

Al—Mg—Si 系合金の被削性について

齊 藤 光 邦*

On the Turning-Machinability of Aluminium-Magnesium-Silicon Alloy

Mitukuni Saito

1. ま え が き

Al 合金は一般には削りやすい合金といわれているが、実際には配合成分や、切削条件によっては、構成刃先の生成が著しく、削りにくい場合も多くある。

金属の被削性の評価の対象としては、仕上面の品位（表面あらさ）切削抵抗、工具の寿命、および切屑処理の難易などで、これらを総合して判断するのが普通である。Al—Si, Al—Mg 系の被削性については、くわしい研究⁽¹⁾⁽²⁾が報告されているが、Al—Mg—Si 系のものについては、まことに少ない。今回は最近、用途の拡大している耐食アルミニウム合金で押出加工に使用される成分範囲のものについて、Mg, Si および Cu, Fe の添加量を変化させて旋削を行い、表面あらさ、切削抵抗などにおよぼす成分の影響を調査したので報告する。

2. 試料の作製と実験方法

試料は高純度アルミニウム (1S) をベースとして Si を 0.2~0.6%, Mg を 0.3~0.9% まで添加し, Cu, Fe の影響をみるために 0.5% まで加えた。成分配合の組合せを表 1 に示す。試料の製作は、るつぼ溶解し予熱した金型にて铸造した。直径 47mm の素材を均質化処理をしたのち表面層 1mm 荒削りをして取り除き、直径 45mm, 長さ 80mm の棒材を供試材とした。

成分配合

旋削には、日本カズヌーブ型 360HB 高速精密旋盤（ベッド上の振り 360mm, 両心間距離 800mm, 主軸回転数 40~2500 r. p. m, 無段変速, 5.5kw）を使用した。工具は超硬バイト K30, 31型 (0, 6, 6, 6, 15, 15, 1mm) を刃先摩耗の影響がないよう、3本の新品を刃先半径が 1mm になるよう投影器で測定しながら調整したものをを用いた。

切削は、送り $f=0.2\text{mm/rev}$, 切込み $t=1\text{mm}$ の一定条件とし、すべて乾式で行い、切削速度は構成刃先の生成が予測される低速より始

試料 番号	Si %	Mg %	Cu %	Fe %
1		0.3		
2	0.2	0.6	0	0.1
3		0.9		
4		0.3		
5	0.4	0.6	0	0.1
6		0.9		
7		0.3		
8	0.6	0.6	0	0.1
9		0.9		
10			0.1	
11			0.3	0.1
12	0.4	0.9	0.5	
13			0.5	0.3
14				0.5

表 1

め、順次速度を上げて正常領域に至るまで連続的に変化した。切削抵抗は工具動力計（佐藤工機 TD-32A）と動ひずみ計（共和電業 DPM-3AT）を用い、3分力をペン書オシログラフ（渡辺測器 WTR-211）で記録測定した。表面あらさは、触針式あらさ計（小坂式 SE-4）でプロファイルをオシログラフに取り最大あらさを求めた。

3. 測定結果と考察

3-1 表面あらさ

表面あらさと切削速度の関係は図1、図2のようになる。最大あらさ H_{max} は、切削速度に大きく関係し、すべての試料で、低速では構成刃先が生成し H_{max} は非常に大きく、高速になるにしたがい順次小さくなり最小値に落ちつく。このときの速度を限界切削速度 V_c で表わす。

送り f 、バイトの刃先半径 r より求まるあらさの理論値は、 $H_0 = f^2/8r$ で表わされ、今回の実験の条件では 5μ となるが、添加成分の多いものが、最もこれに近づくが、この成分の範囲内では 10μ を下ることはない。

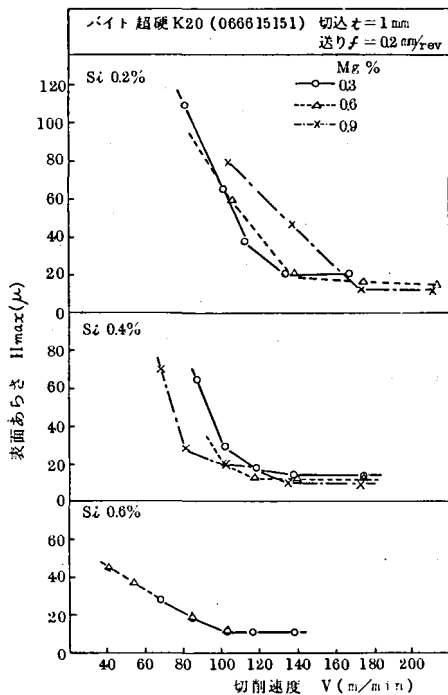


図1 切削速度と表面あらさ(SiMg)

