

油剤の効果に関する研究(第4報)*

—正面切削による高速度鋼工具の性能試験—

大 草 喜太雄**・山 本 英 司**

Study on Effect of Cutting Fluid (4th report)

—Cutting Ability Test of High Speed Steel by Facing Cut—

Kitao ŌKUSA and Eiji YAMAMOTO

Abstract

In the 3rd report, it is described that the estimation of cutting fluids by the facing cut is done more reasonably in the separate range of low and high cutting speed than the ordinary continuous facing cut. Because, the main causes of tool failure are quite different in each cutting speed range. The ordinary facing cut starts from the very small inside diameter (very low speed) and results in the complete failure at the large diameter (very high speed). Such an ordinary facing test is apt to be only a testing method of a complete failure due to the thermal effect and it is impossible to estimate properly the character of cutting fluids.

In this report, the tool failures at the ordinary facing cut are observed in each cutting time, and then N-D curves of several kinds of tool materials are obtained for 2 kinds of cutting fluid.

The test results show that the ordinary facing cut test due to the complete failure is to estimate only the ability against thermal wear and softening. Therefore, only the cooling ability of cutting fluid is more pronounced.

The above description is justified at the estimation of cutting ability of high speed steel tool material. That is, the cutting ability is more reasonably and quickly estimated by applying the facing cut of the two separate ranges of cutting speed for mechanical wear and thermal wear resistance respectively. Furthermore, it is shown that the cutting fluid reduces the cutting temperature, cutting force and prolongs the appearance of complete failure. But mechanical wear increases.

1. 緒 言

切削工具の損傷原因はその重要性のために深く研究され、工具材、被削材、切削方式、切削条件などによって詳しく研究されている。しかし大別すると欠損などを含むチップングと摩耗に、さらに摩耗は機械的摩耗、拡散摩耗に別けられる。高速度鋼工具は超硬工具などより本質的に耐チップング性に富むが、耐熱的性質には劣る。一般切削での高速度鋼工具の損傷は工具損傷の巨視的観察によると、主として構成刃先の発生するような領域での機械的摩耗（比較的低温下での機

械的摩耗）と構成刃先の消滅するような領域での熱的摩耗（比較的高温下で拡散現象により促進される機械的摩耗）とさらに高温のための工具材の変態現象の発生による高温硬度の急激な低下、すなわち軟化によって起る完全摩耗の3つに分類される。

高速度鋼工具の性能としては結局構成刃先の脱落片のごとき硬質粒による機械的すきとり摩耗が少くかつ完全摩耗を引起す温度が高いこと、その中間で起る拡散摩耗に強いことが望ましい。切削工具の性能評価は通常テラーの寿命方程式 ($VT^n = \text{Const.}$) によって起るが、この方法は多くの時間と被削材を要す。

* 昭和43年12月6日精機学会中国四国支部山口地方講演会にて講演

** 生産機械工学教室

前報¹⁾では正面切削の方式ではあるが、その内径より外径に向けて連続的に切削してその完全摩耗時をもって寿命とする本来の方式をとらず、主として機械的摩耗を生ずる切削速度域、つまり低～中速域と拡散による機械的摩耗が促進され軟化による完全摩耗が現われるような中～高速度域の二つの領域にわけて実験をし、油剤の工具損傷におよぼす影響を調べた。その結果油剤の効果が従来の正面切削法より、より妥当に評価される。

本報では通常の低速域より高速域にまたがる正面切削法を用い、まずそれにおける工具損傷の時間的変化を調べた。ついで数種の工具材について代表的油剤2種を用いたときの通常のN-D曲線をえがいた。その結果完全摩耗を寿命判定基準とする従来の正面切削法は耐熱性をおもに調べる手段であると判断され、油剤についても冷却性の効果が顕著に現われる切削方式であることがわかった。

2. 実験方法

実験に用いた被削材は機械構造用炭素鋼S45C(外径300φ, かたさ $H_V(30kg) = 230$)の円板で工具はTable 1に示すCo系, W系, Mo系, V系の5種類の高速度鋼種であるが、表のごとくその硬度差はわずかである。使用した油剤は水溶, 不水溶性の各1種であり、その基礎的性状はTable 2のごとくで、注加量5 l/minを

すくい面上方より注加した。

始めに正面切削におけるバイトの損傷過程を観察するために直径20mmの内径より外径方向に送り、削り速度が10m/min 増加相当直径毎にバイトを取りはずして、切削開始時よりの累積工具損傷量を顕微鏡で測定した。また各削り速度での切削温度は工具—被削材の直接熱電対法により、切削力測定は工具動力計(KSA-500型)を用いた。次いでN-D曲線をえがくため連続正面切削をそれぞれ150, 200, 250, 300rpm. の各主軸回転数で行なった。

