

切屑接触長さ拘束工具による仕上面粗さについて

(第一報)

棟 徹 夫

北 川 武 揚

(昭和38年10月31日受理)

Roughness on Machined Surface with Artificial Restriction of Tool-Chip Contact Length

(Report I)

By Tetuo TO and Takeaki KITAGAWA

Abstract

Experimental reserches on chip formation, cutting temperatur, cutting resistance, effect of cutting speed, machinability of materials and tool life were analysed to a large extent, based upon the machining theory of tool-chip contact length. According to those reserches, we know the fact that tools with artificially restricted tool-chip contact length have good influence upon machining of metals. Here in this report, surface roughness which is one of the most important factors in machinability is discussed while changing the contact length and cutting speed respectively. Roughness focused on in this report is that in the direction of feed mark, as it is not influenced upon the feed mark and is more emphasized by tool-chip contact length than that perpendicular to the feed mark. This time we make little reference to the built-up edge which is seriously affected to surface finish, and the experimental results lead us to the deduction that variation in surface finish is probably concerned with drop of cutting temperature and decrease of harmful relative motion, tool and chip, caused by restriction of tool-chip contact length.

1. 緒 言

切屑と切削工具すくい面との接触長さを人為的に縮少拘束せしめた場合、切屑の剪断角が増し、切屑厚さが薄くなり、そのことから剪断歪エネルギーの減少、剪断面における発生温度の低下を生じ、排出切屑の色が銀白色 (Silver White) を呈することなどは経験によって知られている。このような切屑接触長さ拘束工具としては、H. Klopstock の Klopstock 工具および類似のものとして、星の S.W.C 工具¹⁾ などがあるが (Fig. 1)、これら二段すくい角を有する工具を用いた際の切屑の生成、切削温度、切削抵抗、被削材の被削性、工具寿命などについては B. T. Chao および K. J. Trigger²⁾、竹山³⁾、臼井および菊地^{4),5)} 星⁶⁾ などの諸氏によって、広範囲な研究が行なわれているが、そのうち被削性のなかでも重要な要素である仕上面粗さについての効果に関しては、当を得た研究は比較的少い。

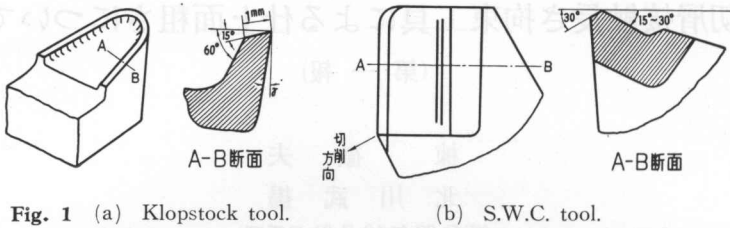


Fig. 1 (a) Klopstock tool.

(b) S.W.C. tool.

本研究は、この点を一歩進めるために、切屑接触長さおよび切削速度を種々変化せしめた場合に生ずる被削材の仕上面粗さを分析し、その影響を検討した。なお、仕上面粗さの大きな要素の一つである構成刃成については、今回はあまり言及せず、また、本研究の実験結果からほぼ推定されるに至る、切屑接触長さを拘束することによって生ずると思われる、切削温度の低下および切削抵抗の低下のための、切屑工具間の有害な相対運動の減少と仕上面粗さとの関連については、今後継続して実験的説明をはかりたい。

2. 実 験

2.1 試験方法

一般の旋盤長手方向の切削では、送りマークの影響が仕上面粗さに非常に大きな要素となっている。したがって、普通現場で用いられる送り方向の粗さ(送りマークに直角)の解析には常に送りマークを差引いて考慮されなければならない。特に今回のような、拘束工具を用いた場合の粗さの研究については、送りマークの影響を出来るだけさけることが必要で、そのために、仕上面の送りマークと平行方向について粗さを測定することにした。この場合問題となることは、まず第一に、被削材が丸棒であるために仕上面が円周方向の曲面となるので、プロファイロメーターの触針が完全に送りマークに平行にトレース出来るかどうかということ、第二に工具の有する条件として、切削された仕上面が完全に接触長さ拘束工具のすくい面(一次すく

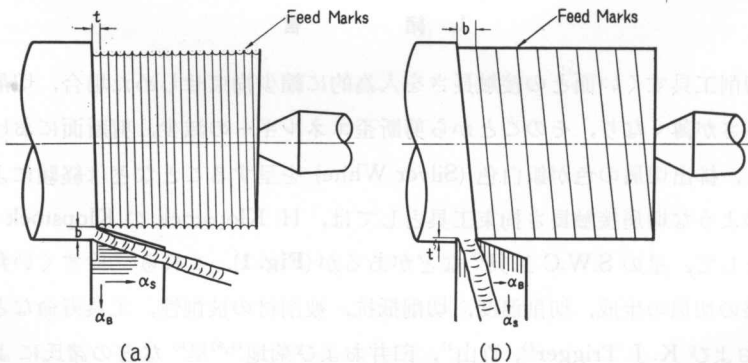


Fig. 2 Schematic diagram of (a) conventional and (b) analogue cutting process with inter-change of feed and depth of cut and back (α_B) and side (α_s) rake angles.

