

高温切削に関する研究(第1報)

局部電気抵抗加熱法

谷口正紀*・瀬戸雅文*

Study on Hot Machining (1st Report) Local Electric Resistance Heating Method

Masaki TANIGUCHI and Masafumi SETO

Abstract

This is to inform you of a new heating method recently worked out by these writers, which they call Local Electric Resistance Heating Method.

In this research, the effect of hot machining by this method on the surface roughness were investigated.

Ceramic tools were used to turn carbon steel.

The results of these experiments are as follows:

- (1) Until cutting speed exceeds the speed of 160m.p.m., we can expect to have surface roughness of better quality under or by new hot machining method than under or by usual machining.
- (2) At a higher cutting speed than 220m.p.m., surface roughness obtained remains the same whether electric current is used or not.
- (3) When the depth of cut is large, better surface roughness can be obtained by increasing cutting speed.
- (4) This method is quite effective, or applicable as a hot machining method.

1. 緒言

被削材を加熱して切削するいわゆる高温切削は、超硬合金の出現とともに急速な発達を遂げ、中でも通電加熱法は旋削¹⁾²⁾はもとより、孔あけ³⁾、フライス削り⁴⁾などにおいても被削性の改善に大いに役立つことが多いの研究報告によって実証されている。

一方、更に耐熱性のすぐれたセラミック工具の開発は工作機械の発達とあいまって加工速度をますます高速化し、1000m/minにもおよぶ実験⁵⁾がなされるほどである。このようなセラミック工具についての研究も種々の観点からその詳細な報告⁶⁾⁷⁾がなされている。

しかし、高温切削にセラミック工具を用いた研究は少なく、わずかにチップブレーカーを電極としこれに接触する切くずに通電して加熱する方法⁸⁾が報ぜられているのみである。しかも、従来の高温切削はほとんど100~150m/min以下の速度域でその研究がなされている。

筆者らはこのような現状を考慮の上、耐熱性にすぐれたセラミックを工具とし、従来の局部加熱法とは異

なりしかもセラミック工具にも適用可能な局部電気抵抗加熱法を考案し、本加熱法の可能性を検討するとともに、セラミック工具の高温切削における特性および高温高速切削についての研究を行なっている。

本報告においては局部電気抵抗加熱法の装置について略述するとともに被削材にS45Cを用いて種々検討を行なう。

2. 実験装置

本実験に用いた旋盤は三菱HL300G型高速旋盤でその要目は、振り320mm、心間距離500mm、主電動機3.7KW、回転数280~3200rpmである。

Fig. 1に局部電気抵抗加熱法の加熱装置を示し、Fig. 2にその配線図を示す。セラミック工具は非電導性工具材料であるため、これを加熱エネルギーの媒体として使用することができないので、電極として編組銅線とタングステン棒を選びFig. 2に示す位置に装着した。タングステン棒は銅で保持しその支柱はクロススライドに対して絶縁した。タングステン電極の寸法は外径3.2mm、長さ20mmで、タングステンの他に

* 短期大学部機械工学教室

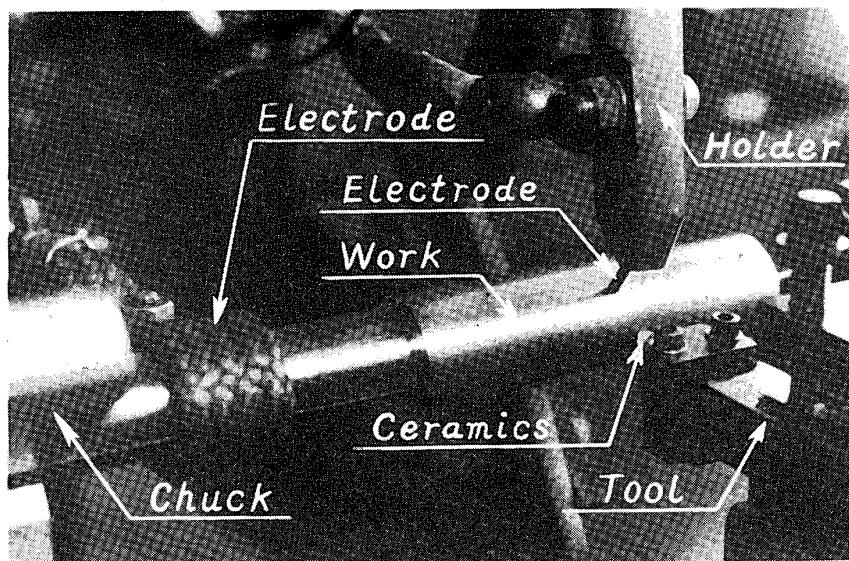


Fig. 1. Local electric resistance heating apparatus.

