

高速対応型快削鋼の被削性に及ぼす微量通電の効果（第2報） —工具材種による影響—

金沢大学 ○林 勇伝, 田中隆太郎, 細川 晃, 上田 隆司, 古本 達明

Effect of Additional Current on Machinability of Free-Machining Steel

-Influence of Tool Materials on Cutting Force-

Yongchuan LIN, Ryuraro TANAKA, Akira HOSOKAWA, Takashi UEDA and Tatsuki FURUMOTO

This study deals with the machinability of steels in turning with additional current. Tested work materials were plane carbon steel JIS S45C and BN added steel which has good machinability in turning at high cutting speed. Turning tests were performed by carbide tool K10, P10, P20, P30, Cemet tool and TiCN coated carbide tool to clarify the influence of chemical compositions of tool materials on the cutting mechanism of BN added steel. The cutting force was investigated practically and these results were discussed.

1. 緒 論

切削加工において異種金属である工具と被削材の接触面で熱起電力が発生し、形成された閉回路を熱電流が流れ、電気・化学的作用により工具摩耗に影響を与える^{1)~3)}ことが知られている。

著者らはこれまでに高速対応型快削鋼としてBN(窒化ホウ素)添加鋼⁴⁾を用い、超硬工具による旋削加工を行い工具-被削材間に流れる電流量と工具摩耗の関係について調べ、超硬P30を用いた旋削加工において微量通電により工具摩耗が抑制され、また切削抵抗へ影響を及ぼすこと⁵⁾を明らかにした。

そこで本研究では、数種類の材質が異なる工具を用いた旋削加工において工具-被削材間に流れる電流の大きさが切削抵抗へ及ぼす影響について調査し検討を行った。

2. 実験装置および実験方法

図1に実験装置の概略図を示す。工具ホルダは絶縁体によって工作機械に対し電氣的に絶縁されている。また被削材端面に水銀接点を取り付け、工具-被削材間に閉回路を形成した。電源は直流12Vで、左側の回路①を閉じ可変抵抗を用いて電流量の調整を行い電流の設定を行った後、スライドスイッチを回路②へ切り替え切削を開始した。

表1に被削材の化学成分および硬さを示す。BN添加鋼S45C-BNは63ppmのBと125ppmのNを含有しており、これらは鋼中でh-BNとして析出している。また硬さはどちらもHV240程度ではほぼ等しい。

表2に切削条件を示す。実験はNC旋盤を用いて乾式で長手方向に旋削加工を行い、AST式工具動力計を用いて切削抵抗を測定した。BN添加鋼切削時における摩耗抑制効果は、使用する工具中のTi含有量に影響を受けることが明らかにされている⁵⁾ことから、実験ではTi含有量が異なる工具材種として超硬K10, P30, P20, P10, TiN系サーメット工具およびTiCNコーテッド超硬工具を用いた。

3. 実験結果および考察

使用した工具はいずれもSNMN120408で形状は同じであるが、工具切刃のチャンファの幅が異なるため、それぞれの切削速度における慣用切削時の切削抵抗の値に対する比を取り工具間の比較を行った。

Table.1 Chemical compositions and hardness of work materials

| | Chemical compositions mass% | | | | | | Hardness HV |
|---------|-----------------------------|------|------|-------|-------|--------|----------------|
| | C | Mn | Si | SoLAl | B | N | |
| S45C | 0.44 | 0.75 | 0.19 | 0.019 | - | 66ppm | 240 |
| S45C-BN | 0.44 | 0.74 | 0.21 | 0.026 | 63ppm | 125ppm | 232 |

Table.2 Cutting conditions

| | |
|---------------|---|
| Tool | Carbide K10, P10, P20, P30 Cemet tool, TiCN coated carbide (SNMN120408) |
| Tool angle | -5, -5, 5, 5, 15, 15, 0.8 |
| Cutting speed | 60 - 300 m/min |
| Depth of cut | 0.5 mm |
| Feed rate | 0.1 mm/rev |
| Coolant | Dry |

