

コバールの正面切削加工

岩本竜一*

Face Turning of Iron-Nickel-Cobalt Alloy "Kovar"

Ryuichi IWAMOTO

コバルは硬質ガラスと熱膨張係数が近くなるように開発された材料で、電子管材料や光通信部品等に使用されており、その用途は拡大している。しかし、コバルはねばり強い、熱伝導率が低い等の特徴を有する難削材である。そこで、コバルの基本的な切削特性を調べることを目的として、実験を行った結果、次のことが明らかとなった。

- (1)超硬工具によりコバル材を加工すると、切りくずの溶着が激しく工具損傷および仕上げ面低下を引き起こす。
- (2)サーメット工具あるいはコーティング工具による加工が工具損傷、仕上げ面粗さ、切削抵抗の点で有利である。
- (3)工具すくい角を大きく取った方が工具損傷、仕上げ面粗さ、切削抵抗の点で有利である。

Keyword : コバル、正面切削、工具摩耗、表面粗さ、切削抵抗

1. 緒言

コバル¹⁾²⁾は硬質ガラスと熱膨張係数が近くなるように開発された、Fe, Ni, Coを配合した合金である。成分は、重量%で Fe(54%), Ni(29%), Co(17%), その他Si, Mn等が微量含まれる。コバルは、常温付近での熱膨張率が金属のなかで低く、硬質ガラスに近いために、硬質ガラスに封入・封着させたり接触させることが可能であることから、電子管材料や光通信関連部品に用いられている。しかし、コバルは熱伝導率が低いために、機械加工中に発生する熱が逃げにくく、また、ねばりがあり加工しにくい材料である。さらに高価な材料でもある。そこで、本報告ではコバルの基本的な切削特性を調べることを目的として、数種類の工具を用いて正面切削加工を行い、工具摩耗、表面粗さおよび切削抵抗について調べたので、その結果を報告する。

2. 実験装置および方法

実験は昌運工作所製の精密旋盤(ST-5)を用いた。主軸電動機出力は9 kWである。被削材は、直径150mm、厚さ50mmのコバル材(KV-6)であり、この旋盤の主軸にスクロールチャックで取り付けた。また、この旋盤エプロン上の刃物台を取り外し、切削動力計(日本キスラー 9257B)を取り付け、切削動力計上に工具およびホルダを取り付けて被削材の正面切削加工を行い、加工中の切削抵抗を測定した。使用した工具の諸元を表1に示す。また、切削条件を表2に示す。

加工後の工具は、デジタルマイクロスコープ(キーエンス VH-8000)を用いて摩耗・損傷を観察した。加工後の被削材は、ポータブルタイプの表面粗さ測定機((株)ミットヨ サーフテスト401)を用いて表面粗さを測定した。

表面粗さの測定では、測定機が旧JIS対応品のため、カットオフ値0.8mm、区間数5、振幅伝達率75%とし、算術平均粗さRa、十点平均粗さRz、最大高さRmaxの3種のパラメータを使用した。

表1 使用工具諸元

	ホルダ型式(工具すくい角)	チップ型式
ネガタイプ	PTGNR2020(-4°)	TNGG160408
ポジタイプ	SCLCR1616(20°)	CCGT09T304

表2 切削条件

工具材種	切削速度	送り速度	切込み	切削油剤	
ネガタイプ	0~200m/min (434rpm一定)	サーメット	0.1mm/rev 0.2mm/rev 0.4mm/rev	0.5mm	不水溶性 切削油
		セラミック			
		超硬K種			
ポジタイプ	コーティング	超硬P種			

3. 結果及び考察

3.1 工具損傷

図1~2に、表1の加工条件で3パス加工した後の工具損傷の観察写真を示す。それぞれ右上が前逃げ面、左下が横逃げ面、右下がすくい面である。図1より、サーメット工具およびコーティング工具の工具損傷が少ないことが分かる。セラミック工具は、送り速度の低い場合に損傷が少ないが、送り速度0.4mm/revの場合に大きく欠損した。超硬K種の場合は、工具損傷が大きく逃げ面に切りくずの溶着が認められた。図2より、超硬P種のポジチップにおいても切りくずの溶着が認められ、超硬K種ほどではないが工具損傷が大きいことが分かる。超硬工具は結合材としてCoが用いられているので、コバルとの化学的親和性が高く、切りくずが溶着し、工具損傷が大きくなったと推定される。このことは、化学的親和性の低いサーメットやコーティング工具の摩耗が少ないことから裏付けられる。