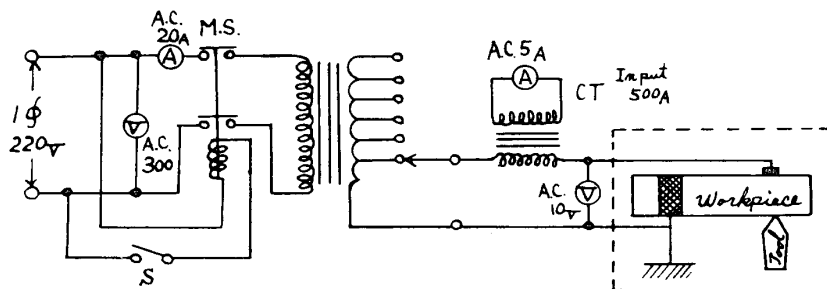


Fig. 2. Circuit diagram.

トリウム入りタングステン，モリブデンも電極として使用できるが本実験ではタングステンのみを使用した。その成分を Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of electrodes.
(wt %)

	W	Th	M ₀	Specific gravity
Tungsten	99.98			19.3
Thorium Tungsten	97.90	2.08		18.8
Molybdenum			99.95	10.2

加熱に際してはタングステン電極を Fig. 1 に示すように被削材に密着させ、電極をバイトに先行させるがその場合できるだけ接近（本実験では 0.5mm）させて通電する。

電極の赤熱状態は 300A まで認められないが更に加熱し 400A を越えると明らかに赤熱する。なお、電極の摩耗は短時間ではほとんど問題にならず、一例を示すと 113分後の摩耗は 1.3mm（長手方向の摩耗量）である。

3. 工具および被削材

使用工具は国産セラミックで、その形状を Fig. 3 に示す。仕上面あらさを論じる場合バイトの形状特にノーズ半径を一定にすることが必要である。研磨には超硬バイト研削盤（230meshのダイヤモンドと石）を用い、研磨後のバイトを投影機で50倍に拡大して形状の均一をはかった。

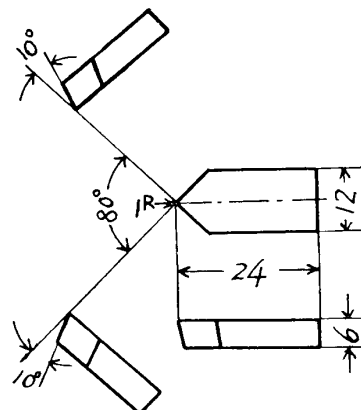


Fig. 3. Ceramic tool shape.

被削材は外径 34mm, 長さ 300mm の S45C でその成分を Table 2 に示す.

Table 2. Chemical composition of workpieces. (wt %)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
S45C	0.44	0.37	0.61	0.019	0.011	0.12	0.013

4. 実験方法

切削条件を

切込み : 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0mm

送り : 0.03, 0.06, 0.09mm/rev

削り速度 : 110, 160, 220m/min

電流 : 275, 330, 420A

とし, これらの条件の組合せによってまず丸棒の長手切削を行ない, 切削後のバイトの形状, 摩耗状態を工具顕微鏡, 投影機, 写真などにより測定し, また, 仕上面の状態を小坂式 SD-5 型仕上面検査機により測定し, 硬度を明石のポータブル硬度計 (PHT型) で測定した.

5. 硬度の変化

通電切削後の硬度を Fig. 4 に示す. 本図は一例として, 削り速度 160m/min, 送り 0.06mm/rev の場合を示したもので, 図を見れば明らかなように通電の影響はほとんど認められない.

