

高温切削に関する研究(第3報)*

— 切 削 抵 抗 —

谷口正紀**・瀬戸雅文***

Study on Hot Machining (3rd report)

—Cutting Resistance—

Masaki TANIGUCHI and Masafumi SETO

Abstract

This is a report on cutting resistance examined in various cases of hot machining of metallic materials.

Three kinds of metallic materials used in this experiment were S45C carbon steel, 18-8 stainless steel, and 13 Cr stainless steel, whose tools had plus rake and minus one. And the following conclusion was formed.

- 1) In case of S45C and 13 Cr stainless steel, the heating effect hardly comes about in high speed but conspicuously in low speed. In other words, the cutting resistance decreases and at the same time the vibration does as well, and the state of cutting is steady.
- 2) In case of 18-8 stainless steel the heating effect hardly comes about in high speed. On the contrary cutting resistance increases in low speed as additional heat, and the state of cutting becomes unsteady.
- 3) In case of S45C and 13 Cr stainless steel, cutting resistance in hot machining increases in proportion to feeding.
- 4) In hot machining cutting resistance is less in using plus rake than in using minus one.

1. 緒 言

本研究の前二報においては S45C, 18—8 ステンレス鋼および 13Cr 鋼をセラミックバイトを用いて高温切削した場合の仕上面あらさおよび工具の初期摩耗について検討を行なった。その結果いずれの被削材においても仕上面あらさは改善され、工具摩耗は 18—8 ステンレス鋼においてわずかに減少するという結論を得た¹⁾²⁾。また、本研究の一環として S45C材を高温切削した場合の切削抵抗についての基礎的な研究結果を別に報告³⁾した。その結果高温切削を行なえば切削抵抗が安定し、かつ減少することがわかった。

本報告では正のすくい角および負のすくい角をそれぞれ有する二種類の工具を用い、S45C, 18—8 ステンレス鋼および 13Cr 鋼の高温切削を行なった場合の切削抵抗について種々検討を行なったのでその結果を

報告する。

2. 実験装置および被削材

実験に使用した加熱方法は局部電気抵抗加熱法¹⁾で、工作機械は三菱造船製 HL300—G 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。工具はタンガロイ HC35—4 形および TA31—3 形クランプバイトで前者は正のすくい角、後者は負のすくい角である。なお、チップ材種はいずれもセミラックである。

測定装置には昌運工作所製機械試験所式 KSA500 形切削動力計、新興通信工業製 DS6/RJ 形動ひずみ測定器および渡辺測器製 WTR211—3 C 形ペン書きレコーダを用いて切削抵抗の三分力を同時測定した。

実験に供した被削材は S45C, 13Cr 鋼および 18—8 ステンレス鋼 (35φmm × 300mm) で、その成分を Table 1 に示す。

* 昭和42年6月30日、日本機械学会宇部地方講演会において講演

** 工業短期大学部機械工学教室

*** 宇部工業高等専門学校

Table 1 Chemical composition of workpieces (%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
S45C	0.44	0.37	0.61	0.019	0.011		
13Cr stainless steel	0.12	0.54	0.62	0.032	0.020	13.50	0.60
18—8 stainless steel	0.13	0.61	1.22	0.030	0.016	18.70	8.80

3. 実験方法

局部電気抵抗加熱法においてはタンゲステン電極と被削材との接触抵抗に被削材の表面性状が影響するので前加工はすべて一定条件で行なった。その条件は次のとおりである。すなわち、工具：タンガロイCLバイト、チップLS—2R, 切込み：0.5mm, 送り：0.12mm/rev, 削り速度：約110m/min, 仕上面あらさ：平均11 μ である。

