削りくずによる切削油剤効果の一評価法*

古市 亮蔵** 玉村 謙太郎** 小谷 信之***

A Method of Evaluation of Cutting Fluid Efficiency by the Chips

Ryôzô FURUICHI, Kentaro TAMAMURA, Nobuyuki KOTANI

Generally, cutting ratio is used as a parameter to evaluate cutting fluid efficiency. However, there is some uncertainty because the thickness of the chips considerably fluctuates.

Authors consider that not only mean value of the chip thickness but also its fluctuation are available for evaluating cutting fluid efficiency.

In this report, the distributions of chip thickness in dry cutting and wet with various types of cutting fluid are investigated by calculating the mean values, variances of the chip thickness and the standard deviations etc.

The main results are as follows:

The distribution of thickness of flow type chips produced in a steady cutting could be regarded as a normal distribution.

The variances of chip thickness have a linear correlation with those of the cutting force and surface roughness.

The cutting fluid can be evaluated more exactly by the position of the point on the co-ordinate plane of cutting ratio (r_c) and standard deviation of chip thickness (σ) than only by the cutting ratio r_c .

1. ま え が き

金属材料を切削する場合の切削諸現象の解析あるいは切削油剤の効果の判断などのために、削りくずの状態とか寸法、なかでも削りくずの厚さを測定することは、古くから行なわれており、切削比が、切削実験の結果を表わす重要な指標の一つであることは、よく知られている。

筆者は、先に一定の切削条件の下で、切削油剤中の添加剤としての、いおう濃度を変化するだけで、削りくずの形態および厚さなどが広範囲に変化することを示したが¹⁾、その報告の討論の中で、削りくず厚さの平均値だけではなく厚さの分布の状態も、切削中の状態を判断するのに有効な指標であることなどにふれた。

しかし、削りくず厚さの分布についての詳細な検討については省略したし、使用した切削油剤の種類も限られていた。そこで、本報告においては、これらを補うと共に、削りくず厚さの分散または標準偏差などの相違が、どの程度の切削状態の相違を表わしているかについての目安を得るために実験を行なった。そして上記諸量と切削条件および直接に削りくずに関するもの以外の切削諸現象などとの間の関連を求めた。また切削油剤の効果がこれらの諸量にどのように現われてくるかを検討し、削りくずの測定だけによってできるだけ詳しく、切削油剤の効果を評価する方法について研究した。

2. 実験および考察

2. 1 削りくず厚さの測定および表示

本報においては、主として0.13% C鋼の円筒(外径50×肉厚3×有効長100)の端面二次元切削および0.50% C鋼の円柱(直径約60×長さ500)の外周の三次元切削において得られた削りくずを対象にするが、一般に普通マ

* 昭和37年10月春期および昭和39年10月秋期大会において一部を講演

** 正員 大阪市立大学工学部

*** 油研工業株式会社研究部

(a)

(b)

図1 削りくず厚さの分布の一例(乾切削)

図1 削りくず厚さの分布の一例(給油切削)

被削材, 0.13% C 鋼 バイト A: SKH3 ($\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$), バイト B: SKH3 ($\alpha=10^\circ$, $\gamma=6^\circ$), 切削幅 3 mm, 送り 0.075 mm/rev 二次元切削, 切削油剤, 精製スピンドル油, 1.1 l/min 流下供給

図2 切削熱起電力の経時変化

マイクロメータを用いて、削りくず厚さを測定する場合に感ずることは、削りくず厚さには大きなばらつきがあることおよび小さい半径で、らせ線状にカルしている削りくずでは、正しく厚さを測定しているかどうか不安があることなどである。また他方、顕微鏡による断面観察では、多数の測定値の平均を得るためには、手数がかかり過ぎる。そこで筆者らは、削りくずはもとも厚さのばらつきを持ったものであるとの観点にたち、厚さの分布を調べるとともに厚さの分散あるいは標準偏差などを計算し、これらの値を検討することによって、切削中の状態を従来の切削比だけから判断するよりは、より詳しく

