

切削工具材の被研削性に関する研究 (第4報)*

—各種超硬合金材の研削クラック—

大草喜太雄**・山本 英司**・益富 雅之**

Study on Grindability of Cutting Tool Materials (4th Report)

Grinding Cracks of Sintered Carbide Grades

Kitao ŌKUSA, Eiji YAMAMOTO and Masayuki MASUDOMI

Abstract

Sintered carbides are superior in wear resistance to high speed steels, but they are very brittle. Therefore they are apt to be cracked in grinding operation. The grinding cracks are an important factor in grinding sintered carbides. They affect the cutting ability on the one hand, affecting grinding ratio on the other hand.

Dry grinding operation of sintered carbides is done with plane grinding machine. The number and the depth of grinding cracks are examined respectively on the ground surface in case of the grinding wheel GC120K9V.

The results obtained are as follows.

1. Grinding cracks occur easily in the low toughness sintered carbides, especially in the sintered carbides containing TiC and TaC.
2. The high grade of sintered carbides is more than the low grade in the number of grinding cracks.
3. Grinding cracks of the grade K01, K05 are very deep, the others are shallow.

1. 緒 言

超硬合金は耐摩性に優れる反面、靱性に劣るため欠け易い欠点をもっている。この靱性の不足は研削においても研削クラックなどとして現われ、前報¹⁾で述べたごとく、研削比などの被研削性にも影響し、超硬合金の研削では重要な因子である。特に仕上げ研削での研削クラックは、切刃の欠損とも関連し好ましくない。

金属切削用超硬合金に限つても、そのかたさのかなり異なる種々の超硬合金が使用され、それらの研削クラックの発生状態もかなり異なることが考えられる。そこで著者らは前報に続いて GC砥石を用いた乾式の平面研削時の各種超硬合金材における研削クラックの有無、そのクラックの数、深さなどを調べ、研削クラックの発生し易さおよびその発生状態などを検討する。そしてその結果をそれぞれの超硬合金のかたさ、ピッ

カース圧痕の割れ長さの和と比較検討する。

2. 実験方法

使用した機械は日興の平面研削盤（主電動機1HP、砥石回転数3400r.p.m.）で、トラバース研削を行った。その時の研削条件は Table 1に示すごとくで、結合度G, Iの砥石では切込みを変えても実験した。砥石の形状はいずれも180φ×10×31.75φの平型である。

超硬合金材種（研削面10mm×5mm）は Table 2のごとく、P, M, K種の合計13種類で、表中のC値（仮称）はピッカースの圧痕の4隅に発生したクラックの長さの和で、超硬合金の一種の靱性を表わすものとみられ、切削試験の結果²⁾ともよく一致する。また材種番号の小さい材種は硬く、C値も大きくなる傾向にあり、一般に考えられている傾向とも符号している。

* 昭和44年11月28日精機学会松山地方講演会にて講演

** 生産機械工学教室

Table 1 Grinding condition

Wheel speed m/min		1700~1800 (GC-80-G, I-9-V)
		1600~1800 (GC-120-K-9-V)
Table velocity m/min		3~4 (Manual)
Feed mm/st		1
Depth of cut mm	Grade G	0.005, 0.01, 0.015, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05
	Grade I	0.005, 0.01, 0.015, 0.02, 0.03, 0.04
	Grade K	0.005

Dry grinding

Table 2 Sintered carbides used

Grade	Grade number	Hardness Hv (30kg)	Summation of cracks around Vicker's indentation (μ)
P	P 10	1522	350
	P 20	1375	205
	P 30	1326	130
M	M10	1676	330
	M20	1400	230
	M30	1339	155
	M40	1292	130
K	K 01	2003	550
	K 05	1877	400
	K 10	1628	380
	K 20	1476	225
	K 30	1434	160
	K 40	1236	70

研削方法はFig. 1の装置を用いて、一定の切込みでテーブルを左右に動かし、前後送りを与えるトラバース研削である。その際テーブルの左右動は手送りであるが、数回くり返して測定した結果若干のばらつきはあるが、いずれの場合もその速度は3~4 m/minでほぼ一定であった。

