研 究

TiC-Cr₃C₂ 系複合セラミックス工具の切削特性に関する研究 (第2報)
—合金鋼の切削—

金沢工業高等専門学校 千徳 英一

金沢工業大学 大学院 熊谷 幹人, 柏本 浩伸

金沢工業大学 藤村 善雄

Eiichi Sentoku, Mikito Kumagai, Hironobu Kasimoto and Yoshio Fujimura : On the Cutting Performance of TiC-Cr₃C₂ Compound Ceramics Tool (Part 2). --- Cutting of Alloy Steel ---

In recent years, many ceramics and cermet tools with various kinds of properties have appeared on the market. The purpose of this paper is to clarify the tool life of TiC-Cr₃C₂ compound ceramics and TiC-Al₂O₃ ceramics tool on the machining of alloy steel at high cutting speed. The tool life was studied and discussed upon both continuous and intermittent cutting by turning. The cutting speed for examination was 200 m/min, 250 m/min and 300 m/min. The results obtained are as follows; (1) In continuous cutting, tool life of TiC-Cr₃C₂ compound and TiC-Al₂O₃ ceramics tool was larger than those of cermet and ceramics tools. (2) The wear mechanism of TiC-Cr₃C₂ compound ceramics tool was pile up micro chipping on the tool edge. (3) In intermittent cutting, TiC-Al₂O₃ ceramics tool was appeared the longest tool life. (4) Since TiC-Cr₃C₂ compound ceramic and TiC-Al₂O₃ ceramics tool shows good cutting performance to the alloy steel, it is considered the cermet tool will be replaced by these tools. (Received August 1, 1990)

I はじめに

近年、切削加工の能率向上を目的とした新素材工具が多く開発されている。その中でも、超硬合金工具に代わるものとしてサーメット工具及び、新しく開発されたTiC-Cr₃C₂系複合セラミックス¹⁾やTiC-SiCセラミックス²⁾及びTiC-Al₂O₃系セラミックス³⁾などの工具材料が注目されている。前報⁴⁾では、これらの新工具材料の中よりTiC-Cr₃C₂系複合セラミックスに重点を絞り、鋼を対象とした連続、断続切削性能を行い、その切削特性について検討した。

本研究では、これらの工具材料を用いて、超硬合金工具やサーメット工具及びcBN工具が不得意とする中硬度に熱処理した合金鋼を対象とし連続、断続切削実験を実施し、工具の摩耗特性や耐久損性について考察を行う。

II 実験方法

Table 1は、本実験で用いたセラミックス工具及びサーメット工具の簡単な物理的性質を示す。Table 2は、実験に使用したφ120×600mmの合金鋼の組成と硬度を示す。これらの被削材は、材料の引張強度及び硬度を変えたものである。切削実験は、外形丸削りとし、昌運カズヌーブ無断変速機付き精密旋盤(22kW)を使用した。

Table 1 Physical properties of tool.

Tool Symbol	Composition	Specific gravity	Hardness HRA	Bending strength MPa
K	TiC-Cr ₃ C ₂ Ceramics	6.8	93.5	0.85
H	TiC-Al ₂ O ₃ Ceramics	4.7	94.0	0.80
L	Al ₂ O ₃ -TiC Ceramics	4.3	94.0	0.80
B6N	TiC-TiN Cermet	6.3	92.5	1.70
C3	TiN Cermet	6.6	91.5	1.90
C5	TiC-TaC Cermet	7.9	92.0	1.80

Table 2 Chemical composition and physical properties of workpiece.

Workpiece	Chemical composition, wt%					Tensile strength GPa	Hardness HB
	C	Mn	Ni	Cr	Mo		
SCM435	0.33~0.38	0.60~0.85	—	0.90~1.20	0.15~0.30	0.95	330
SCM415	0.13~0.18	0.60~0.85	—	0.90~1.20	0.15~0.30	0.85	250
SNCH420	0.17~0.23	0.40~0.70	1.60~2.00	0.40~0.65	0.15~0.30	1.00	300

Table 3 Cutting condition.