3. 実験結果

Fig. 1は正面切削における損傷(V_B)—時間(正面切削では直径すなわち削り速度)線図を示すもので、その初速は9.4m/minである。図中の矢印は工具がその削り速度で完全摩耗になったことを示し、削り速度50m/min以下での逃げ面摩耗帯幅をプロットしなかったのは摩耗がごく僅かなうえ構成刃先により工具の切刃部分が覆れるので、その摩耗帯の測定が困難なためである。

削り速度50m/min以上ではHK 1, MV10の逃げ面摩耗帯幅が大きくなるが、完全摩耗になる削り速度は他の材質より高速である。逆にM 7, HV 5では機械的摩耗は少いが削り速度90m/min附近でもはや完全摩耗となっている。

Table 1 Tool material

Tool material	Chemical composition						Hardness HRC
	C	Cr	Mo	W	V	Co	
HK1	0.30	4.20	0.80	20.00	1.65	19.50	66.4
MV10	1.25	4.25	4.80	9.50	3.25	10.50	67.5
SKH4	0.79	4.20	0.80	18.00	1.25	10.00	66.0
HV5	1.45	4.25	0.80	12.00	3.75	5.00	67.1
M7	0.85	4.25	5.00	6.50	2.00	5.00	66.3

Tool geometry ($0^\circ, 15^\circ, 9^\circ, 9^\circ, 15^\circ, 15^\circ, 1.0R$)

Table 2 Fundamental characters of used cutting fluids

Number	JIS	Type	Kinematic Viscosity (20°C)	Specific Gravity (7°C)	Surface Tension (9°C)	Dilution
No. 1	W 1-1	Emulsion	1.387×10^{-2} cm ² /sec	1.001 g/cm ³	0.0350 g/cm	×20
No. 2	2-1	—	20.60×10^{-2} //	0.985 //	0.0320 //	neat oil

No.2 is mineral oil base

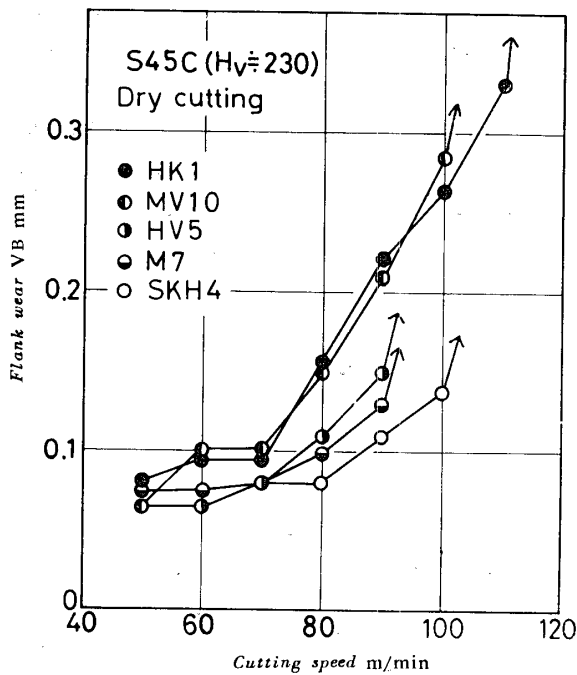


Fig.1 Relation between flank wear and cutting speed in each tool material
Mark (↗) shows the complete failure
Rotation of main spindle 150rpm.

工具材質別に完全摩耗の起る速度をみると、HK1 > MV10 ≒ SKH4 と C₀含有量の多い材質ではその速度が100m/min以上であり、M7, HV5などC₀含有量の少ない材質では速度90~100m/minの範囲である。すなわちC₀含有量の多いものほど耐熱性が大きいため完全摩耗に耐えることを示す。他方、機械的摩耗にはM7など比較的靱性の大きいといわれるもので良い結果が得られた。

工具材が変わると耐機械的摩耗性、耐完全摩耗性や被削材との親和性従って構成刃先への影響が変わるので、油剤の効果も異なるものと考えられ、前述の実験で耐完全摩耗性の大きいHK1とそれがより小さいSKH4にて湿式切削を行った。

その結果Fig. 2に示すごとくHK1では逃げ面摩耗におよぼす油剤の効果少く、削り速度90m/min以上で水溶性にわずかの効果がみられるにすぎない。Fig. 3のSKH4では油剤を使用するとかえって逃げ面摩耗が大きくなり、逃げ面摩耗よりみた効果はない。