い面)の影響を与える形状のものでなければならないことである。

第一の問題は、送りを増し、送りマークの間隔を広く仕上げられた丸棒を両センターにて支持し、正確に回転駆動せしめる装置を用いることにより容易に解決される。第二の、仕上げ面に完全に拘束工具すくい面の影響をもたらすためには、**Fig. 2**の(a)に示す旋盤の準二次元的切削を(b)のように、送りと切り込み深さ、横すくい角と前すくい角を入れ替えた工具を用いて行なうことにより解決され、且つ送りマークも自動的に除去出来る。この方法は、M. C. Shaw および臼井⁷⁾によりアナログ(Analogue)切削として使われているが、本実験においてもこれに準じた切削法を行なうことにした。

2.2 被削材および工具

実験に使用した被削材は、あまり当を得ないが、一般構造用圧延棒鋼 SS 34、硬度 98 H_B の直径 50 mm、長さ 200 mm のものを使用した。切削工具は、コバルト高速度鋼 JIS, SKH-4A、硬度 64 H_{RC} の 16 耗角完成バイトを使用し、工具形状の諸元は、**Fig. 3**に示すごとく ASA 刃型表示 [+10, 0, 7, 7, 0, 0, 0.2], [0, 0, 7, 7, 0, 0, 0.2], [-10, 0, 7, 7, 0, 0, 0.2] の、前すくい角を +10°, 0°, -10° の 3 形式のものを使用した。工具すくい面の切屑接触長さ、すな

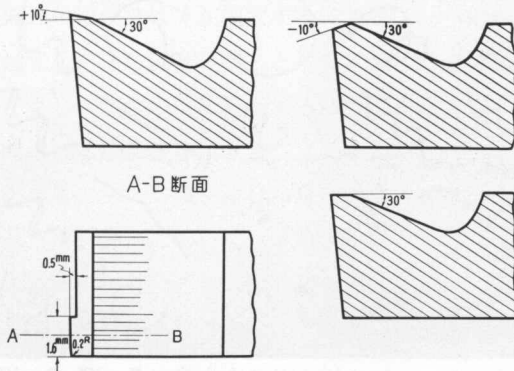


Fig. 3 Schematic diagram of cut-away tool.

わちランド(以後ランドを l と表示する)は最初 $l=0$ のすくい角 30° のもの(二次すくい角)を作製し、研削液を用いてビトリファイド砥石(A-60-N-m-V)にて入念に研磨し、その長さを変化せしめて拘束しない自然な接触状態に至るまで行なった。

2.3 切削条件

切削速度は、各接触長さについて毎分 10 m, 15 m, 25 m, 40 m, 60 m, 93 m の各々について行ない、送り b (この場合は切削幅)は 1.24 mm/rev. 一定、切り込みは 0.25 mm 一定の乾切削とし、切削のつど切屑の流出状況、色調などの観察を行なった。

2.4 使用機械および試験機

切削仕上面をうるための使用工作機械は、池貝鉄工製、高速精密旋盤 E-18 型、両センター作業(心押し側はドライブセンター)にて行なった。仕上面の検査には、触針式の理研大越

式超アラサ検査機 AB-2 を使用してプロフィールレコードを取り、更に工具顕微鏡を用いた鏡下の観察によりその表面の性状を確かめた。

3. 考 察

3.1 切屑接触長さ拘束工具の切屑の形態

切屑接触長さ拘束工具は、切屑の形態を大きく変化せしめるが、この事実は仕上面粗さにも当然変化を与えるものと考えられる。**Fig. 4** は、一次すくい角 $\alpha=0^\circ$ で $l=0.16$ より無拘束状態にまで変化せしめ、更に各々について切削速度 v (以後切削速度を v と表示する) を 10~93