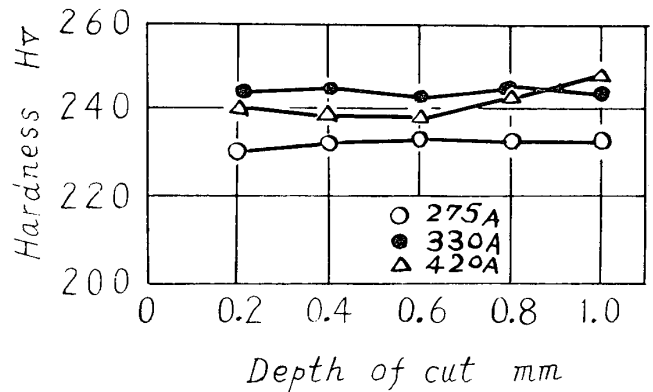


Fig. 4. Relationship between depth of cut and hardness.

6. 表面あらさ

6.1 肉眼による観察

切削後の表面あらさを肉眼で観察した場合, 削り速度が 100m/min 以上であるために, 非通電の場合でも光沢を有し良好である.

工具を加熱エネルギーの媒体とする従来の通電加熱法においてはその仕上面にしま模様が現われる. しかし今回の実験ではこのしま模様を全く観察できなかった. それは従来の通電加熱法では切削中のバイト先端が通電の媒体となるのに対して, 本法では局部加熱面が切削の直前にあるからと考えられ, これはまた, 先に述べた硬度変化を少なくする一因になるものと推察される.

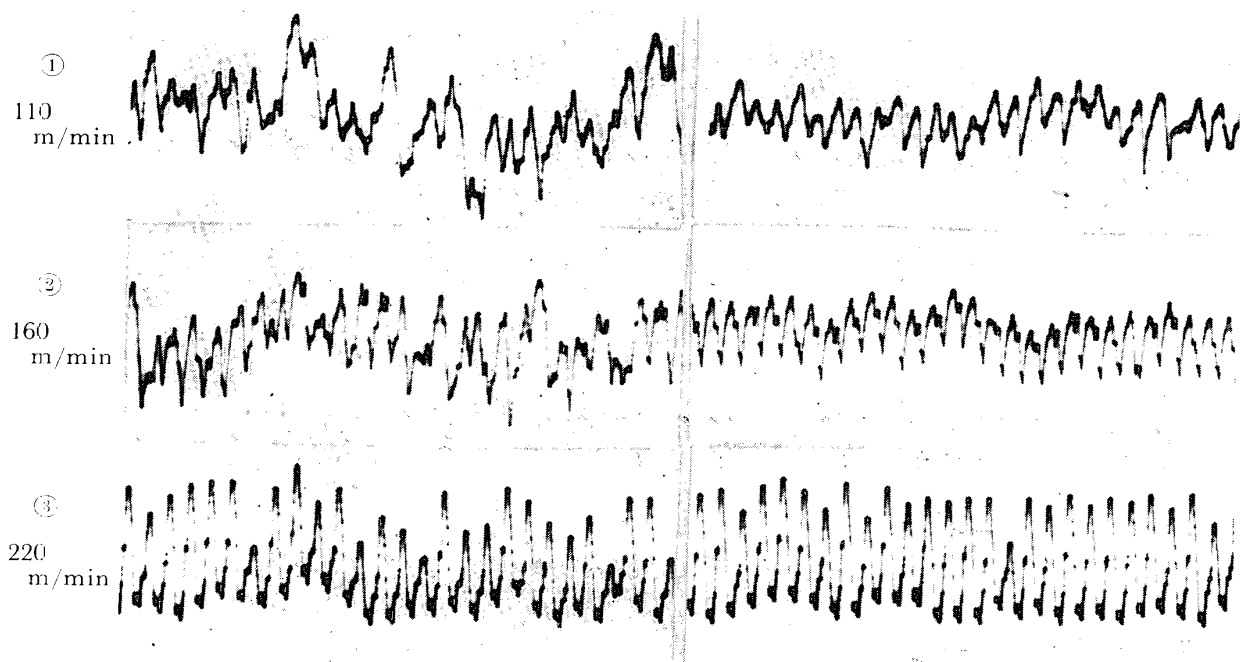


Fig. 5. Profile of surface roughness. Depth of cut: 1.0mm, Feed: 0.06mm/rev, Electric current: 330A

