



低炭素鋼の被削性に関する研究(第2報) : 工具摩耗および工具寿命について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-06-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 菊地, 千之, 田中, 雄一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3428

低炭素鋼の被削性に関する研究 (第2報)

— 工具摩耗および工具寿命について —

菊地 千之・田中 雄一

Study on Machinability of Low Carbon-Steel (2nd report)

— On the Tool-Life and Tool-Wear Characteristics —

Kazuyuki Kikuchi and Yuichi Tanaka

Abstract

Tool-wear and tool-life characteristics of a series of low carbon steel were presented for different values of cutting speed, feed, and cutting fluid. The electron microprobe was used for the study of diffusion and for the confirmation of manganese sulfide, and it was found that the alloying elements, chromium was diffused from the tool into the chip. The accumulation of manganese sulfide over the rake face was also established.

I. 緒 言

前報において各種低炭素鋼の高速度鋼工具による切削抵抗特性、切屑生成および仕上面粗さからみた被削性について報告した。本報告は各種低炭素鋼の高速度鋼工具による旋削において生ずる工具摩耗特性と工具寿命に関するものである。

材料の被削性を考える場合、工具摩耗特性およびそれと直接的関係を有する工具寿命は生産性向上の観点から重要である。高速度鋼工具の場合、寿命判定基準をいかに定めるかは問題となるが、これらの点にも留意して工具摩耗過程を EPMA、顕微鏡および微小硬度計などにより観察した結果と工具寿命からみた低炭素鋼の被削性について報告する。

II. 実験方法

実験装置および供試材は、第1報で示したものと全く同一である。

1) 工具摩耗量の測定

各種被削材をそれぞれ所定時間旋削後、フランク摩耗幅およびクレータ深さを工具顕微鏡によって測定した。フランク摩耗の測定部は **Fig. 1** に示した最大摩耗幅 (m) および境界摩耗幅 (c) である。クレータ摩耗の測定は大部分切屑のすくい面上への強固な凝着のため行なえなかったが、比較的凝着の少ないものについて仕上面検査機を使用し行なった。

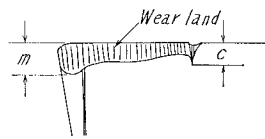


Fig. 1. Measuring wear land.

また Fig. 2 に示した工具切刃に垂直な A-A' 面に沿って放電加工機によって切断した面におけるすく面摩耗形態、工具の硬さ分布の変化および EPMA により元素の拡散状態を調べた。

2) 工具寿命の判定

工具寿命の判定は、工具が完全破壊しそれ以上切削不可能な状態をもってした。

3) 切削条件

Table 1. に示した切削条件で準 2 次元切削および 3 次元切削を行なった。

Table 1. Cutting conditions

	Orthogonal cutting	Conventional cutting
Tool geometry	[0, 15, 7, 7, 15, 0, 5, 5]	[-5, 15, 5, 5, 30, 30, 0, 8]
Feed	0.3, 0.15 and 0.05 mmpr.	0.25 mmpr.
Depth of cut.	1.5 mm	2 mm
Cutting speed	Var.	Var.
Cutting fluid	Dry, Spindole oil and soluble oil (1 : 20)	Spindole oil.

III. 実験結果およびその考察

1) フランク摩耗特性

Fig. 3 および Fig. 4 に準 2 次元乾切削の場合の各鋼種に対する逃げ面摩耗過程を示した。これらの図から明らかなように送り量 0.05 mmpr. の低送りの場合は、最大摩耗幅 (m) および境界摩耗幅 (c) がその寿命点付近ではほぼ等しい値を示している。一方高送りの 0.3 mmpr. では境界摩耗が著しく発達しており、最大摩耗はほぼ直線的に進行し寿命点での値もかなり低い。これらの現象は Fig. 5 に示した切削模型図で説明できる。即ち一般の旋削では図のように硬い加工変質層が生成さ

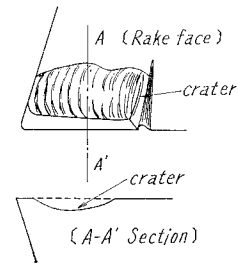


Fig. 2. Schematic diagram of crater.

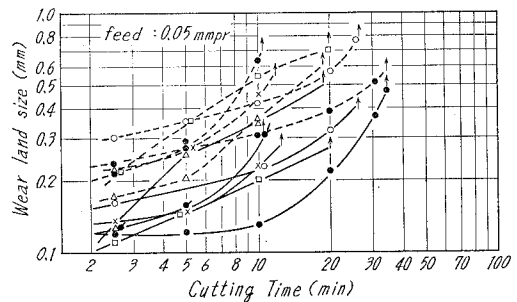


Fig. 3. Variation of wear land size with cutting time and speed by using orthogonal cutting tool.

Cutting conditions: tool, SKH-4 [0, 15, 7, 7, 15, 0, 0, 5]; depth of cut, 1.5 mm; cutting fluid, dry; Resulfurized steel (core-part): -●-, 250 mpm. -●', 260 mpm. -□-, 200 mpm; Rimmed steel (core-part): -△-, 180 mpm. -×-, 200 mpm; Killed steel: -○-, 160 mpm; (---: m, ----: c)

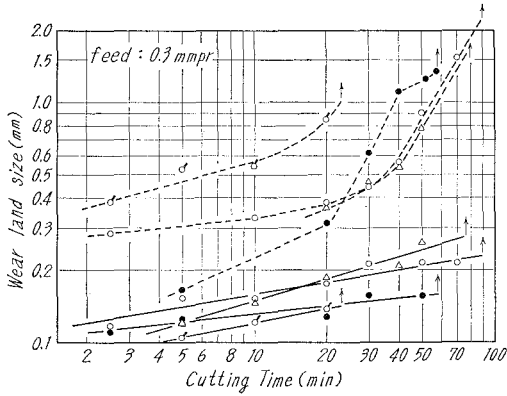


Fig. 4. Variation of wear land size with cutting time and speed. Cutting conditions are the same as in Fig. 3. except that the feed is 0.3 mmpr. (-○- : Killed steel, 70 mpm.)

