

9. 高硬度材料の切削（その2）

——CBN工具，超硬工具による焼入鋼の旋削——

〔研究期間〕 昭和56年10月～昭和57年5月

〔担当者〕 泊 誠，前野一朗

1. はじめに

近年ワイヤカット放電加工，放電加工の技術が進歩し，金型等の加工は，熱処理後これらの加工機により加工される場合がほとんどである。しかし金型にしても機械部品にしても，熱処理後機械加工をしなければならない場合も多く，一般には研削加工によっているのが現状である。

切削加工は研削加工に比べ加工精度はおちるが，加工能率の点では有利な加工である。従って加工精度等が許容できる場合は，熱処理材を切削できれば非常に有利である。

前報においては，CBN工具とセラミック工

具によりHRC60程度のSKD11を旋削し，両工具の特性を明らかにした。

本報告では，中間程度の硬さに熱処理した材料を，CBN工具と超硬工具を用いて旋削し，工具寿命等の特性を明らかにしたので報告する。

2. 実験方法

実験では逃げ面摩耗による工具寿命，すくい面摩耗，寿命付近における仕上げ面あらさ等を追跡した。

(1) 被削材

表1に示す化学成分をもつSCM440を熱

表1. 被削材の化学分析値（SCM440）

(%)

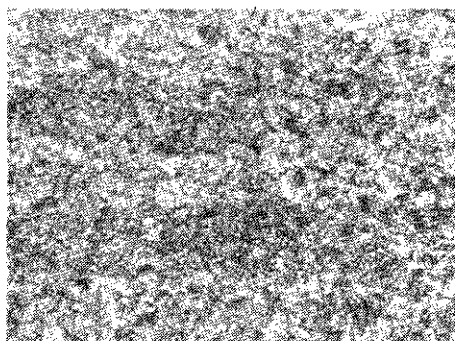
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
JIS	0.38～0.43	0.15～0.35	0.60～0.85	0.030以下	0.030以下	0.90～1.20	0.15～0.30
被削材	0.43	0.23	0.86	0.025	0.015	1.00	0.20

処理し，硬さをHRC42～44に調整後切削試験に供した。被削材の形状は，外径φ70，長さ250mmであるが，切削に供する部分は長さ約200mmであり，熱処理後外後を2mm程削除して試験に供した。

熱処理条件は，600℃に90分保持後850℃に80分保持，後油冷である。写真1はその組織である。

(2) 切削条件と寿命判定

切削はセンターワーク方式である。使用工具，切削条件を表2，3に示す。



1. 被削材の組織（×200）

表2. 使用工具

CBN工具 超硬 "	BN 200 ST 20 E (P20相当)	住友電気工業 "
ホルダー 工具形状	CTGNR-2020 (-5, -5, 5, 5, 30, 0, 0.8)	
チャンファー	BN 200 19° ST 20 E なし	幅 0.066 mm
工具突出し長さ	25 mm	
刃先高さ	-0.1 ~ 0 mm (主軸中心線に対し)	

表3. 切削条件

切削速度	BN 200 100, 150, 200 m/min ST 20 E 30, 100, 150, 200 "
切込 送り	0.2 mm 0.1 mm/rev

切削は、逃げ面摩耗のうちその中間付近の摩耗幅が0.3 mm に達するまで行い、このときを工具寿命とした。またCBN工具についてはクレータ摩耗を同時に測定し、仕上げ面あらさについては逃げ面摩耗幅が0.3 mm に達したときのみ測定した。

- (3) 測定と使用機械
前報に同じ

3. 結果と考察

3・1 工具摩耗

前報でも述べたように、ノーズ半径に比べ切込みが小さい場合には、横逃げ面の均一な摩耗がなく、図1に示すような摩耗形態を示す。これは横逃げ面境界摩耗 ($V''B$)、切込みが大きい場合の均一摩耗に相当する摩耗 ($V'B$) および前逃げ面境界摩耗 ($V'''B$) とからなるが、 $V'B$ と $V'''B$ は明瞭に区別できない場合が多い。従って $V'B$ が $V''B$ および $V'''B$ と明瞭に区別できない場合は、 $V''B$

