

## チ タ ン の 加 熱 切 削\*

谷口 正紀\*\*・瀬戸 雅文\*\*\*・林 和夫\*\*\*\*

## Hot Machining of Titanium

Masaki TANIGUCHI, Masafumi SETO and Kazuo HAYASHI

## Abstract

Titanium and its alloys are hard to machine. Titanium, with its density of  $4.5\text{g/cm}^3$ , which is 60% of that of steel, is an excellent anti-corrosion material rich in heat-resisting quality.

It is, however, expensive and liable to chemical reactions under certain conditions.

The writers of this report has tried to see, through a series of experiments, how titanium is affected by Hot-machining and arrived at the following conclusion.

## 1) As to its cutting resistance:

Usually materials show lower cutting resistance after Hot-machining, while titanium shows greater cutting resistance after being machined in a excessively high temperature.

## 2) As to the degree of the chipping of the cutting edge:

Chipping of ceramic tools is excessive when used in a high temperature.

## 3) As to its surface roughness:

The surface roughness of titanium remains unimproved even when it is machined under different conditions.

## 1 緒 言

チタンおよびチタン合金はその純度や合金成分によって性質が異なる。チタンの密度は  $4.5\text{g/cm}^3$  で鋼の約60%であり、比重の割にきわめて強い強度を有し、耐熱性、耐食性にすぐれているためその需要は年を追って増大している。すなわち航空機、宇宙ロケット、化学工業等に使用され、最近では海底構造物や海洋計測器等への進出はめざましいものがあるといわれている。しかしながら高価で、ある条件の下では化学反応を起こしやすく加工困難な材料であることもよく知られている。この報告ではチタンを加熱切削した場合の切削抵抗、仕上面あらさ、バイトの切削初期の摩耗等について検討を行なう。

## 2 実験条件

実験に使用した機械、装置その他の条件はつぎのとおりである。

## 2.1 機械、装置

実験に使用した加熱方法は局部電気抵抗加熱法<sup>1)</sup>で、旋盤は三菱 HL-300G 形高速旋盤（ベッド上の振り320mm、心間最大長さ500mm、電動機3.7KW）である。測定装置には昌運工作所製機械試験所式 KSA 500 形切削動力計、新興通信工業製 DS 6/RJ 形動ひずみ測定器および渡辺測器製 WTR 211-3 C 形ペン書きレコーダを用いて切削抵抗の三分力を測定した。また小坂研究所製 SE-4 形表面あらさ測定器により表面あらさを測定した。

## 2.2 工 具

工具はクランプバイトでチップ材種はセラミックである。刃部形状は前すくい角、横すくい角、前逃げ角、横逃げ角、前切れ刃角、横切れ刃角、ノーズ半径の順に（-5, -7, 5, 7, 15, 15, 0.8）である。

## 2.3 被 削 材

チタンの  $50\phi \times 330$  の鍛造丸棒を用いた。その機械的性質および化学成分を Table 1 に示す。

\* 昭和43年12月6日、精機学会山口地方講演会において演講

\*\* 工業短期大学部機械工学教室

\*\*\* 宇部工業高等専門学校

\*\*\*\* 宇部工業高等学校

Table 1 Mechanical property and chemical composition of workpieces

Yield strength 0.2% kg/mm <sup>2</sup>	Tensile strength kg/mm <sup>2</sup>	Elongation percentage %	Contraction percentage %	
29	42	28	62	
Fe	N	O	H	Ti
0.015	0.0071	0.067	0.0033	Balance

### 3 実験方法

本加熱法においては被削材の表面性状がいろいろな点、特に加熱電極との接触状態に影響をおよぼすので前加工はつぎのような条件で行なった。すなわち工具はタンガロイ CL パイト、チップ TX 20 (SNPR)、切込み 0.5mm、送り 0.12mm/rev、切削速度 (100~110)m/min で行なった。仕上面あらさは平均 5 μHmax である。

本実験の切削条件は切込みを 0.5mm とし、その他の条件をつぎのように変化させた。

送り : 0.03, 0.045, 0.09, 0.15, 0.3mm/rev  
 切削速度 : 44, 62, 83, 165 m/min  
 加熱電流 : 0, 200, 250, 300 A

### 4 実験結果および考察

#### 4.1 切削抵抗

切削抵抗は切りくずの生成状態、構成刃先、被削材の振動その他種々の影響を受けて変動するがチタンの切削においては炭素鋼などの切削にくらべると変動が少ない。Fig. 1 はその例を示したものである。しかし変動する場合もあるので以下の検討はすべて平均値で行なった。