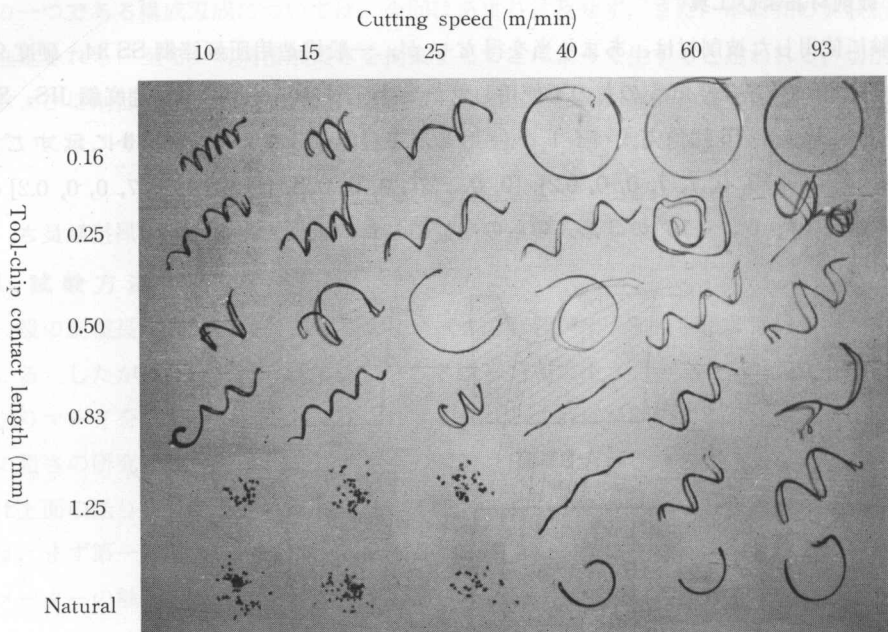


Fig. 4 Photographs of chips with cutting speed 10, 15, 25, 40, 60, 93 m/min and tool-chip contact length 0.16, 0.25, 0.50, 0.83, 1.25 mm, natural. Tool geometry: [0, 0, 7, 7, 0, 0, 0.2]

m/min まで変化させた場合の形状を示した一例である。切屑のカールの状態は、**Fig. 3** に示す工具の二次すくい面の末端のアールの影響を多少受けているので、少しく正常さを欠いていることをつけ加えて置く。排出する切屑を観察すると、 $l=0.16\sim 0.5$ mm までは各速度 (10~93 m/min) において良くカールした流れ型で、切屑の色調は銀白色を呈している。切屑裏面は、光沢のある部分と光沢のない部分が周期的に見られ、構成刃先が発生していることを裏付けしている。一般に切屑の厚さは、 l が小さい程薄くなっており、また切屑の片側には小さな突起が見られる。 $l=0.50$, $v=60$ m/min では、この突起は濃紫色のヒゲ状になって附随している。 $l=0.83$ mm, $v=10\sim 25$ m/min では銀白色の流れ型であるがかなり厚さを増し、切屑の片側には(いばら状)の突起が大きく目立ち、裏面には多くの凹凸が見られ、 $v=40\sim 93$ m/min と切削

速度が増大するにつれて葉色～濃褐色へと変化している。 $l=1.25$ mm, $v=10\sim 25$ m/min では流れ型にならず、完全に粒状に分断された形で銀白色～褐色を呈し、 $v=40\sim 93$ m/min では紫色～濃藍色で切屑の片側に突起を附随する流れ型となる。 $l=\text{natural}$ (無拘束) では $v=10\sim 25$ m/min なら銀白色～濃褐色の粒状分断型、 $v=40\sim 93$ m/min はいずれも灰藍色を呈した流れ型で、殆んど類似の形状を呈す。なお、切屑の片側にみられた突起は消滅し、裏面の観察からは構成刃先の発生は認められない。

以上のように切屑の厚さ、色調などの変化は、切屑と工具接触面との間になんらかの物理的变化を与え、当然仕上面にもなんらかの影響を及ぼしていることが推測出来る。全体としては接触長さ l が増すほど切屑の厚さを増し、 $l=0.83$ 以上では、速度が増すほど切屑の色は順次銀白色から褐色—濃褐色—紫色—灰藍色と変色していく。

3.2 仕上面の性状および粗さの変化

切屑接触長さ l と切削速度 v を変化させた場合の仕上面を、肉眼および顕微鏡下で観察すると、3.1 に述べたように明らかに **Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7** に示す通り、切屑の変化に伴いその性状を異にしていることが判る。

仕上面の性状は、低速の切削では l が増大するにつれて、小形の周期的な亀裂状の粗さから少しずつその周期が増大し、遂には乱れがちとなり木目状⁸⁾ を呈するようになる。木目状は部分的に周期的亀裂状を呈し、亀裂の山に相当する部分が丘のように長く連なり規模が大きくなると、丘の部分は光沢のある鏡面状を呈する。また l が小さい場合、 v を増すにしたがって周期的に亀裂状の粗さは次第にその周期を減じ非常に細かくなり、肉眼では殆んど鏡面状を呈するように観察される。次に、高速においては l の大小にかかわらず細かな亀裂が見られ、肉眼では殆んど光沢のある鏡面状を呈するが、顕微鏡下では l が小さいほど密になっており、 l の増大に伴いまばらになり、 $l=\text{natural}$ (無拘束) では完全に細かな亀裂は消滅している。

