アルミニウム合金展伸材の切削に関する研究 (第1報)

11S, 17S および 56S の切削抵抗について*

財満 鎮雄** 加 茂 進*** 荒尾 和行****

A study on the machinability of wrought aluminium alloy (1st Report)

(UDC 621. 9. 011 : 669. 715)

On the cutting resistance in the case of turning aluminium 11S, 17S and 56S*

ZAIMA Shigeo** · KAMO Susumu*** · ARAO Kazuo****

The turning tests were made on three sorts of wrought aluminium, that is, 11S which is well known as most machinable one, 17S which is looked upon typical high tension aluminium and 56S which is used as anti-corrosive alloy, and their machinability were examined. It seems that the machinability must be discussed upon several factors, for example, the cutting resistance, the roughness of turning surface, the tool life, the chip formation, the chip disposal and others. In this paper, the cutting force and the chip disposal are mainly studied and in the following report, the roughness of turning surface and the built-up edge will be discussed. The results are summarized as follows:

1) The larger the rake angle of tool, the smaller the cutting resistance, and in the case of 17S and 56S, especially, the cutting resistance increases radically when the rake angle gets less than 10° . The cutting resistance is not affected by the cutting speed (in this experimental case, $37 \sim 183$ m/min), and the resistance increases in proportion to the increasing in the feed in constant rake angle.

2) The cutting resistance increases in order of 11S, 56S and 17S, and it seems that there is no connection between the resistance and the tensile strength or the hardness.

3) The trouble seems to increase in the chip disposal in order of 11S, 56S and 17S. In the case of 17S, especially, a continued straight flow type chip is apt to grow, for which a chip breaker is necessary.

(Received June 17, 1963)

1. 緒 言

アルミニウム合金は鉄鋼などに比較して硬さは低く、加工も一般的にみて容易なため、切削試験はあまり実施されていない。

しかし、その切削仕上げ面の良否からみれば、アルミニウム合金中のある種のものは良好な切削面がなかなか得られないものもある。著者らはアルミニウム合金展伸材のうち、被削性が良く機械部品に使用される11S, 高力アルミニウム合金の代表とみられる 17S および耐食性合金として使用される 56S の3種類について切削試験を行ない、被削性を検討した。被削性は切削抵抗、切削仕上げ面、工具寿命、切屑生成の良否および切屑処理の難易

などの各要素によって決定されると考えられる。

本報においては、主として切削抵抗、切屑処理の難易について検討を加え、引続き次報において切削仕上げ面およびこれに付随して生ずる構成刃先の問題について検討し、これらの材料に適した切削条件を求めることを目的とした。

2. 実験要綱

2.1 供試試料

切削試験に使用した試料は Table 1に示す成分の11S-T4, 17S-T4 および 56S-F の棒材 (外径約40mm)で、それぞれの引張強さおよびビッカース硬さは表記のとおりである。

* 本報は軽金属研究会第24回春期大会 (38-5-23) において講演したものの一部である

** 静岡大学工学部教授 工博 Prof., Faculty of Engineering, Shizuoka University, Dr. Eng.

*** 静岡大学工学部機械工学科 Faculty of Engineering, Shizuoka University.

**** 山村硝子(株) Yamamura Glass Work Co., Ltd.

Table 1 Chemical composition.

11S-T4										
	Cu	Si	Fe	Pb	Zn	Bi		Al	Tensile strength (kg/mm ²)	Vickers hardness (kg/mm ²)
JIS	5.0-6.0	≤0.40	≤0.7	0.2-0.6	≤0.30	0.2-0.6		bal		
TP	5.42	0.12	0.19	0.47	0.06	0.52		bal	66.8	117
17S-T4										
	Cu	Si	Fe	Mg	Zn	Mn	Cr	Al	Tensile strength (kg/mm ²)	Vickers hardness (kg/mm ²)
JIS	3.5-4.5	≤0.8	≤1.0	0.2-0.8	≤0.25	0.4-1.4	≤0.10	bal		
TP	4.13	0.29	0.24	0.60	0.04	0.50	tr	bal	66.8	112
56S-F										
	Cu	Si	Fe	Mg	Mn	Cr	Zn	Al	Tensile strength (kg/mm ²)	Vickers hardness (kg/mm ²)
JIS	≤0.10	≤0.30	≤0.40	4.5-5.6	0.05-0.2	0.05-0.2	≤0.10	bal		
TP	0.03	0.13	0.15	5.18	0.10	0.09	0.02	bal	28.5	74.8

Table 2 Tool dimension

Top rake angle	0°	Side cutting edge angle	0°
Side rake angle	0°, 10°, 20°, 30°	End cutting edge angle	8°
Front clearance angle	7°	Nose radius	0 mm
Side clearance angle	7°	Setting angle	90°

Table 3 Cutting condition.