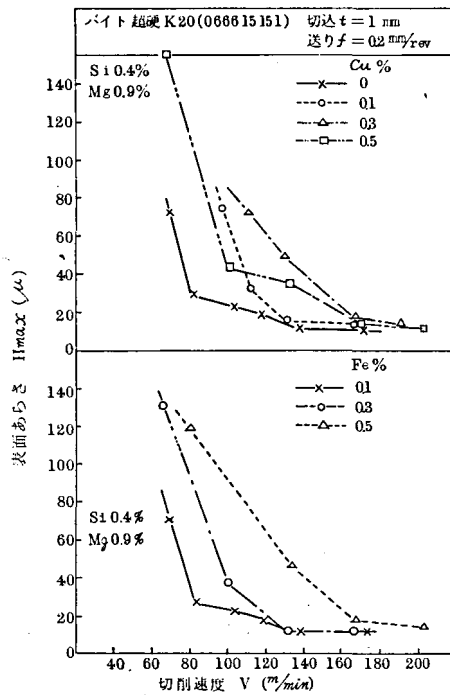


図2 切削速度と表面あらさ(CuFe)

添加成分中の Mg の影響を図3に示す。 H_{max} は Mg 量を増すと減少するが、他の添加成分（この場合 Si）が 0.4% 以上になるとほとんど変化がなくなる。限界切削速度 V_c は Mg を増すと上昇する。すなわち Mg 量を多くするとよい仕上面を得られるが、より大きい速度で削ることが必要である。Siについては図5のごとくなり、全般に添加量が増すと表面アラサは良くなる傾向にあるが、Mg と同様に他の添加量が多くなると、その影響が少なくなる。これらは Si, Mg の相乗効果がいってくるものと考えられるが、その寄与率は今回

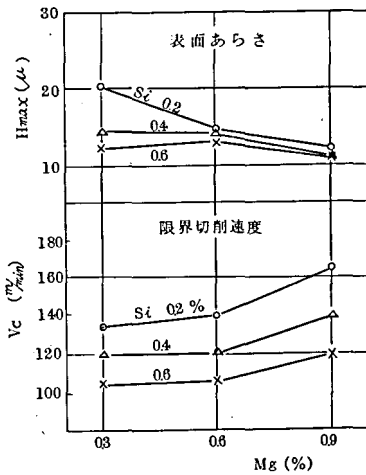


図3 Mg量の表面あらさ、限界切削速度におよぼす影響

の実験では明らかにできない。限界切削速度はSi量にほぼ直線的に変化し、Mgの場合とは反対に、Si量を増すと低速側に移動する。Si 0.4%, Mg 0.9%のベースにCu, Feを加えた場合のHmax, Vcの変化は図5のようになり、Cu, Feともにアラサの向上はなく、限界速度が上昇するのみである。

3-2 切削抵抗

切削抵抗のうち主分力 P_1 、送り分力 P_2 と切削速度の関係を図6に示す。背分力は送り分力と同一の傾向であるので省略した。各試料とも主分力、送り分力ともに、ある速度で最大値を取り、それより速度を増すと徐々に減じて試料特有の値に収れんする。添加成分の少ないもの程変化が大きく現れており、これらに構成刃先の生成の著しいことを示す。⁽³⁾ 低速において切削抵抗が低い値を示す現象は、構成刃先の付着による有効すくい角の増加、バイトすくい面と切屑の摩擦長さの減少によるもので、速度を上げてゆくと、バイトすくい面上の被削材は軟化して急激に構成刃先は消滅し、このとき切削抵抗は最大値を示す。それ以上速度を上げると材料の軟化は一層進み、すくい面摩擦が少なくなり抵抗は減少し、ある値に落ちつくものと理解できる。⁽⁴⁾