切込み回数は全て10回を加算後、その時点で超硬合金チップを治具ごとはずし、顕微鏡($\times 30$, $\times 100$)で仕上面を観察した。したがってここで観察した研削クラックは前報のものより若干大きいものを対象とする。また数個の超硬合金チップを同時に研削したが、並べ方は各材種でランダムである。

GC80G, Iの砥石では切込みを数多く変えて研削したにもかかわらず、研削クラックは靱性の少ない材種のみに見われ、靱性の高いと考えられる材種には認められなかった。したがってここでは研削クラックの有

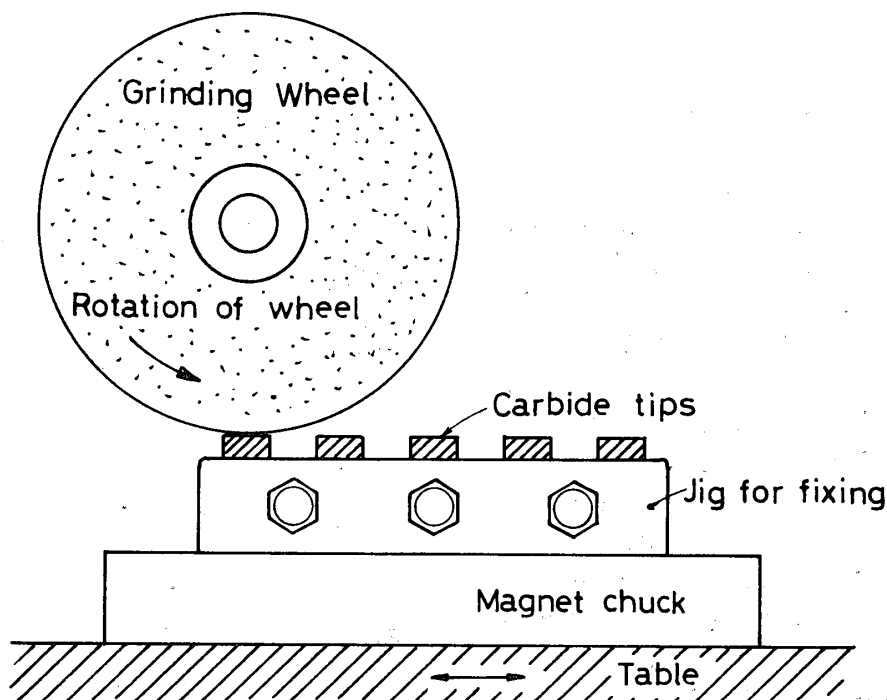


Fig. 1 Clamp device of carbide tips

無を調べる。

GC120Kの砥石では切込み0.005mmでK40をのぞく全材種に研削クラックが発生したので、研削クラックの数およびその深さを調べた。研削クラックの数は便宜上ティップ研削面の端面に達している研削クラックの本数を調べたが、Fig. 2のごとく研削方向に沿った方向のもの(縦クラック)とそれを横切る方向のもの(横クラック)を区別して考える。

研削クラックの深さはレジノイドボンドのダイヤモンド砥石(湿式)により、顕微鏡観察を行いながら研削クラックがなくなる迄の総切込み、つまり研削クラックの最大深さをその深さとした。この間、ダイヤモンド砥石の減りは無視でき、新たな研削クラックの発生もみられず、ダイヤモンド研削による研削クラックの影響は少い。なおドレッシングの条件は前報と同じである。

