

純モリブデンの切削性について

機械金属部 市来浩一, 前野一朗

Machinability of High-Purity Molybdenum

Koichi ICHIKI and Ichiro MAENO

高融点金属の一種である純モリブデンを、市販されている超硬工具 (K10, P20)、コーティング超硬工具 (母材はK種)、サーメット工具、セラミック工具を用い旋削実験を行い、次のような結果を得られた。

- (1) 純モリブデンの切削について、K10工具、コーティング超硬工具が有効であり、その最適切削速度は、50 m/min 付近にあると考えられる。
- (2) 乾式切削の場合、表面粗さが全ての工具で悪かった。これは、純モリブデンの切削のタイプが、非連続形の切りくずを排出するためと考えられる。
- (3) 切削時に切削油剤を使用することは、工具寿命及び表面粗さの向上につながり、純モリブデンの切削には有効である。

1. はじめに

高融点金属は超高温雰囲気で使用される金属で、タングステン (W)、タンタル (Ta)、モリブデン (Mo)、ニオブ (Nb) などがこれに属する。そのなかで、モリブデンは融点が2610℃で、高温での強さが他の高融点金属より強く、宇宙航空産業にてロケット及びミサイルノズルやLSI用のターゲット材などに使われており、¹⁾ 本県でも、純モリブデンやモリブデン系の材料の加工及び利用が行われている。しかし、モリブデンは脆性材料であり加工時に欠ける可能性があり難削材の1種であるが²⁾、その加工に関する情報が少ない。³⁾

そこで、本研究では純モリブデンの切削性を市販工具を使い検討したのでその結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 被削材

切削に用いた被削材は、モリブデンを99.9%以上含む純モリブデンで粉末成形品である。その一般的な材料特性を表1に示す。表1に示すようにモ

リブデンは伸びが5%程度であり、脆性材料であることがわかる。

また、被削材の形状は、切削初期では外径が20mmで長さ100mmの丸棒である。

表1 モリブデンの材料特性

融点	2,610℃
弾性係数	$33.6 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$
熱膨張係数	$5.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
引張り強さ	70.3 kgf/mm ²
伸び	5%
硬度	147 H _v

2.2 切削工具及び切削条件

実験に用いた工具は、超硬 (K10, P20)、コーティング超硬、サーメット、セラミックの5種類

表2 工具材の成分と機械的性質

工 具 材	成 分	硬 度 H R A	抗 折 力 kg f / mm ²	比 重	チャンファー mm × deg
K10	WC-Co	92.0	240	14.7	————
P20	WC-TiC-TaC-Co	91.5	200	11.9	0.059×24°
コーティング超硬	コーティングTiN2 μm, 母材K種	92.0	200	14.7	————
サーメット	TiC-TiN-TaC-WC	92.0	170	7.0	0.053×30°
セラミック	Al ₂ O ₃	94.2	80	4.24	0.095×32°

表3 工具諸元及び切削条件

切 削 形 態	施削,外丸削り,乾式 (1条件のみ湿式)
工 具 形 状	0°, 5°, 1°, 6°, 30°, 0°, 0.4, 三角形チップ
工 具 ホ ル ダ ー	CTGPR2523M3 (東芝タンガロイ製)
切 削 速 度	30,50,80m/min
切 込 み	0.3mm
送 り 速 度	0.05mm/rev

の工具材料を採用した。それぞれの工具の成分及び機械的性質を表2に示す。

切削には、昌運製作所の精密旋盤 (ST-5, 無段変速機能付き) を用い、外丸削りを行った。

切削条件は、切込み、送りを一定にし、切削速度を30, 50, 80m/minの3段階に変えた。また、一条件のみ乾式切削と湿式切削を用い、その他の切削は乾式切削にて実験を行った。

工具形状は、以前行った二次元切削実験の結果から、なるべく大きな正のすくい角が取れるホルダー形状を使用した。工具諸元及び切削条件を表3に示す。

2.3 切削評価方法

モリブデンの被削性を評価するため、工具の逃げ面摩耗幅、切削抵抗、表面粗さを測定した。逃

げ面摩耗幅は、ニコンの工場顕微鏡を、切削抵抗は佐藤工機の工具動力計を、表面粗さはミットヨのサーフテスト機を使用した。各測定機の仕様を表4に示す。

表4 評価機器

測 定 項 目	評 価 機 器
逃げ面摩耗幅及び 工具表面観察	工場顕微鏡 (ニコン, MM-22)
切削抵抗	ひずみゲージ型工具動力計 (佐藤工機, AST-TTM)
表面粗さ	触針式表面粗さ計 (ミットヨ, サーフテスト701)

