アルミニウム合金展伸材のリーマ加工性について*

財満 鎮雄** 加茂 進*** 松山 昌治****

On the reaming machinability of wrought aluminum alloy*

(UDC 669.715-12:621.9.011)

ZAIMA Shigeo** KAMO Susumu*** MATSUYAMA Masaharu****

The reaming tests on several kinds of wrought aluminum alloys were carried out for the purpose of examining machinability and finding proper reaming conditions. The kinds of alloy specimens used were 17ST4 (Hv = 123), 24SF (Hv = 103), and 56SF (Hv = 103). The results obtained were summarized as follows:

1) In the case of the reaming at a constant feeding speed, torque greatly increased, but thrust slightly increased with the increase of the depth of reaming. The difference of reaming resistance, especially the difference of torque, among the kinds of alloys was rather great. The experiments showed that the ascending order of torque was 17ST4 < 24SF < 56SF.

2) In the case of reaming under constant feeding load, torque was less affected by feeding load at a constant depth of reaming. The difference of torque among the kinds of alloys was clear when the diameter of predrilled hole was small (the torque of 56SF was the largest as mentioned above), but it was not so clear when the diameter was large and at a small depth of reaming.

3) In the case of reaming for 8.5 mm, the enlargement of the diameter of the hole was in the range of 40~100 μ regardless of the methods of reaming. Out-of-roundness of reamed hole (expressed by the difference between the maximum diameter and the diameter perpendicular to it) was in the range of 0~60 μ .

4) The roughness of the surface of reamed hole was always in the range of 3~9 μ .

(Received Dec. 7, 1965)

1. 緒 言

従来、アルミニウム合金のリーマ加工に関する研究はきわめて少なく、それらを取扱った文献もあまりみられない。しかし、実際には工場などにおいてアルミニウム合金のリーマ加工の必要はしばしばであり、またその際、いわゆる切味の悪さの問題、リーマ仕上面の問題など意外にトラブルが多いことも耳にするところである。

著者らはさきにアルミニウム合金の旋削、孔あけなどの機械加工性を検討してきたが、その結果からも、とくにアルミニウム合金のある種のものは良好な仕上面をうる条件がなかなか見つからないものがあり、リーマ加工の際にも当然そのような困難にぶつかりそうなのは容易に想像できる。さらに数少ない文献のなかでも例えば K. Krekeler はアルミニウム合金のリーマ加工の際の適当な送り速度はリーマ径 6.5~13 mm ϕ においては $f =$

Table 1 Used specimen.

Specimen	Chemical composition (%)							
	Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Cr	Zn	Al
17 ST4	4.11	0.14	0.23	0.65	0.67	—	—	R
24 SF	4.65	0.12	0.23	0.64	1.65	—	—	R
56 SF	0.06	0.19	0.29	0.15	5.55	0.12	0.01	R

* 本報は軽金属学会 No. 28 春期大会 (40-5-27) にて講演した。

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

*** 静岡大学工学部助手 Assist. Faculty of Engineering, Shizuoka University.

**** 静岡県立浜松城北工業高校 Hamamatsu Gohoku Technical High School.

Table 2 Mechanical properties of used specimen.

Specimen	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Vickers hardness	Shearing strength (kg/mm ²)	Remark
17 ST 4	49.5	14	123	19.4	Diameter d=45mm
24 SF	35.6	10	103	18.5	d=35mm
56 SF	31.8	26	103	17.3	d=40mm

Photo. 1 Microscopic structure. ($\times 400$) **Fig. 1** Hand reamer.

