めることができる。これは切削初期に発生していた構成刃先が切削時間の経過とともに小さくなり、クレーターの発生と逃げ面摩耗の増加が原因と思われる。

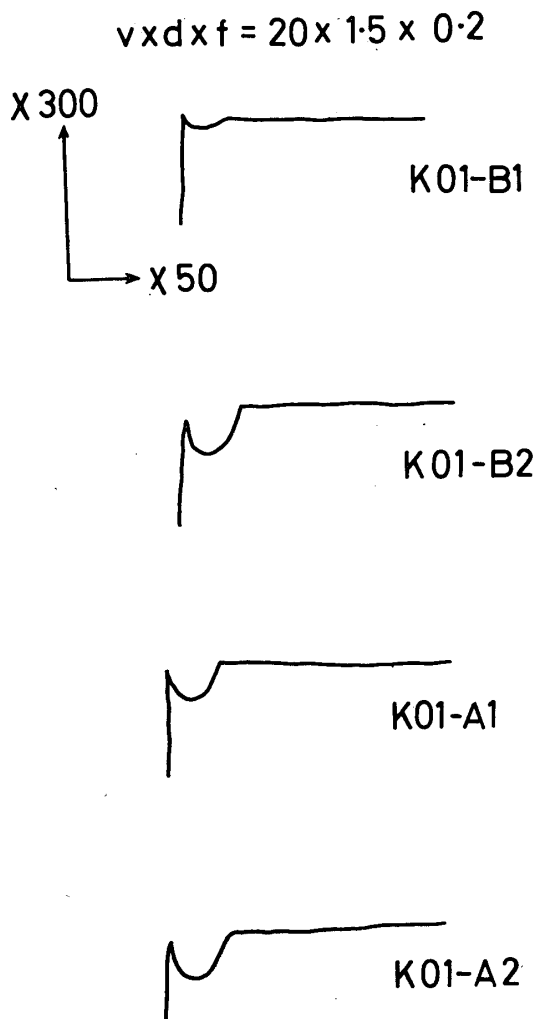


Fig. 11 Profile of crater for each grade

Fig. 11は切削60分後における切削工具4種類のクレーター断面形状である。Fig. 3の実験結果から硬度が同一であれば、クレーターはほとんど同じ形状を示している。また、ビッカース圧痕の割れ長さが長く、脆いと考えられる工具は27~33ミクロンのクレーター深さを示し、脆性が工具摩耗に影響していると推定される。切削開始の初期では工具すくい面に構成刃先が発生している。しかし、切削時間の経過とともに構成刃先は小さくなり、工具のすくい面は切くずの擦過でえぐられ、切くずはせん断形であり、切削時間60分のクレーター形状は無提防型になったと考える。

#### 4. 結 言

1) 工具の適合性は工具のビッカース硬さとビッカース圧痕の割れ長さより3つ ( $400\mu$ 以下,  $400\sim 500\mu$ ,  $500\mu$ 以上) にわけられる。割れ長さ $400\sim 500\mu$ の工具は切削中に三角形摩耗を呈し切削不能になる。 $500\mu$ 以上の工具は正常な矩形型の逃げ面摩耗を示す。

2) 切削温度は $600\sim 700^\circ\text{C}$ と余り高くないが、クレータ摩耗は60分で $10\sim 33\mu$ である。切削温度は低いにもかかわらず大きなクレータができたのはすきとり摩耗が多いためと考える。

3) 摩耗に伴う工具形状の変化は送り分力  $F_2$  と背分力  $F_3$  の増加とよく対応する。

この実験を進めるにあたり、テストロールの製作は日立金属(株)に、また、工具の製作は日本タングステン(株)にそれぞれご援助いただいた。ここに心から感謝の意を表わしたい。

#### 参 考 文 献

- 1) S. Palmqvist: Arch. für das Eisenhüttenwesen, 33, No. 9 (1962)
- 2) 北川: 水曜会誌, 17, No. 1, 11 (1970)

(昭和45年11月14日受理)