Fig. 8, Fig. 9 は **Fig. 6, Fig. 7** に相当する仕上面のプロファイルを記録したものである。仕上面粗さについては、このプロフィールレコードによってもその傾向が観察されるが、更に **Fig. 10(a), (b), (c)** に図示される曲線を検討することによって、より細かな変化を分析することが出来る。この図は、 $\alpha=-10^\circ$, $\alpha=0^\circ$, $\alpha=+10^\circ$ の各々において、 l と v とを変化せしめた場合の最大粗さの変化をプロットしたものである。曲線の延長を点線で示したのは、 $l=\text{natural}$ の場合の l の正確な数値が測定困難であった為、この時の最大粗さからその傾向を推定したもので、特に変化の著しいものには、その最大粗さを点線の先端に明示した。

この図から先ず第一に観察出来ることは、工具すくい角が $\alpha=+10^\circ$, $\alpha=0^\circ$, $\alpha=-10^\circ$ の順に仕上面が悪くなっていることである。つぎに同じすくい角の工具について考えると、接触長さを縮小せしめることにより、低速の場合は、仕上面粗さに非常に大きな変化が明瞭に認められるが、高速においては ($v=60\sim 93$ m/min) l の変化に伴う粗さの変化は殆んど示さず、 $l=\text{natural}$ では若干良くなっている。第三に指摘されることは、夫々において接触長さが増大す