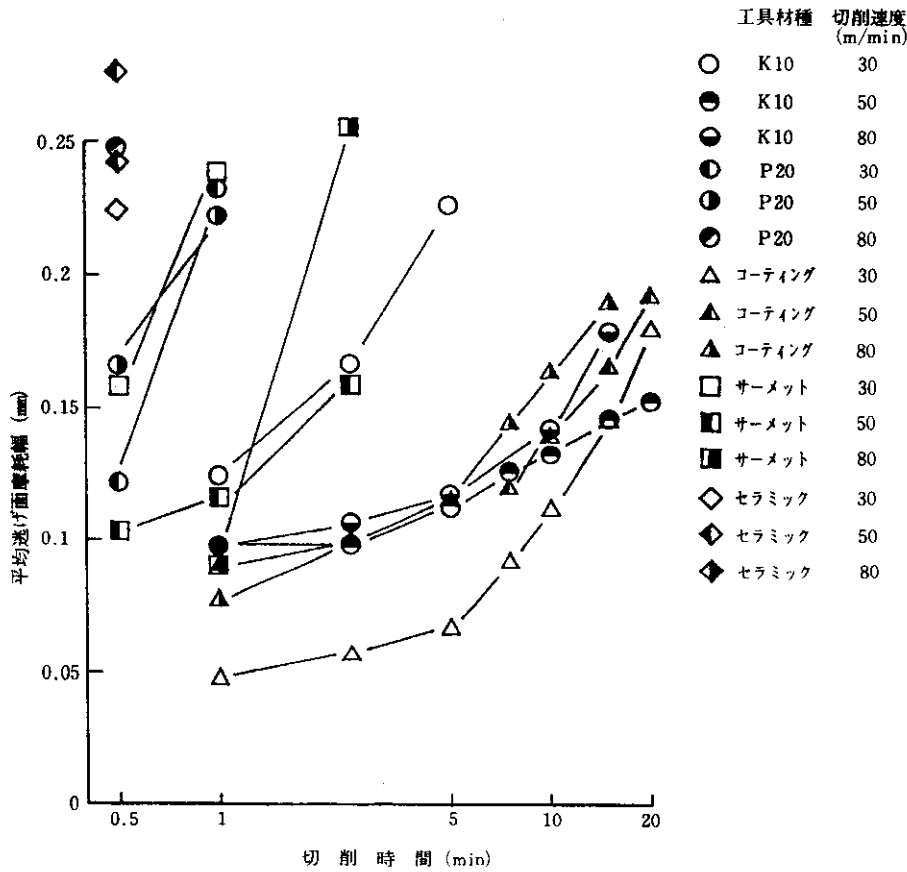


図1 各種切削工具材による平均逃げ面摩耗経過
($t=0.3\text{mm}$, $f=0.05\text{mm/rev}$, 乾式)

3. 実験結果及び考察

3.1 工具摩耗状態

図1に各種工具の逃げ面摩耗経過曲線を示す。また、図2, 3, 4に逃げ面摩耗幅0.2mm付近の各種工具の摩耗状況を示す。

図1からわかるように、逃げ面摩耗経過からK10工具、コーティング超硬工具が切削の耐久性があり、続いてサーメット工具、P20工具、セラミック工具となっている。

K10工具とコーティング超硬工具の逃げ面摩耗経過においてあまり差がない事と今回使用したコーティング超硬工具の母材がK種の超硬である事を合わせて考えると、コーティング超硬工具のモリブデン切削状態は次のようになると思われる。まず、切削初期にてコーティング層(厚さ $2\mu\text{m}$ 程

度)が摩耗し、その後の切削は、母材により行われたと考えられる。よって、K10工具と切削時間の経過に伴い、逃げ面摩耗経過に差が生じなかったと思われる。

また、同じ超硬工具K10, P20で摩耗経過が明らかに違うことは、モリブデンの切削が連続形ではなく、不連続形であることを示しており、鋳物とよく似た切削状態であると考えられる。