Fig. 4でクレータ摩耗におよぼす油剤の効果をSKH4についてながめると、水溶性、不水溶性のいずれの油剤を使用してもクレータ摩耗は乾式より大きくなり、油剤の効果はない。

以上の実験よりこのような切削条件下では機械的摩耗におよぼす油剤の効果はほとんどないことがわかつ

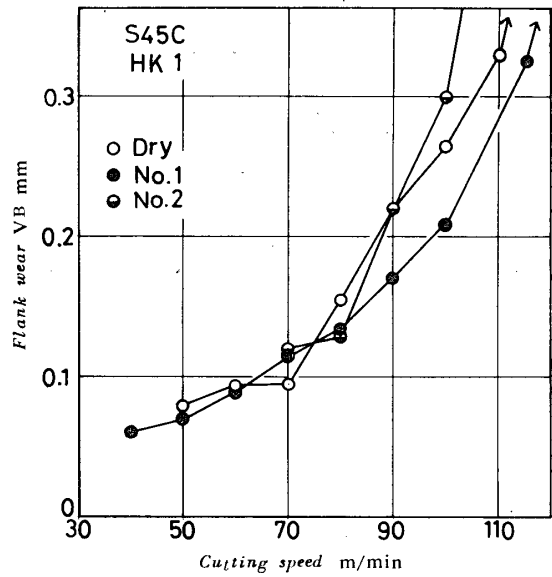


Fig.2 Relation between flank wear and cutting speed in dry and wet cutting

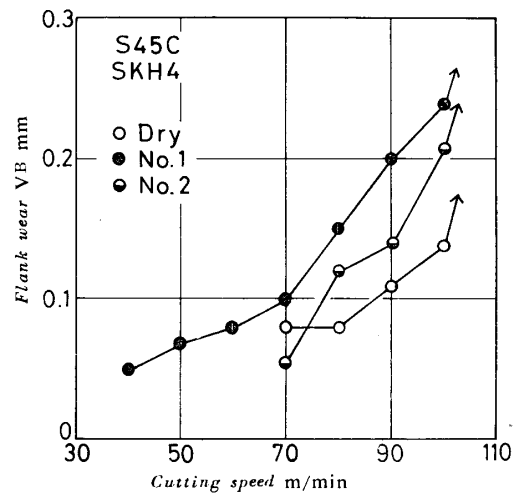


Fig.3 Relation between flank wear and cutting speed in dry and wet cutting

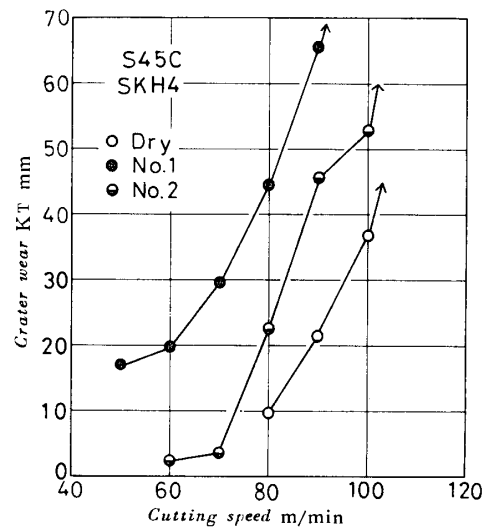


Fig.4 Relation between crater wear and cutting speed in dry and wet cutting

たが、さらに切削温度、切削力（主分力）などにおよぼす油剤の効果について検討してみた。

油剤を使用した時の削り速度と切削温度の関係は、Fig. 5 のようになり、いずれの削り速度においても油剤を使用すると切削温度は低下し、油剤の冷却効果がある。すなわち油剤を使用した時には摩擦は乾式より大きい、切削温度は乾式よりも低い。

