

切屑接触長さ拘束工具による仕上面粗さについて

(第二報)

棟 徹 夫

北 川 武 揚

(昭和39年10月19日受理)

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

(Report II)

by Tetuo TŌ and Takeaki KITAGAWA

Abstract

In the previous report, we researched the roughness of machined surface with artificial restriction of tool-chip contact length. But on the profile curves we found the special reduction of roughness which would be concerned with the temperature change caused by cutting temperature with restriction of tool-chip contact length.

So in this report, we observed the temperature change caused by cutting speed and restriction of tool-chip contact length.

Moreover we measured the shear angles while we scaled the thickness of chip and utilized the equation formula $\tan\phi = \frac{r_c \cos\alpha}{1 - r_c \sin\alpha}$, and then we assumed the relation among shear angles, cutting temperature and surface roughness.

1. 緒 言

先の第一報¹⁾においては、切削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の変化を、その切屑の状態の観察とあわせて考察したが、その際、工具すくい角を $\alpha = +10^\circ, 0^\circ, -10^\circ$ に変えて切削して出来た仕上面粗さのプロファイルを検討すると、その曲線の特異な点として、 $v = 40 \text{ m/min}$ 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、その度合いは、すくい角(一次すくい角)が減少すをほど著しかった。この著しい変化は、この部分に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思われたが、第一報においては、温度に関する実験は行なわなかったため、本報において引き続き切屑接触長さ拘束工具によって切削する際の切削温度を測定し、あわせて切屑厚さを測定し、計算式によってそれぞれの場合の剪断角の変化を求め、粗さとの関係を考察することにした。なお、粗さについては、第一報のデータを踏襲することとした。

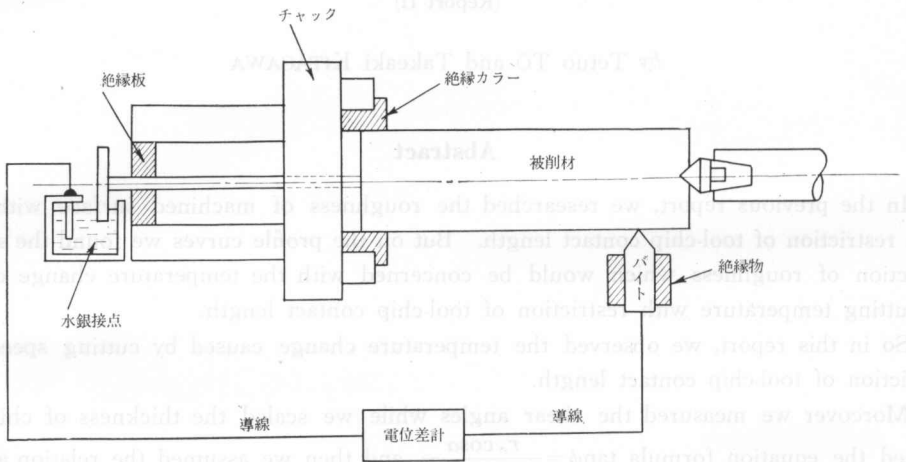
2. 実 験

2.1 実験方法 (温度測定と温度較正)

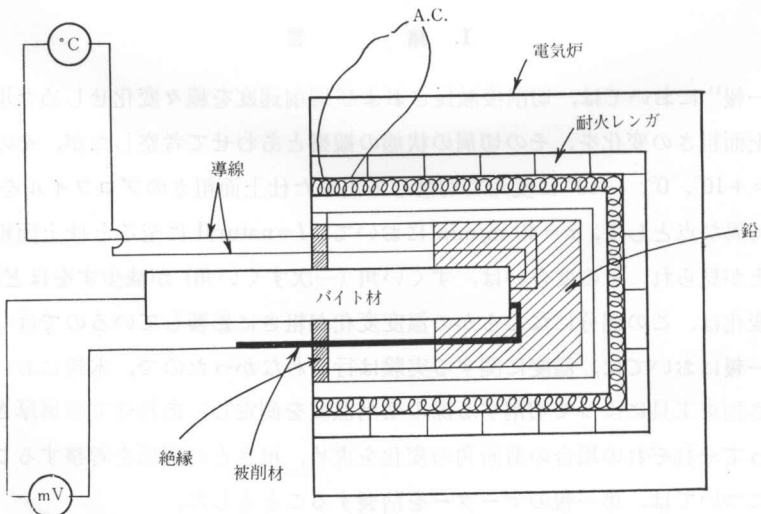
刃先温度の測定には、各種の方法が考えられるが、ここでは、現在一般に用いられている Gottwein²⁾ の理論にもとづく、工具と被削材とを一对の熱電対とする方法を用いた。