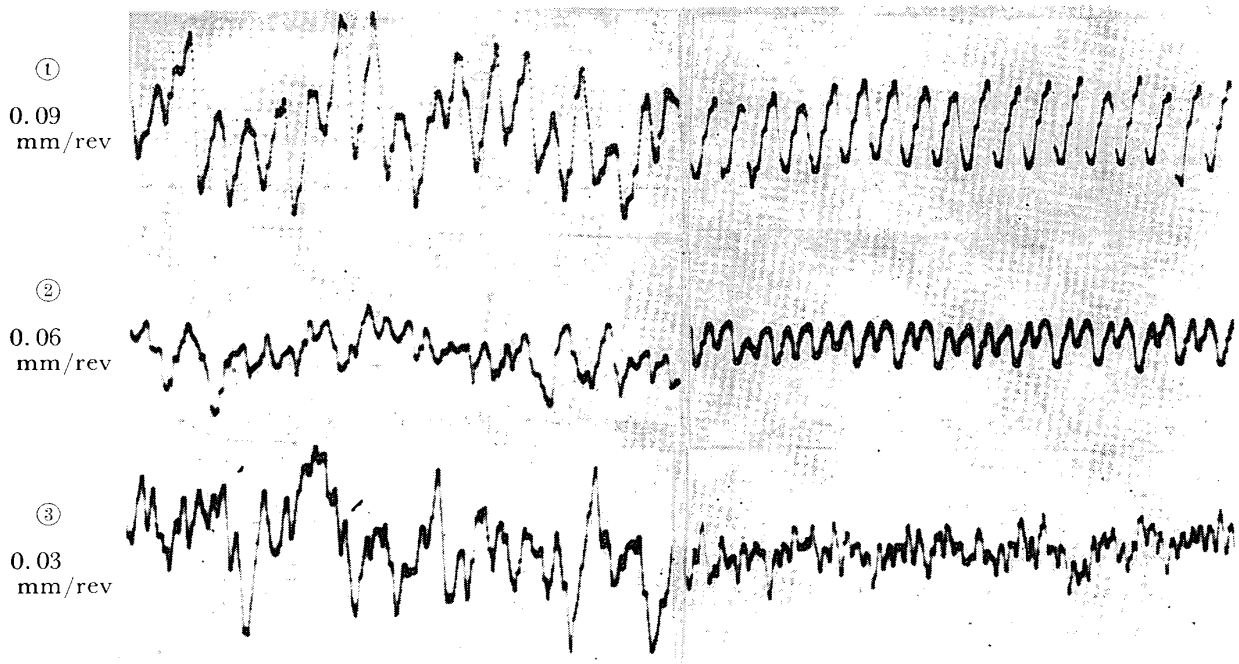


Fig. 6. Profile of surface roughness.
Depth of cut : 0.8mm, Cutting speed : 110m/min, Electric current : 420A

6.2 触針あらさ検査機による判定

Fig. 5 は削り速度をかえた場合, Fig. 6 は送りをかえた場合のあらさ曲線である. なお, たて, 横の倍率は Fig. 5 ① 2000×50, ②③ 3000×50, Fig. 6 ①②③ 2000×50である. Fig. 6 にみられるように通電切削の表面あらさは非通電に比較すると非常によくなっている.

次に切込み, 送り, 削り速度, 電流をかえた場合の表面あらさの関係を Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9 に示す. Fig. 7 については送りが0.09mm/revの場合, 非通電より通電の方が表面あらさは約 3μ よくなっている. 送りが0.03mm/revでは両者の差がわずかで, 0.06mm/revでは電流420Aで最もよい仕上面となっている. Fig. 8 の(c)では通電後の表面あらさは 2μ 前後となっており, 0.06mm/revでは Fig. 7 (b)と大差はない. また, 0.09mm/revでは Fig. 7 (a)に比べるとよくなっている. Fig. 9 については全体として表面あらさはよくなっているが, 通電非通電とも同様の仕上面となっている. Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9 の送り0.09mm/revでは削り速度が早くなるにつれて表面あらさは一段とよくなる傾向にある. 総じて, 常温切削の場合と同様に送りが小さく, 削り速度が早くなるほど仕上面あらさがよくなるということがいえる.