Fig. 2~Fig. 5 は加熱電流と切削抵抗との関係を示したもので切削速度はそれぞれ 44, 62, 83, 165m/min である。主分力は各切削速度、各送りとも加熱電流の影響が少ない。送り分力および背分力は 165m/min においては加熱電流の増加とともに増加し、62~

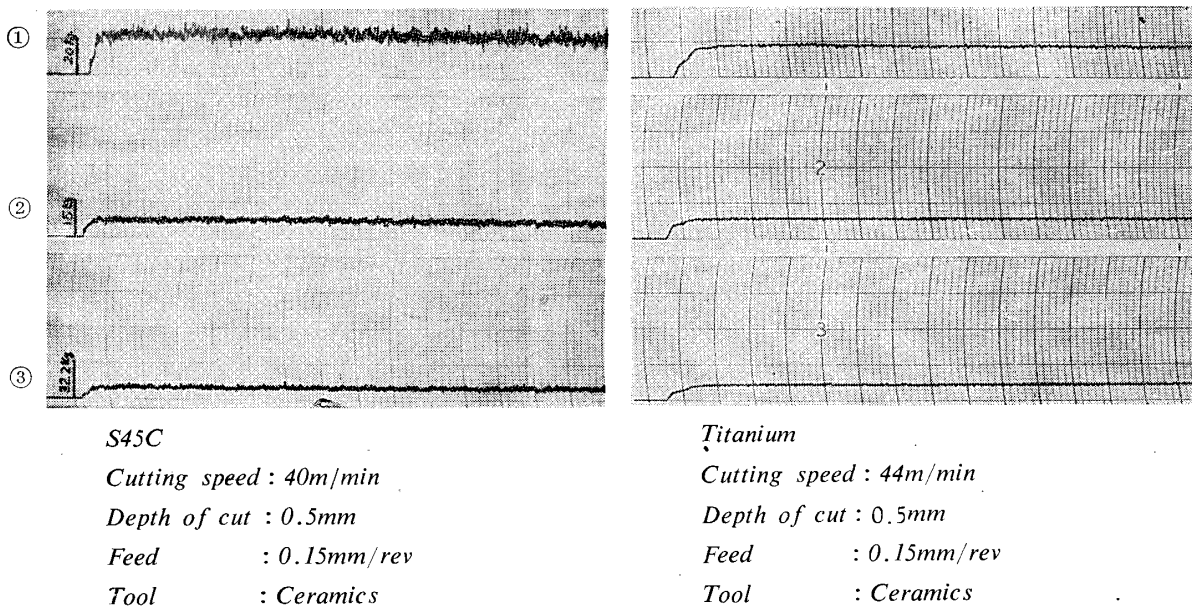


Fig.1 Chart of cutting resistance

- ① Tangential force
- ② Longitudinal force
- ③ Radial force

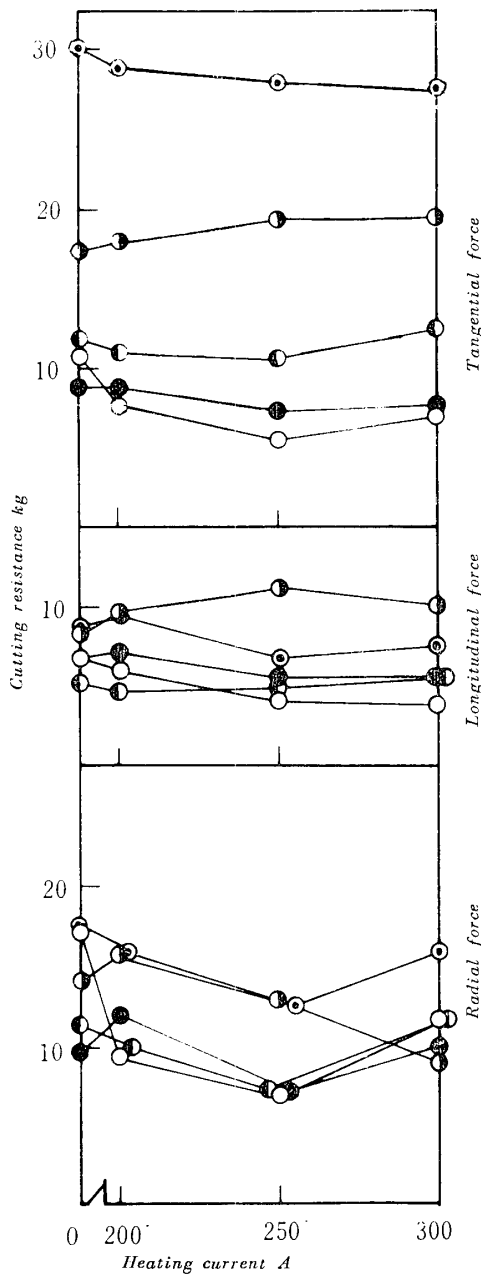


Fig. 2 Relationship between heating current and cutting resistance

Work : Titanium      Symbol : ○ 0.03mm/rev  
