

9. 高硬度材料の切削（その１）

－ CBN工具，セラミック工具による

焼入鋼の旋削－

〔研究期間〕 昭和５５年４月～５７年３月

〔担当者〕 泊 誠 ・ 前野一朗

1. はじめに

プレス金型，あるいはプラスチック金型は，熱処理し硬化させた後機械加工する場合も多い。

このような場合一般に研削加工による仕上げが普通であるが，仕上代が大きい場合には，従来より超硬工具により切削加工が行なわれてきた。しかし，超硬工具は，焼入鋼等の硬い材料を切削する場合，工具寿命が短かく，能率的加工とは言いがたい。

近年このような硬い材料を高能率に切削加工するためCBN工具が出現し，又セラミック工具の改善も進んだため，硬い材料の切削加工も従来より容易になっている。

しかし実用するとなると，いくつかの研究はあるが，まだ具体例にとぼしいのも現実である。

本報告では，SKD11の焼入硬化材をCBN工具およびセラミック工具により切削試験した結果を報告する。

2. 実験方法

(1) 被削材

表１に示す化学成分のSKD11を熱処理し硬さをHRC60.5に調整後試験に供した。

なお切削試験終了時の硬さは，HRC57.3であった。

表 1. 被削材の化学成分（SKD11）

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
J I S	1.40~1.60	≤ 0.40	≤0.60	≤0.030	≤0.030	11.00~13.00	0.80~1.20	0.20~0.50
被削材	1.50	0.29	0.40	0.019	0.007	11.99	0.85	0.24

熱処理条件は，1030℃，1.5時間保持後空冷，180℃，3時間保持後空冷である。

写真１はその組織である。

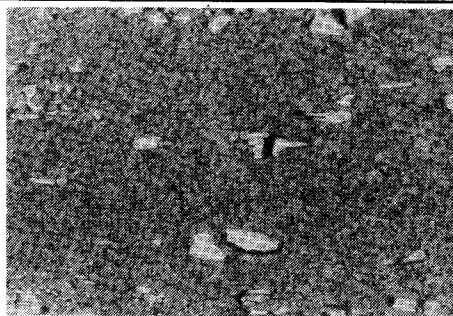


写真 1. 供試材の組織

被削部分は外径 60 mm 、長さ 202 mm であるが、熱処理の影響を考慮して、表面を切削除去後試験に供した。

(2) 切削条件と切削方式

切削は乾式、センターワーク方式である。使用工具と切削条件を表 2・3 に示す。

表 2. 使用工具

CBN 工具	BZN 東芝タンガロイ
セラミック 工具	B-90 住友電気工業
ホルダー	CTGNR -2020
工具形状	(-5, -5, 5, 5, 30, 0, 0.8)
チャンファー	BZN 40° 幅 0.02 mm B-90 25° " 0.15 mm
工具突出し長さ	25 mm

表 3. 切削条件

切削速度	CBN 工具 $90, 115, 150\text{ m/min}$ セラミック $90, 115, 150, 190\text{ m/min}$
切込み	0.2 mm
送り	0.1 mm/rev

切削は $V_b = 0.3\text{ mm}$ を目標とし、一定時間ごとに摩耗測定、クレータ測定を行なったが、表面あらさについては、 $V_b = 0.3\text{ mm}$ に達した付近のみ測定した。

また工具摩耗の測定は、被削材の硬度が高いため工具損傷等を起さないよう、被削材長手方向のとおし切削後測定することを基準とした。切削初期の摩耗測定では、切削長さの中間でも測定したが、この場合チッピング等工具損傷を起さないよう十分注意した。

(3) 測定と使用機械

逃げ面摩耗は工具顕微鏡、クレータと表面あらさは表面あらさ測定機により測定した。

使用旋盤は、設置後 15 年程度経た有段変速旋盤であるが使用時間が少ないので、程度は非常によい。

3. 結果と考察

3・1 工具摩耗

(1) 逃げ面摩耗

一般に工具摩耗は、ノーズ半径に比べ切込みが大きい場合、横および前の両境界摩耗とその中間の均一摩耗部分とからなる。また一般には均一摩耗は境界摩耗より小さい。

本実験では、ノーズ半径に比べ切込みが小さいので、逃げ面摩耗は図 1 に示すように両境界

摩耗の中間で平均的摩耗を示さず、山形の最大摩耗を示した。この摩耗状況は、CBN工具、セラミック工具共にほぼ同じ傾向であった。以下この中間の最大摩耗を逃げ面摩耗という。