Fig. 6 に削り速度と切削力の関係を示すが、いずれ

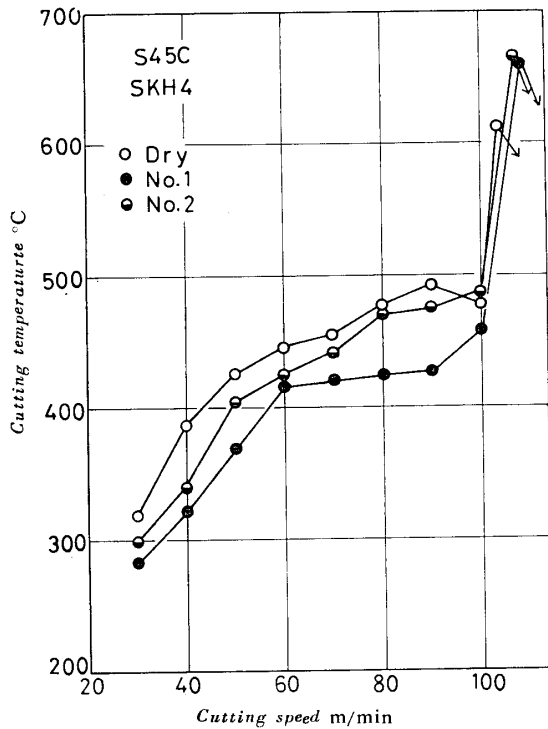


Fig. 5 Relation between cutting temperature and cutting speed in face cutting
Rotation of main spindle 150rpm.

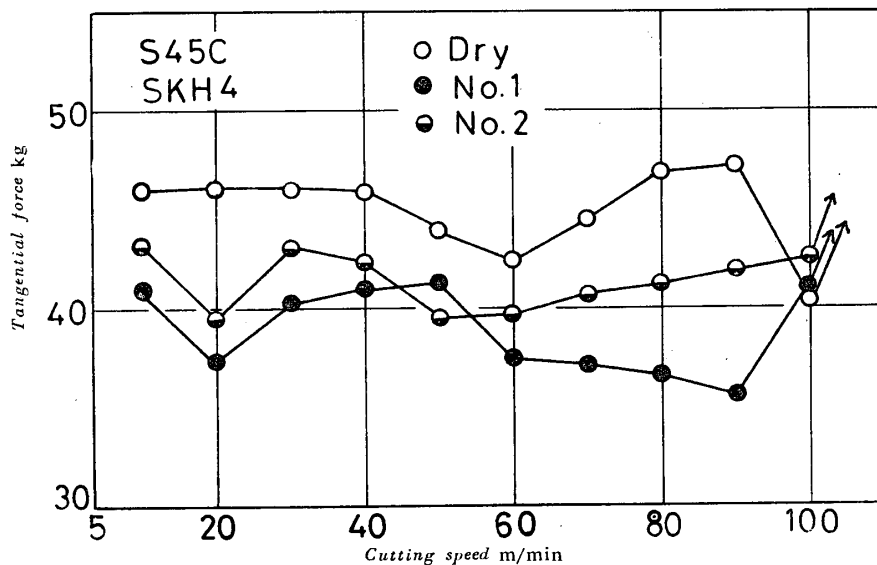


Fig. 6 Relation between tangential force and cutting speed
Rotation of main spindle 150rpm.

の油剤を使用しても切削力（主分力）は小さくなり、主分力からみても油剤の使用が好ましい。

以上を総合すると、油剤を使用すると切削温度、切削力は減少するが、機械的摩擦は乾式より大きくなった。これは油剤の冷却作用による切くず、ワークなどの硬化や切くずと工具の接触長さが短くなるための単位面積当りの切削力が増大するなど、切削の状態が変化するためと思う。

つぎに5種類の高速度鋼工具を用いて、直径20mmのところより外径に向って連続切削をするいわゆる正面切削法により工具性能を比較した。このときの主軸回転数150rpm.での初速は9.4m/minで、300rpm.では18.8m/minである。

その結果はFig. 7のごとく機械的摩擦に優れるM7 HV5などは完全摩耗時の直径が小さく、耐熱性に優れるHK1, MV10で工具寿命が長くなり、従来より行われている正面切削法では主として工具の耐完全摩耗性をみていることになる。

また回転数が早く従って短い切削長さつまり小さい直径で完全摩耗が現われるような切削条件のときほど、工具間の完全摩耗の直径差が大きくなることから同様なことがうかがわれる。

以上の方法で油剤の効果をHK1について試験した。その結果Fig. 8に示すごとく摩擦は大きくても、切削温度が低下する冷却性の強い油剤で工具寿命が延びた。SKH4について実験した結果をFig. 9に示すが、HK1同様、水溶性の油剤で寿命が延びた。工具材としては完全摩耗に劣るいわゆる耐熱性のより低い材種、ここではHK1よりSKH4で効果が大きかった。