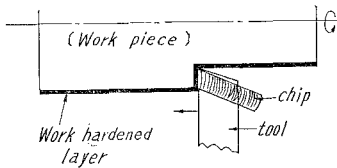


Fig. 5. Schematic diagram of work hardened layer.

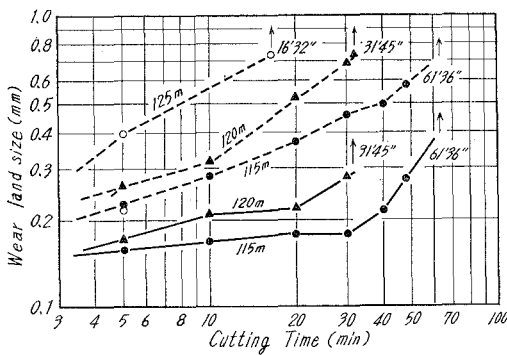


Fig. 6. Variation of wear land size with cutting time and speed for Killed steel by using conventional cutting tool.

Cutting conditions : tool, SKH-4 [-5, 15, 5, 30, 30, 0.8]; depth of cut, 2 mm; feed, 0.25 mmpr.; cutting fluid, spindle oil; (- : m, --- : c)

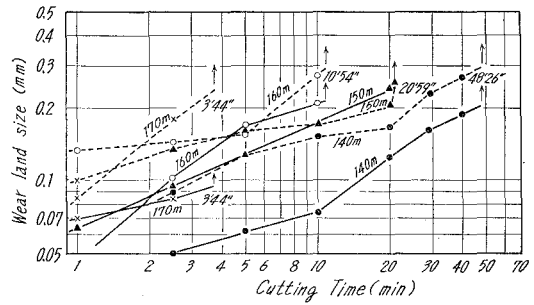


Fig. 7. Variation of wear land size with cutting time and speed for Resulfurized Steel (core-part) by using conventional cutting tool.

Cutting conditions are the same as in Fig. 6.

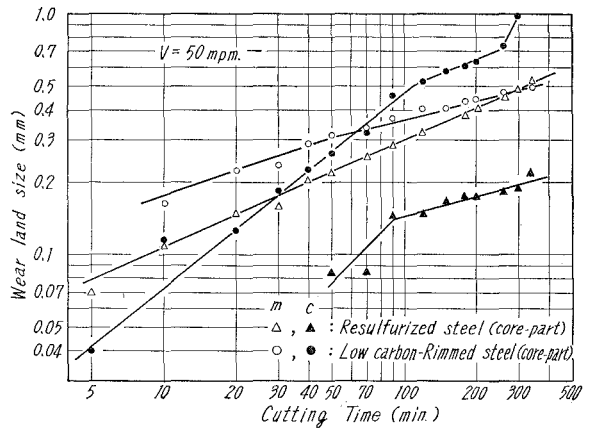


Fig. 8. Variation of wear land size with cutting time for Resulfurized steel and Low carbon-Rimmed steel. Cutting conditions are the same as in Fig. 6. except that cutting speed is 50 mpm.

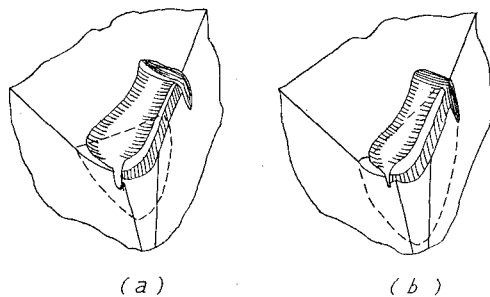


Fig. 9. Schematic diagram of tool-distraction.

れる。従って送り量が 0.05 mmpr. の場合は、フランク面全面にわたって硬化した加工変質層の部分を切削していることになる。一方 0.3 mmpr. の送り量では、切刃部の加工変質層は送り量内に含まれてしまう結果、その影響する部分は被削材の外周部——工具の境界摩耗部に限られる。このような理由により、送り量の相違によってフランク摩耗形態に差異が生じたものと考えられる。

Fig. 6 および **Fig. 7** は低炭素キルド鋼および硫黄快削鋼（コア部）を同一条件で 3 次元切削した場合のフランク摩耗過程をそれぞれ示した。また **Fig. 8** には遅い切削速度 (50 mpm) の場合のフランク摩耗過程を示した。これらの図より、キルド鋼は快削鋼に比較し境界摩耗幅の進行が著しい。ここに快削鋼は最大および境界摩耗量が同程度進行して工具の破壊に至る。これは硫黄快削鋼において、他鋼種より Mn および P などを多量に含有しているため、フェライト固溶体はこれらの元素によって加工硬化を受けやすくなる¹⁾。従って切刃は m および c で同程度の摩耗を受けると考えられる。また 50 mpm の切削速度で、フランク摩耗は快削鋼切削の場合境界摩耗 (c) がかなり少なくなっている。これも同様に快削鋼が加工硬化性が大なことと、低速度切削ほど加工変質層は厚く、また硬さも高いためである。