判断できるであろうと考えた。そして推測統計学的に厚さの母平均の推定、厚さの平均値間の有意差の検定などを行うことによって、切削油剤の効果の比較を従来より精密に行なうことを試みた。

推測統計学的な取扱いを簡単に行なうためには、削りくず厚さの分布が正規性を有しているか、または簡単な変数変換によって正規分布になることが必要であるが、図1 A, Bはこれを検討するために乾切削および切削油剤供給の場合に得られた削りくず厚さの累積ひん度をそれぞれ確率用紙にプロットした一例である。図に見られるごとくいずれもほぼ直線と見なしてよく、正規性を有していると判断した。他の場合についても、切削油剤を使用した正常な切削状態から得られた流れ形削りくずについては、すべてこの程度の直線性を有していた。

なおこれらの場合において、母集団として考えなければならないのは、一定の切削条件のもとにおける定常切削中の全削りくず厚さであり、試料はこの全削りくずから無作為に抽出しなければならないが、定常切削中の全削りくずを採集することは、技術的に困難であるから次のようにした。すなわち、あらかじめ非定常状態にあると考えられる切削初期と、切削終了時の削りくずを除外した一定時間の定常切削中において得られた削りくずの中から、必要箇数の試料を任意抽出した。

切削初期の非定常の時間を判断する目的で、切削初期において時間と共に削りくず厚さの平均値がどのように変化するかを検討し、また切削熱起電力が定常化するま

表1 削りくず厚さ測定位置に関する分散分析表(I)

計算項目	切削油剤 (なし(乾切削))	精製スピ ンドル油	種 油
全 変 動 S_{JR}	77400	88620	80110
列 内 変 動 $S_{R(J)}^*$	73520	81280	77460
列 間 変 動 S_J	3880	7344	2646
列間不偏分散 V_1	970	1836	662
列内不偏分散 V_W	299	332	316
分散比 $F_0 = V_1/V_W$	3.25	5.54	2.10
削りくず厚さ平均 値 mm	0.152	0.157	0.149
$(F_{245}^4)_{\alpha=0.05}$			2.39

* 列とは、図3において示す、切削幅方向の約5等分点a, b, ..., eのそれぞれに対応する点の集まりをさす。
被削材：軟鋼(HB140)，工具：超硬，P20，[すくい角 30° ($-14^\circ, 0.1\text{mm}$ ランド)，にげ角 8°]
切削条件，削り速度：40m/min，送り0.075 mm/rev，
切削幅：3 mm，円筒端面二次元切削
切削油剤，流量1 l/min，流下供給方式

図3 削りくず厚さ測定試料説明図

でにどの程度の時間を要しているかを検討した。両者のうち、定常状態になるまでに、より長時間を要した切削熱起電力についての結果を図2に示す。切削終了時の非定常範囲は、実験操作によっていくらか変化すると考えられるが、いずれにしてもごく短時間のものと考えられる。それで、削りくずを採集する場合に、上述の検討結果から判断される切削初期20秒程度と、切削終了直前の削りくずを除外することは容易に行ない得る。

以上の実験においては、試料としての各削りくず片の厚さの測定位置は、常識的に各片のほぼ中央としたが、表1はこれが妥当であったかどうかを検討するために、各削りくず片について図3に示すように切削幅方向の約6等分点a, b, c, dおよびeの部分の厚さについて行なった分散分析表である。この結果から切削油剤として種油を使用した場合は、a, b, c, dおよびeの間に差はないとみてよいが、乾切削およびスピンドル油使用の場合は一様性が認められない。それでこれらのものについては差の大きいとみられる、aの部分から得られ

表2 削りくず厚さ測定位置に関する分散分析表(II)

計算項目	なし(乾切削)	スピンドル油
全 変 動 S_{JR}	57420	70320
列 内 変 動 $S_{R(J)}$	56660	67760
列 間 変 動 S_J	761	2556
列間不偏分散 V_1	254	852
列内不偏分散 V_W	289	346
分散比 $F_0 = V_1/V_W$	0.88	2.46
$(F_{197}^3)_{\alpha=0.05}$		2.65