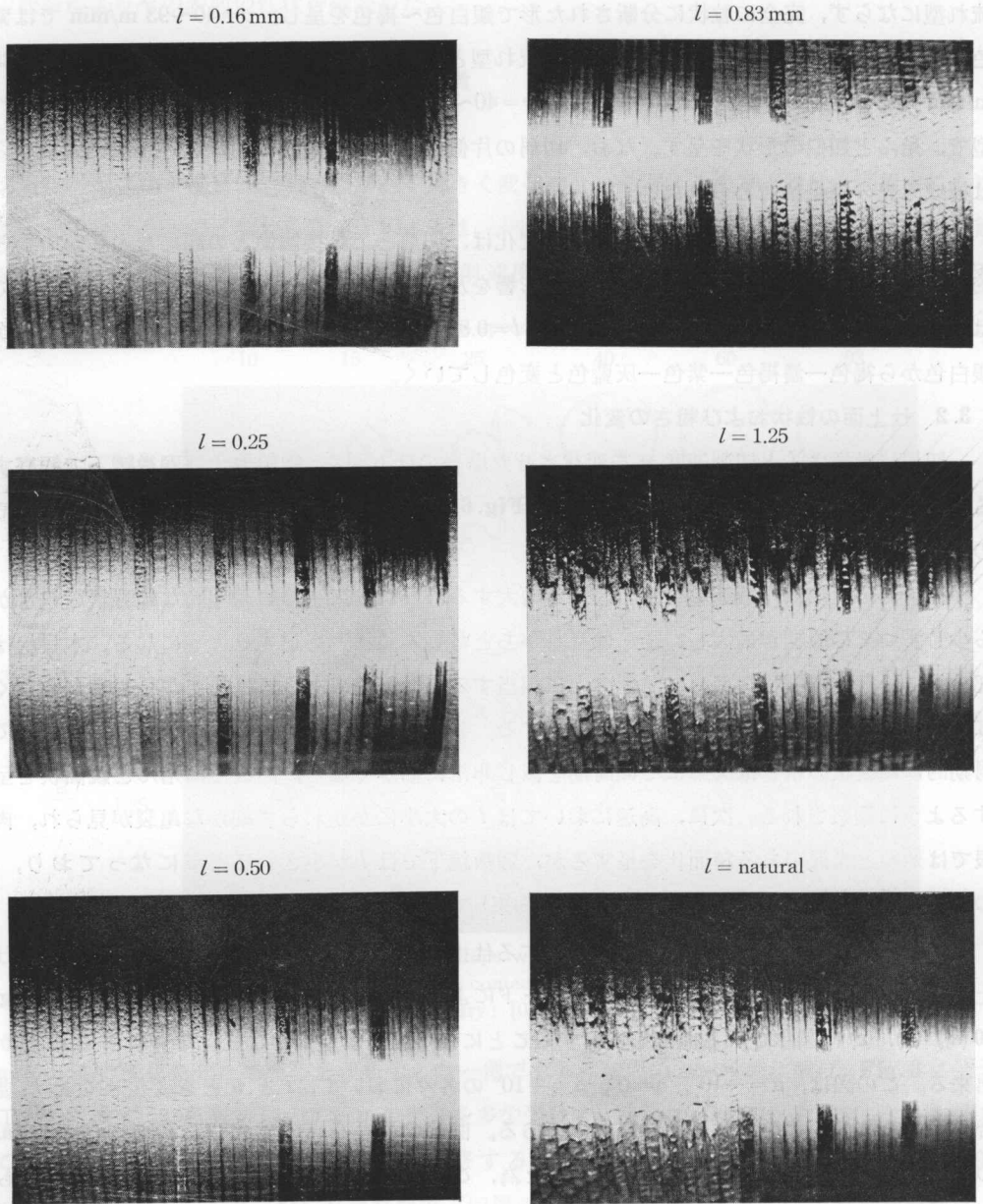


Fig. 5 Photographs of surface finish with cutting speed 10, 15, 25, 40, 60, 93 m/min and tool-chip contact length 0.16, 0.25, 0.50, 0.83, 1.25 mm, natural. Tool geometry: [0, 0, 7, 7, 0, 0, 0.2].

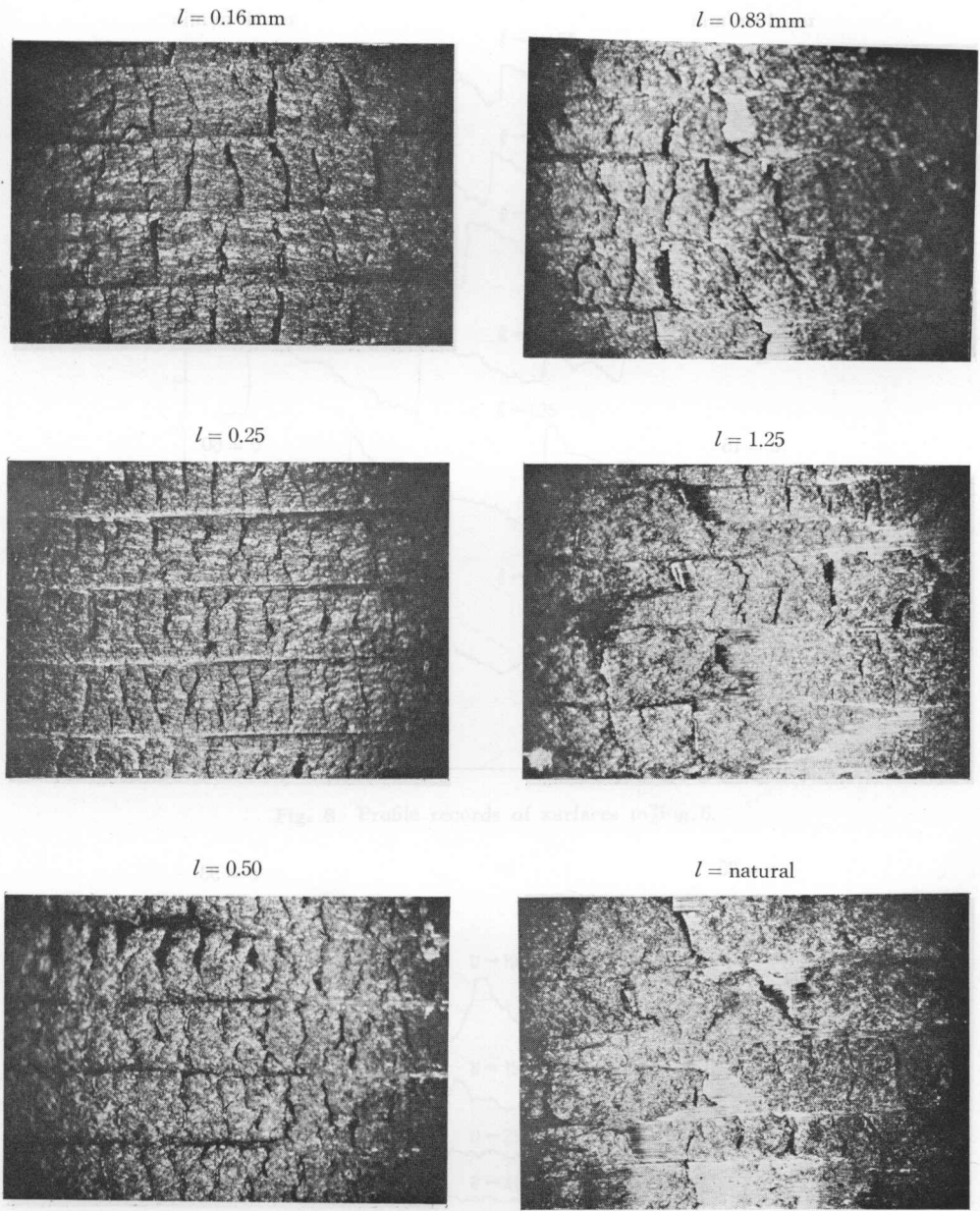


Fig. 5 Profile records of surface in Fig. 2.