0.2~0.35 mm/rev 切削速度は $V = 40 \sim 60$ m/min としているが、あるものはその場合と同一条件では $f = 0.25 \sim 0.5$ mm/rev, $V = 150$ m/min としており²⁾²⁾、結果が一致していないことが多い。

したがって、とくにアルミニウム合金を対象としたリーマ加工の調査研究が望まれるゆえんであり、著者らはその手はじめとして2~3のアルミニウム展伸材 (17S, 24S および 56S) を試料としてリーマ加工性の実態を求め、リーマ加工に関する諸資料を求める目的で検討を行なった。主としてリーマ抵抗、仕上面粗さおよび加工孔の精度などの見地よりリーマ加工性を追求した。

2. 試料

実験に供した試料は **Table 1** に示す成分の展伸材 17ST4, 24SF および 56SF の棒材 (外径約40 mm ϕ) で高さ約13mmの円柱状に切り出したものである。

これらの試料の2~3の機械的性質を示せば **Table 2** のように引張強さ、剪断強さなどは 17ST4, 24SF, 56SF の順に低い値をとり、硬さは 17ST4 がやや硬いが他の材料では差がなく、伸びは 56SF がかなり大きい値を示し 17ST4 と 24SF ではあまり差がない。また顕微鏡組織は **Photo 1** のように熱処理材 17ST4 に比べ 24SF, 56SF, は F 材らしく拡散が均一でないような感がしたり、粒度がかなり大きかったりするようである。

Fig. 2 Reaming dinamometer.

3. 実験要項

3.1 使用工具および使用機械

実験に使用した工具は **Fig. 1** の形状・諸元の高速鋼 (SKH2) 製 8.5 mm ϕ ハンドリーマである。使用機械は並木製タツパー兼用ボール盤 (NTD-340 型, 300W, 主軸回転数 168~2520 rpm) を使用した。

3.2 リーマ加工条件

リーマ加工条件としては、一定送り速度の下におけるリーマ加工と一定送り力の下におけるリーマ加工の両方

Fig. 3 Reaming resistance under constant reaming feed.

Fig. 4 Surface roughness under constant reaming feed.

式を採用し、前者の場合リーマ回転数を 630 rpm (したがって切削速度 $V = 16.8$ m/min) としボール盤に取付けた自動送り装置によつて送り速度を $f = 0.145, 0.189$ および 0.261 mm/rev に変化した乾式リーマ加工であり、後者の場合回転数を 336, 540 および 1100 rpm (したがって切削速度はそれぞれ $V = 9.0, 14.4$ および 29.4 m/min) としボール盤の送り装置に定荷重が作用するようにしてリーマの送り力を与え、それぞれの回転数において $P_d = 28.3, 31.3$ および 35.8 kg·cm の送り力を採用した。また両加工方式とも、下孔あけとして 8.4, 8.3 およ

び 8.2 mmφ ドリルを使用したの、それぞれの場合のリーマ代を $b = 0.1, 0.2$ および 0.3 mm とした (実際には下孔はドリル直径より多少大きくなっている、実際のリーマ代はこれらの値より小さくなっている)。

3.3 リーマ抵抗の測定

著者らがさきに孔あけ抵抗 (スラストおよびトルク) 測定用として H. H. Klein⁴⁾ などが孔あけ抵抗の測定に利用したと同一原理の 2 分力測定用工具動力計を試作した⁵⁾が、同様の機構でさらに感度をあげる多少の工夫を加えてリーマ加工の際の抵抗測定用として Fig. 2 の工

Fig. 5 Out of roundness of reaming hole under constant reaming feed.

具動力計を試作した。

3.4 仕上面粗さの測定

大越式表面粗さ試験機（触針型，先端半径 10μ のサファイア針を使用）を使用し，最大粗さ表示方式に従った。

4. 一定送り速度リーマ加工

4.1 リーマ抵抗

リーマ代 b とリーマ抵抗（スラスト T_r およびトルク T_q ）の関係を求めてみればそれぞれの送り f において Fig. 3 のようになる。スラスト T_r は送り $f = 0.145 \sim 0.261$ mm/rev では送りの差は明瞭でないが，リーマ代 b が増加するとわずかながらスラストが増大する。そして 56SF が他の材質に比べてやや高い値を示すようである。トルク T_q はやはりリーマ代 b の増加とともにトルクがほぼ比例的に上昇するが，この場合には送り f が増大すると同一リーマ代ではトルクも上昇する。試料材質からみれば多少の例外はあるが 56SF がもつとも大きい値を示し，24SF, 17ST4 の順に小さくなるようである。