 Tool : Ceramics      ● 0.045 〃  
 Depth of cut : 0.5mm      ◐ 0.09 〃  
 Cutting speed : 44m/min      ◑ 0.15 〃  
   ◒ 0.3 〃

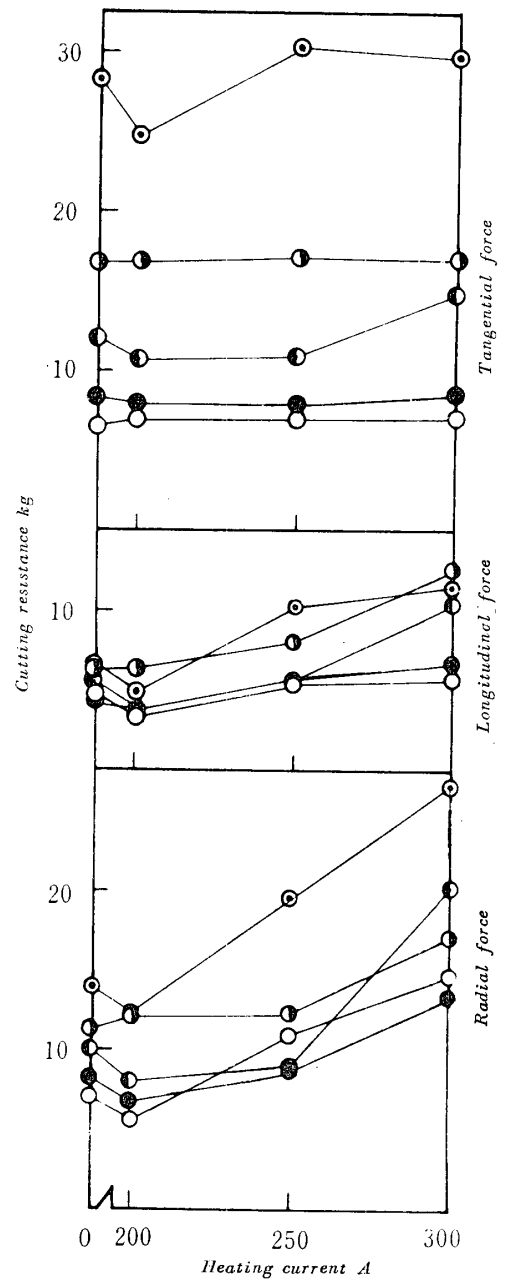


Fig. 3 Relationship between heating current and cutting resistance

Work : Titanium      Symbol : ○ 0.03mm/rev  
 Tool : Ceramics      ● 0.045 〃  
 Depth of cut : 0.5mm      ◐ 0.09 〃  
 Cutting speed : 62m/min      ◑ 0.15 〃  
   ◒ 0.3 〃