Cutting speed	37~183 m/min
Depth of cut	1.0, 2.0 mm
Feed	0.065, 0.13, 0.26 mm/rev
Cutting fluid	None

2.2 使用機械および工具

使用機械は普通の実用高速旋盤を使用し、使用工具は高速度鋼製片刃バイトで、その諸元は Table 2 のとおりである。

2.3 切削条件

切削条件は Table 3 に示す範囲で適宜変化した。このうち切削速度はカイザー・アルミニウム¹⁾などで示されている高速度鋼バイトの切削速度範囲では比較的低速の部類に入るが、普通旋盤による切削速度範囲で実験を行った。

2.4 切削抵抗の測定

切削抵抗の測定は Fig.1 に示すような円板状バイト保持具を刃物台に取付け、円板の中心に固定したバイトに荷重がかかると、円板表面および裏面に貼付けた歪計ゲ

Fig. 1 Tool holder.

ージのうち、たとえば図中Aには圧縮力、Bには引張力がかかることになるので、この際生じた電気抵抗の変化として検出した。予め既知荷重での抵抗と比較して、切削抵抗の値を定めた。片刃バイトを使用したので、切削抵抗として主分力と送り、分力の2分力で検討した。

3. 切削抵抗について

2.1 主分力

主分力 T とすくい角 θ の関係は Fig.2 のようになり、すくい角が大きくなるにつれて主分力は減少の傾向にあり、とくに 17S, 56S で送りが大きくなると主分力は大き

Fig. 2 Relation between tangential force T and rake angle θ .

Fig. 3 Relation between tangential force T and cutting speed V .

Fig. 4 Relation between tangential force T and feed f .

くなるが、すくい角が 10° をこえた場合に主分力の低下は急激である。また、切込みが 1mm から 2mm と増加すると主分力も倍加するようである。

主分力 T と切削速度 V との関係は Fig. 3 のようになり、いずれの場合も実験範囲の切削速度ではすくい角が一定であれば主分力は一定であるとみてよい。ただし 17S, 56S ですくい角が 0° , 10° の場合に主分力の変動がみられるが、これは次報で取扱う構成刃先の発生による切削抵抗の変化が影響していると思われる。

主分力 T と送り f との関係は Fig. 4 のようになり、前述のようにすくい角が一定であれば、切削抵抗は送りの一次関数として表わされることがわかった。すなわち、実験範囲の切削速度では材料およびすくい角による定数を a とすれば

$$T = a \cdot f \quad \cdots (1)$$

材料による主成分の比較をすれば Fig. 5 から明らかのように 11S がもつとも主分力が小さく、この点よりみた被削性は良好であり 56S, 17S の順に主分力が大きくな

Fig. 5 Comparison of tangential force F .

り、主分力の傾向と Table 1 に示した引張強さあるいは硬さとの間には一義的な関連性はないようである。

3.2 送り分力

送り分力 F とすくい角 θ との関係、送り分力 F と切削速度 V との関係、送り分力 F と送り f との関係も主分

Fig. 6 Relation between traversing force F and rake angle θ .

Type I Continuous flow type

Type II Coil type

Type III Devided chip type

Photo. 1 Classification of chip.

力の場合とはほぼ同様の関係を示しているが、たとえば F - θ 関係は Fig. 6 にみるようになり、送り分力の値は半分力の値の約30~50%程度である。送り分力に与える送りの影響も主分力の場合ほど大きくはなく、この場合も構成刃先が発生したとみられる時には送り分力の値の変動も不規則であつた。また場合によっては送り分力が負の値をとることもある。

4. 切屑処理

切削機構については従来から多数の研究が行なわれ、

Fig. 7 Chip treatment (No. 1)

Fig. 8 Chip treatment (No. 2)