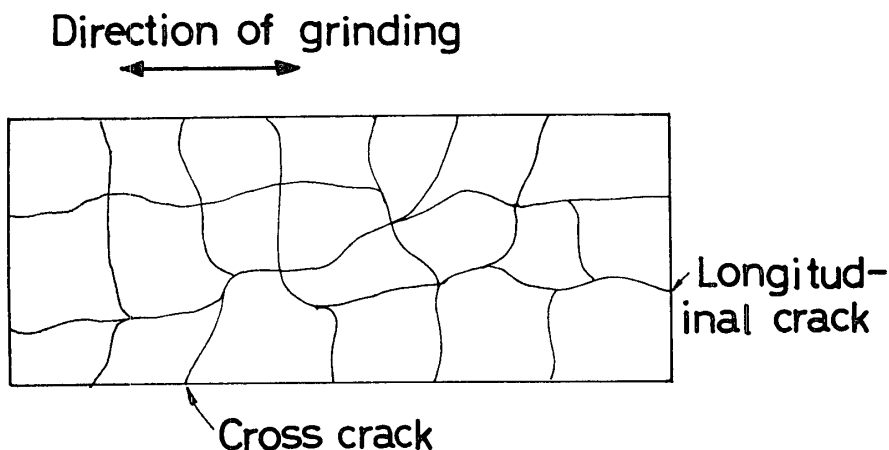


Fig. 2 Grinding cracks

Grade	Grade number	Depth of cut	0.005	0.01	0.015	0.02	0.03	0.04	mm
		Total depth of cut	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	mm
									0.5
P	P 10		xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
	P 20		ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo
	P 30 ※		o	o	o	o	o	o	o
M	M 10		ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo
	M 20 ※		o	o	o	o	o	o	o
	M 30 ※		o	o	o	o	o	o	o
	M 40 ※		o	o	o	o	o	o	o
K	K 01		xox	xxx	xxx	xoo	oxo	xxo	oox
	K 05		ooo	ooo	xxo	oox	oxo	ooo	ooo
	K 10		ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo
	K 20 ※		o	o	o	o	o	o	o
	K 30 ※		o	o	o	o	o	o	o
	K 40 ※		o	o	o	o	o	o	o

Fig. 3 Observation of ground surfaces
Grinding wheel GC-80-G

Symbol { ○ No cracks
× Cracks
※ Assumed data

Grade	Grade number	Depth of cut	0.005	0.01	0.015	0.02	0.03	mm
		Total depth of cut	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4
P	P 10		xxx	xxx	(x)	(x)	(x)	(x)
	P 20		xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
	P 30		ooo	ooo	ooo	xoo	oxx	oxo
M	M 10		xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
	M 20		ooo	ooo	ooo	oxo	xoo	ooo
	M 30	※	o	o	o	o	o	o
	M 40	※	o	o	o	o	o	o
K	K 01		xxx	xxx	(x)	(x)	(x)	(x)
	K 05		xxx	xxx	(x)	(x)	(x)	(x)
	K 10		ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo
	K 20	※	o	o	o	o	o	o
	K 30	※	o	o	o	o	o	o
	K 40	※	o	o	o	o	o	o

Fig. 4 Observation of ground surfaces
Grinding wheel GC-80-I

Symbol {
 ○ no cracks
 × cracks
 (※) assumed data

3. 実験結果およびその考察

3.1 研削クラックの発生

Fig. 3, 4はそれぞれGC 80 G, GC 80 Iの砥石を用い、超合金材種と切込みを変えて研削クラックの有無を調べた結果である。

まずFig. 3について述べると、M種ではC値の大きいM10にも研削クラックが発生しなかったが、P種やK種では材種番号小さく、C値の大きいP10, K01, K05でそれが発生した。従って研削クラックはC値が大きく、靱性に劣る材種で発生し易い。また言い変えるとC値の大きい材種はかたさも硬いので、硬い超合金では研削クラックが発生し易いとも言える。なお図中、3つの符号が入っているのは3回実験したことを意味する。また図中※印がついたものは、それより材種番号の小さいP20, M10, K10で研削クラックが発生しないので、それらより材種番号の大きいものではC値はさらに小さくなり、靱性に優れるので、実