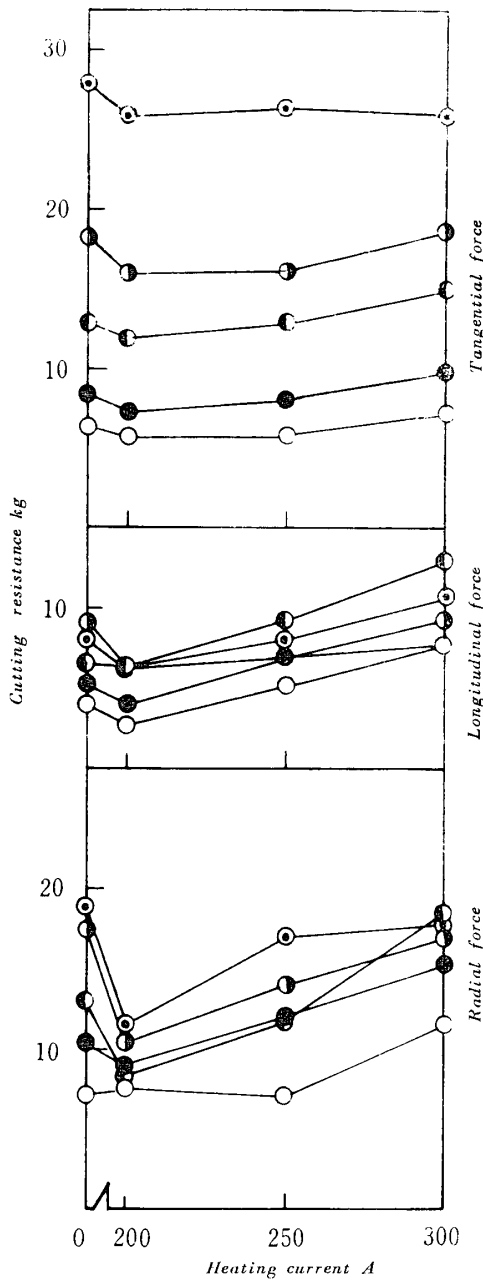


Fig. 4 Relationship between heating current and cutting resistance

Work : Titanium      Symbol : ○0.03mm/rev  
 Tool : Ceramics      ●0.045 〃  
 Depth of cut : 0.5mm      ◐0.09 〃  
 Cutting speed : 83m/min      ◑0.15 〃  
                                     ⊙0.3 〃

83m/min では200A で減少し、250A 以上では増加する。44m/min では送り分力はわずかな減少であるが、背分力は250A まで加熱電流とともにかなり減少し、300A では再び増加している。しかもその背分力の減少は送り 0.03~0.09mm/rev において著しい。

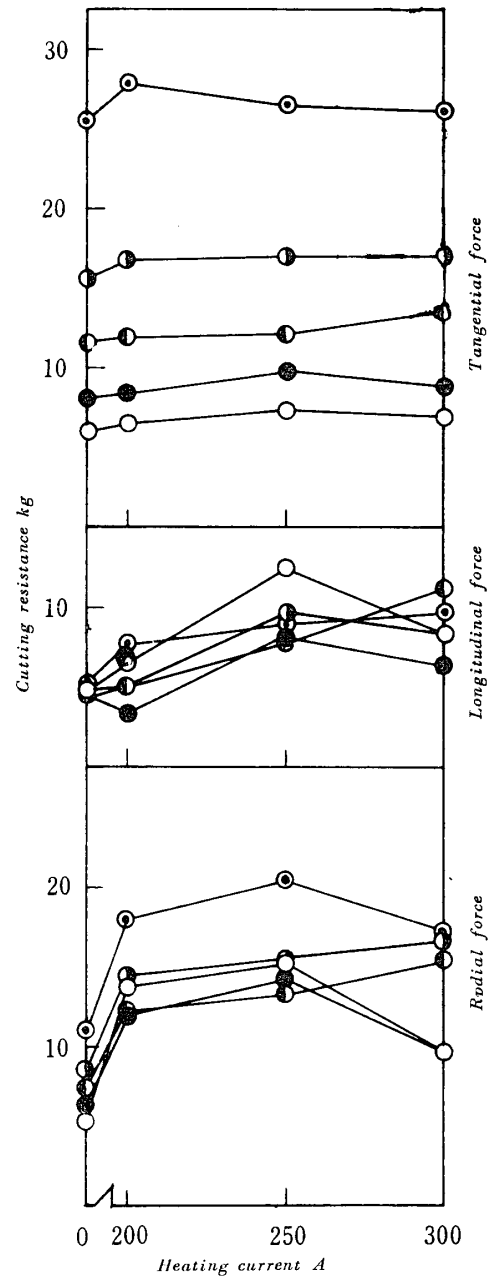


Fig. 5 Relationship between heating current and cutting resistance

Work : Titanium      Symbol : ○0.03mm/rev  
 Tool : Ceramics      ●0.045 〃  
 Depth of cut : 0.5mm      ◐0.09 〃  
 Cutting speed : 165m/min      ◑0.15 〃  
                                     ⊙0.3 〃

つぎに切削速度と切削抵抗との関係を Fig. 6(200A) Fig. 7 (250A), Fig. 8 (300A) に示す。

主分力はいずれの加熱電流においても切削速度の影響がなく、ほとんど一定であるが、送り分力および背分力は200A では62m/min において最小値を有し、250A, 300A では低速域において切削速度とともに増加している。

しかも 200A の 62m/min と 250A の 44m/min とがほぼ等しい値を示していることから切削抵抗（送り分力および背分力）を減少させる最適の切削温度が存在するものと考えられる。