Fig. 6 Microphotographs ($\times 5$) of surface finish with cutting speed 10 m/min.
Tool geometry : [0, 0, 7, 7, 0, 0, 0.2]

Fig. 7 Microphotographs of surface in Fig. 2.

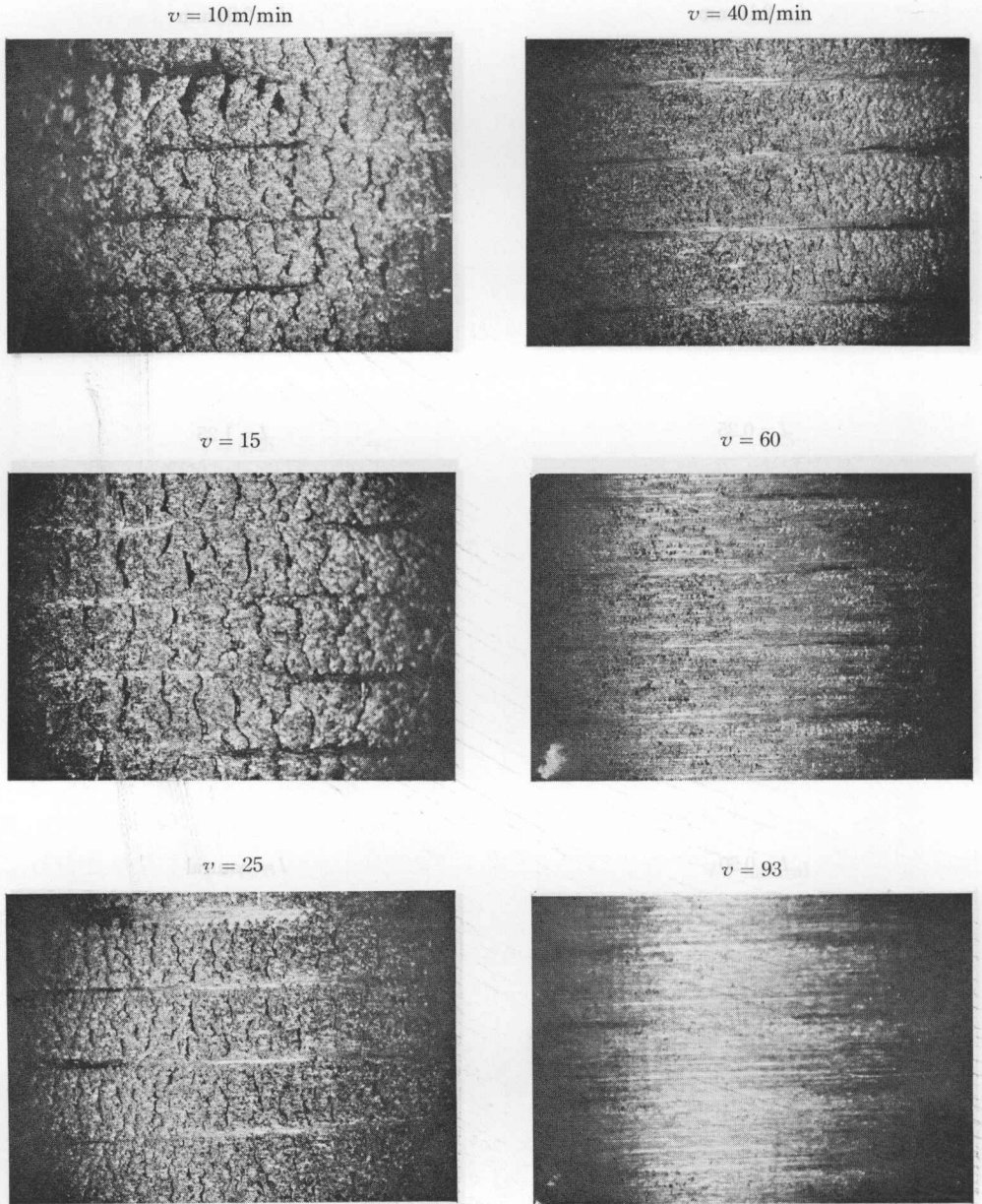


Fig. 7 Microphotographs ($\times 5$) of surface finish with reduced tool-chip contact length 0.5 mm. Tool geometry: [0, 0, 7, 7, 0, 0, 0.2].