以上のようにフランク摩耗は鋼の加工硬化性あるいは切削速度および送り量に支配されるように思われる。また工具の完全破壊は高速度鋼工具の特性としての熱敏度の高いことが大きく影響²⁾ しており、フランク摩耗量の大小が切削温度を変化させ工具破壊への影響を与えるのであろう。**Fig. 9** は工具の完全破壊状態の模型図である。図中 (a) は送り量 0.3 mmpr. の場合に相当し (b) は 0.05 mmpr に相当するものである。(a) の場合はノーズ半径が小さく、しかもすくい角が大きい ($\alpha=15^\circ$) ためノーズ半径部に熱集中を生じやすい。さらに後述するようにすくい面摩耗の進行により、工具切刃の堤防幅が狭くなり切刃強度は低下し急激に切削熱の上昇をもたらす破壊に至る。このため (a) の破線で示したように、ノーズ半径部が局部的に破断される。(b) の場合は、フランク面摩耗の著しい発達と、低送り量のために工具切屑接触面積が減少し、横切刃近傍の熱集中が大きくなるため、切刃が一様に破断すると思われる。

2. すくい面摩耗特性

各鋼種とも高切削速度領域では極低送りの場合を除いては **Photo 1.** に示したように、全条件ですくい面溶着金属の堆積が多く、すくい面摩耗の発達が著しいにもかかわらず、クレータ深さの測定は困難であった。しかしこの切削条件下で工具寿命はクレータ摩耗の発達による刃先ノーズ部の堤防崩れと前切刃側の損傷とによって支配されるものと思われる。またすくい面切込端部の摩耗が大きいことも工具寿命を早めることを助けていると思われる。さらに硫黄快削鋼においては、MnS がクレータ面でどのような挙動を示すかなど興味ある問題が多い。

まず、低炭素キルド鋼および硫黄快削鋼の 2 鋼種に注目して、クレータ摩耗の過程を観察する。



(a) Low carbon-Rimmed steel (core-part)



(b) Resulfurized steel (core-part)

Photo 1. Photographs of flank and crater wear for H.S.S. tool cutting Rimmed steel and Resulfurized steels.

Cutting conditions: tool, SKH-4, [0, 15, 7, 7, 15, 0, 0.5]; Cutting speed, 95 mpm.; feed, 0.3 mmpr.; depth of cut, 1.5 mm; cutting time, 10 min.

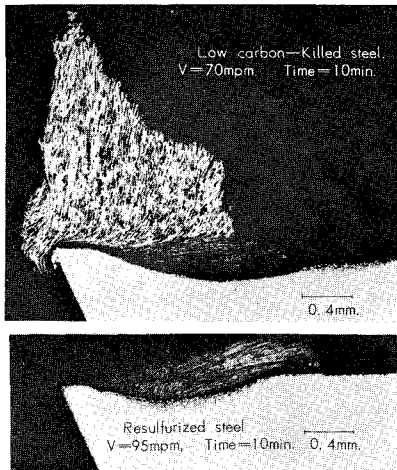


Photo 2. Photographs of section through tool-chip interface after cutting to 10 minute respectively.

Cutting conditions: tool, SKH-4 [0, 15, 7, 7, 15, 0, 0.5]; feed, 0.3 mmpr.; depth of cut, 1.5 mm; cutting fluid, dry.

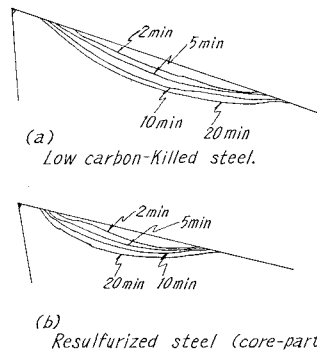


Fig. 10. Tool-face crater development for H.S.S. tools cutting Killed steel and Resulfurized steel.

Cutting conditions are the same as in Photo 2.

Photo 2. は、低炭素キルド鋼および硫黄快削鋼をそれぞれ 25 分寿命を示す速度 (前者が 70 mpm, 後者が 95 mpm となる。) で切削した工具の切刃に垂直な断面の顕微鏡組織である。いずれの場合においても切刃

堤防部がほぼ完全な形状で存在しているのが観察される。この切削時間経過に伴うクレータ摩耗の進行状況は **Fig. 10** のようになる。即ち、いずれも切削時間の経過に伴い、摩耗痕の深さおよび幅を増大してゆき、反面切刃堤防幅は漸次減少してゆく。また低炭素キルド鋼と硫黄快

削鋼を比較すると、クレータの最大深さは同程度に進行しているにもかかわらず、摩耗幅および切刃堤防幅は快削鋼の場合著しく狭くなっている。さらに摩耗痕の最深部は切刃により接近しているのが明らかである。

一般に高速度鋼工具は熱敏度が高く、またその高温硬さは温度上昇によって急激に減少することが知られている。従って切刃堤防幅の減少および摩耗痕最深部の切刃への偏りは、刃先の機械的強度を低下させ、更にはこの部分への熱集中をもたらす。この結果、硫黄快削鋼の場合にはキルド鋼に比較し、熱破壊を起こしやすい摩耗過程を経ていると考えられる。しかしこの比較は25分の等寿命を与える切削速度におけるものであり、この不利な点を相殺する他の要因が存在するものと思われる。

Fig. 11は、低炭素キルド鋼および硫黄快削鋼をそれぞれ所定時間切削した工具のクレータ最深部のすくい面に垂直方向のマイクロビッカース硬さ分布である。但しすくい面摩耗痕最深部の工具表面を距離0として表示してある。これによると、工具の軟化深さは切削時間には