4.2 仕上面粗さ

この場合リーマ加工孔を切断して仕上面粗さ H_s を求めれば Fig. 4 のようになる。ドリルの仕上面粗さは大越式表面粗さ試験機の測定範囲外であつたが，リーマ加工では全体として仕上面粗さはかなり良好であつた。しかし，送り f が増加すればわずかながら仕上面粗さ H_s は大きく変化し，かつリーマ代が増加すればかなり

の変動は認められるが大局的にみて仕上面粗さ H_s も大きい値をうるようである。試料材質別にみるとリーマ抵抗の大きさの順とは逆に 17ST4 がもつとも仕上面粗さは大きく，24SF, 56SF の順に小さい値をとり，とくに後者では値はかなり小さい。

4.3 孔の拡大

リーマ加工された孔は詳細に調べればリーマ外径より多少大きくなっているのが常である。よつて，工具顕微鏡を用いてリーマ外径に対する孔の拡大を求めた。すなわち，加工孔の最大径とリーマ外径との差を孔の拡大 g とし，最大径とそれと直角方向の孔径の差を孔のひずみ e として Fig. 5 をえた。リーマ代 b によつて多少の変動は認められるが，リーマ代が大きい方が孔の拡大は小さくなるようで，送り量にはあまり関係しないようである。材料別にみれば，17ST4 がもつとも孔の拡大も大きく，56SF は小さく 24SF はその中間にあり，引張強さあるいは剪断強さの傾向と一致する。また，孔のひずみはやはり多少の例外はあるが，リーマ代が大きくなり送りが大きくなるとやや小さくなるようで，大体において 17ST4, 24SF, 56SF の幅に孔のひずみも小さくなる。

5. 一定送り力リーマ加工

5.1 リーマ抵抗

一定送り力を $P_d = 28.3, 31.3$ および 35.8 kg $\cdot$ cm とした場合のリーマ代 b とリーマ抵抗（スラスト T_r およびトルク T_q ）の関係を求めたが，例えば $P_d = 31.3$ kg $\cdot$ cm

Fig. 6 Reaming resistance under constant reaming load $P_x = 31.3$ kg.cm.

Fig. 7 Surface roughness under constant reaming load in the case of the depth of reaming $b = 0.2$ mm.

の場合 Fig. 6 のようになる (他の場合も同傾向なので図は省略した), 孔あけでは一定送り力の場合スラストは送り力とつり合って材料にかかわらずほぼ一定の値を示したが, リーマ加工の場合図にみるように材料によって多少の差があり, またリーマ代が増加すればスラストも多少増大の傾向を示すようにもみられ, 切削速度の上昇によってもスラストは多少変化し, 結局ドリルによる

孔あけの場合のように一定送り力加工においてスラストと釣合った押付力を加えることができなかった。一方, トルクはリーマ代が増加するとほぼ直線的に急激に上昇し, 上昇の度合は押付力すなわち送り力が大きい程大きく, 切削速度が大きい程小さい。材料別にみればほとんどの場合 56ST がもつとも大きいトルクを示し, 24SF, 17ST4 の順に小さくなる。一定送り力孔あけではトル

Fig. 8 Out of roundness of reaming hole under constant reaming load in the case of the depth of reaming $b = 0.2$ mm.