7. 結 言

以上 S45C をセラミックバイトで切削する局部電気

抵抗加熱切削について述べたが, 特に表面あらさについて結論づけると次のようなことがいえる.

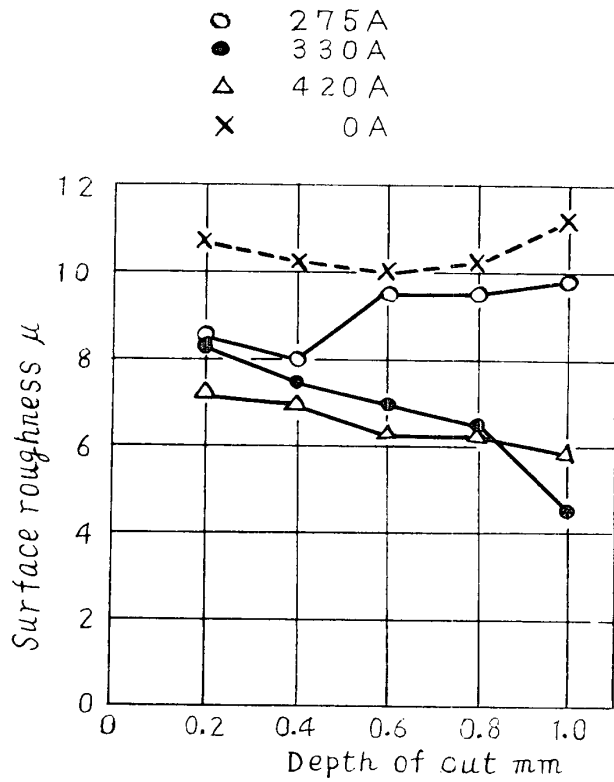
- (1) 削り速度が160m/minまでは加熱切削の方が常温切削より常によい仕上面となっている.
- (2) 削り速度が220m/minになると表面あらさは通電, 非通電とも同程度で, その他の条件を変えても大きな変化は見られない.
- (3) 切込みを比較的大きくした場合は, 削り速度をあげた方がいっそう表面あらさをよくすることができる.
- (4) 切込みの影響はほとんどない.
- (5) 種々条件をかえた中で最良の結果を示したのは, 削り速度 160m/min, 送り 0.03mm/revであった.

なお, バイトの摩耗については次の報告にまわす.

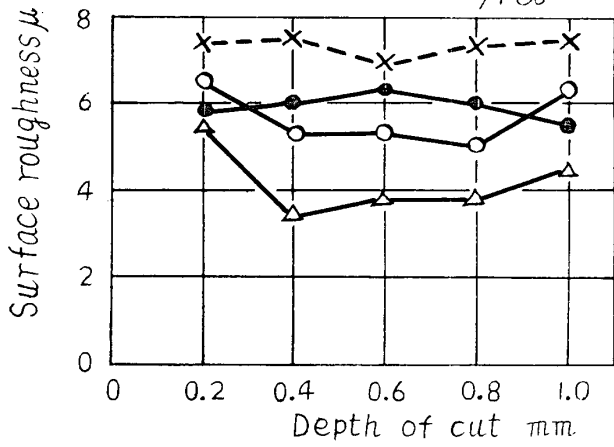
今回の実験により局部電気抵抗加熱法が高温切削としての可能性を有することがわかったので, 従来から存する多くの加熱法に本加熱法を加えると Table 3 に示すようになる.

今後は種々の被削材について, 温度分布, 切削抵抗, 電流分布, バイト寿命 (損傷, 摩耗) などについて詳しく検討し, 本加熱法の実用化をめざすとともに, 高温高速切削についても検討を行なう.