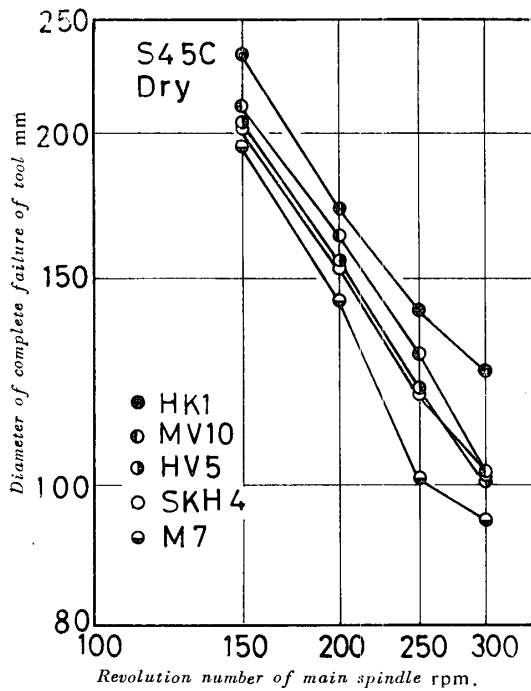


Fig.7 Relation between diameter of complete failure of tool and revolution number of main spindle in dry cutting

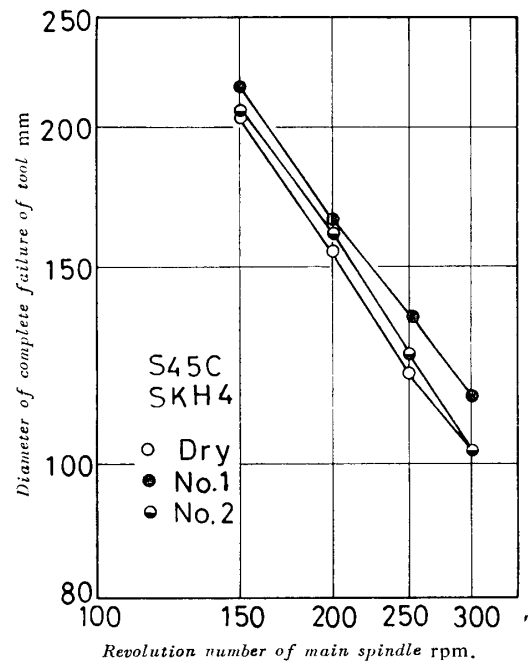


Fig.9 Relation between diameter of complete failure of tool and revolution number of main spindle.

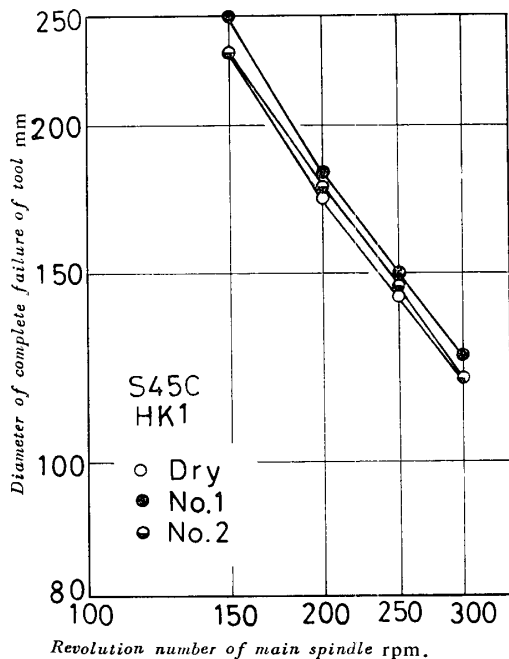


Fig.8 Relation between diameter of complete failure of tool and revolution number of main spindle

4. 結 論

高速度鋼工具による主な損傷原因を機械的摩耗と完全摩耗に分類したとき、従来より行なわれている正面切削法は主として工具の耐完全摩耗性の優劣すなわち耐熱性を試験する傾向が強くなり、工具の性能全体をみるものではない。したがって高速度鋼工具の性能を評価するには少なくとも2つの損傷原因の起る領域で、別々に検討する必要があることがわかった。

機械的摩耗に優れる工具は完全摩耗に劣り、完全摩耗に優れる工具は機械的摩耗に劣ることがわかった。

切削におよぼす油剤の効果は切削温度、切削力を減少させるが、機械的摩耗はかえって増大する傾向にあった。しかし従来の正面切削法にて油剤を用いると完全摩耗の直径は増大し、耐完全摩耗性は向上した。その効果は熱的性質に劣る工具で顕著である。

なお本研究においては日本高周波鋼業(株)より種々の御援助をえた。また同社高橋尚郎氏より示唆をえた。厚く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 大草, 山本: 油剤の効果に関する研究 (第3報), 山口大学工学部研究報告, 21, No. 3, 287 (1970)

(昭和45年11月14日受理)