さらに、サーメット工具、セラミック工具が欠損に近い著しい逃げ面摩耗経過を示したことも、切削状態が不連続形であることを裏付けており、この為、二つの工具共に機械的性質であるじん性値が低いことから、摩耗の進行が早まったと考えられる。

また、K10, コーティング超硬工具において、図1

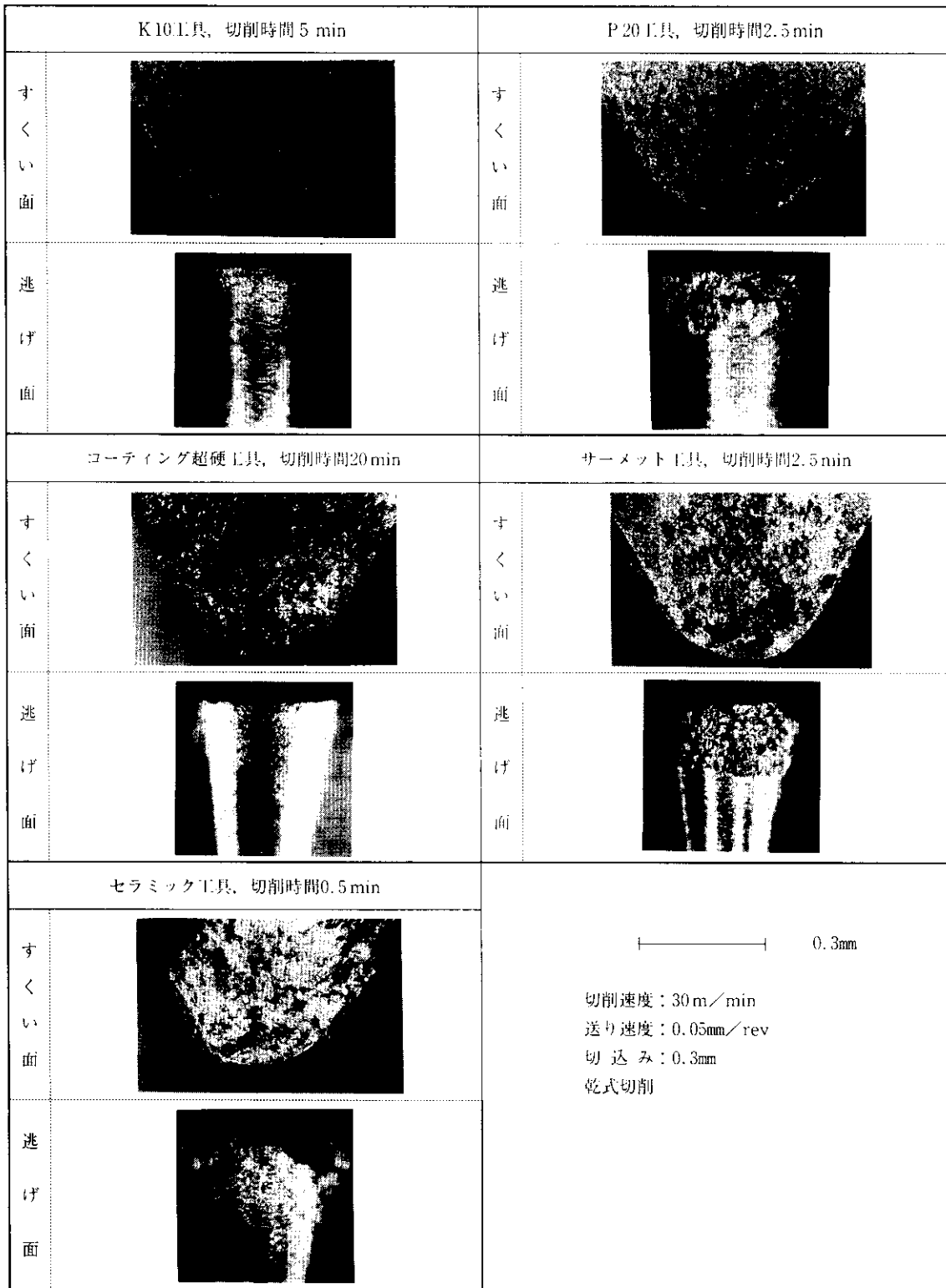


図2 各種工具の摩耗状況 (逃げ面摩耗幅0.2mm付近)