*機械技術部

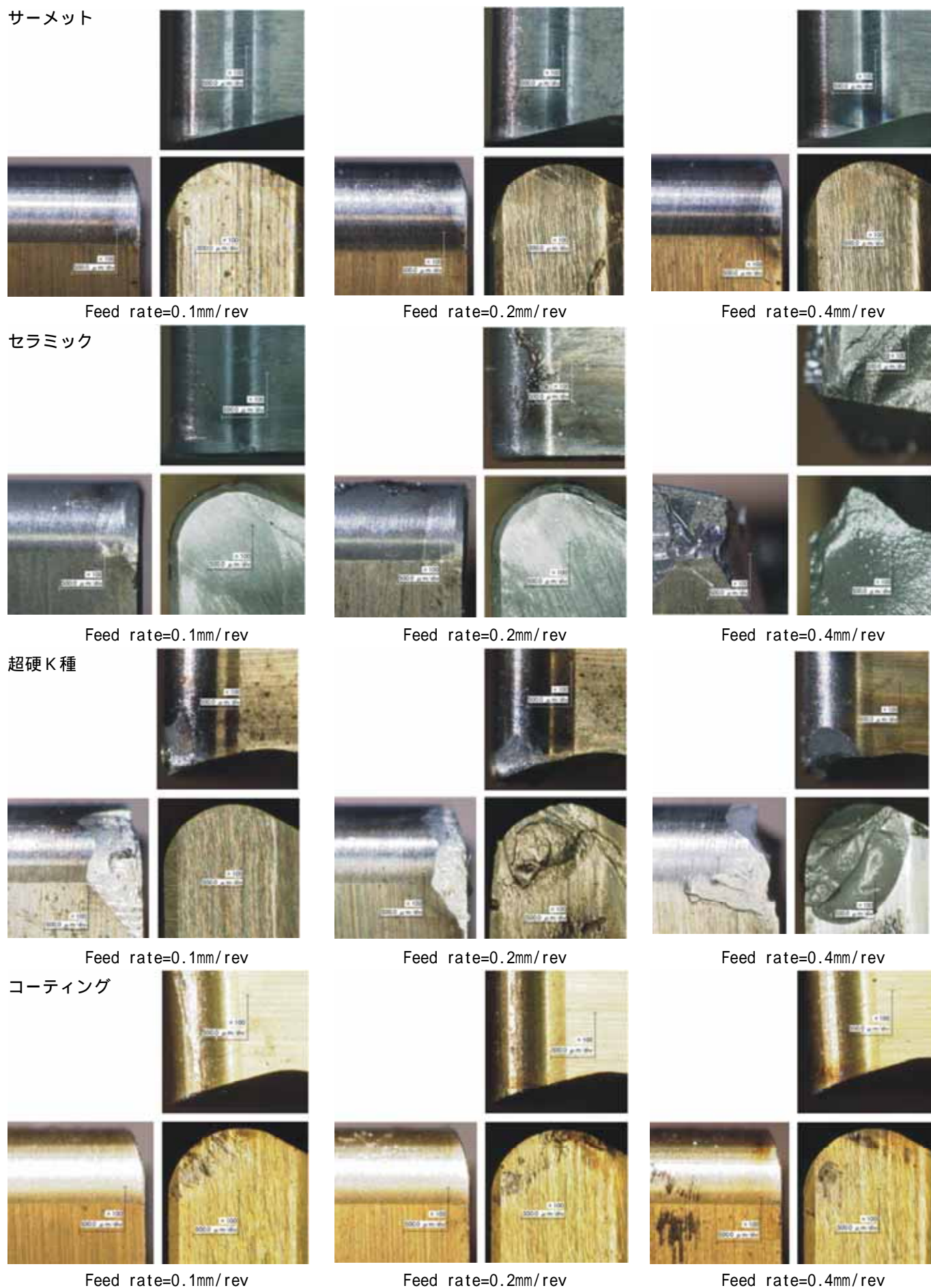


図1 工具摩耗観察写真(ネガチップ)