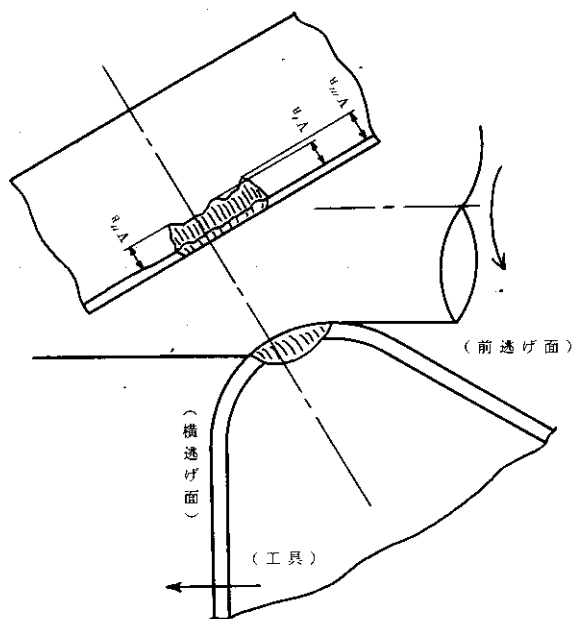


図1. 工具逃げ面の摩耗形状

と $V'''B$ の中間の摩耗幅を $V'B$ として工具摩耗を追跡した。

3・1・1 CBN工具と超硬工具の逃げ面摩

耗の特徴

図2～4はCBN工具の各逃げ面の摩耗経過である。

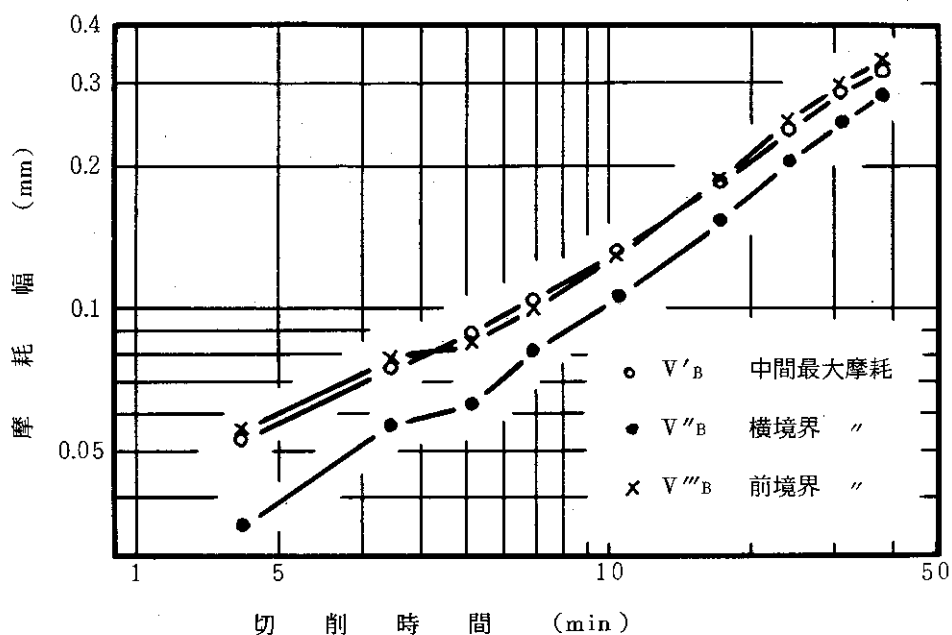


図2. CBN工具逃げ面の摩耗経過

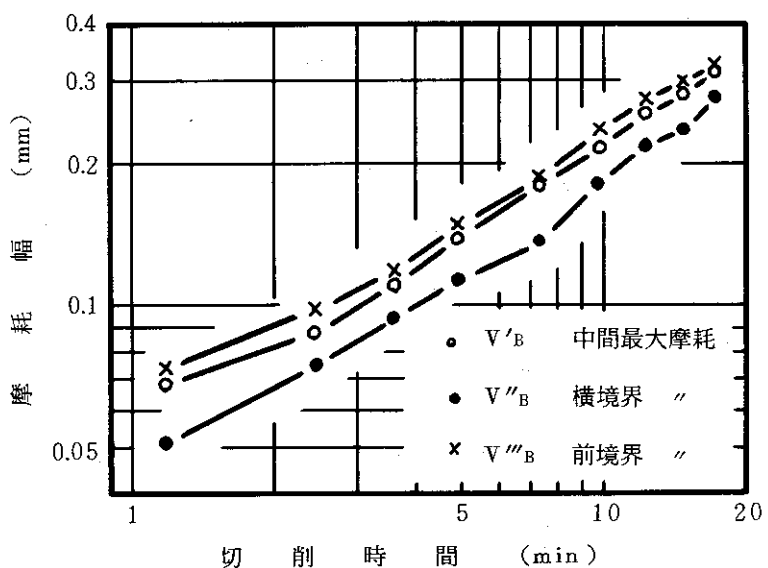


図3. CBN工具逃げ面の摩耗経過

各切削速度に共通する摩耗形態は、摩耗幅が V''_B , V'_B , V'''_B の順に大きくなることであり、この形態は切削時間、切削速度に無関係なことである。摩耗形状は後に示す写真でもわかるように、大略図1のような形状であって、明瞭な境界摩耗がない。