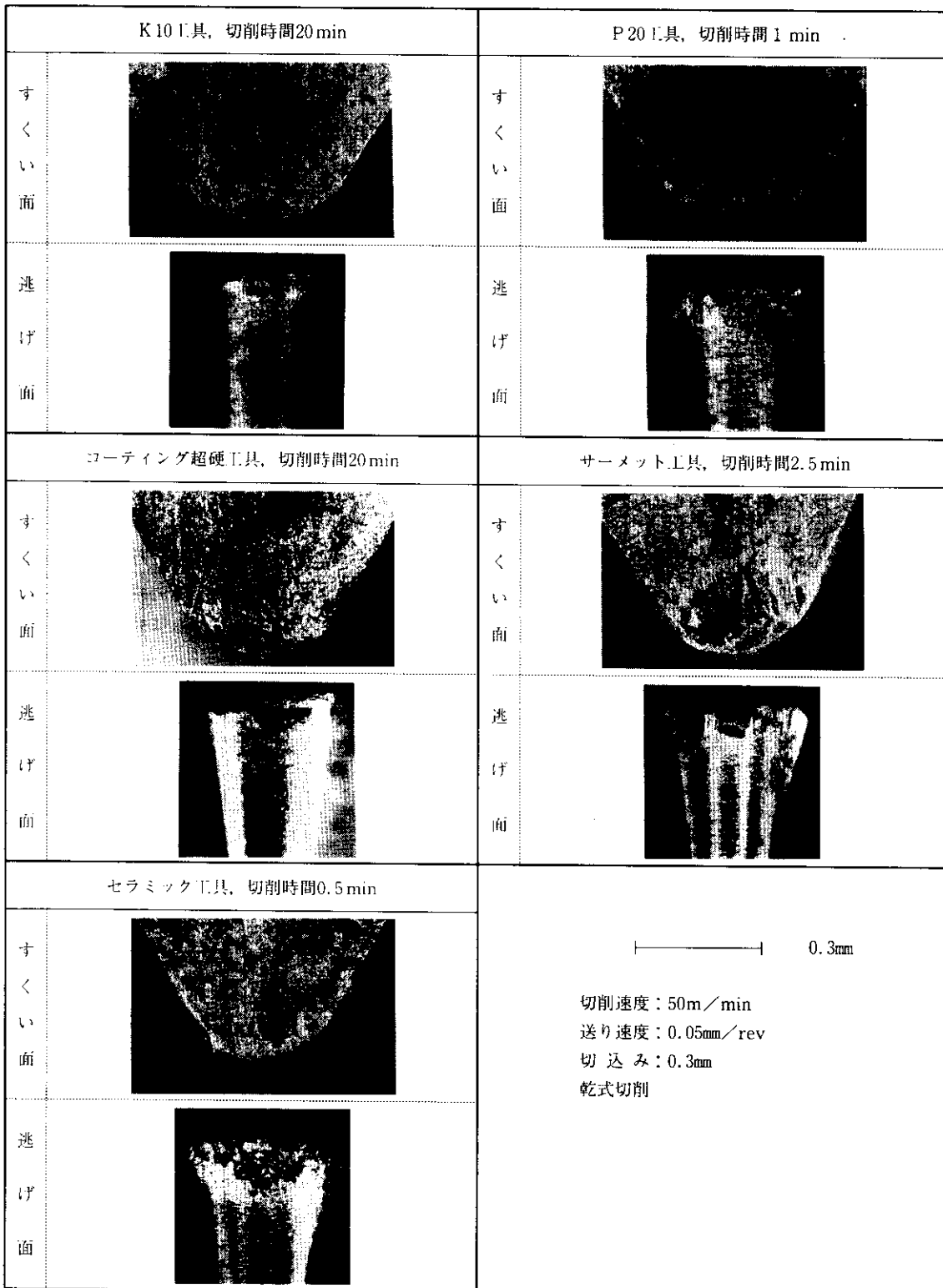


図3 各種工具の摩耗状況 (逃げ面摩耗幅0.2mm 付近)