超硬P種

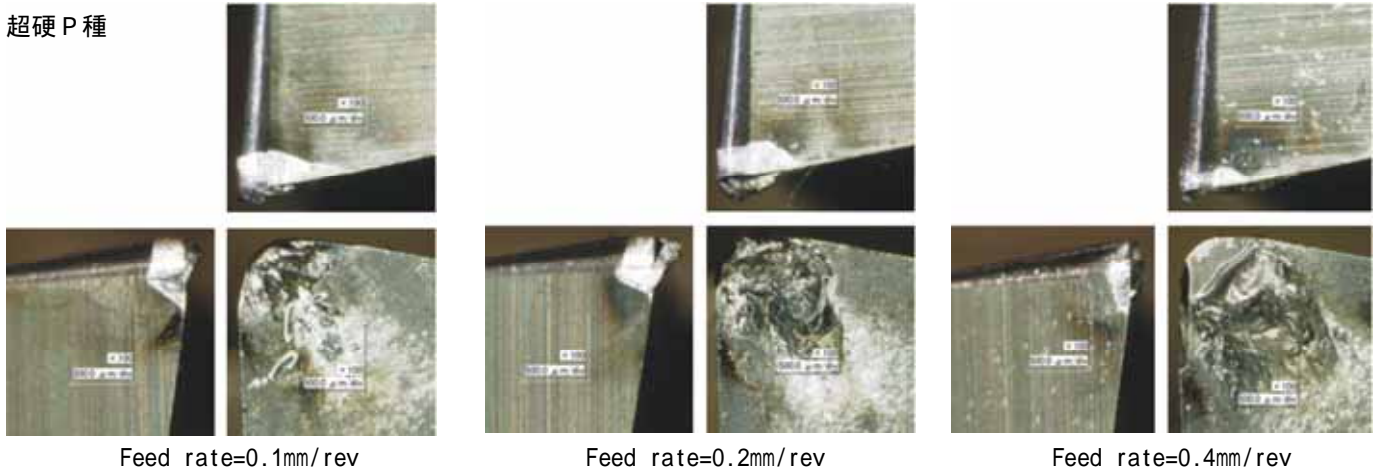


図2 工具摩耗観察写真(ポジチップ)

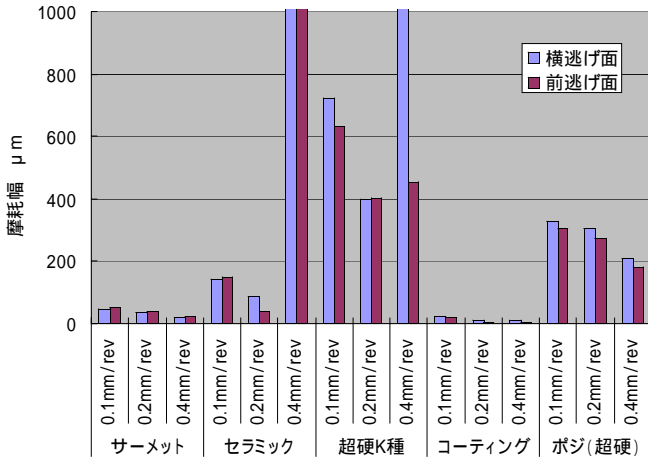


図3 逃げ面摩耗幅

図3に前逃げ面および横逃げ面の工具摩耗量測定結果を示す。図1, 2からも明らかなように、超硬K種の工具摩耗が大きいことが分かる。これに比べサーマットおよびコーティング工具の工具摩耗量が小さい。コパール材の加工には、超硬工具の使用は適さないと考えられる。一方、同じ超硬工具でも、ポジチップの場合の工具摩耗量は著しく減少している。したがって、すくい角を大きく取る方が工具摩耗の面から有利と考えられる。すくい角の大きいサーマット工具またはコーティング工具を使用すれば、さらに工具寿命の延長が期待できる。セラミック工具は、送り量を大きくした場合に欠損が発生した。本実験では、他の工具の場合と切削条件を揃えるために切削油剤を供給したが、ドライ切削の方がサーマルクラックなどの発生を抑えられ有利と推定される。しかし、前述のとおり、すくい角を大きく取る方が有利であると考えられるため、同様にセラミック工具のすくい角を大きく取ると刃先強度・靱性の低下が懸念される。断続切削になる場合は特に注意を要するであろう。

