

過共晶 Al-Si 系合金の工具摩耗に及ぼす K 種超硬工具の影響

能登谷久公*, 山田 茂*, 高辻 雄三*,
堀 弘隆**, 大山 達雄*

1. 緒 言

過共晶 Al-Si 系合金は切削加工の際に激しい工具摩耗を生じ、いわゆる難削性材料とされている⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾。これらの合金は種々の優れた機械的性質を有するため、機械加工を施して大量に供給されている。これらの合金の切削にはダイヤモンドコンパックスが良好な切削性を示すことはこれまでも報告されているが、ダイヤモンドコンパックス工具は高価であるため、タングステンカーバイト粒子をコバルトで焼結した超硬工具が多用されている⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

本実験は、タングステン粒径の異なる工具による過共晶 Al-Si 合金の切削を行い、工具摩耗に及ぼす工具組成の影響について検討を行うものである。

2. 実験方法

被削材としては17%および23%シリコン合金の2種類で、23%シリコン材（以下F材と言う）は金型鋳造材をそのまま実験に供するものであり、17%シリコン材は連続鋳造後容体化処理後人工時効を行った、いわゆるT6処理を施したものである（以後T6材で示す）。これらの化学的組成はTable 1に、また機械的性質はTable 2に示すようで、17%シリコンT6材は引張強さ、伸びおよびかたさは23%シリコン材に比べてかなり大となっている。

切削に使用した工具は WC 粒径の異なる4種類のもので、焼結の関係でコバルト量も異なったものとなる。工具組成およびその機械的強度と物性値はTable 3に示したが、タングステン粒径が大きくなるとコバルト量が減少している。また、コバルト量が少ないものほど抗折力は減少している。

これと逆にコバルト量が減少するにつれて熱拡散係数は大となっている。

切削条件としては切削速度： $V = 3, 5, 7$ m/S、
工具切込み深さ： 1.0 mm、工具送り： $f = 0.1$ mm/rev、の各条件で、所定時間切削毎に工具逃げ面摩耗および工具すくい面に生じるクレータ深さの測定を行った。

Table 1 Chemical compositions of specimens used.

Materials	Si	Fe	Cu	Mg	Ti	Ni	P	Al
Al-23%Si-F	22.8	0.45	1.96	1.19	0.19	1.43	0.009	bal
Al-17%Si-T6	17.0	0.27	4.49	0.52	—	—	—	bal

Table 2 Mechanical properties of specimens used.

Materials	Tensile strength	Yield strength	Elongation	Hardness
Al-23%Si-F	190 (MPa)	52 (MPa)	2.8 (%)	105 (Hv)
Al-17%Si-T6	303	33	7.0	188

Table 3 Compositions and characteristics of tools used.

Tool mark	08-12	10-7	20-3	40-2
Composition	0.8 μ m WC; 12%Co	1.0 μ m WC; 7%Co	2.0 μ m; 3%Co	4.0 μ m; 2%Co
Hardness	92.3 (H _a A)	92.5	92.5	92.1
T. R. S.	2254 (MPa)	2048	1774	1075
Thermal Diffusibility	0.14 (cm ² /s)	0.29	0.38	0.44

* 富山大学工学部 ** 東京タングステン(株)

湿式切削の場合、ソリュブルタイプ切削液を 50 倍に希釈して切削点へ充分供給した。逃げ面摩耗幅の測定は工具顕微鏡により工具先端より約 0.5mm (切込深さの 1/2) の部分を測定した。また、クレータ深さは逃げ面の場合と同じく切込み深さの 1/2 の位置で切りくず流出方向に沿って表面あらさ測定機 (タリサーフ 4 型) の触針を移動させ、その断面曲線より求めた。

3. 実験結果

Fig. 1 は 23% シリコン F 材を各工具で切削速度をかえて切削した場合の逃げ面摩耗の状況を示すものである。切削速度の増大に伴って全体的に逃げ面摩耗は大となっている。