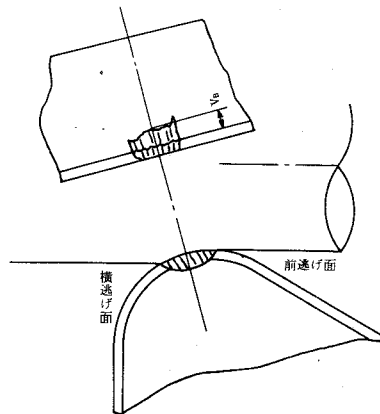


図1. 逃げ面摩耗形状

について $V=90 \sim 150 \text{ m/min}$ の範囲でみると、セラミック工具はCBN工具の数 ~ 10 倍程度の寿命となっている。他の速度についてもほぼ同様な傾向を示す。

図2・3はCBN工具およびセラミック工具の工具摩耗曲線である。図において切削速度が高くなると工具摩耗も大きくなるのは当然のことであるが、CBN工具はセラミック工具に比べ相当に摩耗がはやくすすむ。 $VB=0.2 \text{ mm}$

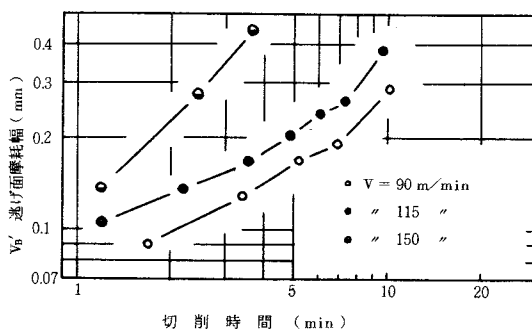


図2. CBN工具の逃げ面摩耗

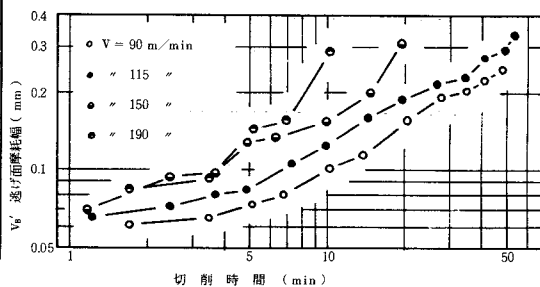


図3. セラミック工具の逃げ面摩耗

(2) 境界摩耗

CBN工具の場合試験した3段階の速度において、いずれの場合も、境界摩耗は両境界摩耗の中間に現われる逃げ面摩耗よりも小さい。図4はその例である。

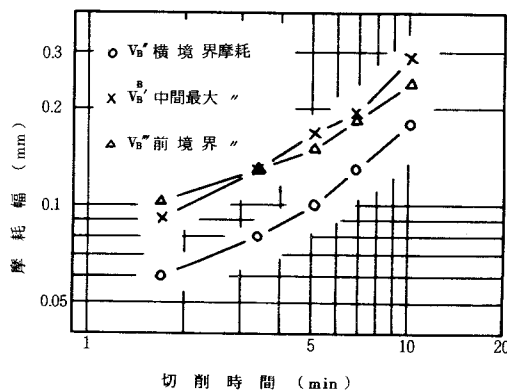


図4. CBN工具の摩耗曲線 ($V=90 \text{ m/min}$)