Cutting method	Continuous	Intermittent
Cutting speed V, m/min	200, 300	250
Feed rate f, mm/rev	0.2	
Depth of cut t, mm	1.5	
Tool shape	-5, -5.5, 5, 15, 15, 0.8	
Width of land, mm	0.1	
Chamfer angle, deg.	25	

バイトホルダーのシャンク径は、25×25mmのものを使用し、Table 3に示す条件について切削実験を行う。

刃先チャンファー形状が、工具摩耗及び耐久損性に大きく影響することから、全ての工具について幅と角度を

それぞれ 0.1mm、25° と一定とし工具材料の評価に重点をおいた。工具逃げ面摩耗幅VBは、工具顕微鏡で測定し、摩耗形態は、走査型電子顕微鏡にて観察する。

断続切削実験は、連続切削と同様な被削材を用い、被削材の長手方向に幅10mm、深さ10mmの溝を 90°おきに4本設け、これを切削する場合の刃先欠損で評価した。

刃先が欠損に至るまでの衝撃回数は、ワイブル確率紙を用いてデータを整理を行った。

III 実験結果及び考察

III-1 連続切削実験

Fig. 1 は、SCM435 (HB330) を付記の条件で切削したときの各工具の工具摩耗進行曲線を示す。各工具とも同程度の初期摩耗を有してから、定常摩耗域に移行する傾向を示す。L 工具を除けば工具自身の硬度の高い K、H は、低硬度の C5、C3 より長寿命となる。また、鋼について、これと同条件で切削した場合の摩耗進行曲線を互いに比較すると、当然、合金鋼の切削で全ての工具において寿命は短い。特に、セラミックス工具 (K, H) については、4倍、サーメット工具 (B6N) においては1.6 倍工具寿命が短い。これらの原因として、被削材の硬度や引張り強度が影響したものと考えられ工具刃先のSEM観察を行う。

Photo. 1 は、SCM435を連続切削したときの B6N 工具及び K 工具刃先の SEM 像を示す。B6N の逃げ面摩耗及び境界摩耗は、鋼の切削で見られるような一般的な形状を呈するが、K 工具の刃先稜には、小さなチップングが発生し、逃げ面に大きく深いアプレシブ摩耗痕を残す。

しかし、このチップングは、前逃げ面境界摩耗部にまで発達せず、加工仕上げ面粗さに直接影響を及ぼさないために、長い時間の切削が可能である。

Fig. 2 は、SNCM 420 (HB300) について付記の条件で切削したときの摩耗進行曲線を示す。先の被削材 SCM

Fig.1 Relation between cutting length and width of flank wear land.
Work material:SCM435 (HB330),
V=300 m/min, f=0.2 mm/rev, t=1.5 mm.

Photo.1 SEM image of cutting edge of tools.
V=300 m/min, f=0.2 mm/rev, t=1.5 mm,
Work material:SCM435 (HB330).

Fig.2 Relation between cutting length and width of flank wear land.
Work material:SNCM420 (HB300),
V=200 m/min, f=0.2 mm/rev, t=1.5 mm.

Fig.3 Relation between Brinell hardness and cutting force.
V=250 m/min, f=0.2 mm/rev, t=1.5 mm.

Fig.4 Relation between Brinell hardness and feed force.
V=250 m/min, f=0.2 mm/rev, t=1.5 mm.

435と硬度が、同程度であるにもかかわらず工具寿命は短い。この場合の切削分力を測定するとFig. 3 及び Fig. 4 に示すようになる。主分力Fcは、被削材の硬度

が高くなるほど低くなり、送り分力 F_f は、硬度の上昇に伴い高くなる。この傾向は、被削材硬度が高くなるほど切削時のせん断角が大きくなり、主分力が低下し、被削材が硬いほど逃げ面応力が増すことが分かる。なお参考値にS45C(HB230)を入れた。

Fig. 5は、SCM 415(HB250)を付記の条件で切削したときの工具摩耗進行曲線を示す。H 工具を除く全ての工具は、SNCM420 を切削したものと同程度の寿命を示すが、H 工具は、低い引張強度の材料に長寿命を示す。工具摩耗を著しく促進させた原因は、被削材の高い引張強さが考えられる。工具に付着した被削材の一部が剥離する時、工具材を持ち去る凝着摩耗を促進したものと考えられる。

Fig. 6は、付記の条件で SNCM420を切削したときの切削距離 L と加工面粗さ R_a の関係を示す。切削初期の粗さでは、K、H 工具が良好であり、切削距離 $L=2000$ μ m 程度においてセラミックス工具の値が一致する。しかし、サーメット工具である B6Nは、切削初期から高い値となり $L=4000$ μ m においては $R_a=3.5$ μ m となる。これは、被

Fig.5 Relation between cutting length and width of flank wear land.
Work material:SCM415(HB250),
 $V=200$ m/min, $f=0.2$ mm/rev, $t=1.5$ mm.