この場合、回転する被削材から導線を引き出すには摩擦熱の影響をさけるために、被削材と同一材質のブラシを接触させるのが最も簡単な方法であるが、この場合、その部分の接触抵抗が問題になることが多いから、これをなくするために、水銀を介して引き出す方法を用いた。

(第1図)

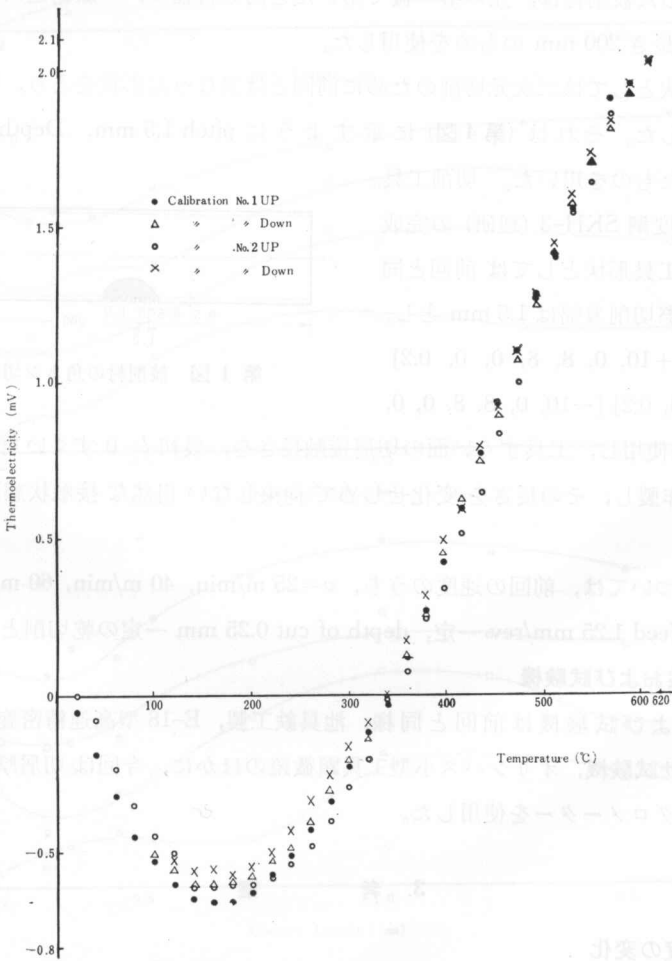


第1図 切削温度測定装置



第2図 温度較正装置

温度較正には鉛浴法を用いた。これは(第2図)に示すような装置を用いた。即ち、工具および被削材と同一材質で作った熱電対を鉛浴中に入れて、接点近傍に検査ずみの熱電対(アルメルクロメル)の高温接点を置いて鉛浴室の温度はニクロム線によるヒーターで変化させつつ温度較正を行なった。しかし、ここで問題になるのは、実際の切削には著しい高圧、激しい塑性変形や摩擦の影響を考慮しなければならないし、又、もう一つの問題としては、金属の変態点以上の温度になると較正曲線が変ってくることである。それで、このようにして得られた較正曲線をそのまま適用してよいか疑問が起るのであるが、これについては K. J. Trigger³⁾氏は種々の実験を行なった末、その結果として、圧力の影響は 100,000 psi になっても全然みとめられず、塑性変形の影響は精々 0.04~0.05 mV 程度、摩擦の影響はこれに逆方向に 0.03 mV 程度であるから実際の切削には影響ないことを示している。又、較正曲線が折れ曲ることについても、実際の切削では切屑がそのような高温になってから工具面を離れるまでの時間は極め



第3図 熱起電力—温度較正プロット図

て短時間であるので、そのような変態は起り得ないと考えられる⁴⁾。以上の点から、本実験において、以上の方法を用いても支障ないと思われるので、温度較正には(第2図)による方法を用いた。