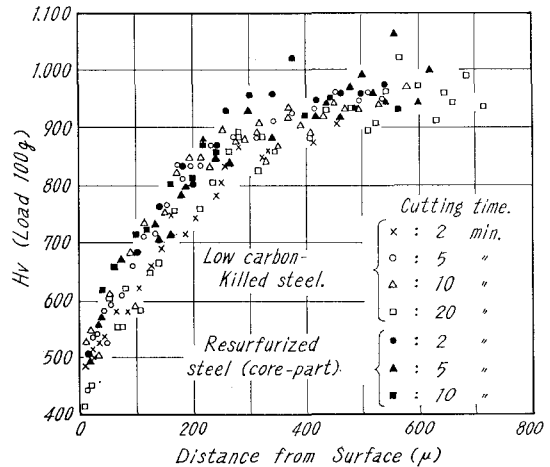


Fig. 11. Hardness distributions for H.S.S tools cutting Killed steel and Resulfurized steel.

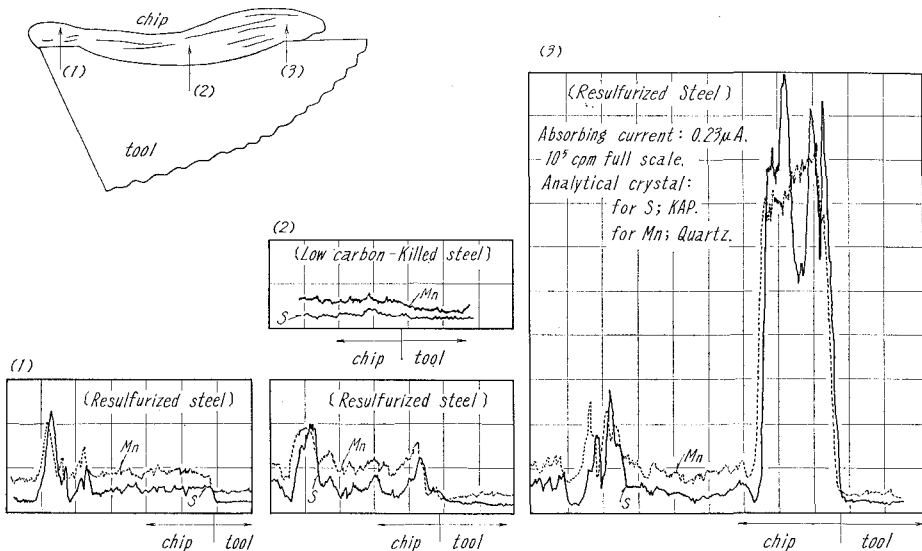


Fig. 12. Concentration curve for sulfur and manganese obtained by sweeping the electron beam across the tool and chip.

ほとんど関係なく、キルド鋼では約 450μ 、快削鋼では約 350μ の値を示しているのがわかる。即ち快削鋼の場合は工具内部への熱影響がキルド鋼に比較しやや少ないと考えられる。しかしいずれにせよ、工具の最表面は $H_V 400 \sim 500$ であり著しく軟化している。この状態では工具の作用は無く摩耗は急激に進行する。また切刃堤防の硬さは、切削時間の経過とともに徐々に軟化してゆく傾向が見られた。

Fig. 12 はマンガンおよび硫黄の濃度分布を示したもので、分析箇所は工具断面模型図で示した (1)~(3) の 3 箇所である。キルド鋼を切削した工具のクレータ最深部 (2) において、Mn および S の濃度分布は、単に工具と被削材の成分濃度差が現われているのみである。しかし硫黄快削鋼切削の場合の (2) および (3) の部分において工具被削材界面に Mn および S の急激なピークがあり、MnS が蓄積していると考えられる。特に (3) の切屑離脱点付近は低倍率の顕微鏡下でも明瞭に確認できる厚い MnS の層が存在している。一方、切刃堤防の (1) の部分においては、キルド鋼と同様 Mn および S のピークは現われず、それぞれの化学成分濃度差が示されているにすぎない。また快削鋼の場合には被削材中の MnS 粒子部分でピークが現われている。

以上のことより硫黄快削鋼を切削した場合、すくい面摩擦部には MnS が層状に蓄積し工具の炭化物粒子間を埋めていると考えられる。また MnS の蓄積は切刃堤防部にはなく、切屑離脱点付近で最大厚さを示していることから、切刃堤防面においては切屑の定常的な流れはほとんどなく、堤防部を過ぎたクレータ部から切屑の定常的な流動があり、しかもクレータの切屑離脱点側は切屑接触圧が小さくなっていると考えられる。

Fig. 13 はキルド鋼および硫黄快削鋼をそれぞれ Photo. 2 の条件と同様な方法で切削した工具のすくい面摩擦痕最深部におけるクロムの濃度分布である。これより工具から被削材へ僅かな拡散が起っていることは明らかであるが、硬さ分布にみられたような工具深部までその影響は及んでいないことがわかる。また快削鋼の場合においてはクロムの拡