3.2 表面粗さ

図4に、仕上げ面の表面粗さを測定した結果を示す。なお、図中の「理論粗さA」はネガチップ(サーマット, セラミック, 超硬K種, コーティング)の理論粗さを、「理論粗さB」はポジチップ(超硬)の理論粗さを参考値として示したものである。なお、理論粗さRmax(単位μm)は次の式により算出した。

$$R_{max} = \frac{f^2}{8R} \times 1000 \quad (1)$$

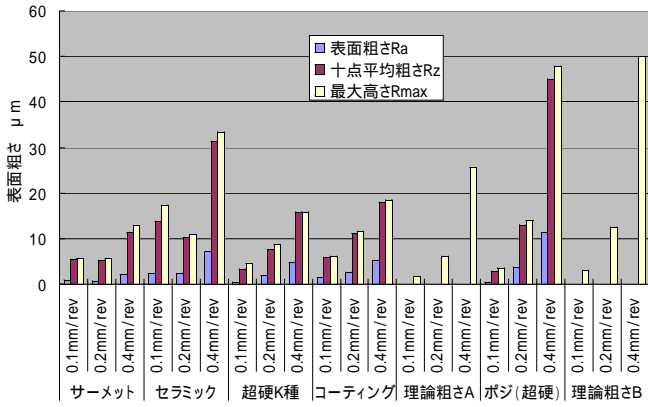
ここに f : 1回転当たりの送り量 (mm/rev)

R : 工具刃先半径 (mm)

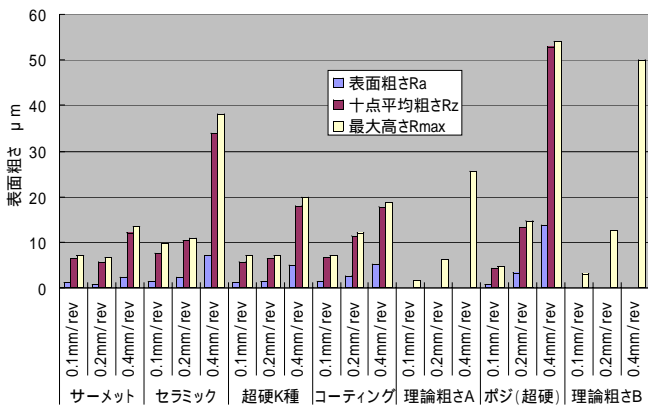
ネガチップでは、いずれの切削速度の場合でも、セラミック工具による仕上げ面粗さが理論粗さAに対して大きな値を示した。図1に示したとおりセラミック工具の刃先は、他の工具と異なりチップブレイクではなくチャンファがついており、加工中に切りくずが絡まることがあった。このことが仕上げ面粗さを悪化させる原因の一つになったと考えられる。一方、サーマット工具およびコーティング工具による仕上げ面粗さは、理論値と同等の値を示した。特にサーマット工具は切削速度の低い領域においても、コーティング工具より良好な仕上げ面粗さが得られた。超硬K種は、図1に示したとおり工具の損傷が激しかったため、工具欠損時には仕上げ面粗さが著しく大きくなった。一部の条件で理論粗さAより小さな仕上げ面粗さが得られているが、工具刃先の摩耗により工具刃先Rが大きくなったことにより表面粗さが向上しているものと推定される。

ポジチップでは、理論粗さBと同等の仕上げ面粗さが得られた。切削速度の低い領域でも良好な仕上げ面粗さが得られており、工具すくい角を大きく取ると仕上げ面粗さの点からも有利であると考えられる。

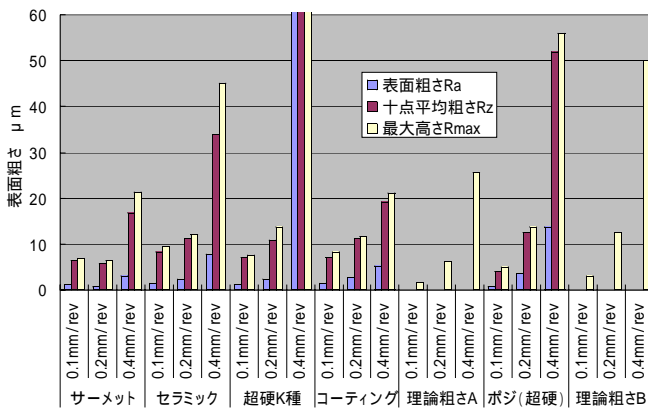
以上は、全て送り方向の表面粗さについて述べたものであるが、仕上げ面をよく観察すると切削方向にびびり痕が