それにもとづいて、較正点をプロットし曲線が求められた。(第3図)は、そうして得られた較正点のプロット図である。これは Calibration No. 1 と No. 2 と 2 回行ない、加熱時と冷却時とで夫々点をプロットした。

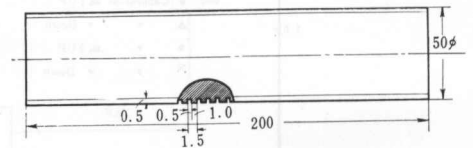
実際の測定に当っては、切削中発生する熱起電力を増幅器で増幅し、ミリボルトメーターで測定し、温度較正によってその際の工具刃先温度(切削温度)を求めることにした。それとともに、切屑厚さを、その6カ所の算術平均値によって測定し、剪断角をあらわす式 $\tan \varphi = \frac{r_c \cos \alpha}{1 - r_c \sin \alpha}$ (r_c : 切削比, 切込 t_1 /切屑厚さ t_2 , α : すくい角) から剪断角を算出した。

2.2 被削材および工具

実験に使用した被削材は、先の第一報で用いたと同じ材種の、一般構造用圧延棒鋼 SS 34、の直径 50 mm、長さ 200 mm のものを使用した。

被削材の形状としては二次元切削のために前回とは異なった形状をとり、竹中⁵⁾氏の行なった方法を採用した。それは(第4図)に示すように pitch 1.5 mm, Depth of cut 0.5 mm の角ネジをきったものを用いた。切削工具

としては、高速度鋼 SKH-3 (理研) の完成バイトを用い、工具形状としては前回と同一であるが、実際切削刃幅は 1.5 mm とし、ASA 刃型表示 [+10, 0, 8, 8, 0, 0, 0.2] [0, 0, 8, 8, 0, 0, 0.2] [-10, 0, 8, 8, 0, 0, 0.2] の三種類を使用し、工具すくい面の切屑接触長さを、最初 $l=0$ すくい角 30° のもの(二次すくい角)を作製し、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。



第4図 被削材の角ネジ切り寸法

切削速度については、前回の速度のうち、 $v=25$ m/min, 40 m/min, 60 m/min, 93 m/min の4種をとり、feed 1.25 mm/rev 一定, depth of cut 0.25 mm 一定の乾切削とした。