各工具の摩耗の状態を見ると、切削速度 3 m/s、5 m/s の条件では WC 粒径の小さい工具の逃げ面摩耗は大きい、切削速度 7 m/s では WC 粒径の大きい工具の方が逃げ面摩耗が大きい事が知られる。

Fig. 2 は 23% シリコン F 材を切削液を用いた湿式切削の場合についての工具逃げ面の状況を示すものである。この場合も全体的には切削速度の大なる場合に逃げ面摩耗は大きくその傾向は乾式切削の場合と類似している。

各工具についてみると、切削速度 3 m/s と低い条件では WC 粒径が小さい 08-12 工具および 10-7 工具では、その逃げ面摩耗の大きさは乾式切削の場合のものとはほぼ等しい大きさである。

一方、WC 粒径の大きい工具の逃げ面摩耗は乾式切削した場合の摩耗より小さく、切削油剤が工具摩耗に有効に作用していることが知られる。切削速度 5 m/s と大きくなると全体的な逃げ面摩耗は乾式切削のものより小さく、また逃げ面摩耗に及ぼす WC 粒径の影響は少ないようである。

切削速度 7 m/s になると逃げ面摩耗は著しく大となり、乾式切削の場合の摩耗幅との差異は殆ど見られず、切削液の効果は明らかではない。また、この場合も WC 粒径の大きいほうが逃げ面摩耗は大となっている。

Fig. 3 は 17% シリコン T 6 材を同様な条件で

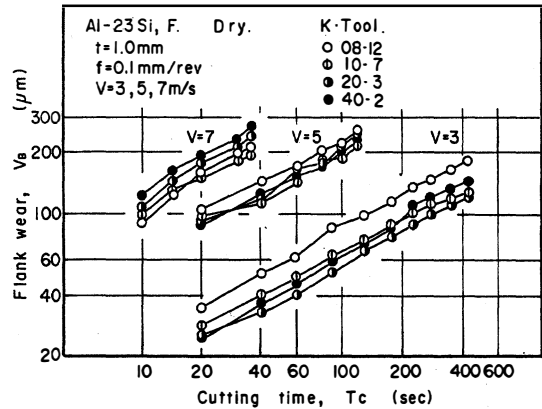


Fig. 1 Relation between mean width of flank wear and cutting time in Al-23%Si-F alloy cutting with WC tool (fluid: dry).

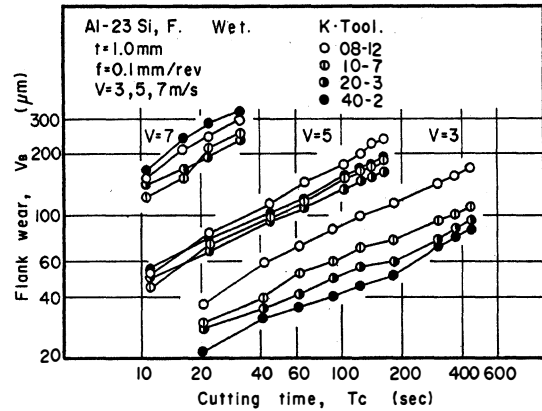


Fig. 2 Relation between mean width of flank wear and cutting time in Al-23%Si-F alloy cutting with WC tool (fluid: soluble type).

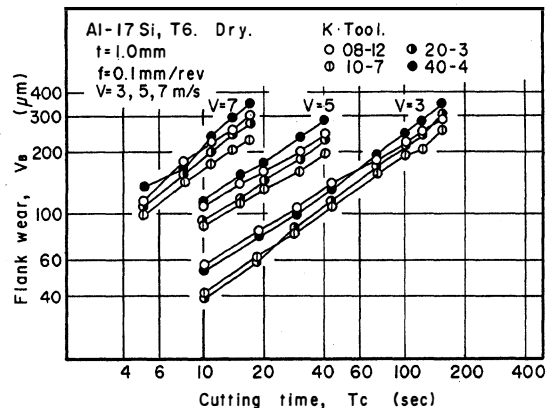


Fig. 3 Relation between mean width of flank wear and cutting time in Al-17%Si-T6 alloy cutting with WC tool (fluid: dry).