また送りが大きくなれば切削面積が増加するので主分力の増大は当然考えられるが主分力、背分力の増加に比べて送り分力は送りが大きくなってもそれほど増加しない。

チタン切削の場合、鋼切削に比べて低速における加熱効果が少ないのは低速において構成刃先の発生が少ないためと考えられ、これはFig. 1からも容易に考え

られる。

また 44m/min, 250A において切削抵抗が減少するのはチップングの減少によるものと考えられる。

セラミック工具は一般にチタンの切削に対しては不適当<sup>2)</sup>とされているが、それはチタンの切削時に異常なまでに多発するチップングがその主な原因と考えられる。本実験においてもチップングが多いが上記 44 m/min, 250A、および 62m/min, 200A において比較的チップングが少なく、そのため切削抵抗が減少したのと考えられる。Fig. 9 は一例として 44m/min の場合を示す。

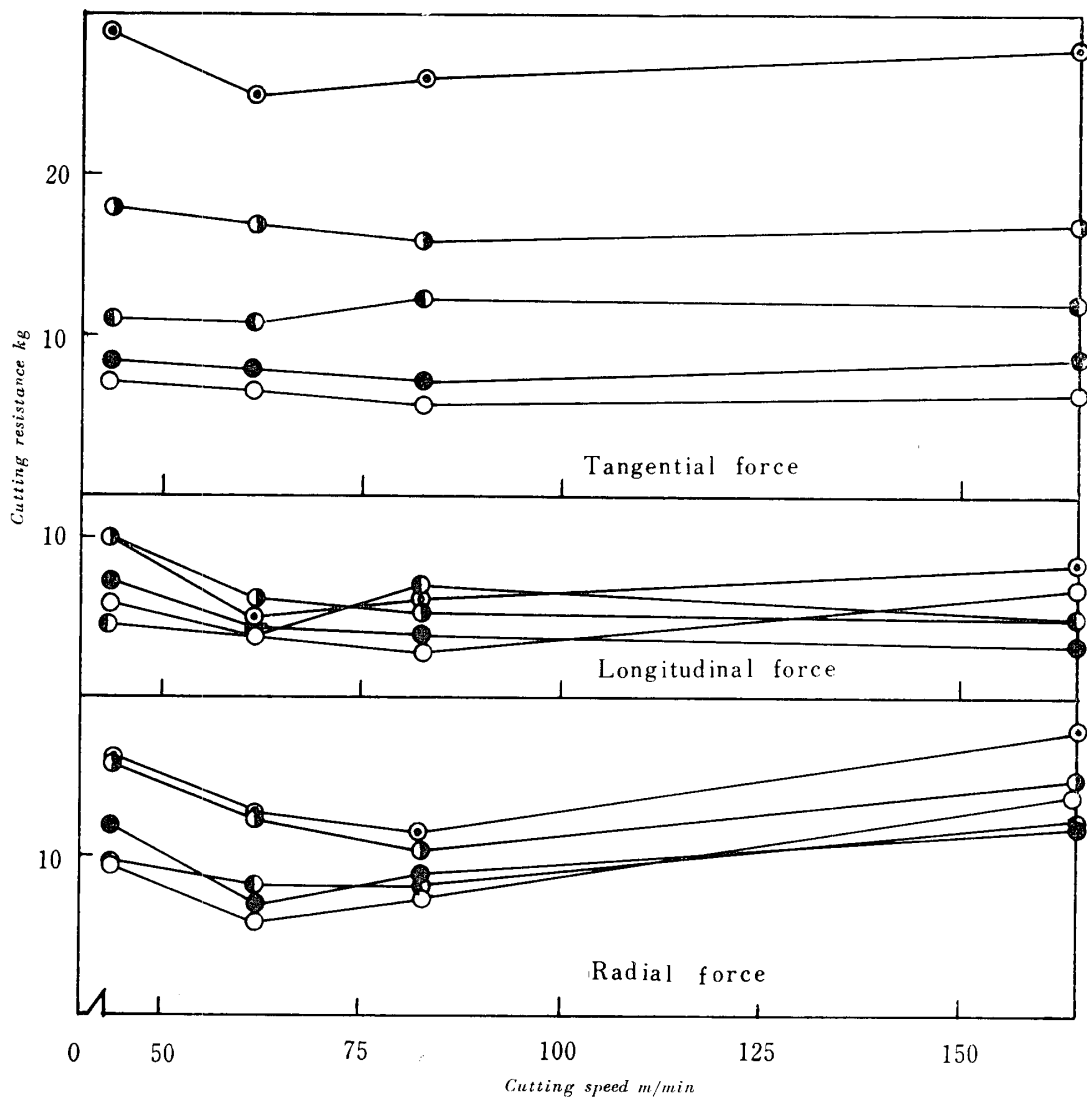


Fig.6 Relationship between cutting speed and cutting resistance

Work : Titanium  
Tool : Ceramics  
Depth of cut : 0.5mm  
Heating current : 200A