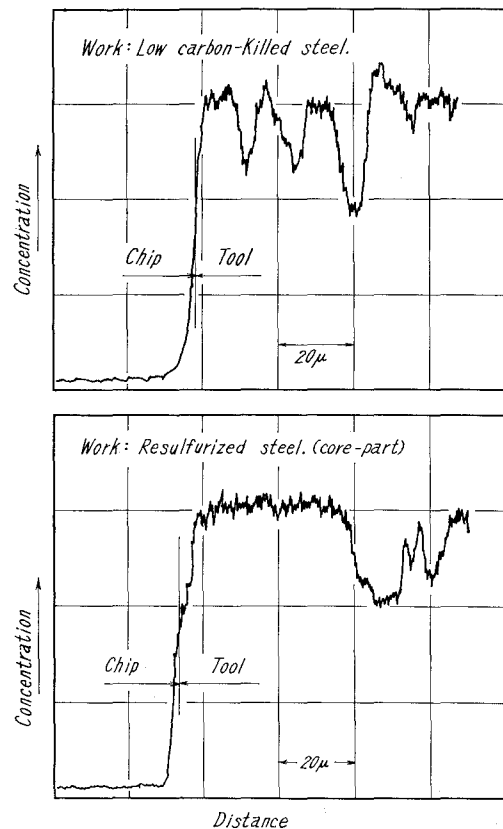
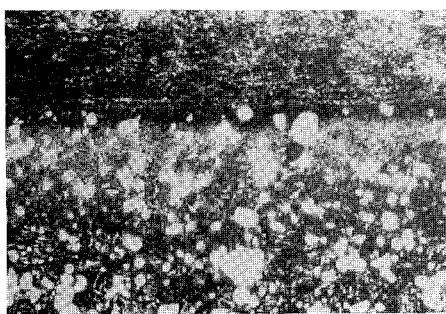


Fig. 13. Concentration curve for chromium obtained by sweeping the electron beam across the tool and chip.

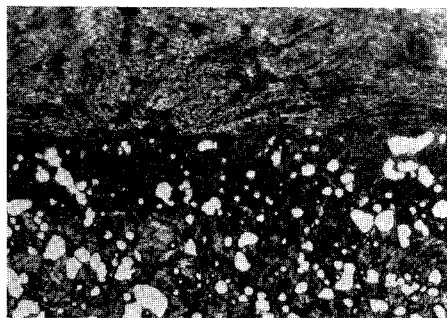
散がキルド鋼でのそれに比較し少ない。これは硬さ分布の相違からも推定されるように、すくい面上の温度上昇が低いことに原因していると思われるが、MnSの蓄積による何らかの効果も考えられる。

このように、すくい面摩耗痕部の工具内部の変化をキルド鋼および硫黄快削鋼について比較した場合、快削鋼においては工具の軟化度合が少なく、また拡散度も低くなっている。従ってすくい面摩耗痕最深部がより切刃に接近し、切刃堤防幅が狭くなって刃先強度を低下させる工具摩耗過程の不利益な点を相殺しているものと思われる。

Photo 3. はキルド鋼を前述の切削条件で10分間、硫黄快削鋼を20分間それぞれ切削した工具のクレータ部断面の摩耗痕最深部付近の顕微鏡組織であるが、いずれの場合も工具中の炭化物粒子が単離しているのが観察される。特に硫黄快削鋼の場合はこの炭化物粒子間をMnSの層が埋めているようである。



(a) Low carbon-Killed steel ×400



(b) Resulfurized steel ×400

Photo 3. Microstructure of section through tool-chip interface.
(a); cutting time: 10 min. (b); cutting time: 20 min.

いずれの場合においてもこの炭化物粒子は、未だ十分な硬さをもち切屑の流動にともない工具母地へplowing作用を行ない、工具の摩耗は促進されると考えられる。

Photo 4. はキルド鋼を2分切削した工具の切刃堤防部の顕微鏡組織である。工具と被削材間に白層 (white layer)³⁾ と呼ばれる数 μ の合金層が存在しているのが観察される。この白層は工具から切屑へタングステンおよびクロムなどの元素が拡散した結果生成されたもので、切刃

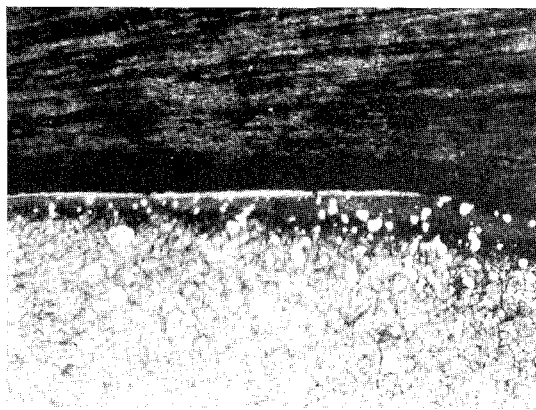


Photo 4. Microstructure of a section of the tool perpendicular to the rake face. ×400

の機械的強度の低下を来たす原因と考えられ、望ましいものではない。

Fig. 14 (a) に低炭素リムド鋼 (コア部) および硫黄快削鋼 (コア部) を3次元切削した工具のすくい面摩耗痕 (切刃に直角な断面) の比較の一例である。ここにおいて、2次元切削の場合と同様、硫黄快削鋼のすくい面摩耗痕の幅は狭く最深部が切刃に接近していることは明瞭である。一方、**Fig. 14 (b)** は硫黄快削鋼 (コア部) のすくい面 (1), (2) および (3) 部断面の摩耗痕である。明らかなように境界摩耗部 (3) で最も深くなっており、逆に摩耗痕中央部は非常に浅くなっている。このような現象は硫黄快削鋼 (コア部) の場合もっとも顕著に起っており、加工硬化性の大きい材質のものの切削に特有な現象のように思われる。(リン青銅を切削した場合も同様なすくい面摩耗現象を示すとの報告がある), 即ち Fig. 5 に示したように、このような材料では加工変質層の硬さは高く、かつ送り量が 0.25 mmpr. と比較的大きいため、最高硬さの部分は (3) の個所に相当し最も摩耗を促進するものと思われる。