各条件は表1の場合と同様

すくい角の小さいバイトによる削りくずの小標本の場合は本図のごとく分布曲線に双峰特性が現われる場合があるが近似的に正規分布と見なして取扱っても十分である

図4 厚さ測定端子直径と削りくず厚さの分布曲線

る測定値を除いて再度検定して表2を得た。これによれば乾切削およびスピンドル油を使用した場合についても各削りくずの中央と、それに近接した左右の二点間には意外差はないと見てよく、前記のように各削りくず片についてはほぼ中央付近の厚さを測定して十分であることがわかる。

つぎに、一般に削りくずの長さ方向の断面の形状から考えて、測定端子の曲率半径の大きさによっては、削りくず厚さ平均値および分布が異なるのではないかと考えられるので、削りくずの同一標本を各種の直径を有する球を両測定端子とする、ミクロンダイヤルゲージによって測定した場合のそれぞれの分布を検討した。その一例を図4に示す。この結果からわかるように削りくず厚さを測定して、切削状態の良否を判断する場合には、使用した測定端子の形状寸法を明らかにしておく必要が認められる。以上のような検討の結果、本実験においては測定端子の直径が3/32インチのパイプ肉厚用マイクロメータおよび直径1.5mmのJIS1級の鋼球を両測定端子とす

図5 バイトすくい角の相違による削りくず厚さ分布の変化, (削りくず片試料数: 150)

被削材: 0.13%C 鋼, バイト: P20 (すくい角30°, にげ角8°) 切削条件, 切削幅: 3mm, 送り: 0.075mm/rev, 二次元切削 切削油剤: 乾切削

図6 削り速度と削りくず厚さの標準偏差との関係

被削材: 0.13%C 鋼, バイト: SKH3 (すくい角30°, にげ角6°), 切削条件: 二次元切削, 削り速度: 50m/min, 切削幅: 3mm, 送り0.075mm/rev, 切削油剤: ●は固形ワックス使用, 他は乾切削, (被削材温度調整)

図7 刃先温度と削りくず厚さ標準偏差との関係 (被削材調温の場合)

るミクロンダイヤルゲージを使用した。

2.2 切削現象と削りくず厚さの分布

削りくず厚さの分布を考慮に入れて, 分散あるいは標準偏差などを切削状態を判断するための指標とするためには, これらが従来知られている切削状態の良し悪しにどの程度対応しているかを知る必要がある。

図5はすくい角が段階的に異なった数本のバイトを用いて得た削りくず標本の厚さの分布を示す。なお図5は標本数が150片の場合の分布であるが, さらに試料数を

変えて検討した結果では30片程度あれば実用上十分であることがわかった。このように削りくず厚さの分布を調べることににより, すくい角が大きくなって, 削りくずの流出が容易になる状態を定量的に表示できる。つぎに削り速度によって削りくず厚さの分散がどのように変わるかを, できるだけ構成刃先の影響がないように, 大きなすくい角のバイトを用いて検討した結果を図6に示す。また図7は加熱または冷却によって被削材の初期温度を変

図8 刃先温度と切削比との関係(被削材調温の場合)
測定端子直径: 3/32 インチ

った場合に、削りくず厚さの分散が切削温度に対してどのようなかを検討した結果である。この場合、従来から採用されている切削比だけでは、被削材の青熱ぜい性を示す付近の温度で、削りくずの排出状態が不安定になることを明示することが困難であるが、標準偏差を見れば被削材が青熱ぜい性のために、不安定な削りくずを出すようになり、さらに高温になるにしたがって再び安定した削りくずを出すようになる状態がめいりようには握できる。なお参考のために図8にこの場合の切削比を示す。

2. 3 削りくず厚さの変動について

流れ形の削りくず厚さに分布があるということは、厚さがある範囲にばらついているということであり、ふつう流れ形削りくずを出す場合の切削模型図に示されるような、一様厚さのリボン状のものではないということである。