当然のことながら切削速度が高くなると工具の摩耗も早くなる。図

5はCBN工具の中間最大摩耗(V'_B)のみを示したものである。

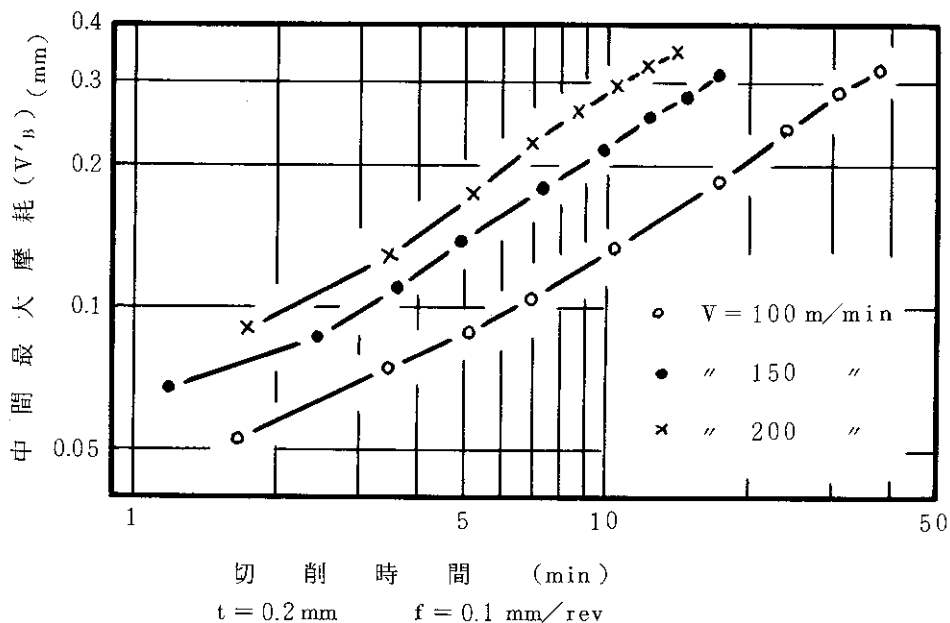
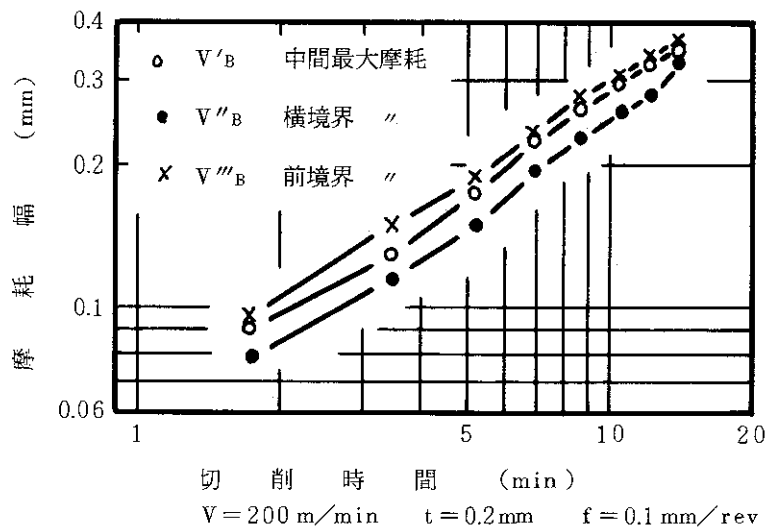