験は省略したが、研削クラックは発生しないものと思う。Fig. 4も同様である。

切込みは0.005~0.05mmと10倍も変えたが、その影響はほとんど認められない。

Fig. 4はFig. 3より結合度の強い砥石(I)を用いた時の結果で、Fig. 3に比べるとP種では全材種にわたり研削クラックが発生し、M種、K種でもM10, M20, K01, K05と前述より材種番号の大きいものにも発生し、結合度の強い砥石では研削クラックが発生し易い。同じ分類(たとえばP種、K種のなかでは)の超合金では靱性に劣る材種で研削クラックが発生し易いことおよび研削クラックにおよぼす切込みの影響が少いことはこの場合も同じである。切込みが大きくなっても研削クラックの発生に変化がないのは、切込みの増大により砥粒の脱落が激しくなり、砥石の切れ味も良くなったためと思う。なお、Fig. 4にて(×)印は切込みの小さい時すでに著しい研削クラックが発生したので、切込みの大きい時の実験は略したが、研削

クラックはいずれも発生するものと解する。

P種, M種, K種を比較すると, Fig. 4 と Table 2 より, P種ではP10からC値の小さいP30まで研削クラックが発生し, 次いでM種, K種の順に研削クラックが発生し始めるC値が大きくなっている。従って分類別には K種<M種<P種の順に研削クラックが発生し易い。

以上のことより硬いが靱性に劣る超硬合金材種は切削²⁾においても欠け易いが, 研削においては研削クラックが発生し易く, 砥ぎにくい材種である。

3.2 研削クラックの数と深さ

GC 120 K の砥石, つまり前述のものより粒度小さく, 結合度の大きいもので研削した結果, 切込み 0.005mm で C 値の最も小さい K40 以外の全材種に研削クラックが発生し, この砥石の方が研削クラックが発生し易い。Fig. 5 は研削クラックの写真 (×30) で

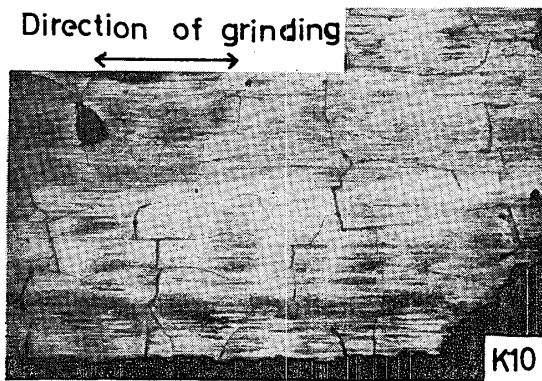


Fig. 5 Photograph of grinding cracks (×30)

その発生状態は完全な格子状にはなっていないが, 網目状であり, 縦クラックと横クラックに分けられることがわかる。

そこで上記の研削クラックを横クラック (黒ぬり) と縦クラック (白) に分けて図示すると Fig. 6 に示すようになり, 同じ分類では材種番号が小さいほど横クラック, 縦クラックおよび両者の和のいずれも増大する。このことは C₀ 量少く, 靱性の低い材種ほど多数の研削クラックが入り易いことを意味する。また同じ材種番号のものを比較すると P種>M種>K種の順になり前報の研削量の考察と一致している。

以上のことより, 同一分類の材種では材種番号が小さく Fig. 3, 4 のごとく研削クラックの入り易いもので, その数も多くなることがわかる。

研削クラックの深さは Fig. 7 に示すごとく, 比較的その数の少ない K 種のうち, 硬くて C 値の大きい K01, K05 で研削クラックの深さが特別深く, TiC や TaC をかなり含む P 種や M 種では研削クラックの数が多くてもその深さが 0.01mm ないしそれ以下で浅いのが特徴である。

研削クラックの分布状態はその代表例を Fig. 8 に示すが, P 種では細い網目状の研削クラックが発生するのに, K 種は同じ材種番号または C 値にも大差ないのにその間隔が粗い。M 種はその中間である。従って研削クラックの数が多いものは細かい間隔で研削クラックが発生していることを意味する。