これは常識的にばく然とあるいは当然のことと認められておりながら、その原因については現在のところあまり深く追求されておらない。これは削りくず厚さが変動するのは多くの原因が重なり合った結果であることは予想できるが、その支配的な因子をそれぞれの場合について指摘することが困難であるためと思われる。

円筒端面の二次元切削の場合を例にとり、上記の原因と考えられるものを列挙すると次のようである。

1. 旋盤の精度および剛性度起因すると考えられる事項

- 刃物台の送り駆動系統の不正確に基づく主軸1回転あたりの工具送り量の誤差
- 旋盤の主軸の主軸方向および主軸に直角な面内における振動変位
- 主軸のねじり振動変位

被削材: S50C, バイト: SKH.3 (0.5, 5.5, 55, 60, 0),
切削条件: 削り速度30m/min, 切削油剤: スピンドル油,
(添加剤なし, いおう添加, 塩素化エステル添加のそれぞれ) および種油, 流下供給法50CC/min, 測定端子直径: 1.5mm

図9 削りくず厚さの分散と仕上面あらさとの相関関係

2. 工具の取付状態および剛性などに起因すると考えられる事項

- 構成刃先の成長脱落による実質すくい角および切込みの変化
- ふん囲気の影響および切削温度などによるすくい面摩擦抵抗および削りくずせん断領域の変形抵抗の変化
- 工具のたわみ振動による実質すくい角および切込みの変化

3. 被削材に起因すると考えられる事項

- 被削材の材質むらあるいは青熱ぜい性などに起因する変形抵抗の変化
- 被削材のねじり振動による実質切込みの変化

そしてこのような原因が、削りくず厚さにどのように影響し、ひいては仕上面にどのような影響をもたらすかを知るために、切込み(または1回転あたりの送り)が与えられて削りくず厚さが決まる過程を、一種の信号伝達の過程とみなして解析した報告が見られる²⁾。切削油剤の影響を考慮に入れた場合についても、このような手法による解析が当然考えられるが、実際に伝達関数を求めようとすると切削油剤の効果は複雑なノイズの形で入ることになり、しかも伝達要素を非線形にする傾向を強めるため簡単には決められない。そこで本報では将来におけるこのような方法による近似解析の資料の一つとして、切削油剤を適用した場合の削りくず厚さまたはその変動と切削抵抗または仕上面あらさなどの関係を実験的に検討した結果を述べるに止めた。図9は削りくず厚

被削材：S50C鋼，バイト：P10 (0, 0.5, 5, 0.15, 0)
 切削条件：削り速度：6～100m/min，切込み 3 mm，
 送り：0.09 mm/rev，切削油剤：乾切削および流下供給
 法240CC/min (添加剤なし，いおう添加，のもの) 測定
 端子直径：1.5mm

図10 削りくず厚さの分散と切削送り分力の分散その相
 関

さの分散と仕上面あらさとの関係を，また図10は送り分力の分散と削りくず厚さの標準偏差との関係を示す。これらを見ると完全な1対1の対応ではないから，適用に制限は受けるが，削りくず厚さの変動を知ることによって，仕上面あらさおよび切削抵抗の変動についての比較をすることが一応は可能であるといえる。

なお前述の削りくず厚さの変動の諸原因のうち，旋盤の主軸1回転あたりの工具送り量の誤差は，円筒端面の二次元切削においてはそのまま実質切込みの変動となるため，削りくず厚さへの影響が大きいと考えられるので，実験に使用した2台の旋盤のうち精度が悪いと見なされ方について送りの精度検査を行ない，次の結果を得た。すなわち，実験によく使用する範囲の刃物台の位置の近傍で，称送り 0.075 mm/rev の場合について，主軸方向長さ 100mm にわたって1回転ごとの送り量をマイクロダイヤルゲージによって実測して，これから無作為抽出によって50個の値を選び出してこれを一種の確率標本と考えてその平均値を求め，1回転あたりの送りとして $0.078\text{mm} \pm 0.001\text{mm}$ (95%信頼限界) を得た。この結果は50片の削りくず厚さを平均値で比較する場合，同一の称送りに対しては $\pm 0.001\text{mm}$ 程度の誤差を考えればよいが，工作機械によっては称送りに対する実際の送り量のずれは，約4%程度はあるということであり，切削条件が同一であっても使用した工作機械が異なる場合の削りくず厚さを比較する場合には注意する必要がある。