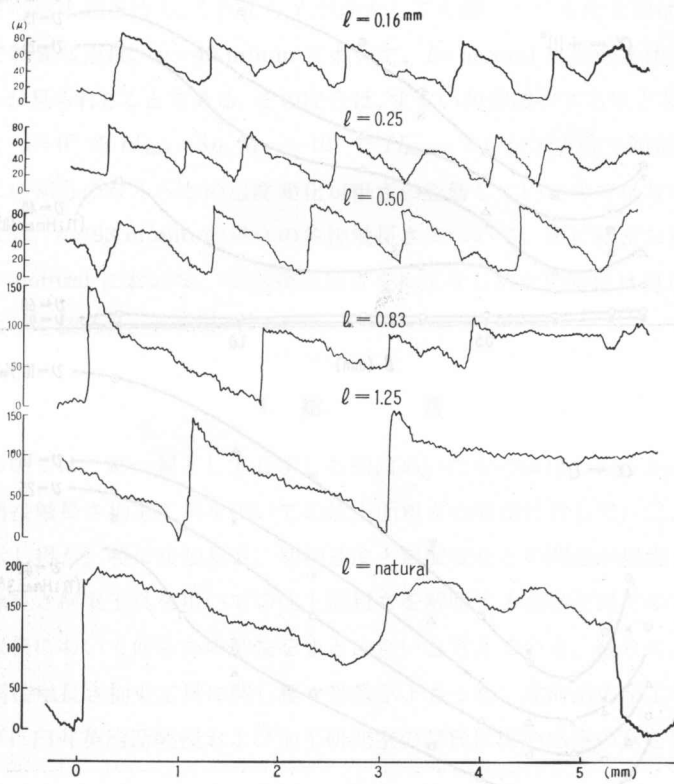


Fig. 8 Profile records of surfaces to Fig. 6.

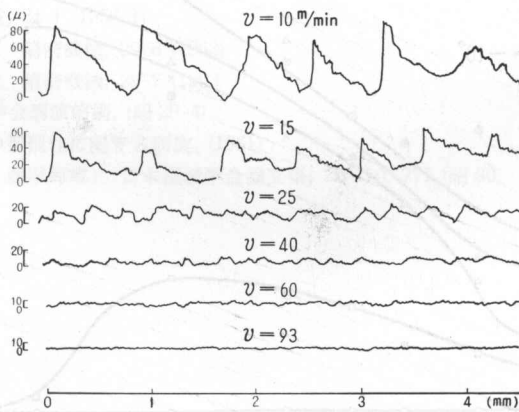


Fig. 9 Profile records of surfaces to Fig. 7.