Symbol : ○ 0.03mm/rev  
● 0.045 〃  
◐ 0.09 〃  
◑ 0.15 〃  
⊗ 0.3 〃

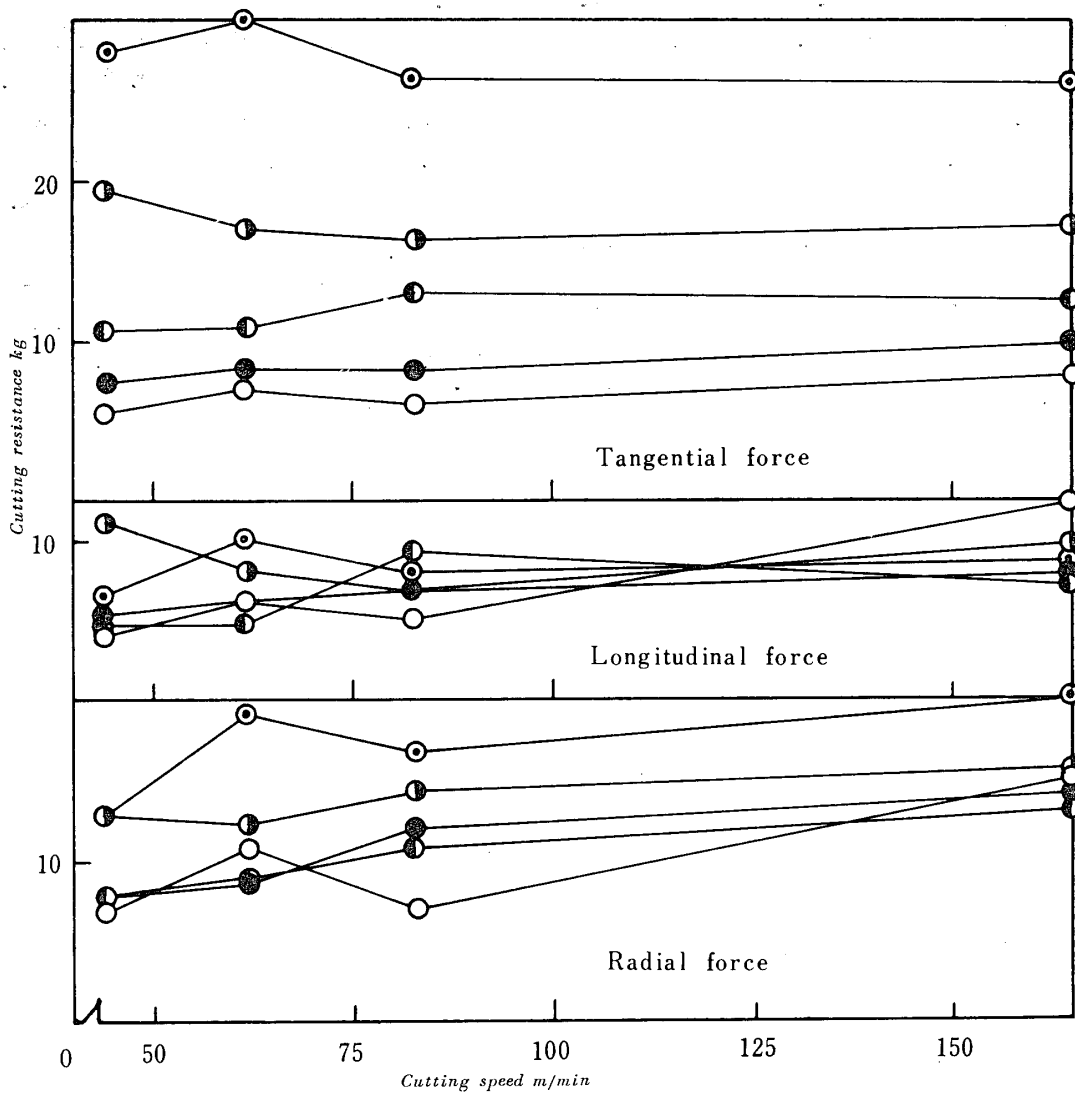


Fig.7 Relationship between cutting speed and cutting resistance

Work : Titanium  
 Tool : Ceramics  
 Depth of cut : 0.5mm  
 Heating current : 250A