ことを示している。

2. 4 切削油剤の種類と削りくず厚さの分布

前述のように削りくず厚さだけではなく，削りくず厚さの分布も切削状態を判断するのに有効な指標であることがわかったので，切削油剤の添加剤の種類の違いによって，削りくずが切削比 (r_c) と削りくず厚さ標準偏差 (σ) とを直交座標軸とする $r_c - \sigma$ 平面にどのように現われてくるかを検討した。

切削比 (r_c) については従来の多くの文献から，また標準偏差 (σ) については本報告においてすでに述べた事実から，いずれも切削状態を判断するのに有効な指標であることがわかったので， $r_c - \sigma$ 平面において左上方に位置するものが，右下方に位置するものよりも良好な切削状態であると判断できる。そこで，この $r_c - \sigma$ 平面を用いて，切削油剤の添加剤の種類の違いによって削りくず厚さに及ぼす油剤の影響がどのように異なるかを検討した。

表3に軟鋼 (硬度 HB=140) を，高速度鋼 SKH3 のバイトで二次元切削する場合に，添加剤の種類をかえた各種の切削油剤を流下法で供給して得た削りくずの r_c と σ とを示す。この表から切削油剤を使用することによって切削比はいずれも大きくなるが，削りくず厚さの標準偏差はかならずしも小さくなるとは言えないことがわかる。とくに極圧剤としていおうを単独に添加したものおよび銅石けんを単独に添加したものなどはその傾向が強い。一方，塩素系と燐系とを同時に添加したものは切削比もかなり向上させるうえに，厚さの標準偏差も小さくするのに有効なことがわかる。

図11は0.5% C炭素鋼をSKH3のバイトにより三次元切削する場合に，表4に示すように添加剤の種類はいおう系および塩素系だけに限り，また配合の組合せ，その添加量などを系統的に変化させた各種の切削油剤を使用して得られた r_c と σ との関係を示す図である。

図から見られるごとく切削比と削りくず厚さの標準偏差との間には一応は，直線的な相関があると思われるから，切削油剤の効果を大まかに比較するには切削比だけを指標として十分であるが，たとえば同系統の油剤の活性の程度の相違を問題にするような場合，あるいは添加剤の濃度の差による効果を問題にするような場合は r_c と σ との両方によって判断する方が優劣をより明瞭につけることができる。

たとえば，図11の油剤6および7のそれぞれのグループについてみるとあきらかに二つの点群に分れていることが見られ，油剤6のグループは油剤7のグループに比較して大きな切削比を与えるが，削りくず厚さのばらつ

表3 切削油剤の種類と削りくず厚さ諸量との関係

No.	基油	添加油・剤	添加量%	切削比	削りくず厚さの 標準偏差 mm	備考
1	なし(乾切削)	なし	0	0.484	0.017	比較基準
2	なたね油	なし	0	0.514	0.014	比較対照
3	#60スピンドル油	なたね油	3	0.532	0.016	E社製品
		P系添加剤	2			
4	〃	いおう・塩素化鉱油	5	0.560	0.014	F社製品 以下同様
		りん酸エステル	0.5			
5	〃	いおう	0.5	0.524	0.018	
		りん酸エステル	0.5			
6	〃	ステアリン酸アルミ	1.	0.553	0.016	水溶性, 希釈30倍
7	〃	ステアリン酸銅	5	0.565	0.018	水溶性, 希釈30倍
8	〃	ステアリン酸銅	0.5	0.541	0.015	水溶性, 希釈30倍
		りん酸エステル	0.5			
		いおう	0.5			
		塩化いおう	5			

被削材：鋼 (HB140), バイト：SKH3 (すくい角30°, にげ角6°)