セラミック工具においては、 $V=90, 115$
 m/min の場合両境界摩耗が、逃げ面摩耗より大きい。 $V=150, 190 m/min$ にお

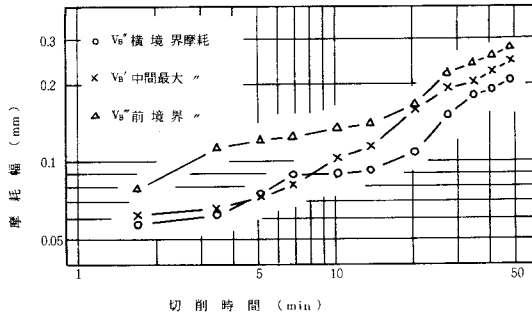


図5. セラミック工具の摩耗曲線 ($V=90 m/min$)

また境界摩耗のはやさは、逃げ面摩耗と同様にC BN工具の方が、モラミック工具よりもは

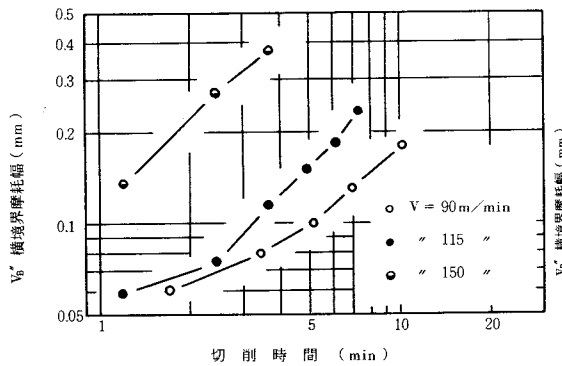


図7. C BN工具の横境界摩耗

(3) クレータ摩耗

クレータ摩耗については、セラミック工具は大きなチャンファー角がついているので、測定できなかった。

図9はC BN工具のクレータ摩耗である。クレータ摩耗は逃げ面摩耗と同様、急激な摩耗を示す。

仕上切削の場合、クレータ摩耗による工具寿命は、 $K_T=0.1 mm$ とされるので、クレータ摩耗の面からはまだ工具寿命に達していない。

いては逆に逃げ面摩耗が大きい。つまりC BN工具と同じ傾向となる。図5・6はその例である。

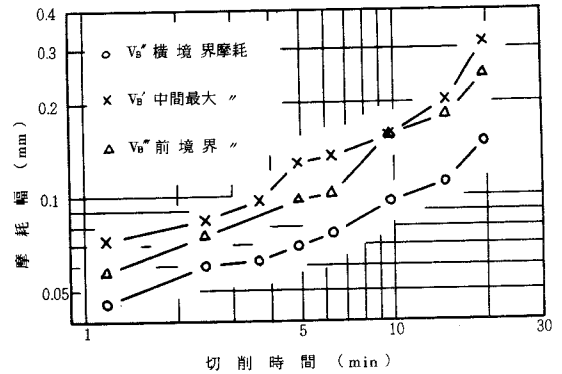


図6. セラミック工具の摩耗曲線 ($V=150 m/min$)

るかにはやい。図7・8に横境界摩耗の例を示す。

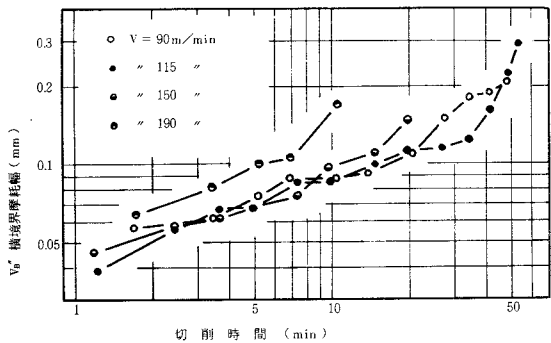


図8. セラミック工具の横境界摩耗

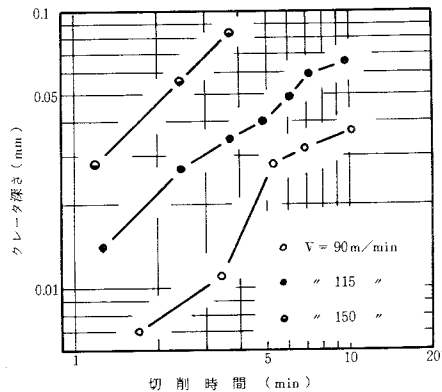


図9. C BN工具のクレータ摩耗

3・2 工具寿命

図10は、 $V_B = 0.2$ および 0.3 mm としたときの工具寿命曲線である。セラミック工具はCBN工具に比べはるかに長寿命であることを示している。

寿命方程式は、 $V_B = 0.2\text{ mm}$ のときCBN工具は、 $VT^{0.375} = 199$ ，セラミック工具は、 $VT^{0.515} = 600$ となる。また $V_B = 0.3\text{ mm}$ のとき、 $VT^{0.383} = 240$ および $VT^{0.409} = 560$ となる。