切屑の生成機構についても多くの研究がある。

加工物の材質、バイトのすくい角、切込みおよび切削速度などによって異なるが、W. Rosenhain と A. C. Sturney²⁾ によると切屑の生成機構には裂断型切屑、せん断型切屑および流断型切屑の種類があるとされ、さらに大越²⁾ は裂断型をむしり型とき裂型に分けて4種類の形態が存在するとしている。

しかし、これらの研究結果は、いずれもその目的が切削機構、切削理論の探究にあり、実際作業の場合の切屑処理ないしは切屑処理の観点より考慮した材料の被削性を

検討する目的で、切屑生成を対象とした例は少ないようである。とくに、最近のように自動機の発達に伴うアルミニウム合金展伸材の自動旋盤による切削加工が増加すれば、切屑処理の難易が材料の被削性を検討する場合の重要な因子の1つとなってくる。

一般にアルミニウム合金展伸材では多くの場合、いわゆる流断型切屑が発生し、一部にはせん断型が認められる場合もあるが、著者らは本実験においては全実験を通じて切屑処理の面より、次のように分類した。すなわち、切屑形状により **Photo. 1** のように分類し、I型は直線状の切屑、II型はつる巻状切屑で基本形状とみなされ、III型は分断型でII型が分断されたものである。I型のような切屑が発生すれば途中で切れることなく連続しており、機械の一部あるいはバイトや被削材にからみつき、不都合な場合が多くチップブレーカを必要とする。II型の切屑が発生した場合も連続してからみつくことはあるが、つる巻状のまま自重で切屑溜めに落下することが多く、この場合に前述のせん断型が加わって分断したIII型切屑の発生した時に、最も切屑処理が容易となる。

以上の分類によつて結果をまとめると、切屑速度についてみれば **Fig. 7** のようになり、図の表示方法は付図の説明にあるように上半円は切込み2mmの場合、下半円は1mmの場合を示し、基線0°の方向より±180°の方向にすくい角の増加を示し、中心より円周方向に送り量の増加を示し、すくい角および送りの変化に対応して分類表示したものである。図よりみれば各材料を通じて、すくい角は小さく送りは大きい方がI型よりII型切屑の発生に傾向が近づくことがわかる。

また、送りについてまとめれば **Fig. 8** のようになり、図の表示方法は **Fig. 7** の場合とほぼ同要領で、基線0°の方向より±180°の方向にすくい角の増加を示し、中心より円周方向に切削速度の増加を示している。図よりみれば、すくい角は小さい方がIII型切屑に近づくが、切削速度が増加するとI型切屑の発生が多いようである。

Fig. 7, Fig. 8 よりわかるように、11SではII型およびす

くい角の小さいところでIII型が多く、ほとんどI型はあらわれていない。56SはI型の発生もかなり認められるが、17SよりもII型が多くあらわれており、17SではI型の発生が非常に多い。したがって、材料別に切屑処理の点から被削性を論ずれば、11Sが最も被削性が良好で、56S, 17Sの順に被削性は劣ることがいえるようである。

5. 結 言

以上要約すれば、11S-T4, 17S-T4 および 56S-F について高速度鋼製片刃バイトを使用して切削試験を行なった結果のうち、本報では主として切削抵抗および切屑処理について検討した。結果を要約すると次のようである。

1) バイトのすくい角が大きい程切削抵抗は少なく、とくに 17S, 56S ではすくい角が10°以下になると抵抗は急激に大きくなった。また、切削抵抗は実験範囲の切削速度 (37~183 m/min) では切削速度の影響を受けず、すくい角が一定の場合、送りの一次関数として表わされ、送りが小さい程切削抵抗は小さかった。

2) 11S, 56S, 17S の順に切削抵抗は増加し、引張強さあるいは硬さなどの傾向とは無関係であつた。

3) 切屑処理の点からみれば 11S, 56S, 17S の順に処理が面倒となり、とくに17Sではチップブレーカを必要とする直線状切屑が多く発生した。

本報の遂行に当たり、試料の入手と分析は住友軽金属工業株式会社河内利平博士の御好意によつたことを付記して深甚なる謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) Machining Kaiser Aluminum (Kaiser Aluminum & Chemical Sales, Inc., 1955)
- 2) W. Rosenhain, A. C. Sturney: Engineering, Jan., 30 & Feb., 6, 1925.
- 3) M. Ogoshi: Sci. Paper of the Inst. of Phys. & Chem. Research, **14**, 272, Oct., 20 (1930).

×

×

×

×