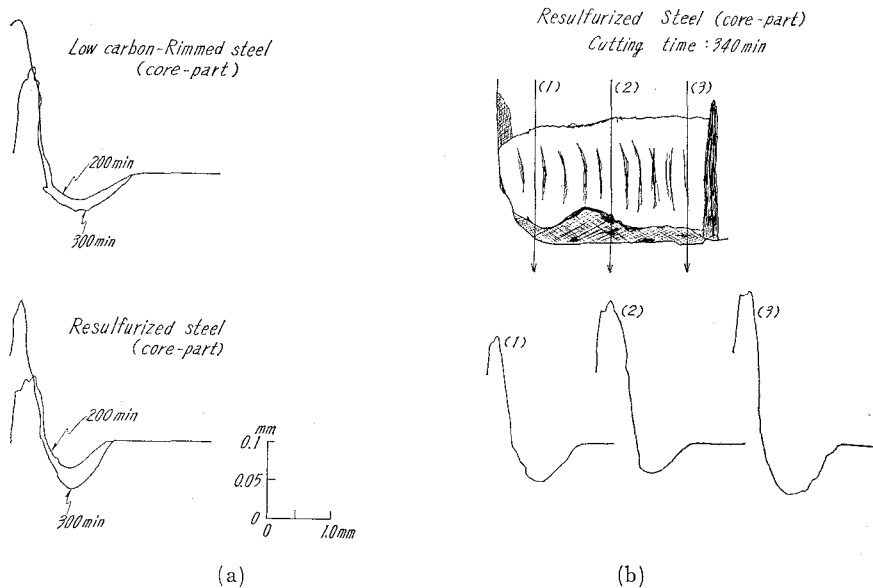


Fig. 14. Crater traces for H.S.S. tools cutting.

Cutting conditions: tool, SKH-4 [-5, 15, 5, 5, 30, 30, 0.8]; feed, 0.25 mmpr.; depth of cut, 2 mm; cutting fluid, spindole oil; cutting speed, 50 ppm.

3. すくい面摩耗に及ぼす工具形状および切削油剤の影響

Fig. 15 は同一切削速度 ($V=70$ mpm) で低炭素キルド鋼を工具形状および切削油剤を変化させて切削した場合のすくい面摩耗形状を示し、また **Fig. 16** には、クレータ摩耗痕の深さ変化を示した。但し図中の $l=N$ は通常工具形状を、 $l=0.6$ は工具一切屑接触長さを 0.6 mm とし、第2すくい角 35° を新たに設けた拘束工具である。これらの図から明らかなように、拘束工具を使用し、乾切削を行なった場合最も工具摩耗量が少なく、しかも長寿命となる。また

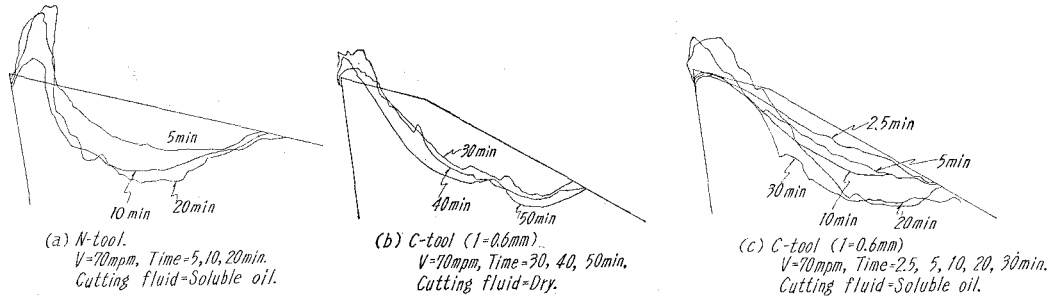


Fig. 15. Crater traces cut away tools showing variation with cutting time. Cutting conditions: work, Killed steel; tool, SKH-4 (0, 15, (35), 7, 7, 15, 0, 0.5); depth of cut, 1.5 mm; feed, 0.3 mmpr; cutting fluid, dry & soluble oil (1:20).

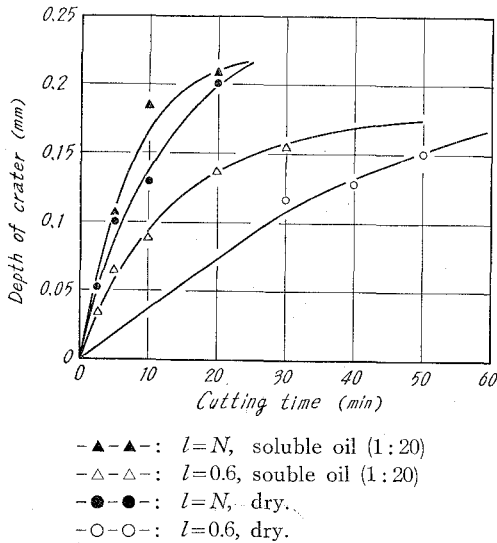


Fig. 16. Variation of the depth of crater for cutting time. Cutting conditions: tool, SKH-4 [0, 15, 7, 7, 15, 0, 0.5] or [0, 15, (30), 7, 7, 15, 0, 0.5]; feed, 0.3 mmpr; depth of cut, 1.5 mm; cutting fluid, dry & soluble oil; work, Low carbon-Killed steel.