クが大きいことはそれだけドリルの送りが大きく与えられ、その結果トルクの大きい方が孔あけ時間が小さい。すなわち孔あけ能率がよいことが判つたが、それから考えても送り力一定のリーマ加工で硬さ、引張強さの小さな材料 56SF でトルクが大きく、反対に 17ST4 などではトルクが小さいのも納得がいく。

5.2 仕上面粗さ

リーマ加工孔を切断した孔壁面の仕上面粗さ H_0 を求めれば、例えばリーマ代 $b = 0.2$ mm では Fig. 7 のようになる。送り力 P_d が大きくなると全体として仕上面粗さは向上する。しかし切削速度の影響は変動が大きく特定の関係を知るにはいたらなかったが、旋削の場合などを考えても切削速度が上昇すれば仕上面粗さもわずかに向上するようである。材料別にみればトルクの変化傾向と逆に 56SF がもつとも仕上面粗さが劣り 24SF がこれにつき、引張強さなどのもつとも高い値を示した 17ST4 が仕上面粗さももつとも良かつた。

5.3 孔の拡大

この場合も切削速度について孔の拡大 g と孔のひずみ e を求めたが Fig. 7 の加工条件で Fig. 8 をえた。孔の拡大は切削速度 V の上昇に対してとくに 56SF などでは送り力の小さい $P_d = 28.3$ および 31.3 kg·cm の場合に孔の拡大が増加するようにもみられるが、全体としてみれば変動が大きく切削速度に対しても送り力の大小にかかわらずあまり影響はないようにもみられる。しかし、材料によつてほぼ傾向が定まり 17ST4 が大きく 56SF は小さく 24SF はその中間にあつた。さらに、孔のひずみは切削速度にかかわらず材料によつてほぼ一定の値をとり、全体として 17ST4 は大きく 56SF は小さく 24SF

はその中間にあり、孔の拡大の傾向と一致した。送り力 P_d の増加に対しては孔のひずみは、わずかながら減少の傾向が認められる。

6. 総括

以上、アルミニウム展伸材 17ST4, 24SF および 56SF 材を対象として、リーマ加工性をリーマ抵抗、仕上面粗さおよび加工孔の精度などの点より検討した。その結果

(1) 一定送り速度リーマ加工

1 リーマ抵抗のうちスラストは送りの影響は敏感ではないが、リーマ代が増加するとスラストはわずかに増す。材質からみれば 56SF が他の 2 材料に比べて高い値をとる。

2 トルクは送りによつても増大するが、リーマ代が増加してもトルクは大きくなる。材質別にみれば 56SF がもつとも大きく 24SF, 17ST4 の順に小さくなり、これは引張強さ、剪断強さ、あるいは硬さなどの順と一致した。

3 仕上面粗さは送りが大きくまたリーマ代が増加すればやや大きくなるようであつた。材質別にみればリーマ抵抗の大きさの順と逆に 17ST4 が仕上面粗さが大きく 24SF, 56SF の順に仕上面粗さは向上する。

4 リーマ加工後の孔径はリーマ外径より多少大きくなつており、また孔は真円とならず多少ひずんでいることが多い。リーマ代が大きい方が孔の拡大はあまりなかつた。材料別では 17ST4 が孔の拡大はもつとも大きく 24SF, 56SF の順に小さくなり、また孔のひずみも同様な順序で小さくなつた。

(2) 一定送り力リーマ加工

1 一定送り力リーマ加工では一定送り力孔あけなどの場合とことなり送り力がスラストと完全に釣合う状態にならず、送り力の増加とともにスラストもわずかながら増加するようであつた。

2 トルクはリーマ代の増加、送り力の増大あるいは切削速度の遅い場合にトルクの上昇は大きい。この場合56SFがトルクはもつとも大きく24SF、17ST4の順に小さい。