本実験の切削条件は切込みを0.5mm一定とし、その他の条件を次のように変化させて長手切削を行なった。すなわち、

送り：0.06, 0.09, 0.12, 0.15, 0.18,

0.3mm/rev

削り速度：22, 34, 50, 109, 166, 244m/min

加熱電流0, 200, 250, 300, 350, 400A

4. 実験結果および考察

4.1 切削抵抗の変動

切削抵抗は一般に工具のすくい角の正負を問わずいづれの場合にも加工物の振動あるいは切りくずの生成状態、構成刃先の生成脱落などの影響を受けて激しく

変動する。その変動は100m/min以上の高速度域では少なく、いわゆる構成刃先発生臨界速度以下では変動が激しい。このような領域(低速域)で加熱切削を行なうと加熱効果が大きい。Fig. 1は切削抵抗記録の一例を示したものである。

なお、このように切削抵抗は激しく変動するのでその振動の上限を最大値、下限を最小値とし、最大値および平均値で検討を行なった。

4.2 送りと切削抵抗との関係

送りと切削抵抗との関係は送りの増加とともに三分力ともほぼ直線的に増加している。Fig. 2はHC35—4形およびTA31—3形バイトで13Cr鋼を切削した場合のものを示す。切削抵抗はHC35—4形バイトの場合のほうがTA31—3形バイトの場合より一般に小さい。両バイトともに三分力の大きさは主分力、背分力および送り分力の順になっているが、HC35—4形バイトの場合には背分力が比較的小さい送り分力の値に近いのに対してTA31—3形バイトでは背分力が主分力に近い大きな値を示している。

Fig. 3は低速(22m/min)における通常切削と加熱切削の場合を示すもので、工具はTA31—3形バイトである。すくい角が負の場合でしかも低速域においては背分力は送りが大きくなるにつれてその増加の割

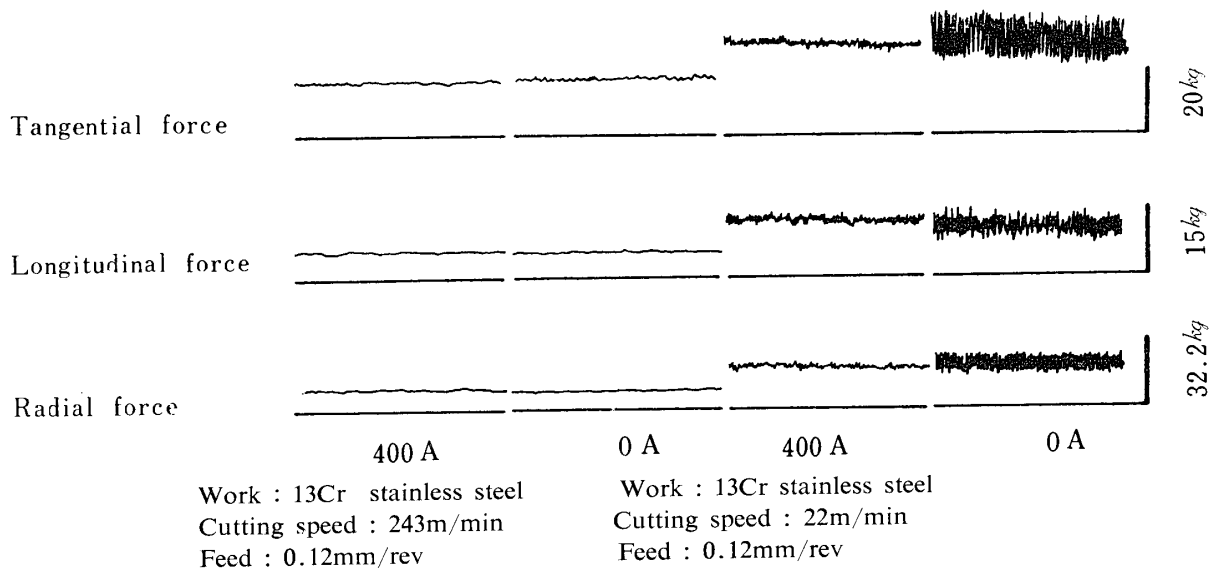


Fig.1 Chart of cutting resistance.