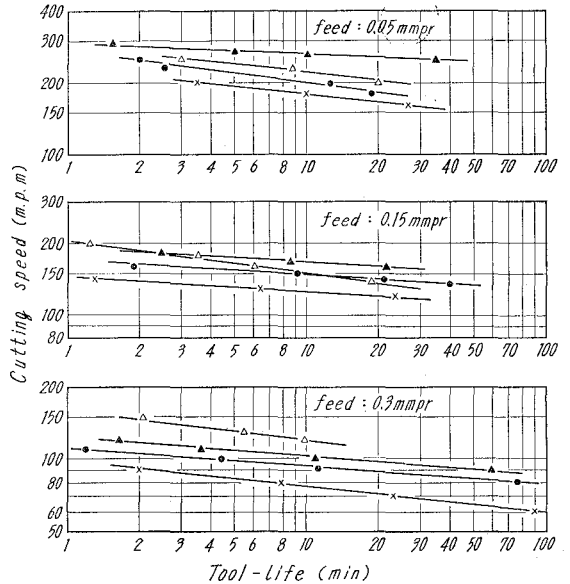


Fig. 17. Taylor tool-life plots of dry tests. Cutting conditions are the same as in Fig. 3. -x-x-: Low carbon-Killed steel, -▲-▲-: Resulfurized steel (core-part), -△-△-: Resulfurized steel (rim-part), -●-●-: Low carbon-Rimmed steel (core-part).

Soluble oil (1:20) を切削剤として使用した場合、通常工具では乾切削に比較し摩耗速度が大でありかつ短寿命となる。この様に冷却効果の大きい Soluble oil 使用の場合、工具摩耗に悪影響をおよぼすのは、第 1 報で述べたように乾切削の場合、切削速度 70 mpm において、すでに構成刃先は存在せず切屑の裏面はパニッシュされた状態を呈している。この状態への冷却効果の大きい切削油剤の使用は、切削温度を低下せしめ構成刃先生成域になる。構成刃先の成長・脱落の繰返しは、すくい面上で引かき摩耗を起す原因となる。そのためすくい面摩耗は促進さ

Table 2. Taylor tool-life equations for the total destruction tool-life of H.S.S. tools.

Work Materials.	Feed [mmpr]	Tool-Life Equation	V_{60} mpm
Killed Steel	0.3	$VT^{0.102} = 97$	64
Rimmed Steel [Core-part]		$VT^{0.076} = 110$	80
Resulfurized Steel [Core-part]		$VT^{0.076} = 123$	90
Resulfurized Steel [Rim-part]		$VT^{0.13} = 163$	96
Killed Steel	0.15	$VT^{0.077} = 150$	110
Rimmed Steel [Core-part]		$VT^{0.076} = 177$	130
Resulfurized Steel [Core-part]		$VT^{0.054} = 190$	152
Resulfurized Steel [Rim-part]		$VT^{0.13} = 204$	120
Killed Steel	0.05	$VT^{0.111} = 230$	146
Rimmed Steel [Core-part]		$VT^{0.12} = 262$	161
Resulfurized Steel [Core-part]		$VT^{0.054} = 300$	240
Resulfurized Steel [Rim-part]		$VT^{0.13} = 293$	176

れ悪い結果を示すものと思われる。なお同一切削雰囲気のもとでは、**Fig. 15** から明らかなように、拘束工具の摩耗痕最深部が刃先から離れた位置にできるため、刃先への熱集中は少なくなり長寿命を示す。

4. 工具寿命

Fig. 17 は低炭素キルド鋼, 低炭素リムド鋼 (コア部), および硫黄快削鋼 (コア部およびリム部) を高速度鋼工具で切削したときの工具寿命曲線を示した。また **Table 2** には **Fig. 17** から求めた工具寿命方程式および 60 分寿命に対する切削速度を示した。これらによると工具寿命曲線の傾きは著しく小さく 0.1 前後の値を示している。即ち切削速度—切削温度の工具寿命に対する影響が非常に強いと考えられる。炭素含有量の等しいキルド鋼とリムド鋼 (コア部) を比較してみると、リムド鋼 (コア部) の方が工具寿命は長くなっている。これは Fe-Si あるいは Al の脱酸剤の影響であろう。またキルド鋼と快削鋼 (コア部) を比較すると、工具寿命は快削鋼 (コア部) がかなり長い。これは前

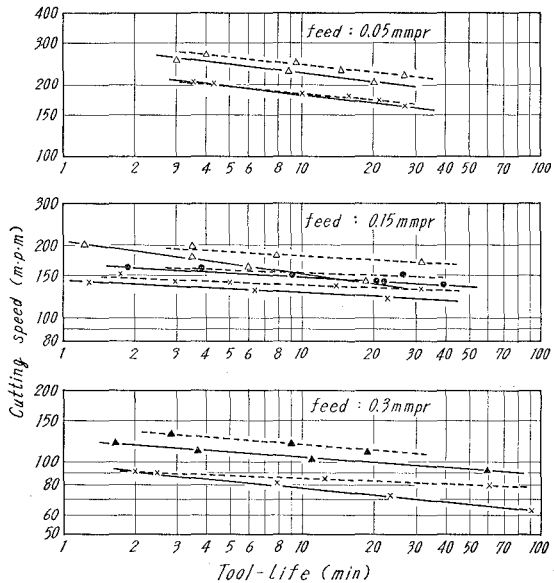


Fig. 18. Taylor tool-life plots of wet tests (.....) and dry tests (—). Cutting conditions are the same as in Fig. 3. except that cutting fluid is spindle oil.