3 仕上面粗さは切削速度が上昇すれば多少向上するようである。材質的には56SFが仕上面粗さがもつとも大きく24SF、17ST4の順に向上した。

4 加工孔の拡大には切削速度、送り力の大小はあまり効かないようで、56SF、24SF、17ST4の順に孔の拡大は大きくなり、また孔のひずみも同傾向に大きくなる。

本報の実施にあたり試料の入手には昭和アルミニウム

(株)潮田豊治博士のご好意に負うところが大きい。付記して深謝の意を表する。

参考文献

- 1) K. Krekeler: Zerspanbarkeit der metallischen und nichtmetallischen Werkstoffe, Springer-Verlag, (1951), 147.
- 2) Kaiser Aluminium: Machining Kaiser Aluminium & Chemical Sales, Inc. (1955), 169.
- 3) 軽金属協会編: アルミニウムハンドブック (朝倉書店, 昭38年版) 578
- 4) H. H. Klein: Werkstattstechnik und Maschinenbau, **47**, 11 (1957), 597.
- 5) 財満, 加茂, 鈴木: 軽金属: **14**, 67 (1964), 291.
- 6) 財満, 飯尾, 鈴木: 軽金属: **14**, 68 (1964), 406.

(p. 23より)

1963, 25-30; discussion 30-31, 1963. (In French). (Abstracted in Metall. Abstr., **32** (11), 854, Jul., 1965).

* Temperature dependence of rate of grain growth during recrystallization of aluminium alloy. V. Sima. Czech. J. Physics, **14** (11), 851-860, 1964. (In English). (Abstracted in Metall. Abstr., **32** (11), 865, Jul., 1965).

* Recrystallization and ageing of an aluminium-magnesium alloy. A. F. Polesya. Fizika Metall., **19** (1), 78-82, 1965. (In Russian). (Abstracted in Metall. Abstr., **32** (11), 866, Jul., 1965).

* Dislocation structure of aluminium in the process of creep. M. M. Myshlyaev. Fizika Tverdogo Tela, **7** (2), 591-599, 1965. (In Russian). (Abstracted in Metall. Abstr., **32** (11), 870, Jul., 1965).

* Changes in the internal friction of aluminium, cadmium and copper caused by fatigue loading. G. A. Goroshkov and V. S. Postnikov. Izv. Akad. Nauk S.S.S.R., ser. Metall., (1), 108-112, 1965. (In Russian). (Abstracted in Metall. Abstr., **32** (11), 899, Jul., 1965).

* The study by transmission electron microscopy of the cold worked and annealed structures in aluminium and two aluminium alloys. C. Rzepski and J. Montuelle. 7e Colloque de Metallurgie, Saclay, 1963. 17-23, discussion 23-24, 1963. (In French). (Abstracted in Metall. Abstr., **32** (11), 854, Jul.,

1965).

* Electron microscope study of the influence of plastic deformation on the structure of the ageing Al-Cu (4%) alloy. R. R. Zakharova, N. N. Buinov, L. N. Buinova, D. K. Bulychev and K. P. Rodionov. Fizika Metall., **19** (3), 447-450, Mar., 1965. (In Russian).

* Australian Institute of Metals 18th annual conference, Brisbane, 24-28th May, 1965. J. Aust. Inst. Metals, **10** (1), 1-105, Feb., 1965. (Abstracted in Bull. Br. non-ferr. Metals Res. Ass., **45** (433), 302, Aug., 1965).

* Study of the hardness and structure of three ternary alloys Al-Cu-Mg derived from the binary alloy Al-Cu 4%. (Etude du durcissement et de la structure de trois alliages ternaires Al-Cu-Ag dérivés de l'alliage binaire Al-Cu 4%). G. Bouvy and R. Graf. C. r. hebd. seanc. Acad. Sci., Paris, 4742-4745, May 3, 1965. (In French).

* The atomic order in Guinier-Preston zones of aluminium-silver alloys. V. Gerold, H. Auer and W. Merz. Proc. 12th annual conference on applications of x-ray analysis, Denver, Colorado, 1963. 1-13, 1964. (Abstracted in Metall. Abstr., **32** (12), 949, Aug., 1965).

* Study of the deformation of an aged Al-15% Zn alloy. J. Hren and F. Hinzner. Z. Metallk., **56** (5), 305-311, May, 1965. (In English).

(p. 46へ)