図6～9は超硬工具の摩耗経過である。

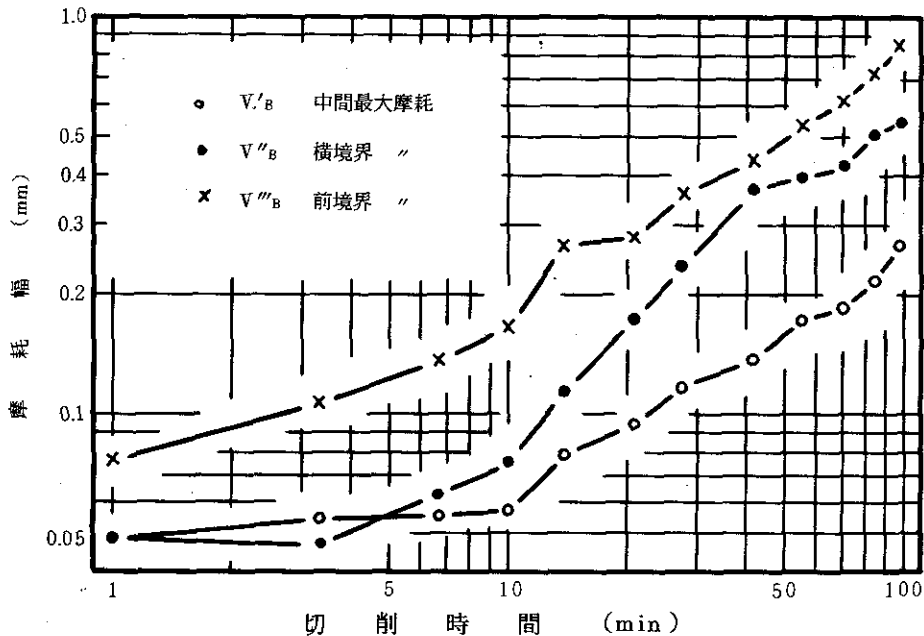


図 6. 超硬工具逃げ面の摩耗経過
 $V=30\text{m/min}$ $t=0.2\text{mm}$ $f=0.1\text{mm}$

超硬工具の摩耗の特徴は、前境界摩耗 ($V'''B$) が大きく発達することであり、150, 200m/min においては、両境界摩耗の中間における摩耗 $V'B$ は明瞭でなく、両境界摩耗が連続したような摩耗を示す。

切削速度の低い 30m/min の場合の前逃げ面境界には、そのピッチが送り量に相当する鋸歯状の摩耗が現れる。これはこのような低速度の切削の場合には刃先温度が比較的に低いため、工具刃先はかなりの硬さを保つが被削材の切削された山の部分のみが高圧力で工具に接するため、この部分のみ選択的に摩耗が進行するためであると考えることができる。また 30 m/min の場合は両境界摩耗が大

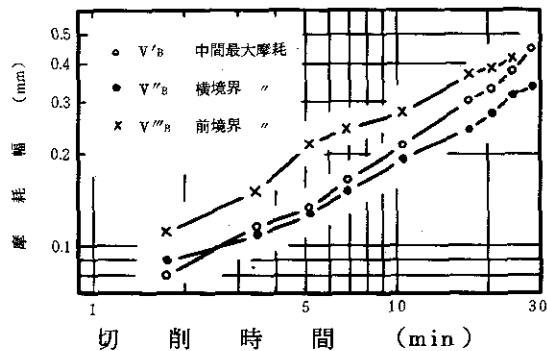


図 7. 超硬工具逃げ面の摩耗経過
 $V=100\text{m/min}$ $t=0.2\text{mm}$ $f=0.1\text{mm/min}$

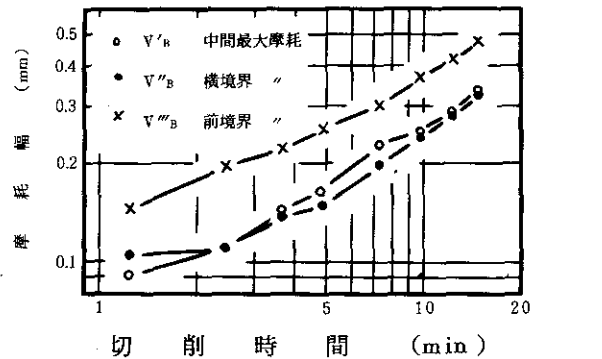


図 8. 超硬工具逃げ面の摩耗経過
 $V=150\text{m/min}$ $t=0.2\text{mm}$ $f=0.1\text{mm/min}$

きく、中間部は摩耗は小さく、100 m/min 以上の摩耗形態とは異なっている。図10は超硬工具の中間最大摩耗のみを示したものである。30 m/min の場合は相当に長寿命である。また超硬工具は摩耗が進行すると、ノーズ部円弧がつぶれ平坦になっていく。