以上のことより, 研削クラックの数や深さは超硬合

Grade	Grade number	Number of cracks			
		0	25	50	75
P	P 10	[Horizontal bar from 0 to 75]			
	P 20	[Horizontal bar from 0 to 25]			
	P 30	[Horizontal bar from 0 to 10]			
M	M 10	[Horizontal bar from 0 to 40]			
	M 20	[Horizontal bar from 0 to 20]			
	M 30	[Horizontal bar from 0 to 5]			
	M 40	[Horizontal bar from 0 to 2]			
K	K 01	[Horizontal bar from 0 to 45]			
	K 05	[Horizontal bar from 0 to 30]			
	K 10	[Horizontal bar from 0 to 25]			
	K 20	[Horizontal bar from 0 to 10]			
	K 30	[Horizontal bar from 0 to 5]			
K 40	[Horizontal bar from 0 to 2]				

■ Cross cracks
□ Longitudinal cracks

Fig. 6 Number of grinding cracks
Grinding wheel GC-120-K

Grade	Grade number	Maximum depth of cracks (mm)				
		0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
P	P 10					
	P 20					
	P 30					
M	M 10					
	M 20					
	M 30					
	M 40					
K	K 01					
	K 05					
	K 10					
	K 20					
	K 30					
	K 40					

Fig. 7 Maximum depth of grinding cracks
Grinding wheel GC-120-K

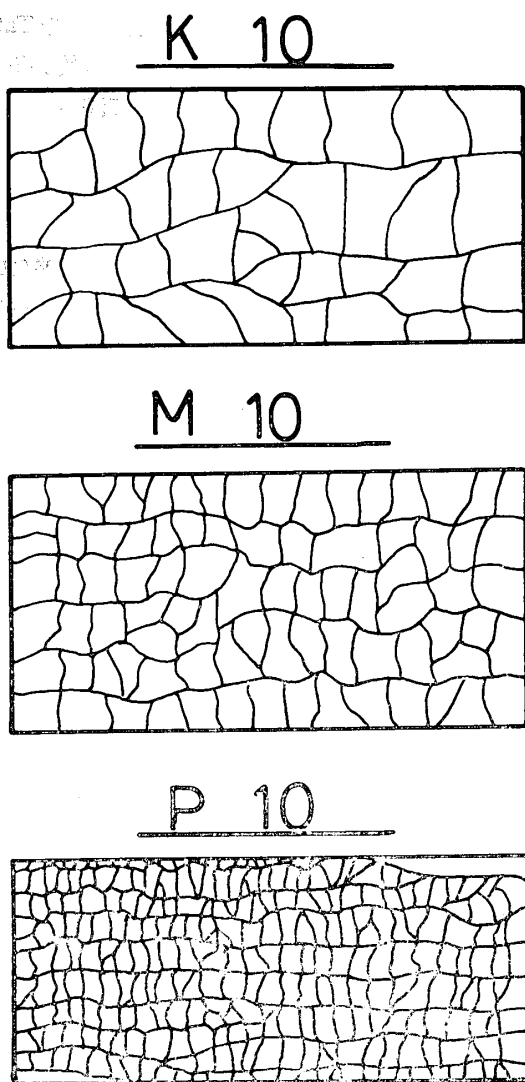


Fig. 8 Sketch of grinding cracks in same grade number of sintered carbides.
Grinding wheel GC-120-K

金の含有成分, したがって WC や WC・TiC・TaC (トリプルカーバイド) の形状や分布状況およびそれらと C₀ との結合強さなどの内部組織の構成状況によって異なることが推定されるが, P, M, K 種のいずれも硬くて C 値の大きい材種でその数が多い。

K01, K05 は硬く C 値も大きい材種でありながら, 研削クラックの数が少ないのが特徴で, そのような材種ではその深さが深くなる傾向にある。

3.3 研削クラックの数と C 値との関係

C 値は常温におけるクラックの長さであり, 研削クラックは高温におけるクラックであるが, 両者の間には前述のごとく関係があるので, Fig. 9 を用いてさらに両者の関係を検討する。

Fig. 9 より研削クラック—C 値曲線の位置が K 種→M 種→P 種と右側へずれ, 同じ C 値に対しては P 種では研削クラックの数が多くなり, 研削クラックの数は単に C 値の函数としては表わせない。そこで P, M, K 種のそれぞれの成分について考えると, K 種は WC + C₀ であり, M 種には数パーセントの TiC や TaC が含有され, P 種ではそれが 10~20% も含まれている。このことより TiC や TaC を混ぜると研削クラックが発生し易くなることがわかる。しかし P, M 種では発生した研削クラックの深さが浅いので, その除去は比較的容易である。