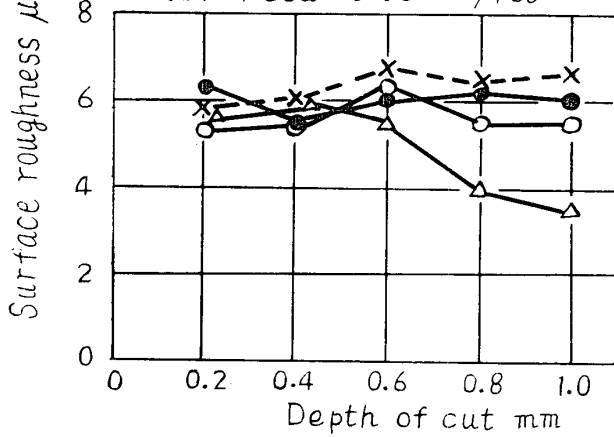
終わりに, 本実験に種々の御援助をいただいた宇部工業短期大学, 足立宜良講師に厚く感謝する.



(a) Feed : 0.09 mm/rev

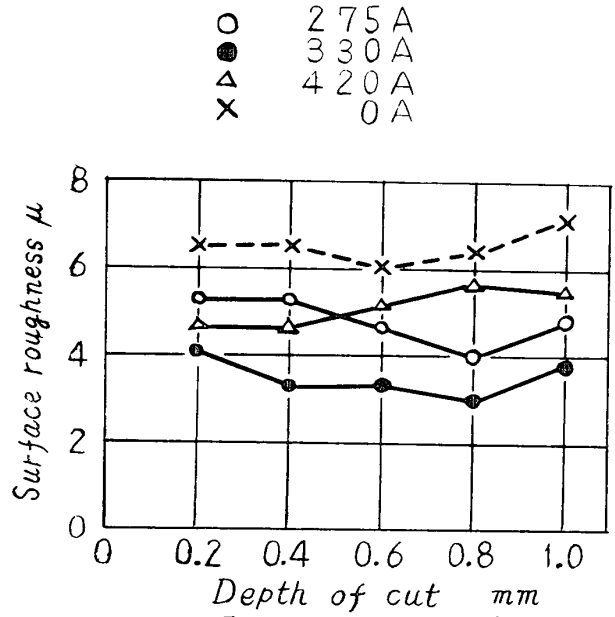


(b) Feed : 0.06 mm/rev

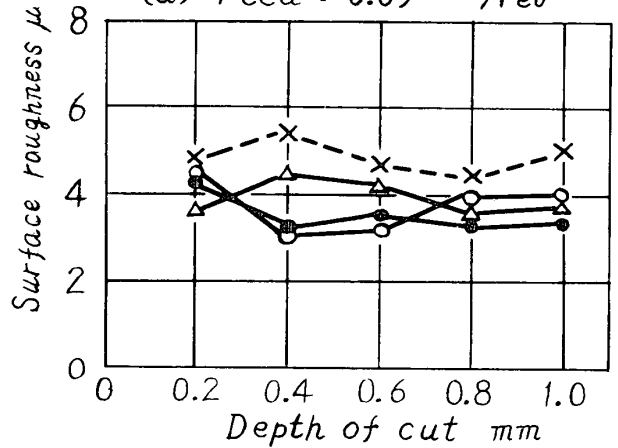


(c) Feed : 0.03 mm/rev

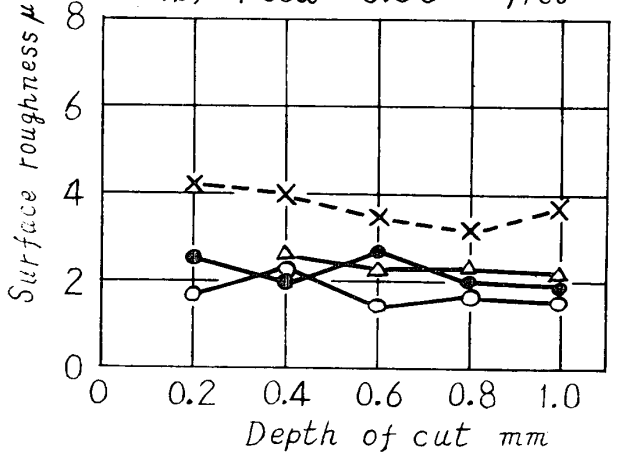
Fig. 7. Relationship between depth of cut and surface roughness.
Cutting speed : 110m/min



(a) Feed : 0.09 mm/rev



(b) Feed : 0.06 mm/rev



(c) Feed : 0.03 mm/rev

Fig. 8. Relationship between depth of cut and surface roughness.
Cutting speed : 160m/min