切削した場合の逃げ面摩耗の状態を示すものであるが23%シリコンF材の場合に比べて引張強さおよびかたさ等の機械的性質が高いことから工具摩耗は全体に大となっている。

また本合金の場合も切削速度の増加に伴って全体的な工具摩耗は大きい。

各工具についてみると、WC粒径が $1\mu\text{m}$ の10-7工具の逃げ面摩耗が全般的に少なく、WC粒径 $0.8\mu\text{m}$ 、 $4.0\mu\text{m}$ の工具の摩耗がともに大となっており、切削用工具としてWC粒子に最適の大きさのあることが知られる。

Fig. 4は17%シリコンT6材を湿式切削した場合の逃げ面摩耗の状態を示すものである。この場合もFig. 3に示した乾式切削と同様に切削速度が大きくなると逃げ面摩耗は全体的に大となる。またこの場合もWC粒径 $1\mu\text{m}$ の工具摩耗が最も少なく、切削速度が 5 m/s および 7 m/s ではWC粒径 $4\mu\text{m}$ と大きい工具の摩耗が大となっている。

全体的な工具摩耗はFig. 3に示した乾式切削の場合と類似しており、工具摩耗に関しては切削液の効果は明らかではない。

つぎに工具すくい面の摩耗状態をみると、Fig. 5は各工具による乾式切削の場合のクレータ深さの変化を示すものであるが、逃げ面摩耗の場合と同様切削速度の大きい場合、クレータ深さは大きい。

クレータ深さに及ぼすWC粒径の影響としては、切削速度に関わらずWC粒径の小さいものほどクレータ深さは大となっている。また切削速度が低い場合、クレータ深さに及ぼすWC粒径の影響は大きい、切削速度が大きい場合、クレータ深さに及ぼす粒径の影響は少ないようである。

Fig. 6は17%シリコンT6材を湿式切削した場合のクレータ深さを示すもので、この場合も切削速度の大きいものほどクレータ深さは大となっている。また乾式切削に比べてクレータ深さに及ぼすWC粒径の影響は少ないがこの場合も粒径の小さいものの方がクレータ深さが大きいことが知られる。

Table 3にみられる如くWC粒径の小さいも

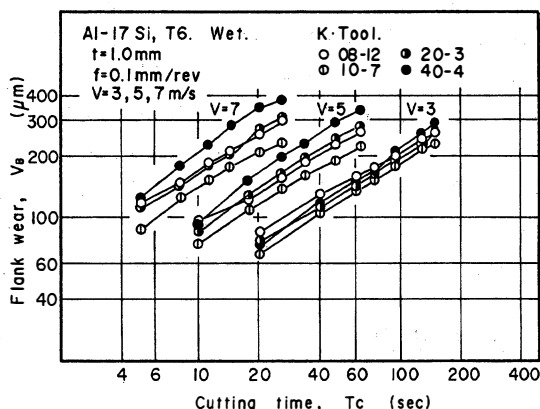


Fig. 4 Relation between mean width of flank wear and cutting time in Al-17%Si-T6 alloy cutting with WC tool (fluid: soluble type).

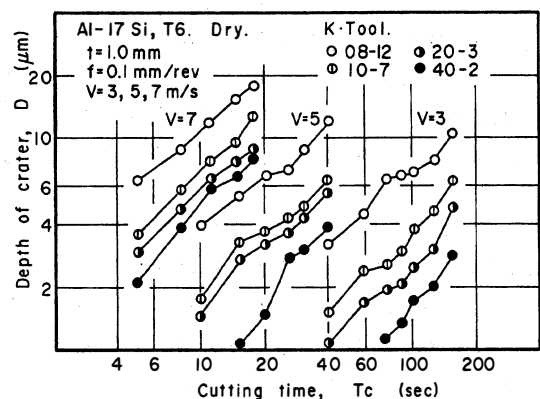


Fig. 5 Relation between depth of crater and cutting time in Al-17%Si-T6 alloy cutting with WC tool (fluid: dry).