切削条件：2次元切削, 削り速度40m/min, 切削幅3mm, 送り0.075mm/rev

切削油剤供給法, 流下式, 900CC/min, ノズル口径3mm, 測定端子直径：8/32インチ

油剤および記号については表6を参照のこと。

被削材：S50C, バイト：SKH3 (0, 5, 5, 5.55, 60, 0), 切込み：1.5mm, 送り0.2mm/rev

切削油剤：流下供給法流量50CC/min, 測定端子直径：1.5mm

図11 切削油剤の種類と、削りくず厚さの r_e δ 平面図

表4 供試切削油剤(図13参照のこと)

油 剤 番 号	基 油	添 加 剤	添 加 剤 量	参照図番	備 考												
1	DRY	—	—	1, 2, 4A, 5	記号（削り速度） ○；● 6.8m/min △；▲ 17m/min □；■ 34m/min												
2	菜種油	—	—	3, 5													
3	# 60スピンドル油	高粘度礦油	20～75%	4A													
4	〃	脂肪油	5～20%	4B													
5	〃	脂肪エステル	5～20%	4B	添加剤含有量記号												
6	〃	塩素化パラフィン	5～20%	4C													
7	〃	塩素化テストル	5～20%	3, 4C	油剤番号 記号												
8	〃	塩素化脂肪油と脂肪油	clとして 0.5～2.0%	4D													
9	〃	硫化脂肪油	Sとして 0.5～2.0%	4E	<table><tr><td>20%</td><td>5%</td><td>0.5%</td></tr><tr><td>40〃</td><td>10〃</td><td>1.0〃</td></tr><tr><td>60〃</td><td>15〃</td><td>1.5〃</td></tr><tr><td>75〃</td><td>20〃</td><td>2.0〃</td></tr></table>	20%	5%	0.5%	40〃	10〃	1.0〃	60〃	15〃	1.5〃	75〃	20〃	2.0〃
20%	5%	0.5%															
40〃	10〃	1.0〃															
60〃	15〃	1.5〃															
75〃	20〃	2.0〃															
10	〃	硫化脂肪油と脂肪油	0.5～2.0%	4E													
11	〃	硫塩化脂肪油	(S+cl)として 0.5～2.0%	4F													
12	〃	硫塩化脂肪油と脂肪油	0.5～2.0%	4F													
13	〃	塩素化, 硫化脂肪油と脂肪油	0.5～2.0%	4G	但し8—13はSおよびcl の量												

表5 油剤番号6および7の性状試験結果

油 剤 番 号	試 油 6					試 油 7				
添 加 剤 名	塩 素 化 パラフィン					塩 素 化 エステル				
試験項目 添加剤 含有量	脂肪分	塩素分	粘 度 (30°C RWS)	摩擦係数*	耐圧荷重**	脂肪分	塩素分	粘 度 (30°C RWS)	摩擦係数*	耐圧荷重**
5 %	0 %	2 %	59.9	0.152	6.0kg/cm ²	3.3%	1.8%	62.7	0.148	5.0kg/cm ²
10	0	4	66.7	0.147	6.5	6.5	3.5	68.9	0.143	6.0
15	0	6	77.2	0.149	5.5	9.8	5.3	76.7	0.138	6.3
20	0	8	86.7	0.146	8.5	13.0	7.0	86.0	0.130	13.0

* 振子型摩擦試験機による測定結果 ** 四球式摩擦試験機による測定結果

きは油剤6のグループを使用した場合の方が大きく、すなわち、油剤6のグループを使用した場合は油剤7のグループを使用した場合に比較して、刃先における摩擦は軽減するが、効果の安定度という点では油剤7のグループの方がすぐれているといえる。この相違が何によってもたらされているかを見るために、油剤6と7のそれぞれのグループについて添加成分、粘度および振子型摩擦試験機による摩擦係数ならびに四球式摩擦試験機による耐圧荷重を比較して表5を得た。

この表から添加塩素分および粘度には両グループ間に大差はなく、脂肪分が大きく異なっていることとおおよそ添加剤の高濃度の側において油剤7のグループの方が摩擦係数が低く、耐圧荷重もいくらか大きいことがわかる。