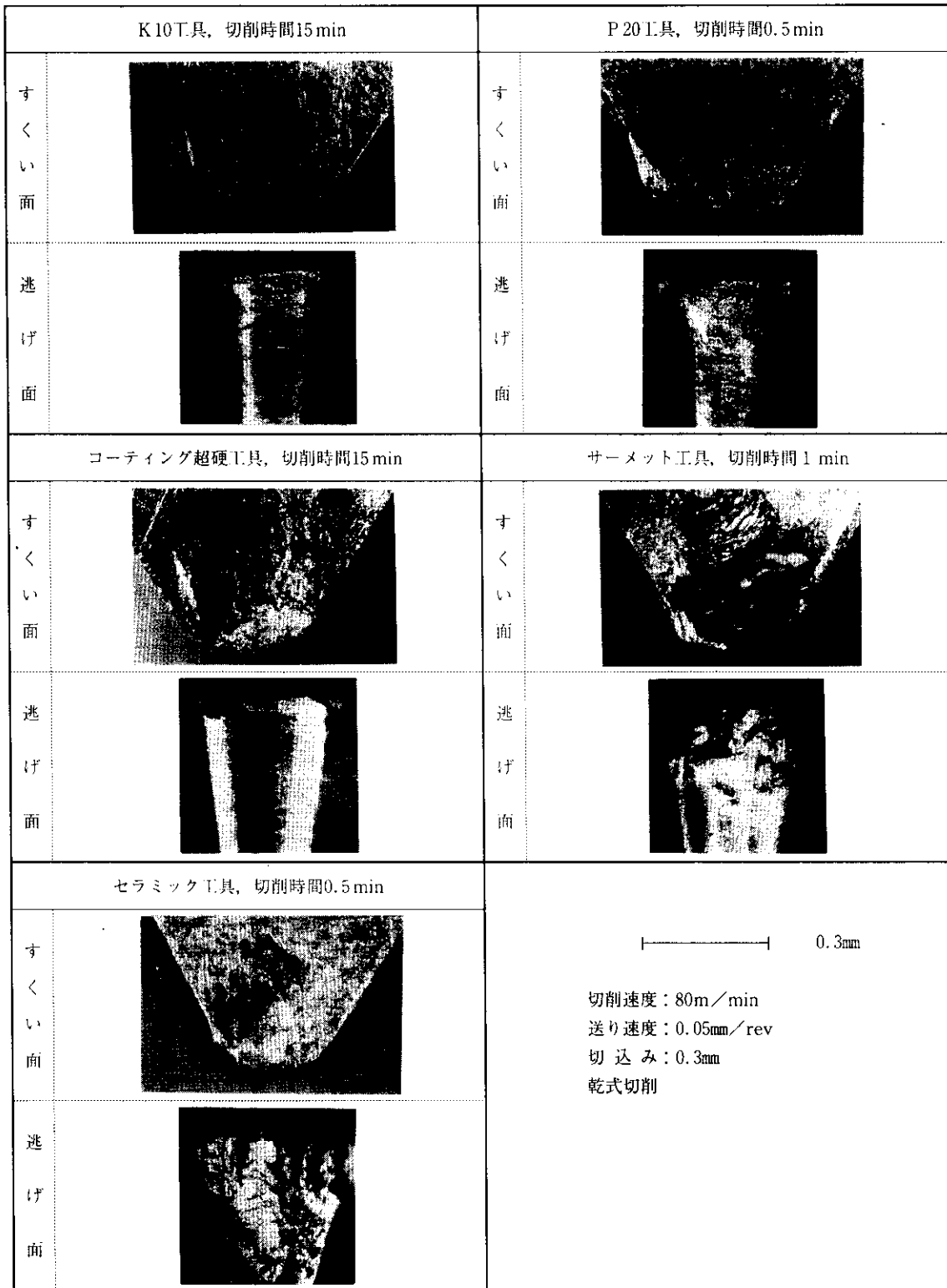


図4 各種工具の摩耗状況 (逃げ面摩耗幅0.2mm付近)

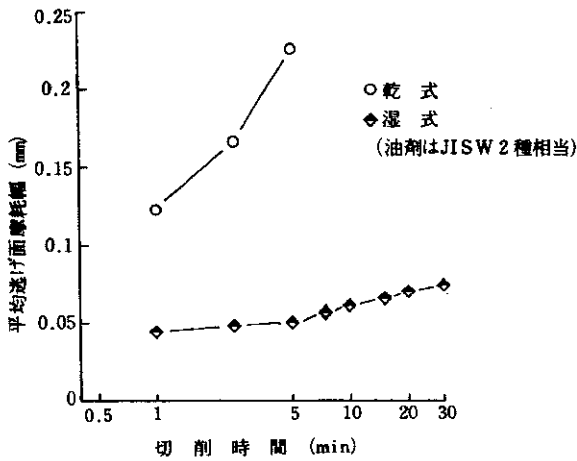


図5 乾式、湿式切削における平均逃げ面摩耗経過
(K10, V=30m/min, t=0.3mm, f=0.05mm/rev)
から工具寿命を逃げ面摩耗幅が0.2mmと設定し最適
切削速度を探ると、切削速度50m/min付近にあ
ると考えられる。