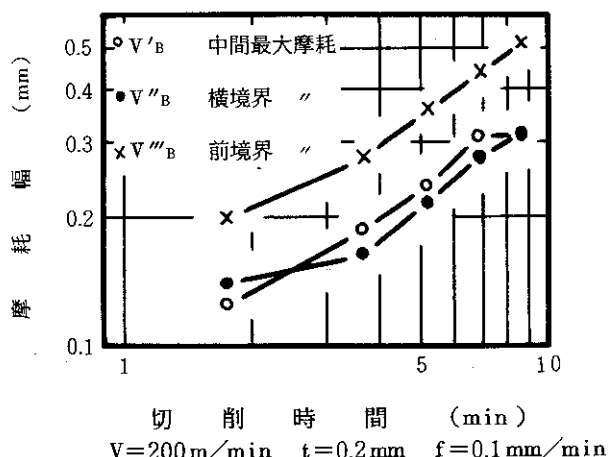


図9. 超硬工具逃げ面の摩耗経過

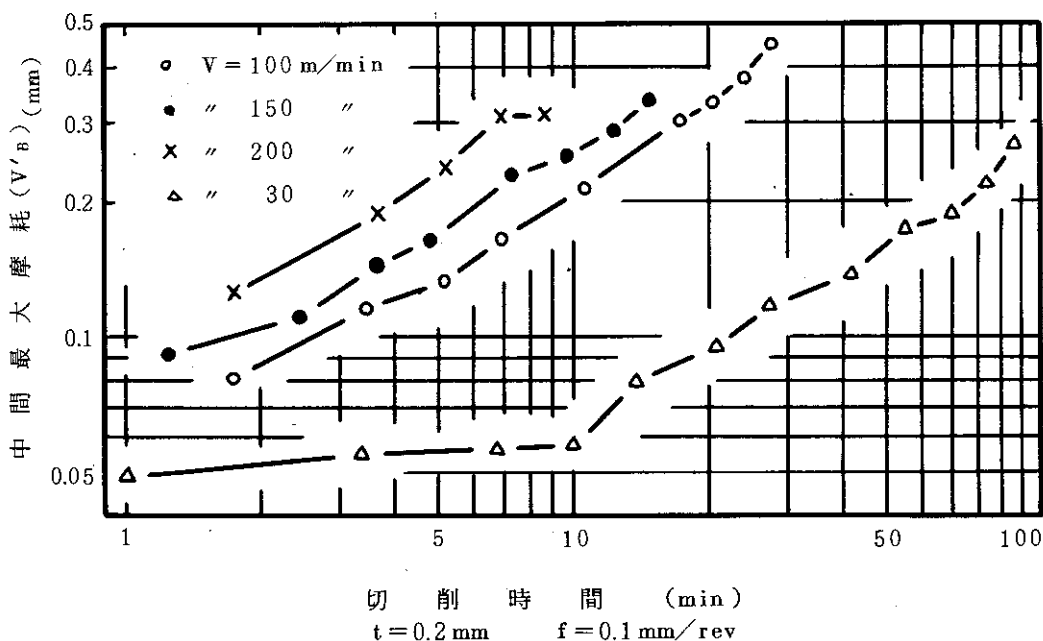


図10. 超硬工具の中間最大摩耗経過

3・1・2 クレータ摩耗

図11にはCBN工具と超硬工具のクレータ摩耗を示している。

切削速度が高いとクレータ摩耗は大きくなるが、クレータ摩耗は超硬工具の方がかなり

大きい。切削速度150, 200 m/minの $V'B = 0.3$ mm 付近の寿命時においては、超硬工具はCBN工具の約2倍程度のクレータ摩耗を示している。