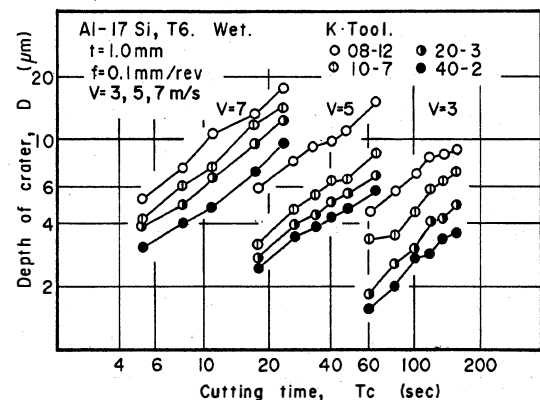


Fig. 6 Relation between depth of crater and cutting time in Al-17%Si-T6 alloy cutting with WC tool (fluid: soluble type).

のほど Co 量が多く含まれ、そのため熱拡散係数が小さくなり、切削熱が刃先部分に滞留し、刃先温度を高くして工具摩耗を促進することが考えられる。

Fig. 7は23%シリコンF材を各工具で切削した工具逃げ面の摩耗幅を0.2mmにした場合の工具寿命線図を示すもので同図上部は乾式切削、下部は湿式切削の場合を示すものである。

切削速度3 m/s, 5 m/sの条件では乾式切削に比べて湿式の方が工具寿命が2倍程度伸びることが知られる。

一方、7 m/sと高い切削速度のものでは、僅かではあるが湿式切削の方が乾式切削より工具寿命が減少することが示される。

切削速度が低い場合、切削液は切削点に浸透して冷却作用のみならず潤滑効果も有効に機能し、工具摩耗の低減に寄与するが、切削速度が高くなるにつれて切削液の浸透による潤滑効果が失われ、冷却作用だけが機能するためと考えられる。

また本合金の場合、逃げ面摩耗に及ぼす WC 粒径の影響は切削速度の低い場合には WC 粒径 $0.8\mu\text{m}$ の工具が寿命が短い、切削速度が高い場合 WC 粒径が大きいときに工具寿命が短くなっている。

Fig. 8は17%シリコンT6材を各工具で切削した場合の工具寿命細図である。

本合金の場合、23%シリコンF材のものとは異なり、乾式切削と湿式切削とで工具寿命に殆ど差異が認められないようである。さらに、本合金の切削においては工具の WC 粒径の逃げ面摩耗に及ぼす影響は比較的明らかであり、工具寿命の傾向は乾式切削の場合と湿式切削の場合は類似しており、粒径 $1.0\mu\text{m}$ の工具が最も寿命が長く、WC 粒径 $4.0\mu\text{m}$ の工具寿命が最も短いようである。

Fig. 9は23%シリコンF合金を切削速度5 m/sの条件で120秒間乾式切削した場合の各工具の逃げ面摩耗およびクレータ摩耗の状態を示すものである。逃げ面摩耗の状態は各工具とも類似しており、大きい違いはみられない。すくい面の状態をみると、WC 粒径 $0.8\mu\text{m}$ と最も小さいものでは明確なクレータ摩耗が見られ、 $1.0\mu\text{m}$ のものでもややはっきりしたクレータ痕が生じている。

WC 粒径 $2.0\mu\text{m}$ の工具では若干荒れたクレータがあるが、粒径 $4.0\mu\text{m}$ のものではまだクレータ痕を形成していないようである。

Fig. 10は23%シリコンF合金を切削速度5 m/sの条件で180秒間湿式切削した各工具の逃げ面摩耗およびすくい面の状態を示す。乾式切削に比べて切削時間は50%大となっているが、全体としての摩耗は乾式切削の場合より少なく、切削液が工具摩耗に有効であることが示される。