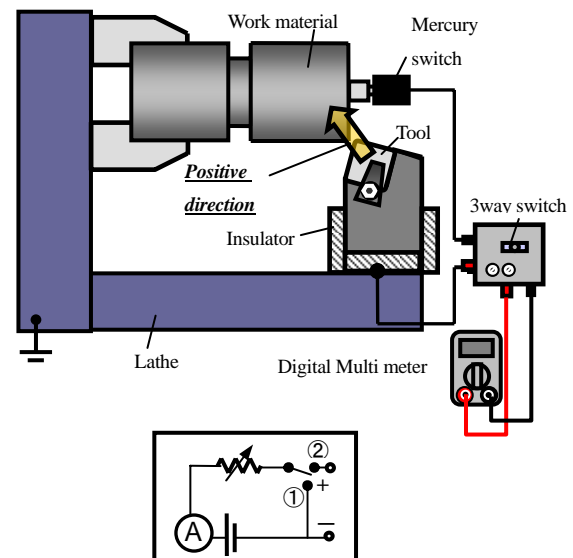


Fig.1 Experimental set up

図2に閉回路中を流れる電流の量および方向と切削抵抗の関係について示す。今回の実験において通電の方向は、工具から被削材に向かう方向をプラス方向とした。実験に用いた工具の中で超硬工具K10, P30およびサーメット工具について、切削抵抗の合力について算出した比を示した。

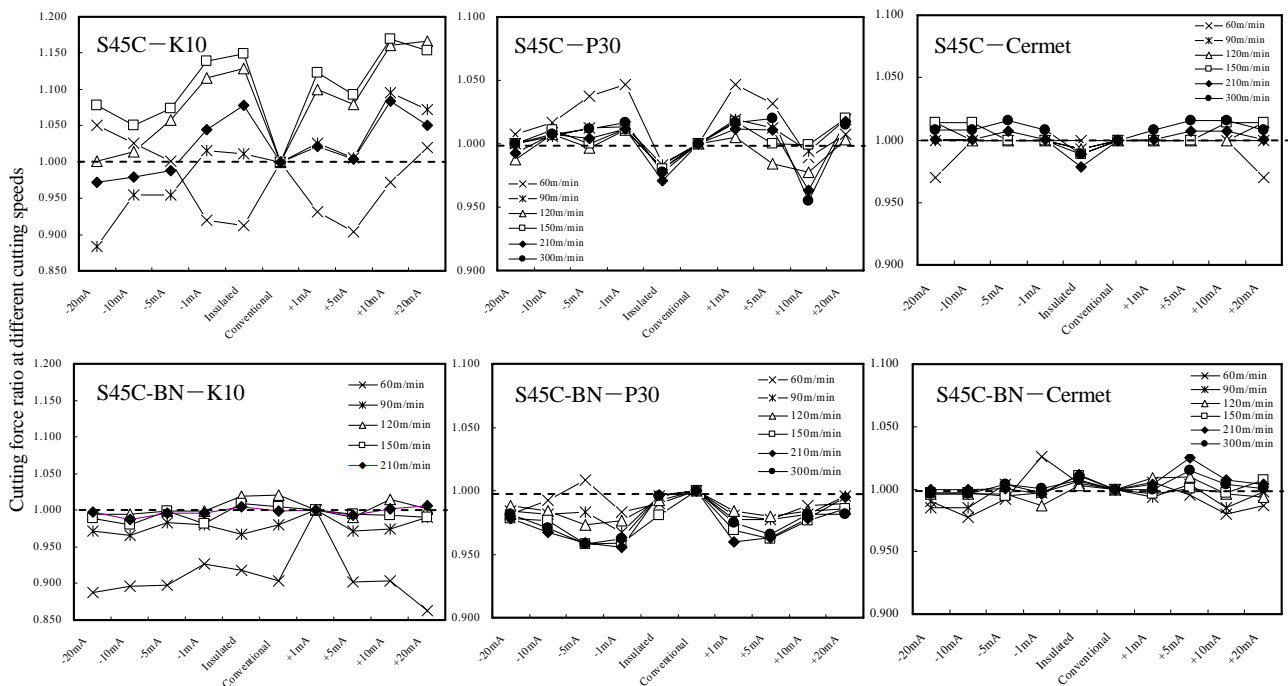


Fig. 2 Influence of electrical current between tool and work materials on cutting force in turning S45C and S45C-BN with K10, P30 and Cermet tool ($d=0.5\text{mm}$, $f=0.1\text{mm/rev}$, dry)