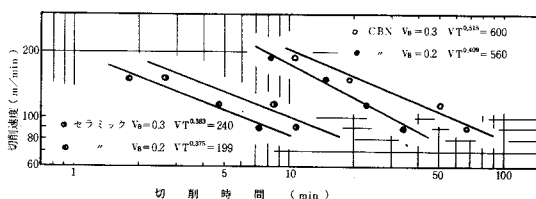


図10. CBNセラミック工具の寿命曲線

3・3 表面あらさ

表4は、 $V_B = 0.3\text{ mm}$ 付近における表面あらさである。セラミック工具の $V=90\text{ m/min}$ は、 $V_B = 0.3\text{ mm}$ にはまだかなりの時間があるが、参考として入れてある。

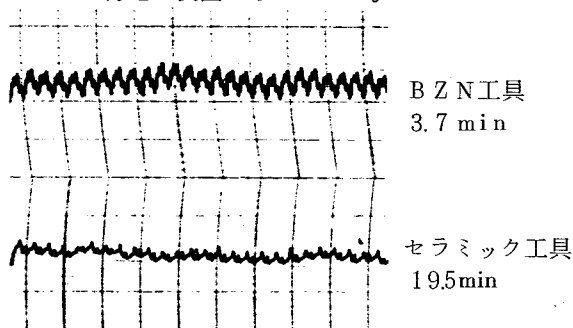
CBN工具は切削速度が高いと表面あらさは低下するが、セラミック工具は切削速度が高い程表面あらさは良くなる。

表4. $V_B=0.3\text{ mm}$ 付近の表面あらさ

切削速度 (m/min)		
	CBN工具	セラミック工具
90	1.8	9.9
115	4.0	7.1
150	4.2	2.4
190		2.0

セラミック工具は、普通の硬さの材料に対しても構成刃先のつきにくいことを特徴とするがこのような高硬度材料の切削においては刃先温度はかなりの高温になるので、セラミック工具の構成刃先のつきにくさという特徴が増強されると考えることができる。

図11は $V=150\text{ m/min}$ ， $V_B=0.3\text{ mm}$ 付近の表面あらさである。



(たて×よこ、 1000×20)
 $V = 150\text{ m/min}$ ， $V_B = 0.3\text{ mm}$ 付近

図11. 表面あらさ

3・4 切屑について

写真2は切屑形状である。

CBN工具の場合、いずれの切削速度においても、切削初期の1～2分の間は濃青色ないし紫色の切屑を生じ、形状は連続線状となる。以後切屑の色は青灰色まで変化し、形状は細か

かく破碎したものとなる。

セラミック工具の場合切削初期に青灰色を生ずるが、以後褐色、青灰色、うす紫色の混在したものとなる。形状は終始短かくちれたらせん状を呈する。

写真2は、切屑形状が3のパターに分類され

ることを示したものである。

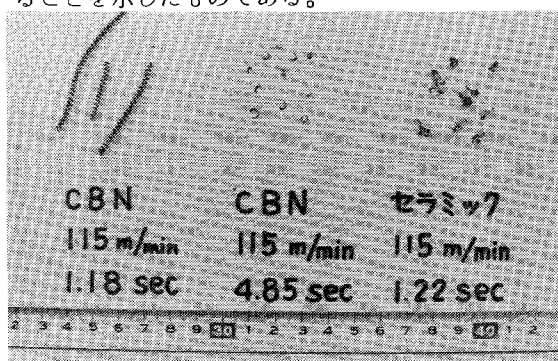
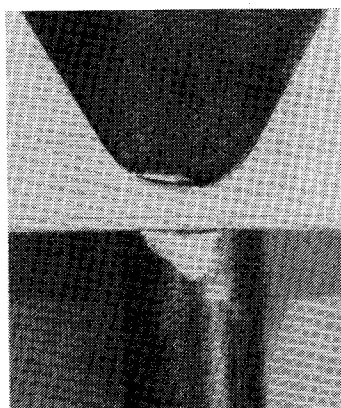