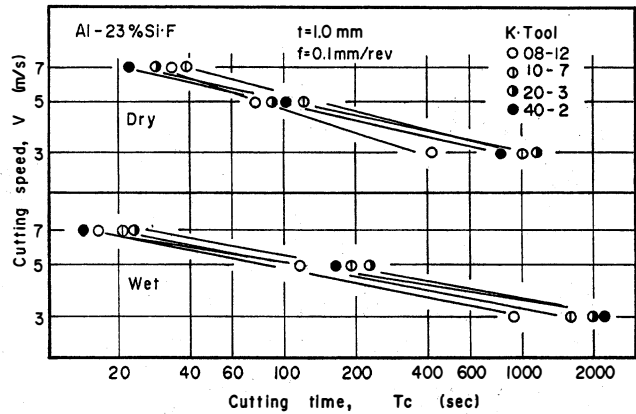


Fig. 7 Tool life curves in machining Al-23%Si-F alloy. (flank wear: $V_B=0.2\text{mm}$)

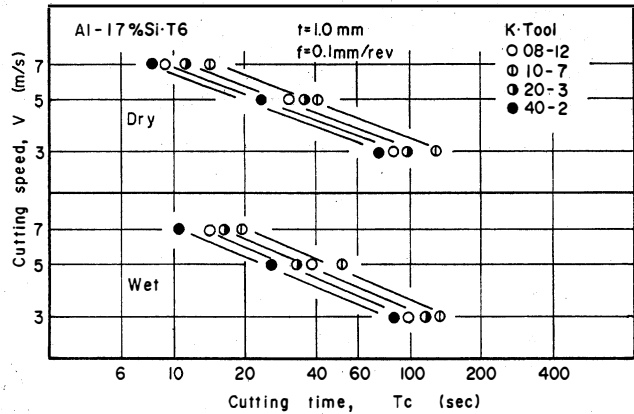


Fig. 8 Tool life curves in machining Al-17%Si-T6 alloy. (flank wear: $V_B=0.2\text{mm}$)

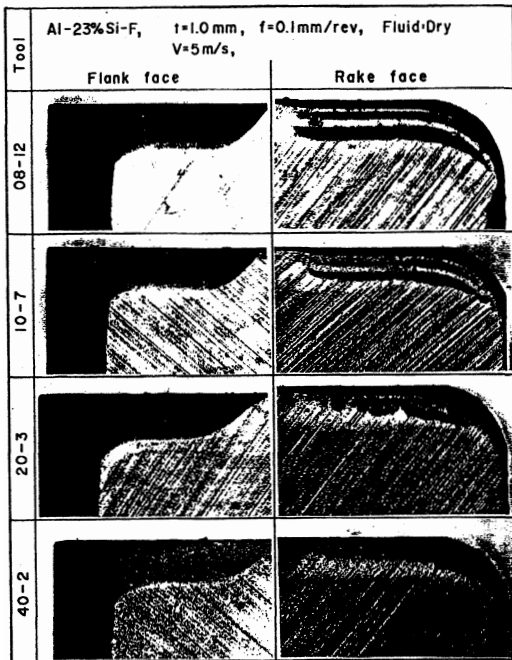


Fig.9 Aspects of flank and rake wear in machining Al-23%Si-F alloy. (cutting speed: $V=5\text{m/s}$, fluid: dry)