このことはAl合金のみならず鋼切削時にも起る。参考に同一条件でSS41, S45Cを切削ときの切削速度と切削抵抗の推移は図7のようになり、上記のような状態を認めることができる。

限界切削速度における主分力と各添加成分の関係を図8, 図9にSi 0.4%, Mg 0.9%のものにCu, Feを加えたときのものを図10に示す。Si, Mg, とともに添加量が多くなると主分力は減少する。たとえばSi 0.2%のときMgを0.3%から0.9%にすると主分力は、45kgから23kgとなり半減する。切削抵抗についてはMgの方が影響が大きく現われるが、0.6%を超えると余り変化がなくなる。この成分範囲内ではMg 0.9%, Si 0.2%のとき、主分力は23kgとなし切削抵抗 (p_1/q , q =切削面積) 135kg/mm^2 で最小となる。Si 0.4%,

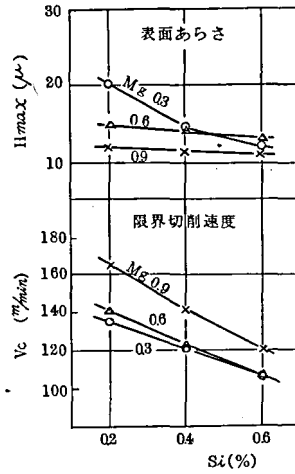


図4 Si量の表面あらさ、限界切削速度におよぼす影響

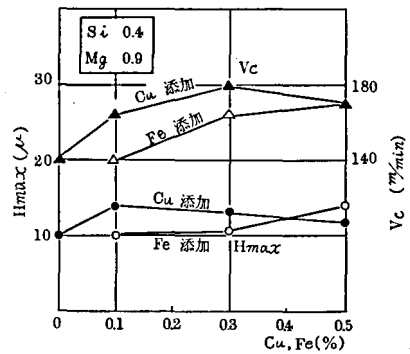


図5 CuおよびFe添加による表面あらさ、限界切削速度におよぼす影響

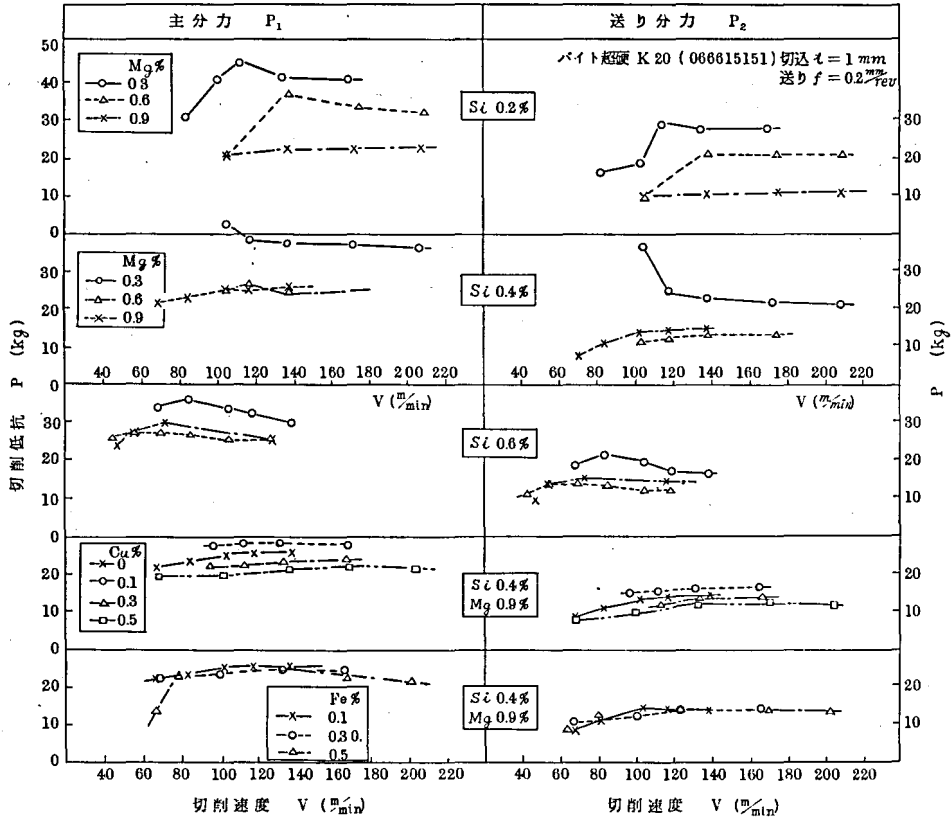


図6

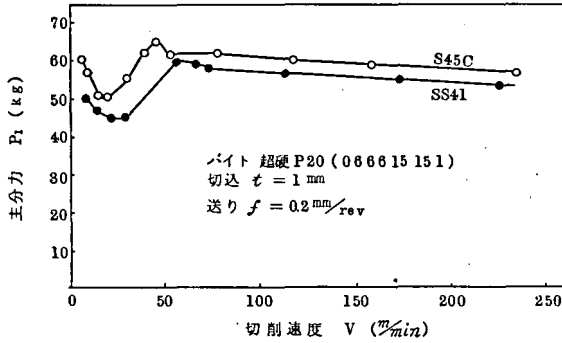


図7 鋼切削における切削抵抗の推移

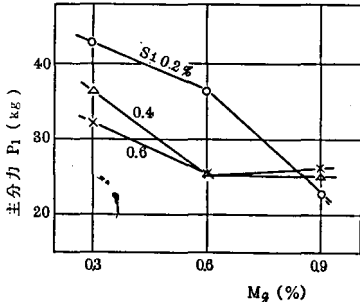


図9 Mg量の主分力におよぼす影響

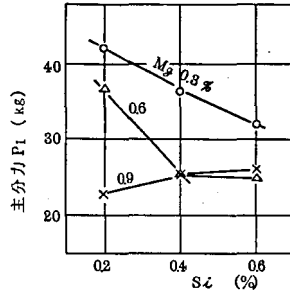


図8 Si量の主分力におよぼす影響

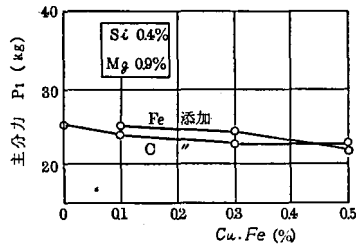


図10 Cu, Fe添加による主分力への影響

Mg 0.9%のものに Cu, および Fe を添加した結果は図10のとおりであるが, Cu, Fe ともに僅かに主分力が減少する程度で効果は余りない。