Symbol : ○ 0.03mm/rev  
 ● 0.045 //  
 ◐ 0.09 //  
 ◑ 0.15 //  
 ◒ 0.3 //

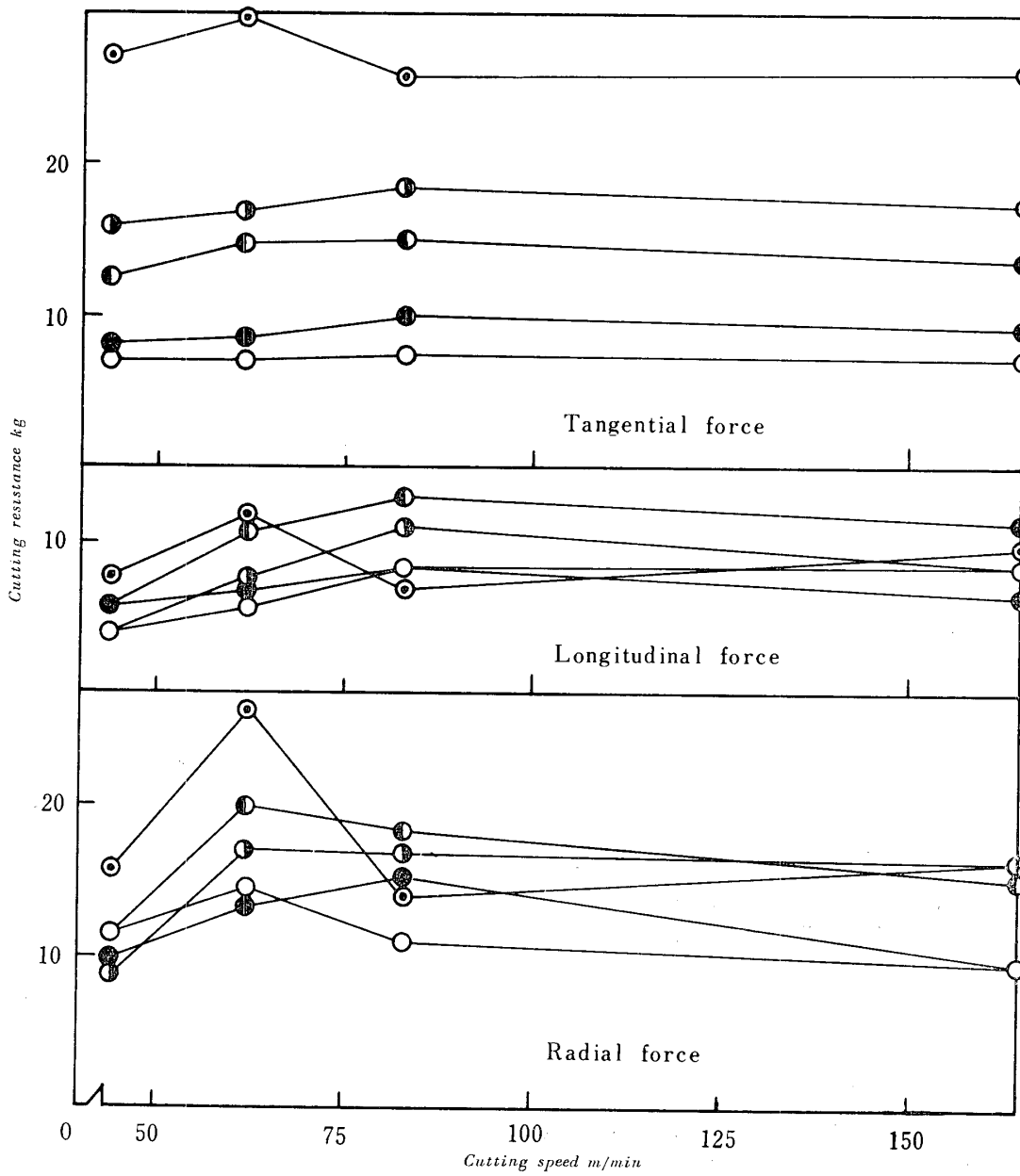


Fig.8 Relationship between cutting speed and cutting resistance

Work : Titanium  
 Tool : Ceramics  
 Depth of cut : 0.5mm  
 Heating current : 300A