超硬工具の切削速度30 m/min における

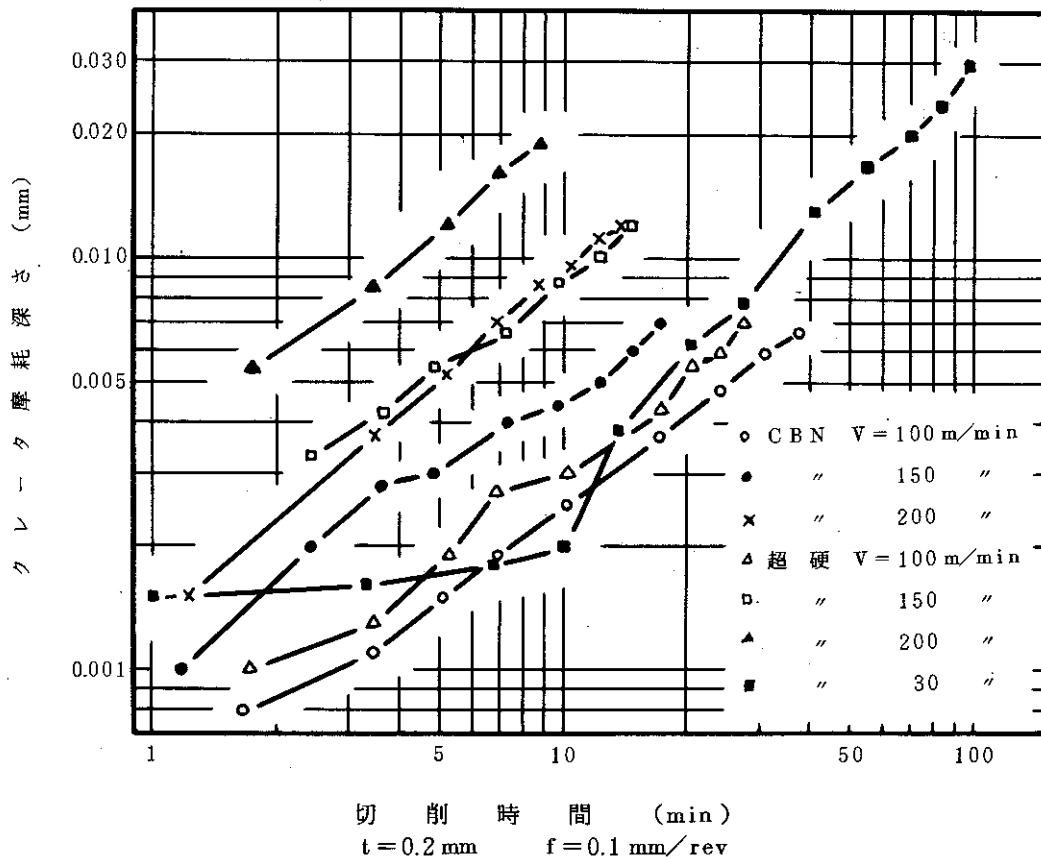


図11. CBN工具, 超硬工具のクレータ摩耗経過

クレータ摩耗は、大きく進行する。これは、この速度における前逃げ面境界摩耗が大きく進行するのと良い対応をなしている。

両工具において、 $V'_B = 0.3 \text{ mm}$ 付近のクレータ摩耗深さは、CBN工具で $6 \sim 12 \mu\text{m}$ 超硬工具で $7 \sim 30 \mu\text{m}$ であり、CBN工具はクレータ摩耗はかなり小さい。