(a) 切削速度200m/min

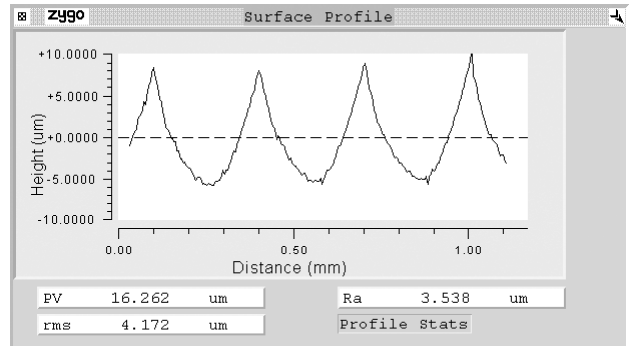


(b) 切削速度134m/min

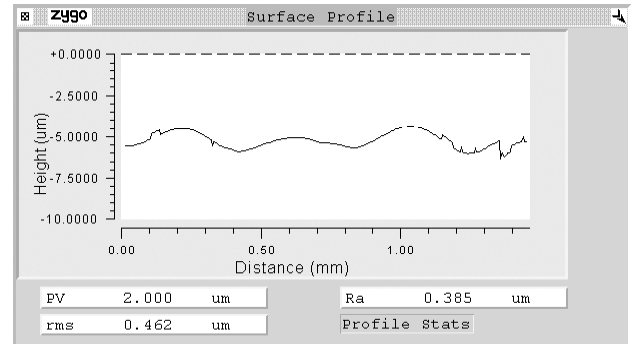


(c) 切削速度67m/min

図4 仕上げ面粗さ



(a) 送り方向



(b) 切削方向

図6 びびり痕の観察

認められた。このびびり痕はカッターマークの底部にあり通常の触針式表面粗さ測定機で測定することは難しいため光波干渉計 (ZYGO NEW VIEW5032) を用いてびびり痕の形状測定を試みた。測定は、図5に示すとおり送り方向と切削方向の輪郭形状を調べた。

図6に結果を示す。図6(a)のように送り方向については、触針式表面粗さ測定機の結果と同等の輪郭形状が得られた。一方、切削方向については、図6(b)のようなカッターマーク底部のびびり痕形状を観察できた。切削速度、切り込みを変えて追加実験を行った結果、観察視野内において送り速度の速い一部の条件でのみ1~数波長程度、評価することができた。この結果から、切削速度、切り込みに関係なく520~750Hz程度の周期をもつびびり痕であることが分かった。一般に、工具系の固有振動数は、数千Hzの高い周波数を持つことから、このびびり痕の原因であるとは考えにくい。図1の工具摩耗写真に認められる切りくずの凝着により工具刃先が振動することにより、この刃先の振動が被削材に転写していることが疑われる。この点については、明らかでないので、今後さらに検討を要する。

3.3 切削抵抗

図7にネガチップで加工時の切削抵抗を示す。セラミック工具および超硬K種工具による加工時の切削抵抗が大きい。これに比べサーメットおよびコーティング工具による

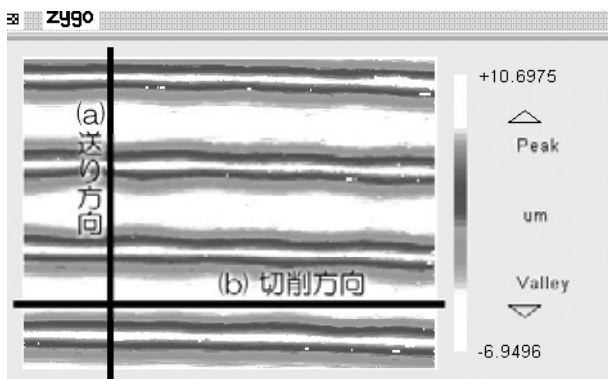
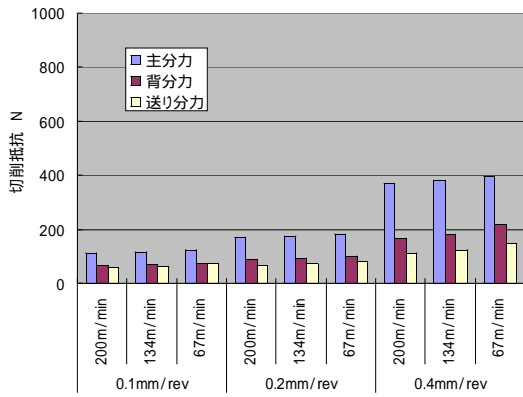
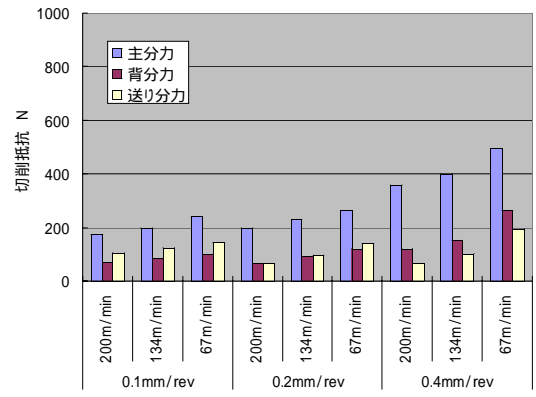