Symbol : ○ 0.03mm/rev  
 ● 0.045 〃  
 ◕ 0.09 〃  
 ◑ 0.15 〃  
 ◒ 0.3 〃

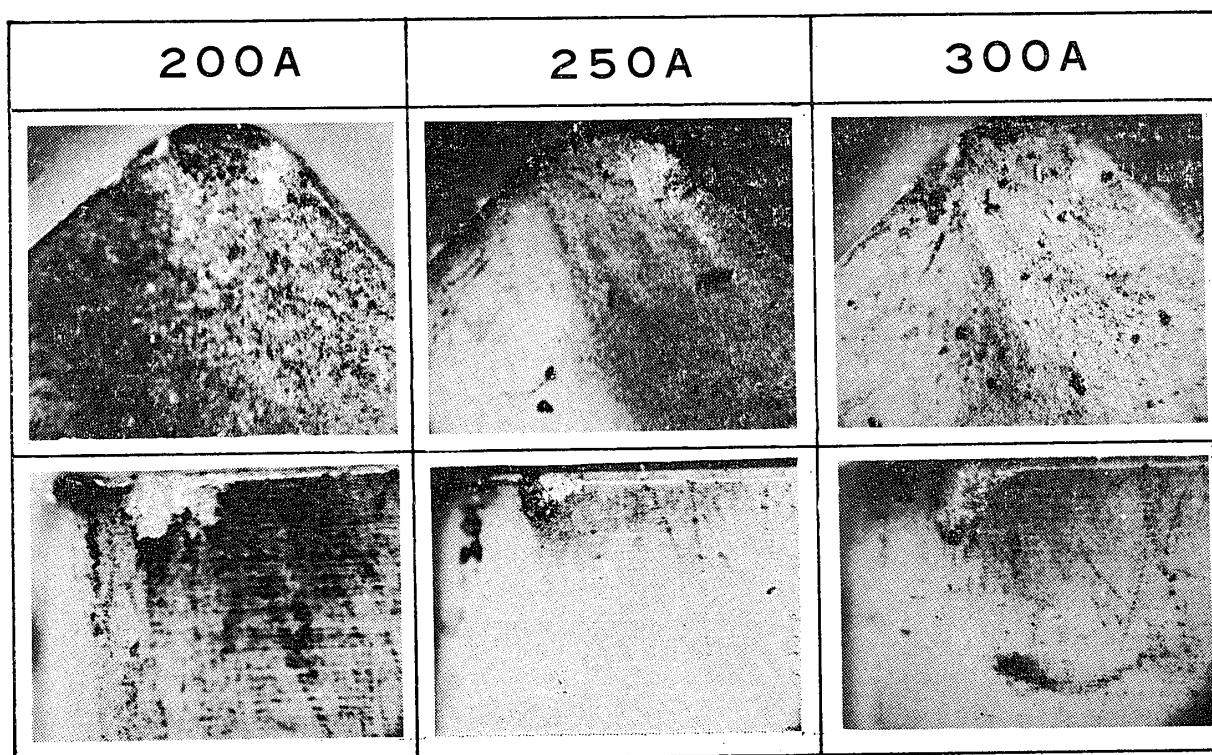


Fig.9 Chipping of ceramic tools Cutting speed : 44m/min

#### 4.2 仕上面あらさ

鋼切削に比べて表面あらさはよいが、送りが早くなれば当然のことながらあらさはあらくなっている。しかし同一の送りでは加熱電流をかえてもあまり変化はない

#### 5 結 言

以上を要約すればつぎのようになる。

- 1) 切削抵抗： 低速域では切削速度および加熱電流の増加とともに減少するが、高速域では切削速度および加熱電流が増加するほど、すなわち、あまり高温になるとむしろ増加する

- 2) セラミック工具の損傷： 切削抵抗と同じように低速域では加熱切削によって減少するが高温になれば損傷が大きい。しかも、炭素鋼切削に比べて異常チッピングが多い。

- 3) 仕上面あらさ： 切削速度の影響がなく、かつ、加熱切削を行なっても改善されない。

#### 参 考 文 献

- 1) 谷口正紀, 瀬戸雅文: 加熱切削に関する研究 (第1報), 精密機械, **32**, 275 (1966)
- 2) 竹山秀彦, 村田良司: チタンの被削性に関する研究, 精密機械, **28**, 331 (1962)

(昭和44年3月10日受理)