3・2 工具寿命

図12は、 $V'_B = 0.3$ および 0.2 mm としたときの工具寿命曲線である。

CBN工具は超硬工具よりかなり長寿命であり、 $V_B = 0.3 \text{ mm}$ のとき約1.5倍の寿命又は切削速度を得ることができる。

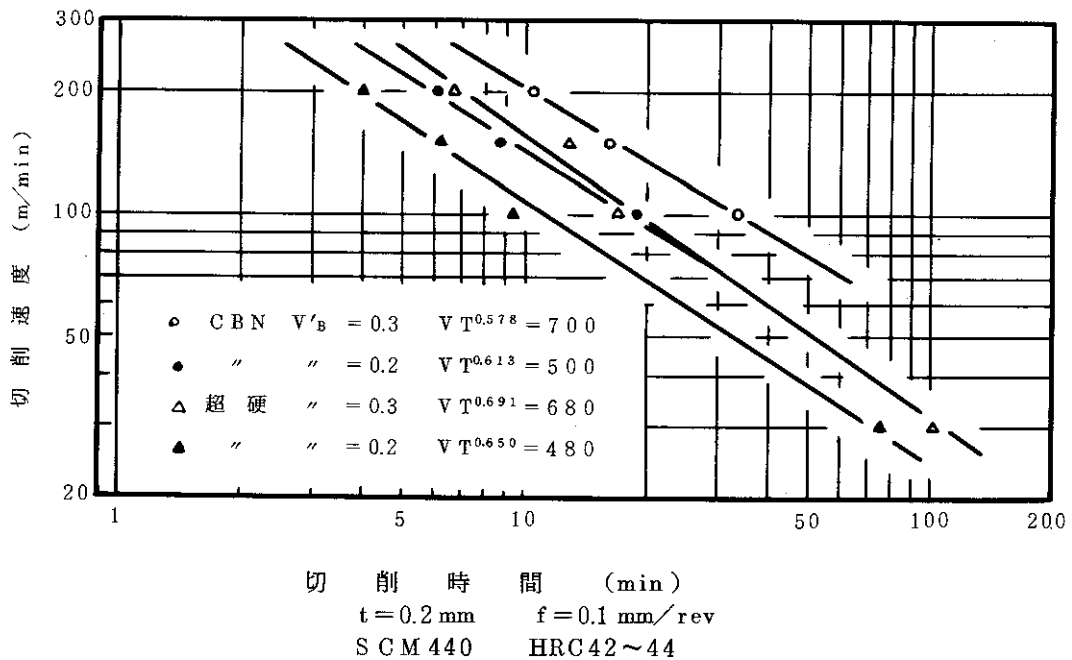


図 1 2. CBN 工具, 超硬工具の寿命曲線

寿命方程式は $V_B = 0.3$ のとき CBN 工具は $VT^{0.578} = 700$, 超硬工具は $VT^{0.691} = 680$, $V_B = 0.2$ のとき, CBN 工具は $VT^{0.613} = 500$, 超硬工具は, $VT^{0.650} = 480$ である。

3・3 表面あらさ

表 4 は $V_B = 0.3 \text{ mm}$ の寿命付近における表面あらさである。両工具とも切削速度が高

表 4. 表面 あらさ

(μm Rmax)

切 削 速 度 (m/min)	C B N 工 具	超 硬 工 具
30		18 (97.4)
100	4.5 (37.8)	3.9 (27.5)
150	4.2 (17.1)	3.3 (14.6)
200	5.0 (13.9)	7.3 (8.7)

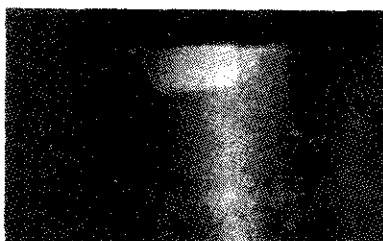
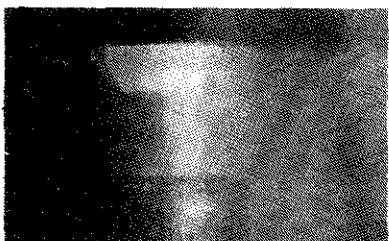
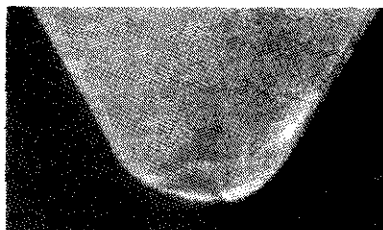
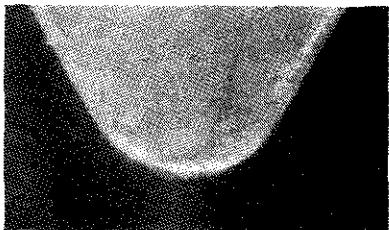
() 内は切削時間 (min)

い場合はかなりよい表面あらさを示している。超硬工具の 30 m/min においてはかなり粗い表面あらさである。これは構成刃先による切削であり、この速度では終止表面あらさは

よくなかった。

3・4 工具の摩耗状況

写真 2, 3 は, $V_B = 0.3 \text{ mm}$ における工具の摩耗状況である。写真 2 の CBN 工具で

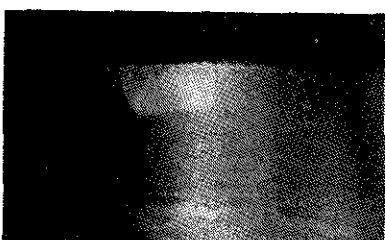
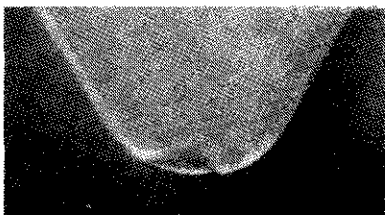


$V = 100 \text{ m/min}$

$T = 37.8 \text{ min}$

$V = 150 \text{ m/min}$

$T = 17.1 \text{ min}$



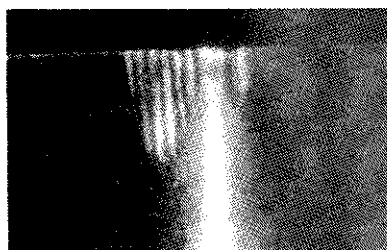
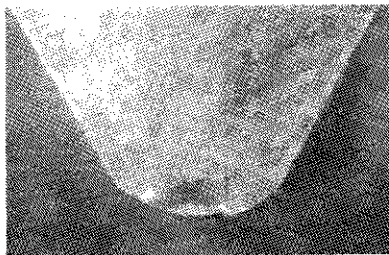
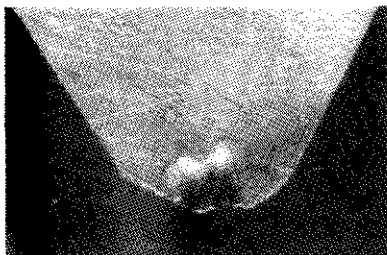
$V = 200 \text{ m/min}$