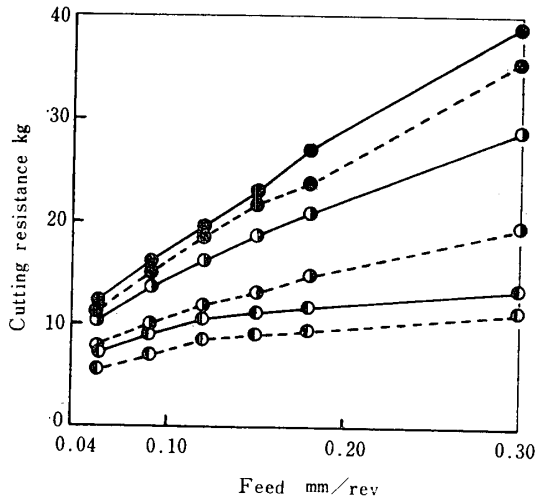


Fig. 2 Relationship between feed and cutting resistance.

Work : 13Cr stainless steel
 Electric current : 200A
 Cutting speed : 109m/min
 Depth of cut : 0.5mm
 Continuous line : TA31-3
 Broken line : HC35-4
 Symbol : ● Tangential force
 ○ Longitudinal force
 ◐ Radial force

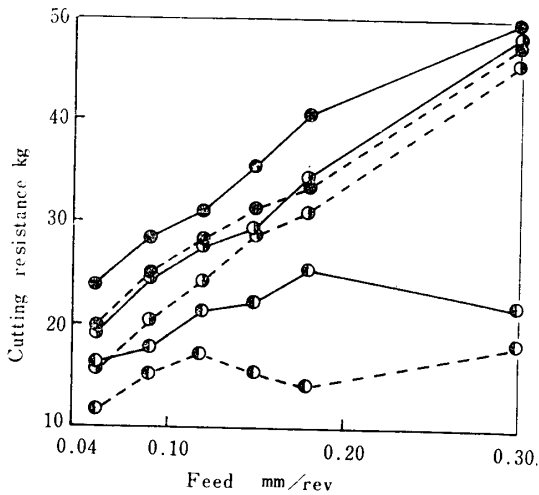


Fig. 3 Relationship between feed and cutting resistance.

Work : 13Cr stainless steel
 Tool : Tungaloy TA31-3
 Depth of cut : 0.5mm
 Cutting speed : 22m/min
 Symbol : ● Tangential force
 ○ Longitudinal force
 ◐ Radial force
 Continuous line : 0A
 Broken line : 200A

合が大きく主分力にほとんど等しくなっている。18-8ステンレス鋼については極端な低送りの場合主分力は背分力より小さくなっている。

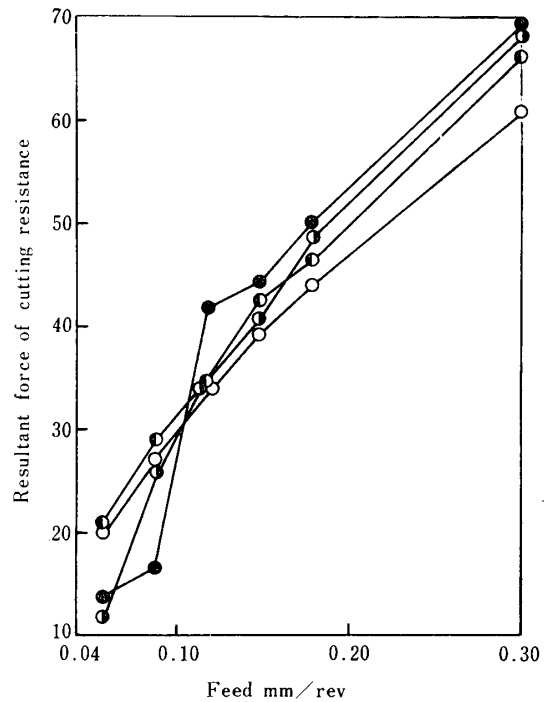


Fig. 4 Relationship between feed and maximum cutting resistance.