2.3 使用機械および試験機

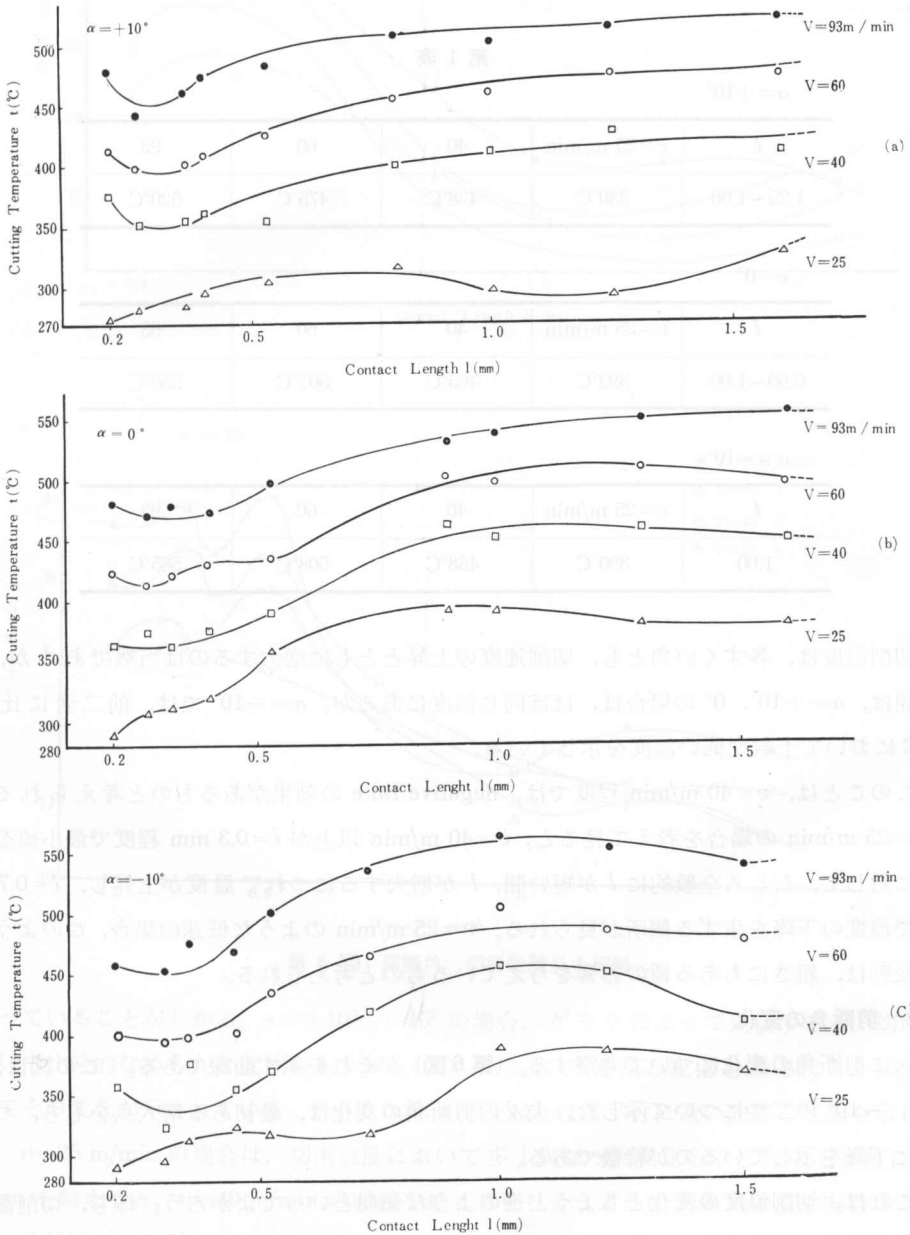
使用機械および試験機は前回と同様、池貝鉄工製、E-18型高速精密旋盤、理研大越式 AB-2型超アラサ試験機、オリンパス小型工具顕微鏡のほか、今回は切屑厚さの測定のため三豊製 60° マイクロメーターを使用した。

3. 考 察

3.1 切削温度の変化

切削にともなう切削温度(刃先温度)の変化をグラフにあらわしたものが(第5図)であ

る。全体を通じて特徴的と思われることは、すくい角(一次)が $+10^\circ$ 、 0° 、 -10° と変化しても $v=40$ m/min以上の曲線の形態については、ほぼ似かよった恰好をしているが $v=25$ m/minでは、 $v=40$ m/min以上とは相当変わった独自の変化を示していることである。 $v=40$ m/min以上においては、夫々 $l=0.3$ mmのあたりに最小の値をとり、それより l が長くなると上昇の



第5図 切削温度—切屑接触長さ線図

形をとり、次第に一定値に近づく傾向を示している。この傾向は、 $\alpha=+10^\circ$ の場合は最も変動がなく、ほぼゆるやかな上昇線をたどるが、 $\alpha=0^\circ$ においては、 $l=1.5\text{ mm}$ よりやや下降するむきがあり、 $\alpha=-10^\circ$ ではそれが崩れて再び上昇線をたどる傾向を示している。それ故、 $\alpha=-10^\circ$ では、 $l=1.0\text{ mm}$ 、 $l=1.5\text{ mm}$ を一つの node とするうねりのような変化が見られる。 $(v=93\text{ m/min, max. }565^\circ)$ なお夫々の切削速度における最大値は(第1表)に示すように測定された。

第1表

$\alpha=+10^\circ$				
l	$v=25\text{ m/min}$	40	60	93
1.25~1.60	330°C	428°C	475°C	520°C
$\alpha=0^\circ$				
l	$v=25\text{ m/min}$	40	60	93
0.90~1.00	393°C	465°C	501°C	550°C
$\alpha=-10^\circ$				
l	$v=25\text{ m/min}$	40	60	93
1.00	390°C	458°C	508°C	565°C