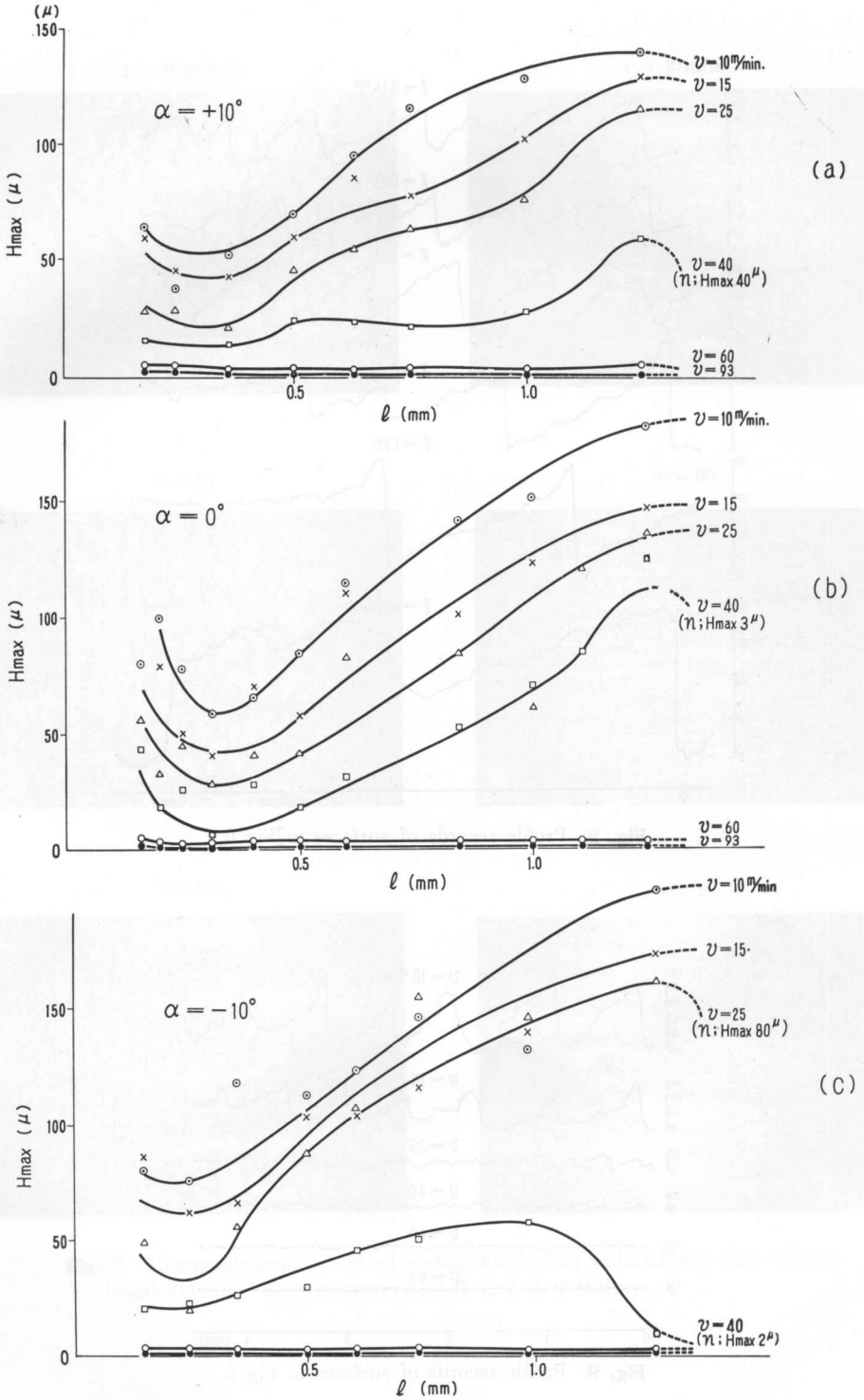


Fig. 10 Variation of surface roughness (H_{max}) with cutting speed (v) and tool-chip contact length (l).

る初期において、曲線上に粗さの谷があることである。各すくい角についてはほぼ $l=0.25\sim 0.30$ mm 附近で粗さの極小値を持ち、それより l が増大しても縮小しても仕上面は粗くなっている。更にこの曲線で特異な点は、 $v=40$ m/min において、 $l=\text{natural}$ に至ると仕上面粗さが著しく向上することが見られることである。その度合は、すくい角が減少するほど著しいが ($\alpha=+10^\circ$ で $H_{\max}=40\ \mu$, $\alpha=0^\circ$ で $H_{\max}=3\mu$, $\alpha=-10^\circ$ で $H_{\max}=2\ \mu$ が本実験で測定された), この著しい変化は、この部分のなんらかの温度変化が粗さに影響しているのではないかと言う暗示を与えている。なお、 $v=93$ m/min の場合の各接触長さについて、更に綿密な粗さの測定を行なったところ、 $l=\text{natural}$ において、切屑接触長さを拘束せしめない時には見られなかった、かなり大きなうねりを認めた。

4. 結 言

本研究においては、第一報として必ずしも結論めいたものは出し得なかったが、実験的考察により、切屑接触長さ拘束工具を用いての仕上面粗さの変化に対して、二、三の推定を導く基礎資料を提示し得た。特に接触長さ、切削速度と温度変化との関連が推定され、それにもとづいて切屑接触長さ拘束工具を用いての仕上面粗さを解明する端緒を得たので、その関連を実験的に究明し次報において何らかの結論をまとめたいと考えている。終りに、本研究の基盤となっている切屑接触長さ拘束工具に関し種々御教示下さった、北海道大学工学部精密工学科の星光一教授並びに臼井英治助教授および加工研究室の諸氏に深い感謝の意を表する。

文 献

- 1) 星光一： 金属切削, (昭 35), 丸善
- 2) B. T. Chao & K. J. Trigger: Trans. A.S.M.E, Vol. 81 (1959) 139, Series B.
- 3) 竹山秀彦: 精密機械, 24-1 (1958-1)
- 4) 臼井英治, 菊地千之: 精密機械, 29-6 (1963)
- 5) 臼井英治, 菊地千之: 精密機械, 29-7 (1963)
- 6) 星光一: 日本機械学会講演前刷, (昭 29-4)
- 7) 臼井英治: 快削鋼の被削性に関する研究, (1961)
- 8) 奥島啓式, 大森正巳, 藤原輝雄: 日本機械学会論文集, 21-110, 771 (昭 30)