Work : S45C
 Tool : Tungaloy TA31-3
 Depth of cut : 0.5mm
 Cutting speed : 34m/min
 Symbol : ● 0A ○ 200A
 ◐ 300A ○ 400A

Fig. 4はS45CをTA31-3形バイト、削り速度34m/minで切削した場合の切削抵抗を三分力の合成抵抗値で示したものである。通常切削では0.06および0.09mm/revの低送りで極端に小さな切削抵抗を示し、0.12mm/rev以上ではほぼ直線的に増加している。加熱切削ではいずれの電流においても送りに比例して増加し、0.12mm/rev以上の送りでは加熱切削の方が小さくなっているが、0.06および0.09mm/revでは通常切削よりむしろ大きな抵抗値を示している。この傾向は削り速度が22m/minの場合もほぼ同様である。(図略)

4.3 削り速度と切削抵抗との関係

Fig. 5はS45CをHC35-4形バイト、送り0.3mm/revで切削した場合の主分力を示したものである。三分力ともいづらか異なつた傾向を示している。すなわち、主分力および背分力(図略)が低速になるほど抵抗値が増大するのに対して送り分力(図略)は

50m/min 以下ではむしろ減少する傾向にある。また、主分力および背分力は通常切削では 50m/min 以下になると特に急増し、加熱電流の増加につれてその増加率が小さくなつている。図示のように 400A では高速における切削抵抗に近づいている。

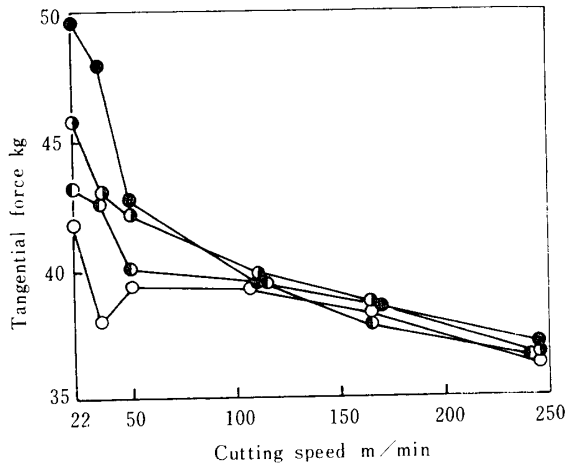


Fig. 5 Relationship between cutting speed and maximum cutting resistance.

Work : S45C
Tool : Tungaloy HC35-4
Depth of cut : 0.5mm
Feed : 0.5mm/rev
Symbol : ● 0A ◐ 200A
 ◑ 300A ○ 400A

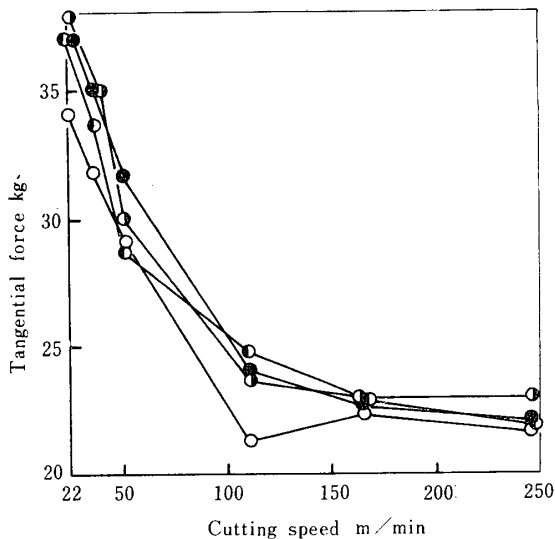


Fig. 6 Relationship between cutting speed and tangential force.