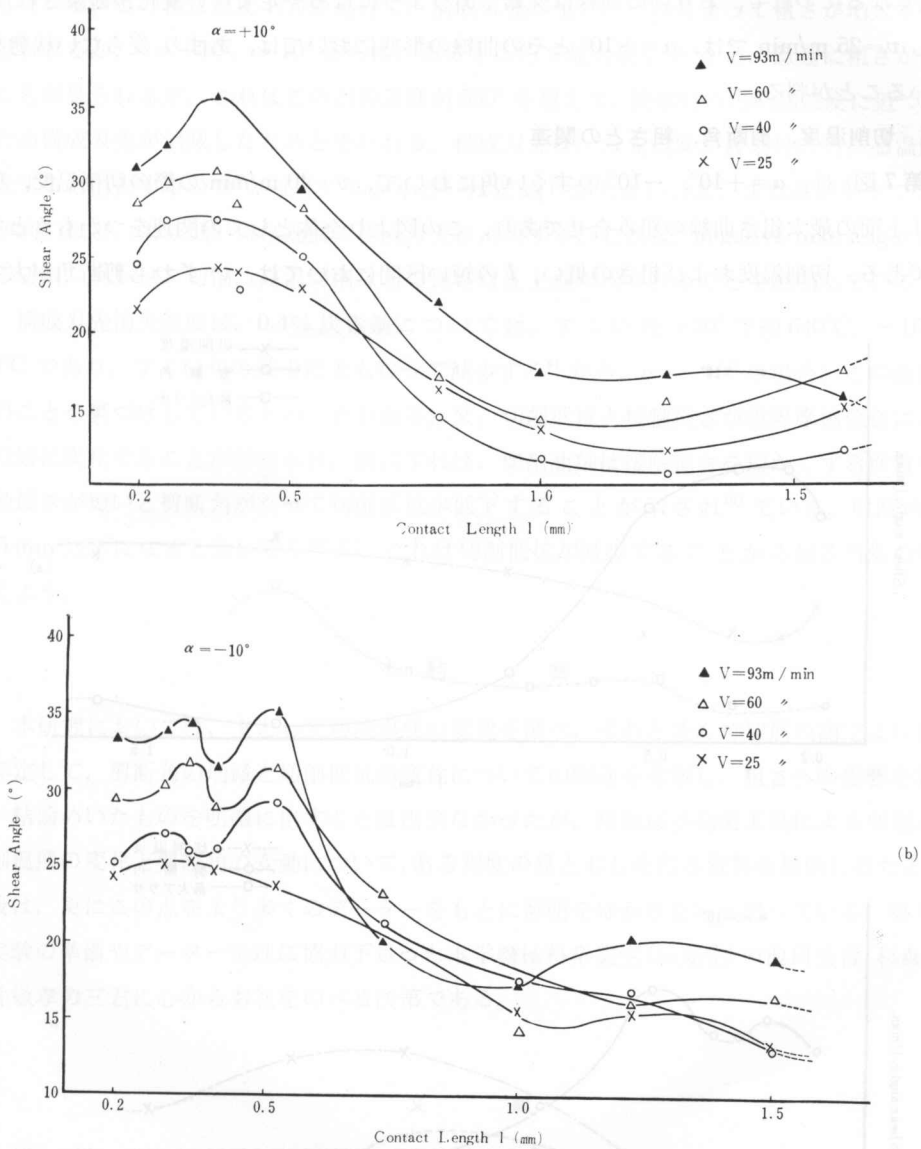
切削温度は、各すくい角とも、切削速度の上昇とともに増大するのは当然であるが、 l が短い間は、 $\alpha=+10^\circ$ 、 0° の場合は、ほぼ同じ温度にあるが、 $\alpha=-10^\circ$ では、前二者に比べて $l=0.2$ において十数度低い温度を示している。

このことは、 $v=40\text{ m/min}$ 程度では、negative rake の効果があるものと考えられる。次に $V=25\text{ m/min}$ の場合を考えて見ると、 $v=40\text{ m/min}$ 以上が $l=0.3\text{ mm}$ 程度で最小値をもつたのに対して、むしろ全般的に l が短い間、 l が増大するにつれて温度が上昇し、 $l=0.7$ 、 1.3 程度で温度の下降を生ずる個所が見られる。 $v=25\text{ m/min}$ のような低速の場合、このような温度の変動は、粗さにもある種の影響を与えているものと考えられる。