述のように工具切屑接触長さが快削鋼では最も短かく、切削温度が低下し工具寿命は長くなるためと思われる。

Fig. 18には、切削剤としてスピンドル油を使用した時の工具寿命曲線を乾式における寿命曲線と対比させて示した。ここで送り量が0.3 mmpr. から0.05 mmpr. へと少なくなるにしたがい、切削油剤の効果は減少している。これは低送り量になるにしたがって切削速度を高めている結果、低送りですくい面応力が低いと思われるにもかかわらず、高切削速度のため切削油剤のすくい面への浸透が抑制され、工具寿命を低下させるためと考えられる。しかしながら、低切削速度では切削油剤の潤滑作用により工具寿命は長くなっている。

このようにスピンドル油使用の場合は、寿命曲線の傾きは乾式の場合に比較してゆるやかになる。**Fig. 19**は3次元切削における工具寿命曲線であるが、先の2次元切削の場合と同様の傾向を示していると思われる。

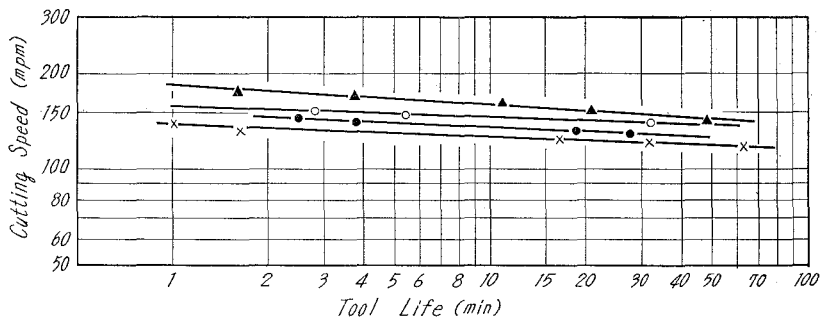


Fig. 19. Taylor tool-life plots of conventional cutting tests.

Cutting conditions: tool, SKH-4 (-5, 15, 5, 5, 30, 30, 0.8); feed, 0.25 mmpr.; depth of cut, 2 mm; cutting fluid, spindole oil; -▲-▲-: Resulfurized steel (core-part); -○-○-: Low carbon-Rimmed steel (rim-part); ●-●-: Low carbon-Rimmed steel (core-part); -x-x-: Low carbon-Killed steel.

IV. 結 言

以上低炭素キルド鋼・低炭素リムド鋼および硫黄快削鋼について高速度鋼工具の摩耗過程および工具寿命を観察・測定した結果次の結論を得た。

1) すべての鋼種において、フランク摩耗幅は切削初期でゆるやかな傾斜で増加するが、ある摩耗幅に達すると急激に進行して工具は完全破壊する。これは高速度鋼工具に特有な現象である。

2) フランク摩耗特性としては高送りのとき境界摩耗が発達し、低送りで最大摩耗幅の増大が見られる。この傾向は加工硬化能の大きい硫黄快削鋼で特に顕著である。

3) 高速度鋼工具の摩耗は、すくい面摩耗が顕著であり、切削時間の経過に伴い摩耗痕の深さおよびその幅を増大し、切刃堤防幅を漸次減少させ進行する。その結果、刃先強度の低下

および熱集中効果を受け工具は急激な破壊に至る。

4) すくい面摩耗の主原因は切削温度の上昇による工具母地部の熱軟化であると考えられる。また、軟化した工具母地から硬い炭化物粒子の単離があり、これが工具へ plowing 作用をし摩耗は促進される。さらに工具から被削材への元素の拡散があり、工具の機械的強度を低下させることも考えられる。

5) 硫黄快削鋼の場合、すくい面摩耗痕最深部はより切刃に接近しており、また切刃堤防幅も減少するため強度的に弱い工具形状となっている。しかし工具の熱軟化度合および拡散量の少ないことから、この不利益点を相殺していると考えられる。

6) 硫黄快削鋼切削の場合、すくい面摩耗痕部には MnS が層状に分布しており、工具摩耗へ何らかの影響を及ぼしていると考えられる。

7) 工具寿命からみて、硫黄快削鋼(コア部)が最も高速度鋼工具の切削においては有利である。次いで低炭素リムド鋼・ギルド鋼である。

8) スピンドル油は切削剤として低速度では有利であるが、高速度切削では逆に不利である。一方冷却効果の大きい Soluble oil は中速度での使用には不適當と思われる。

9) 工具一切屑接触面積拘束工具の適用により、工具寿命は改善されるが、すくい角に応じた最適接触長さが存在するゆえ適当な条件の選択が必要となる。

終りに、本研究で使用した各種鋼材および工具などの提供ならびに材料の分析などの御便宜をいただいた富士製鉄株式会社室蘭製鉄所の方々には厚くお礼申し上げます。

EPMA による分析に際して、種々の御便宜をいただいた北海道大学工学部冶金工学科笠松紀男氏に厚くお礼申し上げます。また卒業研究として実験を担当された松田誠治君(K.K. 日本製鋼所室蘭製作所勤務)ならびに藤田武人君(アルプス電気 K.K. 勤務)に感謝します。

(昭和43年4月30日受理)

文 献

- 1) George. B. Troup: American Machinist, Special Rep., No. 543, (1963).
- 2) 白井: 機械試験所報告, 43 (1961), p. 82.
- 3) V. C. Venkatesh: Advances in Machine Tool Design and Research (1966), p. 401.