次に、図5にK10工具で切削速度80m/minの
条件で湿式切削を行い、乾式切削の場合と比較し
た逃げ面摩耗経過を示す。この図からわかるよう
に、湿式切削における工具の耐久性が乾式切削に
比べて増すことがわかる。

3.2 切削抵抗

図6, 7, 8に各種工具の切削抵抗(主分力,
送り分力, 背分力)の経過を示す。工具の摩耗が

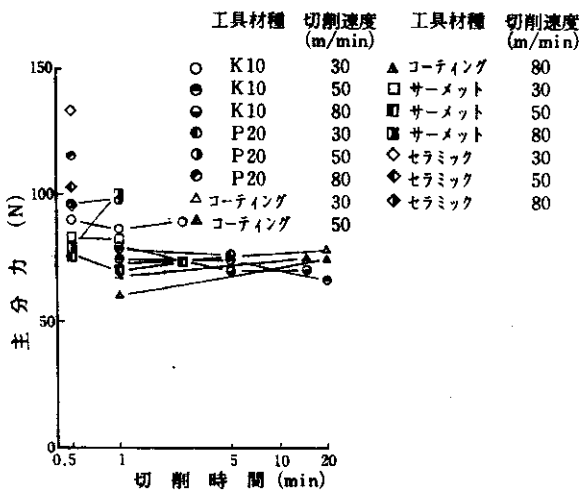


図6 各種切削工具材による切削抵抗(主分力)
(t=0.3mm, f=0.05mm/rev, 乾式)

著しい変化をするP20工具、セラミック工具、サー
メット工具では、切削抵抗が高くなったり、大き
な変化をみせており、この事からも切削状態が不
安定であることがわかる。

他のK10工具、コーティング超硬工具の切削抵抗
はほとんど変わらず、また、切削時間に伴う切削
抵抗の変化があまり見られないことから、これ
らの工具が純モリブデンの切削に適していること
がわかる。

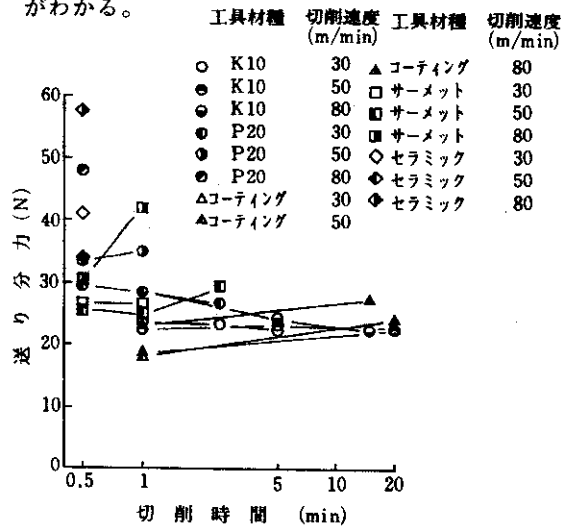


図7 各種切削工具材による切削抵抗(送り分力)
(t=0.3mm, f=0.05mm/rev, 乾式)

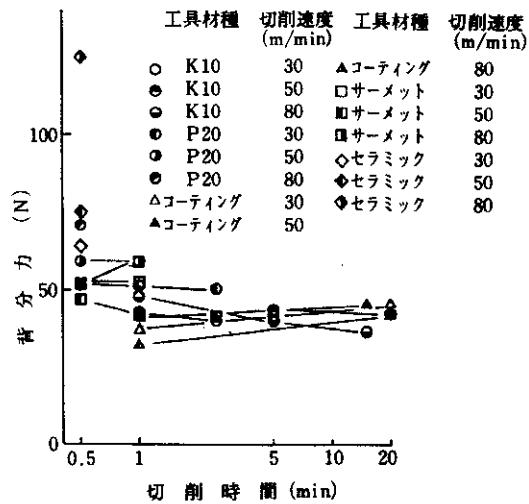


図8 各種切削工具材による切削抵抗(背分力)
(t=0.3mm, f=0.05mm/rev, 乾式)