写真2. 切屑形状

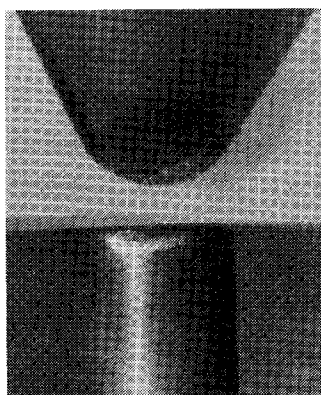
3・5 工具の摩耗状況と損傷

工具摩耗の例を写真3に示す。写真は、 $V = 150 \text{ m/min}$, $V_B = 0.3 \text{ mm}$ 付近である。写真4は、工具損傷の例である。CBN工具は、逃げ面全体の欠けを生ずるが、セラミック工具はすくい面の剥離を起こす。

CBN工具は逃げ面欠損後は切削は続行できないが、セラミック工具は、すくい面剥離後も切削は続行でき、かえって切味は向上するようである。

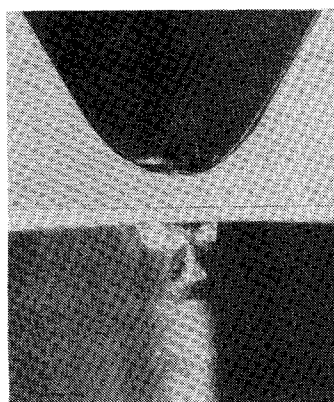


CBN工具
3.7 min
 $V = 150 \text{ m/min}$, $V_B = 0.3 \text{ mm}$ 付近

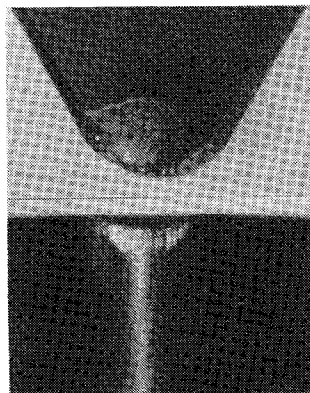


セラミック工具
14.7 min

写真3. 工具の摩耗状況



CBN工具
 $V = 90 \text{ m/min}$
10.3 min



セラミック工具
 $V = 115 \text{ m/min}$
48.8 min

写真4. 工具損傷状況

4. まとめ

CBN工具およびセラミック工具の耐高硬度材料切削への適応性を検討するために、SKD 11をHRC 60.5に調整し、仕上切削を目的とした切削試験を行なった。

この結果、以下のことがわかった。

(1) CBN工具よりもセラミック工具の方が数～10倍程度長寿命である。

(2) $V_B = 0.2$ のとき寿命方程式は次式により示される。

$$\text{CBN工具} \quad V T^{0.375} = 199$$

$$\text{セラミック工具} \quad V T^{0.515} = 600$$

$V_B = 0.3$ のときは次式となる。

$$\text{CBN工具} \quad V T^{0.383} = 240$$

$$\text{セラミック工具} \quad V T^{0.409} = 560$$

(3) CBN工具のクレータ摩耗は、あまり大きくない。

(4) 表面あらさは、切削時間にもよるが、一定範囲内での切削では非常に良い仕上面を得る。

(5) 工具損傷について、CBN工具は逃げ面の欠損を起すが、セラミック工具はすくい面の剥離を起す。セラミック工具はすくい面剥離後も切削は続行できる。

(6) 切屑は処理しやすい。

(7) 価格を考慮すると、連続切削の場合、セラミック工具は非常に有利である。

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なったことを付記し、諸先生に感謝の意を表します。