図5 光波干渉計による観察

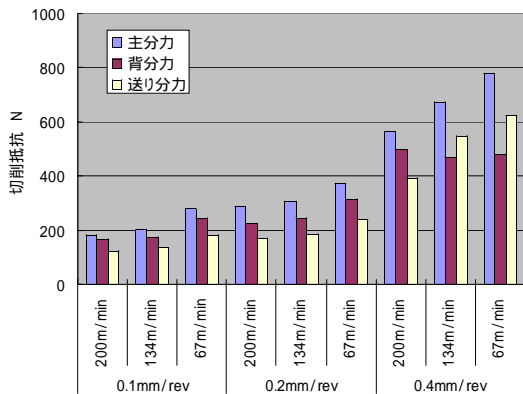


(a)サーメット

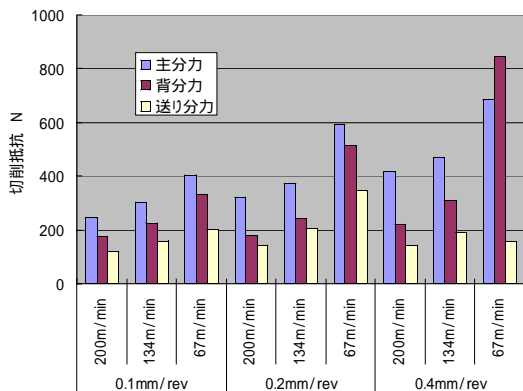


超硬P種

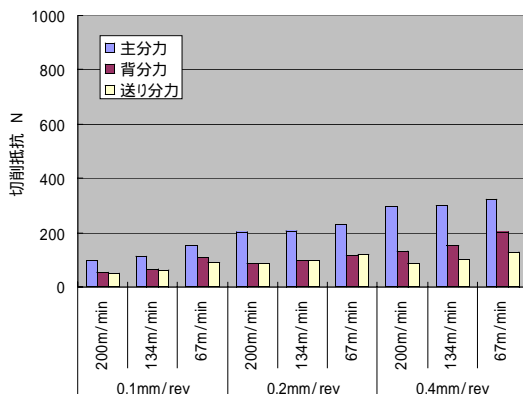
図8 切削抵抗 (ポジチップ)



(b)セラミック



(c)超硬K種



(d)コーティング

図7 切削抵抗 (ネガチップ)

加工時の切削抵抗は、主分力、背分力、送り分力の全てにおいて小さい。このことは、工具損傷、仕上げ面粗さの結果とよく一致している。

サーメットおよびコーティング工具による切削抵抗は主分力が最大で次に背分力、送り分力の順に小さくなった。主分力が最大値を示すことから、工具すくい角を大きく取るあるいは工具の突き出し量を小さくすること等によって工具負荷を軽減し、工具寿命の延長や仕上げ面粗さの向上が期待できる。

図8にポジチップで加工時の切削抵抗を示す。超硬工具であるにも関わらず、ネガチップの場合のサーメットおよびコーティング工具と同等の低い切削抵抗であることが分かる。チップをコーティング工具に変えることで、さらに切削抵抗が減ると推定され、工具寿命の延長および仕上げ面粗さの向上が期待できる。

4. 結 言

コパールの基本的な切削特性を調べることを目的として、数種類の工具を用いて正面切削加工を行い、工具摩耗、表面粗さおよび切削抵抗について調べた結果、次のことが明らかになった。

- (1)超硬工具によりコパール材を加工すると、切りくずの溶着が激しく工具損傷、仕上げ面低下を引き起こす。
- (2)サーメット工具あるいはコーティング工具による加工が工具損傷、仕上げ面粗さ、切削抵抗の点で有利である。
- (3)工具すくい角を大きく取った方が、工具損傷、仕上げ面粗さ、切削抵抗の点で有利である。

参 考 文 献

- 1)太田和義：機械技術，50，(13)，62-64(2002)
- 2)太田和義：機械技術，49，(4)，38-44(2001)