3.2 剪断角の変化

次に剪断角の変化について考察する。(第6図)がそれを示す曲線である。この図は、 $\alpha=+10^\circ$ 、 -10° の二つについて示した。夫々の剪断角の変化は、最初ある増大点を持ち、ついで急激に下降を示しているのが特徴である。

これは、切削温度の変化とちょうど逆のような傾向といってよからう。即ち、切削温度の上昇は剪断角の減少をもたらすし、下降は剪断角の増大をもたらすと云えよう。これは、切屑を観察しても、はじめはうすい流れ型であるが、次第に l の増大とともに厚手の剪断型や流れ型



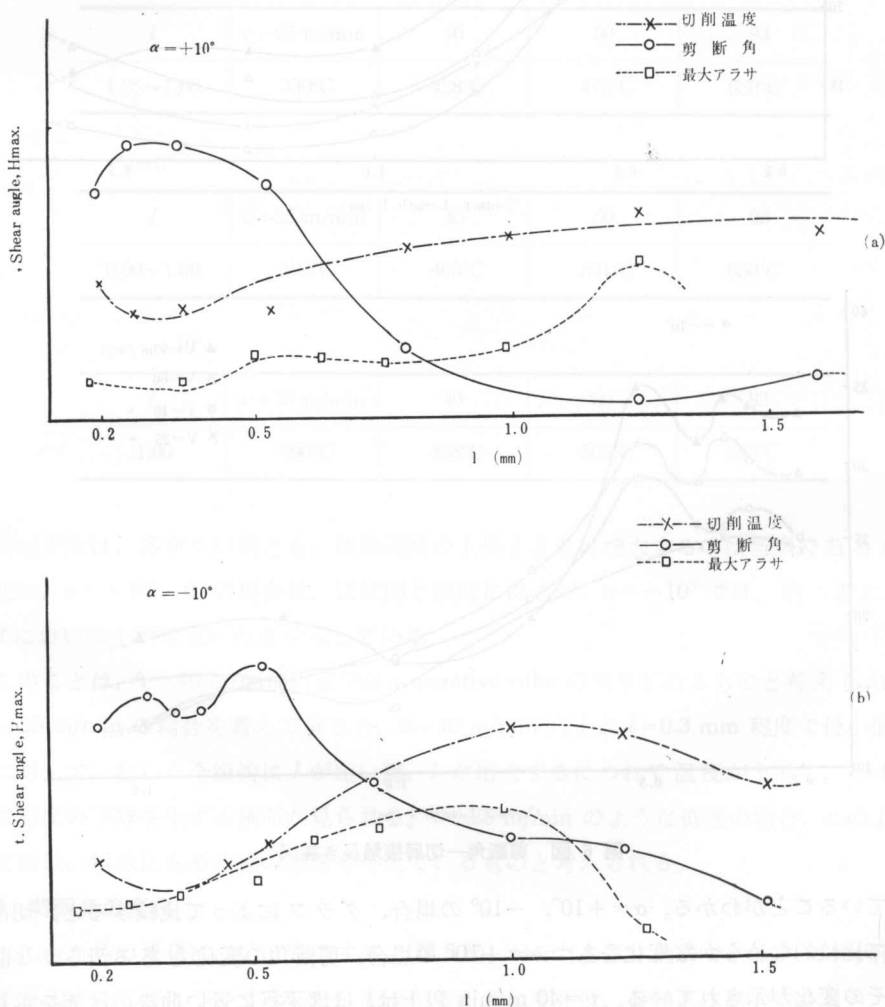
第 6 図 剪断角—切屑接触長さ線図

となっていることがわかる。 $\alpha = +10^\circ$, -10° の場合、グラフによって比較すると、切削温度において比較的なめらかな変化をもつ $\alpha = +10^\circ$ の場合、剪断角の変化もある滑らかな曲線によってその変化が示されている。 $v = 40$ m/min 以上は、ほぼ平行に近い曲線の状態を示しているが、 $v = 25$ m/min の場合は、切削温度において多少異なった変化を示したのと同様に、 $l = 0.6$ mm を越えると、 $v = 40$ m/min の曲線を越えて交り合うように剪断角の減少割合が少くなり、曲線はその傾斜がゆるやかになる。 $\alpha = -10^\circ$ における剪断角の変化曲線は $l = 0.6$ mm 以下において $v = 25$ m/min 以上の切削速度では、ほぼ同じ接触長さのあたりで屈曲点を持ち、

l が長くなるにつれて、お互いの曲線は交錯しあうようになる一定でない変化が観察された。ただし $v=25$ m/min では、 $\alpha=+10^\circ$ とその曲線の形態においては、あまり変らない状態を示していることが判る。