$T = 13.9 \text{ min}$

写真2. CBN工具の工具摩耗状況

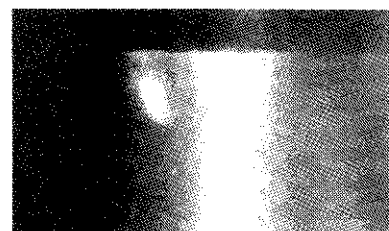
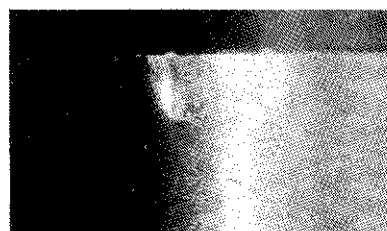
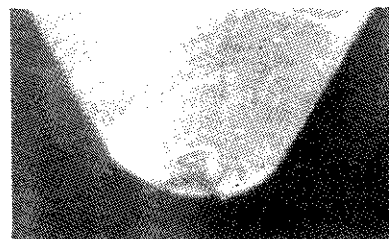
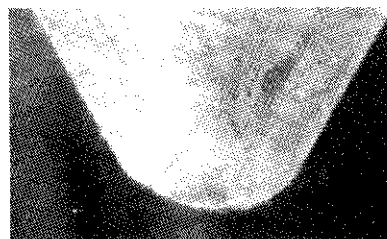
($V'B = 0.3 \text{ mm}$ 付近)

$t = 0.2 \text{ mm}$. $f = 0.1 \text{ mm/rev}$



$V = 30 \text{ m/min}$
 $T = 97.4 \text{ min}$

$V = 100 \text{ m/min}$
 $T = 27.5 \text{ min}$



$V = 150 \text{ m/min}$
 $T = 14.6 \text{ min}$

$V = 200 \text{ m/min}$
 $T = 8.7 \text{ min}$

写真3. 超硬工具の工具摩耗状況

($V'B = 0.3 \text{ mm}$ 付近)

$t = 0.2 \text{ mm}$, $f = 0.1 \text{ mm/rev}$

は、ほぼ安定した逃げ面摩耗であり、クレータ摩耗は、切削速度の高い程大きくなっている。工具欠損等はない。

写真3の超硬工具では、切削速度30m/minにおいて前逃げ面摩耗が鋸歯状を呈している。又このときのクレータ摩耗が大きく発達し、ノーズ部の円弧がつぶれ平坦になり、一部欠損している。他の切削速度では前逃げ面が大きく摩耗しているのが特徴である。

3・5 切屑について

切屑は全ての切削で連続した帯状またはもつれた切屑であった。

3・6 被削材の硬さ変化

被削材は、はじめの外径より20mm程小さくなるまで切削した。このときの硬さは、HRC 26~30程度であった。

4. ま と め

CBN工具と超硬工具（P20相当）により、HRC 42~44程度に熱処理したSCM 440の仕上げ切削試験を行い、工具寿命、表面あらさ等を検討した。試験中被削材の硬さは、ロックウェルC硬さで十数硬度変動したが、以下のようことがわかった。

(1) 寿命方程式は $V_B = 0.3 \text{ mm}$ のとき、

$$\text{CBN工具} \quad VT^{0.578} = 700$$

$$\text{超硬工具} \quad VT^{0.691} = 680$$

を得た。

$V_B = 0.2 \text{ mm}$ のとき、

$$\text{CBN工具} \quad VT^{0.613} = 500$$

$$\text{超硬工具} \quad VT^{0.650} = 480$$

を得た。

(2) 本実験のような小さな切込みのもとでは正常摩耗は得にくい。

(3) 実験中重大な工具損傷は起こらなかった。

(4) CBN工具はクレータ摩耗は小さいが、超硬工具は大きく、特に30m/min程度の低速度では大きなクレータを生ずる。

(5) 超硬工具は前逃げ面摩耗が特に大きく発達する。

(6) 表面あらさは高速切削すればよいあらさが得られるが、低速度での切削はさけるべきである。

(7) 切屑は連続型となり、処理しにくい。

5. おわりに

本実験は、工業技術院中国工業試験所の指導を得て行ったことを付記し、御指導いただいた諸先生に感謝の意を表します。