3.3 表面粗さ

図9に各種工具の表面粗さの経過を示す。図に示すように、各工具間の表面粗さには差を生じているが、送り速度が遅い(0.05mm/rev)にも関わらず、相対的に非常に悪くなっている。これは、純モリブデンが、延性の小さい脆性材料であり、また、乾式切削で工具とモリブデンの表面での潤滑がない為、切削過程における切りくずが、流れ形ではなく不連続のせん断形もしくはき裂形で排出され、切削時にモリブデン表面の掘り起こしなどが起こり、表面が粗くなったと考えられる。

そこで、潤滑性を増すために切削油剤を使用し湿式切削を行ったのでその結果を図10に示す。この図から、明らかに湿式切削では表面状態が良いことがわかる。この事は、前述した乾式切削では不連続のせん断形もしくはき裂形の切りくずが排出されていたが、切削油剤を使用することで、工具とモリブデンの表面での潤滑が良くなり、切りくずが連続状態になり、切削表面が良くなったと考えられる。この事は、以前行った二次元切削からも、切削油剤の有効性が確かめられている。

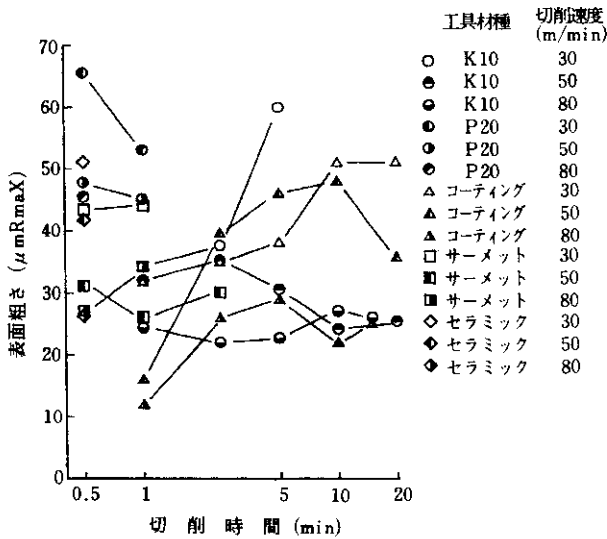


図9 各種切削工具材による表面粗さ (t=0.3mm, f=0.05mm/rev, 乾式)

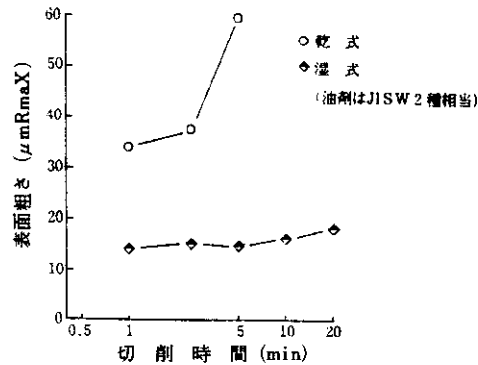


図10 乾式、湿式切削における表面粗さ (K10, V=30m/min, t=0.3mm, f=0.05mm/rev)

4. おわりに

高融点金属の一種である純モリブデンを、市販されている超硬工具(K10, P20), コーティング超硬工具(母材はK種), サーメット工具, セラミック工具の5種類の工具を用い旋削実験を行い、次のような結果を得られた。

- (1) 純モリブデンの切削について、K10工具、コーティング超硬工具が有効であり、その最適切削速度は、50m/min付近にあると考えられる。
- (2) 乾式切削の場合、表面粗さが全ての工具で悪かった。これは、純モリブデンの切削のタイプが、非連続形の切りくずを排出する為と考えられる。
- (3) 切削時に切削油剤を使用することは、工具寿命及び表面粗さの向上につながり、純モリブデンの切削には有効である。

参考文献

- 1) 竹山秀彦：難削材の加工技術，工業調査会 (1972) p.74
- 2) 狩野勝吉：難削材の切削加工技術，工業調査会 (1989) p.228
- 3) 今井勇之進，河嶋千尋：耐熱材料ハンドブック，朝倉書店 (1968) p.232
- 4) 市来浩一：純モリブデンの二次元切削について，九工試地域技術指導報告書 (1989)