Fig.6 Relation between cutting length and surface roughness.
Work material:SNCM420(HB300),
 $V=200$ m/min, $f=0.2$ mm/rev, $t=1.5$ mm.

削材の強度が高いために、刃先が鈍化したものと推測される。

Fig. 7は、被削材の引張り強度 σ と逃げ面摩耗速度 dw_f/dL の関係を示す。H、L、C3工具の摩耗速度は、強度に影響し、比例の関係にある。しかし、K工具は、材料強度に関係せず一定の摩耗速度を示す。これは、K 工具の摩耗機構が他の工具と大きく異なることを意味するものと考えられる。

Fig.7 Relation between tensile strength of workpiece and flank wear rate.
 $V=200$ m/min, $f=0.2$ mm/rev, $t=1.5$ mm.

III-2 断続切削実験

Fig. 8は、SCM435 を断続切削を行ったときの衝撃回数と累積破損確率を示す。サーメット工具である B6N、C5は、セラミックス工具K、Lに比べ長寿命を示す。しかし、H 工具は、セラミックス工具であるにもかかわらず、ほぼサーメット工具と同様な長い寿命を示す。

Fig. 9は、SNCM420 を断続切削を行ったときの衝撃回数と累積破損確率を示す。先ほどと同様に B6N工具が長寿命であり、SCM435に比べわずかに硬度が低いため、全体的に寿命が長くなっている。

Fig.8 Relation between tool life and relative cumulative frequency.
Work material:SCM435(HB330),
 $V=250$ m/min, $f=0.2$ mm/rev, $t=1.5$ mm.

Fig. 10は、SCM415を断続切削を行ったときの衝撃回数と累積破損確率を示す。K工具は、L工具に比べ高い耐欠損性を示すが、サーメット工具よりも寿命が短い。

基本的な工具寿命は、サーメット工具が長く、セラミックス工具は短い。セラミックス工具の耐欠損性は、被削材の硬度よりも引張り強度が高くなると欠損に至るまでの衝撃回数に大きなバラツキが見られm値が低くなる。特に、L工具が顕著にこの影響を受ける傾向にある。

Fig. 11は、工具が被削材に食いつく瞬時の主分力と送り分力の上昇時間差 ΔT と上記の各工具におけるワイブル分布の傾き m値との関係を示す。 ΔT が長くなると m値が小さくなる傾向にある。これは、主分力と送り分力の上昇時間差によって工具刃先に働く力のベクトル方向が定尺切削時と大きく異なり⁵⁾、刃先を欠損させる割合が大きくなるものと考えられる。

Fig.9 Relation between tool life and relative cumulative frequency.
Work material: SNCM420 (HB300),
 $V=250$ m/min, $f=0.2$ mm/rev, $t=1.5$ mm.

Fig.10 Relation between tool life and relative cumulative frequency.
Work material: SCM415 (HB250),
 $V=250$ m/min, $f=0.2$ mm/rev, $t=1.5$ mm.

Fig.11 Relation between delay time and shape parameter.
 $V=250$ m/min, $f=0.2$ mm/rev, $t=1.5$ mm.

IV まとめ

新しく開発されたセラミックス工具で、合金鋼を連続、断続切削を行い、下記のような結論を得た。

- 1) TiC-Cr₃C₂系複合セラミックス工具 K は、セラミックス工具 Lに比べ耐摩耗性、耐欠損性に優れているが、H工具と比較するとやや劣る。
- 2) K 工具は、刃先陵にマイクロクラックが集積したと思われるチッピングで摩耗が促進される。
- 3) H 工具は、SCM435 (HB330)の断続切削でサーメット工具と同様な耐欠損性を示す。
- 4) セラミックス工具の耐欠損性は、被削材の硬度にあまり影響を受けないが、引張り強度が高くなると欠損に至るまでの衝撃回数が大きくバラツク傾向を示す。

文献

- 1) 蜂須賀：粉体および粉末冶金 超硬合金分科会、No 274
- 2) 勝村、小林、小堀、鈴木：粉体および粉末冶金、35 (1988) 799
- 3) 福浦、田中：ニューセラミックス、2 (1988) 66
- 4) 千徳、熊谷、藤村、蜂須賀：粉体および粉末冶金、37 (1990) 474
- 5) 河端、藤村、中林：精密機械、48, 3 (1982) 72