4. ま と め

純アルミニウムに Si を0.2%~0.6%, Mg を0.3%~0.9%の範囲で添加, および Si 0.4%, Mg 0.9%の配合に Cu, Fe を微量添加した押出加工用 Al—Mg—Si 系合金について, 旋削を行い主として仕上面アラサ, 切削抵抗, およびそれに附随した構成刃先の生成などの見地から被削性を検討した。その結果を要略すれば,

- (1) この成分範囲内では低速においては, 構成刃先の生成が著しく, 添加成分の総量の少ない程その傾向が強い。
- (2) 仕上面あらさは切削速度に大きく依存する。構成刃先が完全に消滅し, ほぼ一定値をとる限界切削速度における値を比較すると, Mg, Si の添加量を増すとあらさは減少する。他の減加成分量が少ない程効果的である。Mg 0.6% Si 0.4%以上になると効果は少なくなる。Cu, Fe ともにこの配合では表面アラサには影響を与えない。
- (3) 限界切削速度は, Si を増せば低くなり, Mg および Cu, Fe の添加量を多くすると Si とは反対に高速側に移動する
- (4) 切削抵抗は Mg, Si とも添加量が増せば減少する。Si より Mg の方が影響が強いが, 0.6%を超えると変化が少なくなる。Cu, Fe の影響は少ない。
- (5) この成分範囲で被削性のよいと思われる配合は, Si 0.6% Mg 0.9%で, $H_{max} 11\mu$, 主分力 25kg で限界切削速度 100m/min である。

この実験に試料製作に援助を賜った機械工学科小林教官, ならびに実験に協力をしていただいた工作実験室宮川技官に感謝をします。

参 考 文 献

- (1) 森永, 財満, 飯尾: 日本金属学会誌 30—5 (1966)
- (2) 財満, 小山, 村本: 日本金属学会誌 30—8 (1966)
- (3) M. C. Shaw: 来日講演抄録, 機械と工具 12—2 (1968)
- (4) 佐 田: 機械と工具 12—1 (1968)

(44. 9. 20 受理)