Work : 13Cr stainless steel
Tool : Tungaloy HC 35-4
Depth of cut : 0.5mm
Feed : 0.18mm/rev
Symbol : ● 0A ◐ 200A
 ◑ 300A ○ 400A

Fig. 6 は 13Cr 鋼を HC35—4 形バイト、送り 0.18 mm/rev で切削した場合の主分力を示したものである。S45C の場合と異なり、100m/min 以上の削り速度においては通常切削、加熱切削ともに削り速度に影響なくほぼ一定である。100m/min 以下では S45C の場合と同様に切削抵抗は急激に増加し加熱効果も低速において著しい。

Fig. 7 は 18—8 ステンレス鋼を HC35—4 形バイト送り 0.18mm/rev で切削した場合の主分力を示すものである。通常切削の場合、低速になるにつれてわずかに増加する傾向を示している。加熱した場合、削り速度 50m/min 以上では加熱の影響はほとんどみられないが、50m/min 以下では大きく変化し、加熱電流 400A ではむしろ増加している。

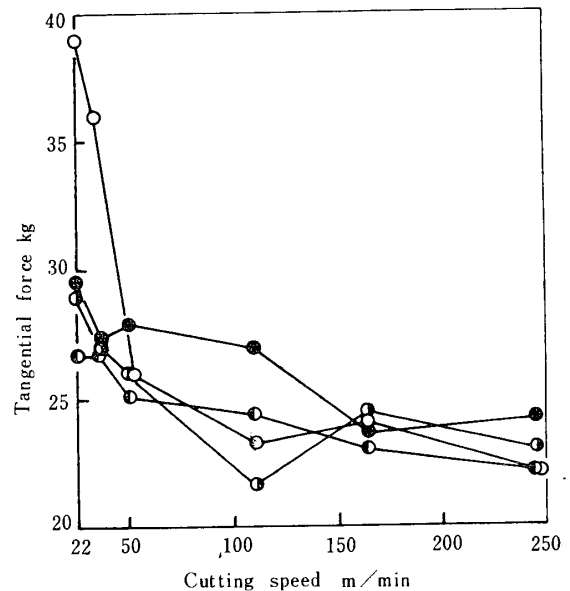


Fig. 7 Relationship between cutting speed and Tangential force.

Work : 18-8 stainless steel
Tool : Tungaloy HC 35-4
Depth of cut : 0.5mm
Feed : 0.18mm/rev
Symbol : ● 0A ◐ 200A
 ◑ 300A ○ 400A

4.4 削り速度と切削抵抗の振幅との関係

Fig. 8 は 13Cr 鋼を、Fig. 9 は 18—8 ステンレス鋼をととも HC35—4 形バイト、送り 0.12mm/rev で切削した場合の削り速度と切削抵抗の振幅（切削抵抗値の上下限の差）との関係を示したものである。13Cr 鋼の場合、削り速度 50m/min 以上では通常切削、加熱切削いずれの場合でもほぼ一定の振幅で振動している。しかし、低速域においては通常切削の場合、削り速度の低下とともに振幅が急激に増大しているのに対

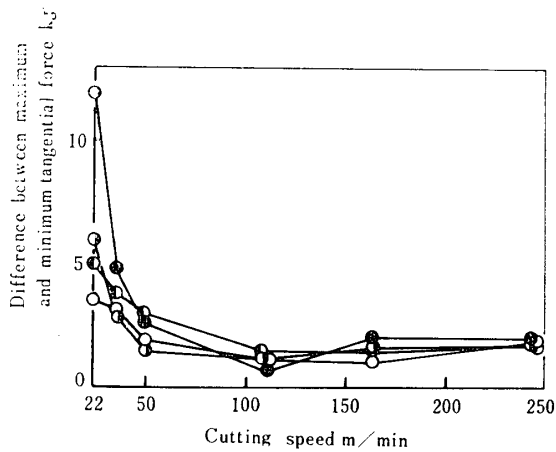


Fig. 8 Relationship between cutting speed and fluctuation of tangential force.