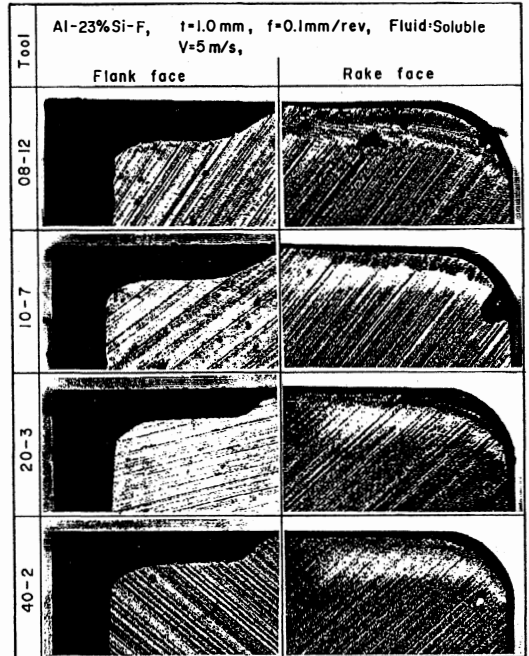


Fig.10 Aspects of flank and rake wear in machining Al-23%Si-F alloy. (cutting speed: $V=5\text{m/s}$, fluid: soluble type)

またこの場合も、WC 粒径 $0.8\mu\text{m}$ のものでは逃げ面摩耗もやや大きく、すくい面に浅いクレータがみられるが、それ以外の工具では明瞭なクレータ痕はみられないようである。

Fig. 11 は17%シリコン T 6材を切削速度 5m/s で65秒間乾式切削した場合の逃げ面摩耗およびクレータ摩耗の状態を示すものである。本合金の場合、23%シリコン F 材に比べて引張強さおよびかたさが大なるため、切削時間が短いにもかかわらず全体的な摩耗は大きい。

WC 粒径 $0.8\mu\text{m}$ と小さい工具では逃げ面摩耗が大きく、また $4.0\mu\text{m}$ と大きい工具でも逃げ面摩耗は大となっており、これらの合金の切削加工に適切な WC 粒径が存在することが知られる。

また本合金ではいずれの工具にも明瞭なクレータ摩耗が観察され、23%シリコン F 材の場合とは異なっている。

Fig. 12 は同様に17%シリコン T 6材を切削速度 5m/s で65秒間湿式切削した場合のものであるが、乾式切削の場合に比べてとくに逃げ面摩

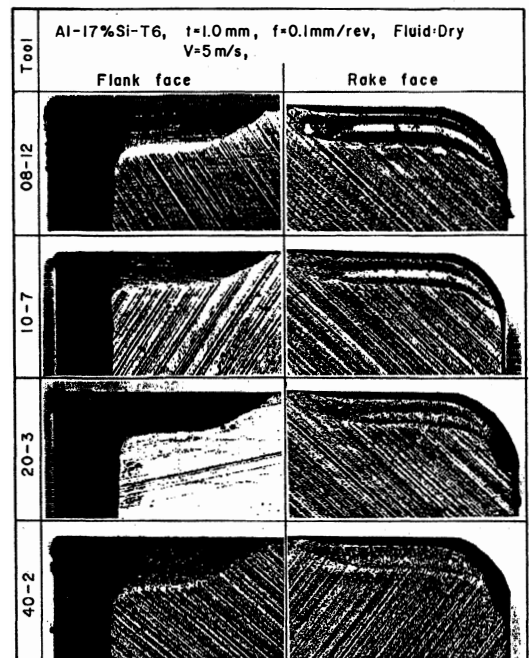


Fig.11 Aspects of flank and rake wear in machining Al-17%Si-T6 alloy. (cutting speed: $V=5\text{m/s}$, fluid: dry)

耗が小さいことはないようである。

すなわち本合金の切削において切削液の使用が工具摩耗の改善には有効とは考えられないようである。

4. 結 言

難削性アルミニウム合金である過共晶アルミニウム合金についてタングステンカーバイト粒径の異なる工具による切削を行ない、工具摩耗、クレータ深さの測定を行ない、これらの合金の切削性に及ぼす K 種工具の切削性に関する検討を行なった。その結果、