このような結果と上述の τ - σ 平面における結果とを対比すると次のようなことが考えられる。すなわち添加

剤中の脂肪分を増すことによって油剤の効果が安定化するため、くりかえし摩擦現象が支配的であるような試験に対しては、油脂分を含有する油剤7のグループの方が油脂分を含まない油剤6のグループよりも常によい試験結果を示す。一方切削のようにより返し摩擦が支配的でないような場合には、比較的に不安定ではあっても金属への作用がより活発と考えられる油剤6のグループの方³⁾が短時間に効果を発揮することができ大きな切削比を与えることになる。しかし切削の場合には活性の大きな油剤の供給によって、かえって切削抵抗の変動を増すことがあり得る⁴⁾から σ はかえって大きくなったものであると考えられる。

一方、油剤11のグループと12のグループとの比較では一部の例外を除けば油剤11のグループの方が、油剤12のグループよりも切削比および変動のいずれを見ても優れ

被削材：軟鋼 (HB140)，バイト：P20 (すくい角 30° ， -14° ダブルフレイキ，にげ角 6°)，切削条件：二次元切削 切削幅 3 mm，送り 0.07 mm/rev，測定端子直径：3/32 インチ。

図12 切削油剤の供給方法の相違による削りくず厚さのばらつきの相違

ているといえる。

また，削り速度別に着目して油剤の効果を見ると，削り速度 17 m/min 程度において最もよい切削状態を与えることがわかる。さらに添加剤の濃度については実験により得た点の分布を全般的に見て濃度が高いほどよいというのではなく，最適濃度が存在すると思われる。

また，図12は，軟鋼の切削における切削油剤の供給を流下法または噴霧供給法で行なった場合の比較を，削りくず厚さ標準偏差によって行なった例であり，この場合も切削比だけではそれほど明瞭に判断されなかった両供給法の効果の差が厚さの標準偏差を見ることによってあきらかにできた。

3. 結 論

切削実験において，切削終了後に切削中の状態を判断するための重要な資料である削りくずについて，従来から使用されている切削比だけでなく，その厚さの分布または変動を考慮に入れて，切削油剤が削りくず厚さにどのような影響を及ぼすかについて検討して次のような結論を得た。

- (1) 切削油剤を使用した定常二次元切削から得られる流れ形削りくずの厚さは正規分布をするとみなせる。
- (2) 円筒端面の二次元切削によって得た削りくずの厚試料を採集する場合，切削開始から20秒程度と，切削中の削終了直前の削りくずを除外すれば，定常切さ測定試料とみなし得る。
- (3) 削りくずの幅方向についての両端部を除外すれば，削りくず試片のどの部分の厚さを測定してもよい。
- (4) マイクロメータ方式によって削りくず厚さを測定する場合には，測定端子の形状を明確にしておく必要がある。
- (5) 削りくず厚さの分散あるいは標準偏差を比較することによって，切削抵抗の変動および仕上面あらさの比較をすることができ，切削状態の安定，不安定を量的に表示することができる。
- (6) 削りくず試料について切削比 r_c と削りくず厚さの標準偏差 σ とを $r_c - \sigma$ 直交座標面の点で表わすことにより，切削油剤の効果を従来の切削比だけによるよりも詳しく表わすことができ，たとえば，同系統の添加剤を含有する切削油剤の活性度の相違，添加剤の濃度の相違などによる効果の相違とか，切削油剤の供給法の相違による効果の相違を，より適切に表わすことができる。(1967, 2月17日受付)

4. 参 考 文 献

- 1) 古市・玉村：いおう添加剤が切削状態に及ぼす影響について，精密機械，Vol. 28 No. 11 (1962) 634.
- 2) ベ・ア・クジノフ，(鈴木勇夫訳)：不安定な構成刃先を伴う切削の際の自励振動，マシニスト，Vol. 10 No. 1 (1966) 22.
- 3) Helen Sellei：Measuring Activity of Sulfur Additives in Oils, Jor, Lub, Eng, Vol. 14 No. 10 (1958) 435.
- 4) 文献 1) と同じ。