超硬 K10 は Ti をほとんど含有しない。100m/min 以下の低速において、小さい電流においても切削抵抗の減少が顕著に認められる。S45C と比べ BN 添加鋼のほうが、低速での減少割合が小さい。通電による切削抵抗の減少は構成刃先の安定化によると考えられるが、慣用切削では S45C より BN 添加鋼のほうが生成する構成刃先が小さく安定していたために減少割合が小さかったと考えられる。

超硬 P30 は、用いた工具の中で K10 を除くと Ti 含有量が最も少ない。切削速度が 100/min 以下において切削抵抗の減少が認められるが、K10 と比べるとその減少割合は小さい。また、低速よりも高速において切削抵抗の減少割合が大きい。これは、工具-被削材間への微量通電により BN 添加鋼切削時に工具表面に生成される AlN を含有する窒化物系保護膜が工具表面に付着し易くなったためと考えられる。

サーメット工具は用いた工具の中でも Ti 含有量が比較的高い。被削材との親和性も低く凝着が起りにくいとされている。低速域については、被削材の凝着が起りにくく構成刃先が大きく成長しないため、高速域においては、BN 添加鋼切削時に工具表面に生成される AlN を含有する窒化物系保護膜が通電の有無のかかわらず付着しやすく⁶⁾ 摩耗抑制効果が飽和していたため微量通電による変化が認められなかったと考えられる。

これらの結果より、BN 添加鋼切削時における工具-被削材間への微量通電は、低速側では構成刃先の生成へ、高速側では BN 添加鋼切削時に生成される窒化物系保護膜と工具との付着機構へ影響を及ぼしていることが推察される。

4. 結 論

工具中の Ti 含有量が異なる切削工具を用いて S45C および BN 添加鋼の旋削加工を行い、切削系への微量通電が切削抵抗へ及ぼす影響について検討を行った結果、以下の結論が得られた。工具-被削材間に流れる電流の大きさを変化させた場合、慣用切削時と比べて、

- (1) S45C 切削時は、低速において切削抵抗の減少が顕著に見られる。
- (2) BN 添加鋼は、低中速で切削抵抗の減少が認められるが S45C と比べその割合は小さい。また高速においても抵抗の減少が見られる。
- (3) 被削材の凝着が起りにくく、BN 添加鋼切削時に工具表面に生成される窒化物系保護膜との親和性が高いとされる工具ほど切削抵抗の変化が少ない。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり多大なご支援をいただきました JFE 条鋼に記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) H. S. Shan, P. C. Pandey: Thermoelectric compensation in metal cutting, *Microtecnic*, 24, 1, (1970) 30.
- 2) V. ŠOLAJA AND H. L. HUGHES: SOME ELECTRIC PHENOMENA IN METAL CUTTING, *WEAR*, VOL. 2 (1959) 311.
- 3) 工藤邦男, 日吉 博, 岡田 繁, 赤澤正久: 鋼切削における工具摩耗の電気化学的作用について, *トライボロジスト*, 第 39 卷, 第 3 号, (1994) 248.
- 4) 山根八洲男, 田中隆太郎, 鳴瀧則彦: BN 添加鋼の被削性, *精密工学会誌*, 64 卷, 9 号 (1998) 1370.
- 5) 田中隆太郎, 細川 晃, 上田隆司, 山田啓司, 林 勇伝: 高速対応型快削鋼の被削性に及ぼす微量通電の効果 -BN 添加鋼の微量通電切削-, 2005 年度精密工学会春季大会講演論文集(2004) 571.
- 6) 山根八洲男, 田中隆太郎, 関谷克彦, 鳴瀧則彦, 白神哲夫: BN 添加鋼の被削性(第 2 報) -快削効果に及ぼす被削材および工具中の化学成分-, *精密工学会誌*, 66 卷, 2 号 (2000) 1370.
- 7) H. Yaguchi: Effect of soft additives (Pb, Bi) on formation of built-up edge, *Materials Science and Technology Vol.4* (1988) 926.