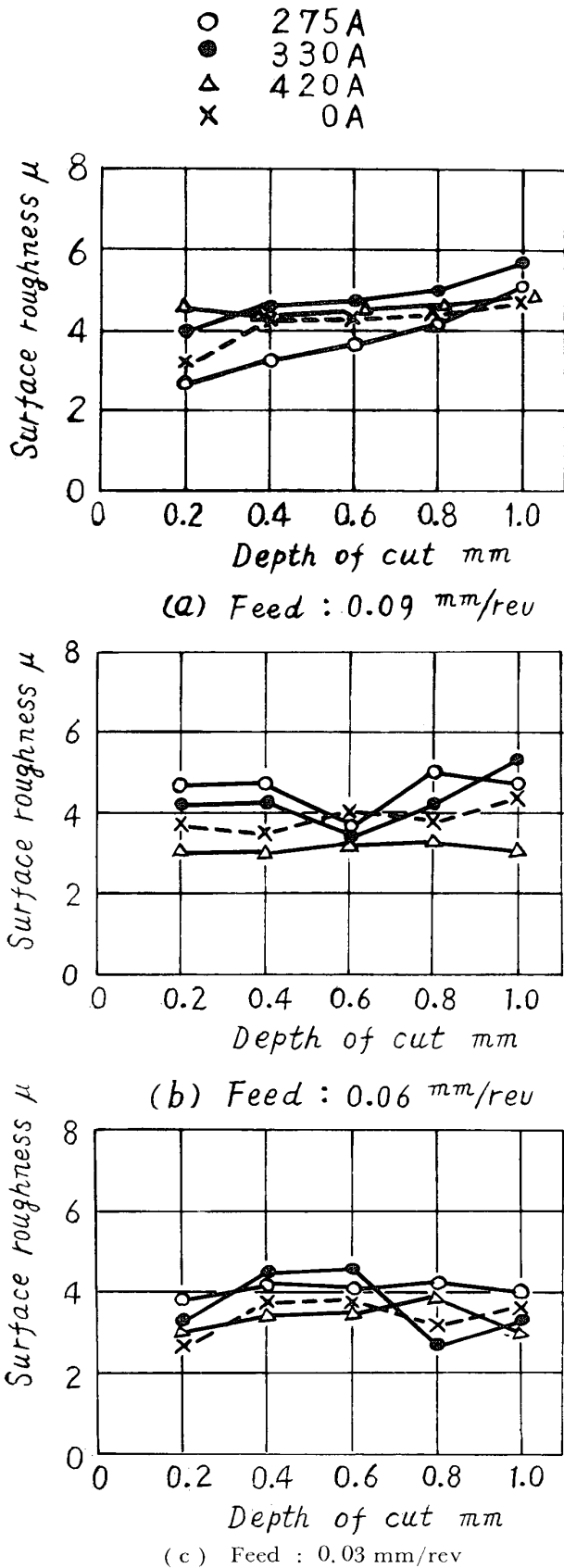


Fig. 9. Relationship between depth of cut and surface roughness.
Cutting speed: 220m/min

Table 3. Classification of heating methods.

Overall heating		Furnace heating
		Electric resistance heating
Local heating	Approach method	Flame heating
		High frequency heating
		Arc heating
		Radiation heating
	Contact method	Local electric resistance heating
		Friction heating
Mediation method	Tool heating	
	Electric current heating	

参考文献

- 1) 大越, 上原: 精密機械 26, 280 (1960)
- 2) 横山, 荒木田, 若狭: 機械学会第38期総会講演前刷集 (東京) No. 46, 69 (1961)
- 3) 上原邦雄: 機械の研究 13, 1397, 1529 (1961)
- 4) 篠崎 真: 機械学会論文集 28, 1067 (1962)
- 5) 山田, 中山他 3名: 精密機械 26, 328 (1960)
- 6) 藤井義也: 機械と工具 6, 99 (1963)
- 7) 奥島, 藤井: 機械学会論文集 29, 466, 473, 481 (1963)
- 8) I.A. Diekter: Tool & Manuf. Engr. 50, 72 (1963)