3.3 切削温度、剪断角、粗さとの関連

(第7図) は、 $\alpha=+10^\circ$ 、 -10° のすくい角において、 $v=40$ m/min の際の切削温度、剪断角、仕上面の最大粗さ曲線の組み合わせであり、この図より全体としての関連をつかもうとするものである。切削温度および粗さの低い、 l の短い区間においては、いずれも剪断角が大で、



第7図 切削温度、剪断角、最大アラサー切屑接触長さ線図

剪断角が大きいことより切削抵抗が減じ(切削油剤の使用と同じくなる)⁶⁾、それによる粗さの向上を導いていると考えられる。これらの曲線は $l=0.6\sim 0.7$ mm で交さしている。 l の増大とともに、切削温度は上昇し、それに伴いあらさも上昇し、反対に剪断角は減少して切屑厚さが

増している。この様に温度上昇の過程で、構成刃先が生じ、それによって粗さが増大するものと思われるが、 $\alpha = +10^\circ$ 、 -10° ともに、あるところで最大値をとると、急速に粗さが減少することが見られるが、これはこの点の温度が 550° を越えて、被削材の再結晶温度に近づき、そのため構成刃先が消滅したためと思われる。構成刃先は、刃先温度が被削材の再結晶温度付近に達すると消失するので⁷⁾、すくい角が小さいほど送りが大きいほど、また高温切削で加熱温度が高いほど、より低い切削速度で構成刃先は消失する。これは、negative rake angle toolによる切削、コレソフ切削、高温切削などで良好な仕上面が得られることを証明している⁸⁾。

構成刃先消失温度は、0.4%炭素鋼については、すくい角 $+20^\circ$ で約 640°C 、 -10° で約 480°C であり、すくい角の減少にもなって減少する⁹⁾から、 $\alpha = -10^\circ$ の場合、この曲線は以上のことを裏づけしているものと思われる。又、切削抵抗と接触長さが境界摩擦係数によって平行的に変化することが認められ、換言すれば、切削油剤は接触長さを短くする性質を持ち接触長さが短いと剪断角がたつて切削抵抗が低下することが示され¹⁰⁾ている。剪断角は $l = 0.55\text{ mm}$ 以下になると急に変わる¹¹⁾が、これは切削抵抗が減少することから起る当然の帰結といえよう。

4. 結 言

本研究においては、主として切削温度の変化を調べ、それと並んで切屑の測定より剪断角を算定して、剪断角の増減と切削抵抗の変化についての関連を考察し、粗さへの影響を類推した。結論めいたものを明確に出すことは出来なかったが、接触長さ拘束工具による切削の際の切削温度の変化と剪断角の変動について、ある程度の見とおしを得る資料を提供し得たと思う。今後は、更にこの点をより多くのデータをもとに説明をはかりたいと思っている。終りに、本実験の準備やデータ整理に協力下さった本学機械科卒業生(三期生)の池田公育、杉森繁雄、高井敏孝の三君に心からお礼をのべる次第である。

文 献

- 1) 棟, 北川: 北見工業短期大学研究報告 第2号(昭39.3)
- 2) K. Gattwein: Die Messung der Schneidentemperatur beim Abdrehen Von Flusseisen Maschinenbau, 4 (1925)
- 3) K. J. Trigger: Progress Report No. 1 on Tool-chip Interface Temperature. Trans. ASME. Feb. 1948
- 4) 中山一雄: 切削熱・高温切削, 31(昭30)
- 5) 竹中規雄: 機械の研究, 2-7(昭25)
- 6) M. C. Shaw: Machining Theory and Practice (1950)
- 7) 9) 中山一雄, 井口和文: 精密機械, Vol. 22, No. 3(1956. 3)
- 8) 中山一雄: 精密機械, 21-7(1956. 6)
- 10) 竹山秀彦: 精密機械, 24-2(1959. 2)
- 11) 篠崎襄, 吉川弘之: 精密機械, 24-3(1958. 3)