- 1) 23%シリコン F 材より 17%シリコン T 6 材のほうが WC 粒径の異なる工具の逃げ面摩耗の影響が大きい。
- 2) 17%シリコン T 6 材の切削において逃げ面摩耗に関しては粒径 $4\ \mu\text{m}$ の工具が大きく、すくい面のクレータ深さに関しては粒径 $0.8\ \mu\text{m}$ の工具が大きく。
- 3) 17%シリコン T 6 材の切削においては K 種工具の摩耗に及ぼす切削液の影響は明らかでない等のことが知られた。

参 考 文 献

- 1) 例えば, 軽金属, **21**, (1971), 735.
- 2) Shizuo Zaima, Yuzo Takatsuji, Shigeru Yamada; Proc. 25th Japan Congr. Mat. Res., (1982), 166.
- 3) 財満鎮雄, 鈴木正志, 南 立作, 山田 茂: 日本金属学会誌, **47**, (1983), 80.
- 4) 広野雅道, 角田一行, 稲葉道次: 軽金属, **26**, (1976), 1.
- 5) 財満鎮雄, 高辻雄三, 山田 茂: 日本金属学会誌, **46**, (1982), 452.
- 6) 例えば, 機械技術, **29**, (1981), 33.
- 7) 財満鎮雄, 山田 茂, 顔 炳華: 材料, **33**, (1984), 370.

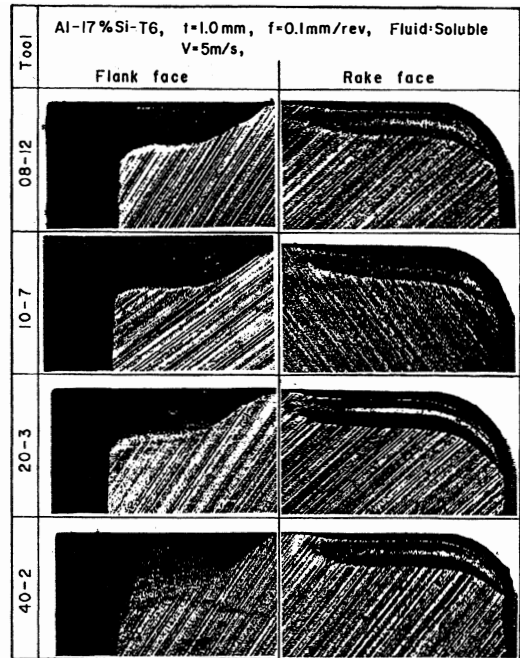


Fig. 12 Aspects of flank and rake wear in machining Al-17%Si-T6 alloy. (cutting speed: $V=5\text{m/s}$, fluid: soluble type)

Effects of Tungsten Carbide Tool on Machinability of Super Eutectic Aluminum Silicon Alloy

Hisakimi NOTOYA, Shigeru YAMADA, Yuzo TAKATSUJI,
Hiroataka HORI and Tatsuo OOOYAMA

Sintered WC tools with various grain size and content of WC were tested to evaluate the cutting performance in machining super eutectic aluminum silicon alloy.

The flank wear of tools were accompanied by the increase in cutting time.

The wear resistance of the tools changed with the grain size of WC in machining Al-17%Si-T6 alloy. The flank wear of the tool with $1\mu\text{m}$ WC grain size was smallest and the crater depth of the tool with $4\mu\text{m}$ WC grain was low as compared with that of other grain size of WC.

[英文和訳]

過共晶 Al-Si 系合金の工具摩耗に及ぼす K 種超硬工具の影響

能登谷久公, 山田 茂, 高辻雄三, 堀 弘隆, 大山達雄

工具組成およびタングステンカーバイト (WC) 粒径の異なる K 種超硬工具による過共晶 Al-Si 系合金の切削性の検討を行った。

切削時間の経過に伴って工具摩耗は進行した。Al-17%Si の切削の際に、工具摩耗は WC 粒径によって異なったものとなっている。

WC 粒径 $1\mu\text{m}$ の大きさの工具は逃げ面摩耗がもっとも小さく、WC 粒径 $4\mu\text{m}$ の工具はその他の粒径の工具に比べてクレータ深さが浅い。