同一分類の超硬合金, つまり TiC や TaC の量に大差のない時は, C 値が大きくなるほど研削クラックの数も多く, 曲線の傾向も直線に近く, 超硬合金の靱性と密接な関係にあることがわかる。また曲線の勾配が P 種 < M 種 < K 種と大きくなり, 深さの傾向と対応している。以上のことは前報の考察を裏付けるものでもあ

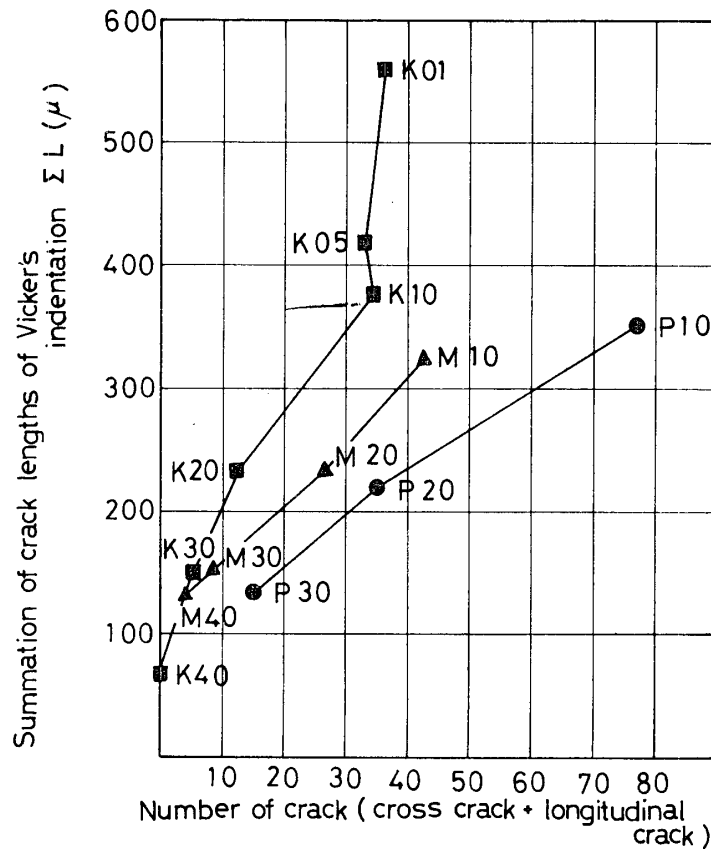


Fig. 9 Relation between summation of crack lengths of Vicker's indentation and number of cracks

る。

4. 結 言

1) 研削クラックの発生は、靱性の少い超硬合金ほど発生し易く、中でも TiC や TaC をかなり含んだ P 種で発生し易い。研削条件としては結合度の強い砥石で発生し易いが、切込みの影響は少い。

2) 研削クラックの数は超硬合金の分類によって多少異なるが、同一分類のものでは C 値が大きく、つまり靱性の低いもので多い。またその深さは K01, K05 では深く、他の材種では浅く、P, M 種では靱性の少い P10, M10 でも 0.01mm 以下であった。研削クラックの分布状態はいずれも網目状であるが、研削クラックの数が多きものではその間隔がせまい。

3) 研削クラックの数は TiC, TaC を混ぜると多く

なるが、その深さは浅い。

第3報, 第4報をまとめるにあたり, 実験に協力してくださった吉野啓君 (日本タングステン株式会社) および当時学生であった前利明 (新日本電気), 三角清仁 (日本タングステン株式会社) の両君に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 大草, 山本, 益富: 切削工具材の被研削性に関する研究 (第3報) 山口大学工学部研究報告, 20, No. 3
- 2) 大草, 北川, 山本: 連続エンゲージアングル変化時における超硬正面フライス工具の損傷 (第1報) 昭和44年度精機学会関西地方定期学術講演会前刷

(昭和44年12月15日受理)