Work : 13Cr stainless steel
 Tool : Tungaloy HC 35-4
 Depth of cut : 0.5mm
 Feed : 0.12mm/rev
 Symbol : ● 0A ● 200A
 ● 300A ○ 400A

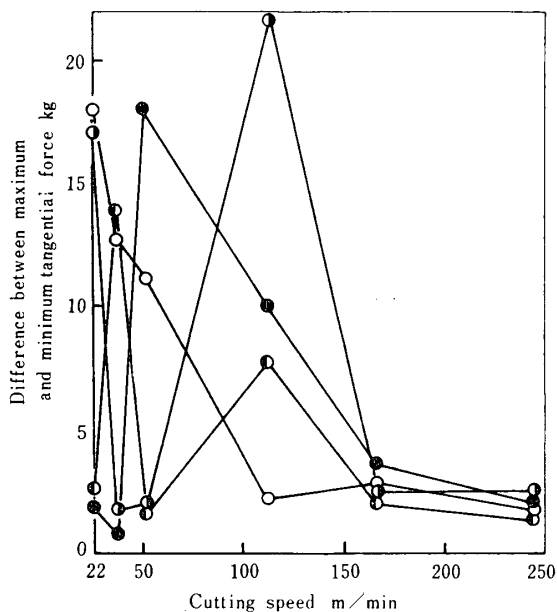


Fig. 9 Relationship between Cutting speed and fluctuation of tangential force.

Work : 18-8 stainless steel
 Tool : Tungaloy HC 35-4
 Depth of cut : 0.5mm
 Feed : 0.12mm/rev
 Symbol : ● 0A ● 200A
 ● 300A ○ 400A

して加熱切削ではわずかに増加している。
 18—8 ステンレス鋼の場合、166m/min 以上では 13Cr 鋼の場合と同様に通常切削、加熱切削いずれにおいても小さくしかも一定の振幅であるが、109m/

min 以下では大きく変化している。109m/min においては通常切削および 200A 加熱切削の場合に振動がはげしく、50m/min においては通常切削の場合に特に激しく 400A 加熱切削においてわずかに減少している。すなわち、50m/min および 109m/min においては通常切削の場合に振幅が大きく加熱切削を行なえば安定した切削が行なえるということがわかる。さらに、低速域の 22m/min および 34m/min においては通常切削の場合振幅が著しく減少し、加熱切削の場合逆に増加する傾向を示している。このように、18—8 ステンレス鋼の加熱切削では 13Cr 鋼および S45C とは全く異なつた傾向を示している。

5. 結 言

以上 S45C、13Cr 鋼および 18—8 ステンレス鋼を被削材とし、セラミックバイトを用いて高温切削を行なつた場合の切削抵抗について検討し次のような結論を得た。

- 1) S45C および 13Cr 鋼の場合、高速では加熱効果はあまりみられないが低速では顕著にあらわれている。すなわち、切削抵抗が減少すると同時に振動も減少し切削状態が安定する。
- 2) 18—8 ステンレス鋼の場合、高速ではほとんど加熱効果がなく、50m/min および 109m/min においては切削抵抗値および振動が減少する。しかし、22m/min および 34m/min の低速域では加熱によつて切削抵抗が増大し切削状態が不安定となる。
- 3) S45C および 13Cr 鋼の場合、高温切削における切削抵抗は送りにほぼ比例して増加する。
- 4) 加熱切削の場合、正のすくい角を用いた方が負のすくい角の場合より切削抵抗は小さい。

なお、結論の 2) についてはその原因を明らかにすべきであるが、本実験範囲では追求できなかったので現在さらに検討を行なつている。また、二種類の工具を用いて検討を行なつたのは高温切削における工具の形状効果を検討するための基礎資料を得ることを目的としたが、切削抵抗のみでは結論をくだし難いので今後さらに種々の点から検討を行ないたい。

参 考 文 献

- 1) 谷口正紀, 瀬戸雅文: 高温切削に関する研究 (第 1 報), 山口大学工学部研究報告, 15, 1, 161 (1965)
- 2) 谷口正紀, 瀬戸雅文: 高温切削に関する研究 (第 2 報), 山口大学工学部研究報告, 16, 1, 53 (1965)
- 3) 谷口正紀, 瀬戸雅文: 局部電気抵抗加熱切削における切削抵抗について, 山口大学工学部研究報告, 17, 1, 53 (1966)

(昭和 43 年 3 月 22 日受理)