

# 新規導入した普通旋盤の工具条件の設定

\*小野 元久・\*阿部 博政・\*\*菊地 真知

Setting of tool condition on the newly introduced lathe

ONO Motohisa, ABE Hiromasa and KIKUCHI Masatomo

## 要 旨

本学実習工場では普通旋盤のバイトとして高速度工具鋼バイトを使用してきた。このバイトは非常に汎用性が高いが、良い加工を維持するためには、学生自身がバイト刃先を管理する技能を身に付けることが必要である。しかしながら、実習時間の削減等で実習時間内でのバイト刃先の管理は困難になっている。そこで、普通旋盤を新規導入したことを契機に、高速度工具鋼バイトに加えて、使い捨て方式の超硬合金鋼チップの選定の検討を行った。

Key words：旋盤、超硬合金チップ、直交表、SN 比

## 1. はじめに

本学技術教育講座の実習工場では、教育研究用として各種工作機械を所有しているが、この度、汎用普通旋盤（滝澤 TSL-800）を導入することが出来た。本機は、汎用機ではあるが、運用にあたって指導者側が十分に習熟しておく必要がある。一方、旋盤の加工工具として、これまで高速度工具鋼を素材とするバイトを使用してきた。高速度工具鋼のバイトは、非常に汎用性の高い工具であることから、このタイプのバイトを使用することで様々な加工要求に柔軟に応じてきている。しかしながら、十分な加工を維持するためには、バイトの刃先形状を適切に管理しなければいけない。教育用として旋盤を使用する場合、受講生である学生は、バイトの刃先形状を適切に管理する技能を身に付けておくことが本来であるが、実習のための時間が少なくせざるを得なくなったことや受講生が増加したことによって、バイトの刃先形状を管理する技能を身に付けさせることは、不可能な状況になってしまった。また、実習工場の管理者がバイトの刃先形状を常に管

理し続けることも容易ではない。

そこで、本学実習工場では、高速度工具鋼のバイトから超硬合金鋼のスローアウェイチップ（以下、超硬チップと呼ぶ。）を使用したバイトに徐々に移行してきている。このスローアウェイチップは、チップホルダーに取り付けて使用するが、購入時点ですでに刃先形状が一定の形に成形されており、ユーザが調整する必要はない。未熟練者が調整することで悪くしてしまうことがあっても良くすることはできない。したがって、加工し続けていわゆる切れなくなった場合は、研ぎ直しをせずに捨てることになる。したがってスローアウェイチップと呼ばれている。超硬合金チップは、ざっと見回しただけでも4社で製作販売されているが、その種類は膨大であり、選択することは簡単ではない。

以上の状況を受けて、旋盤を新規導入したことによる習熟訓練を兼ねて、超硬合金チップの選択のための検討実験を行うことにした。

\* 宮城教育大学技術教育講座

\*\* 宮城教育大学教育学部技術教育専攻

## 2. 検討した超硬合金チップとチップホルダーについて

多くの企業から様々な用途に合わせて供給されている超硬合金チップは、被削材と加工形状に適合するように、形状を中心に JIS (B 4120) によって規格化されている。しかしながら、規格化されていとはいえ、各社が独自性を出すことから適切なものを選択することは、困難を極めていた。そこで本研究では、費用と時間も考慮して一社に絞って検討することにした。またチップホルダーも超硬チップ形状に合わせて専用のものを使用することが基本であることから、一定のものを使用することにした。

選定した超硬チップメーカーのカatalogから、直交表 L<sub>9</sub>に割りつけられるように、表1に示すような超硬合金チップ条件を選定した。

表1 選定した超硬チップ条件

要因	水準1	水準2	水準3
A 形状	三角形	ひし形	三角形
B ノーズR	0.4mm	0.8mm	1.2mm
C コーティング材種	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
D チップブレイカー	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>

## 3. 被削材、加工条件および計測特性について

本学実習工場で多く使用される被削材は、鋼、黄銅、アルミニウムであるが中でも鋼の使用量が多いことから S45C を実験用被削材として選定した。被削材の形状は、図1のような形状・寸法とした。ここで、M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub>は切削部を表す。

加工条件は、被削材や被削材直径、被削材形状などによって多種多様である。また、旋盤で設定できる加

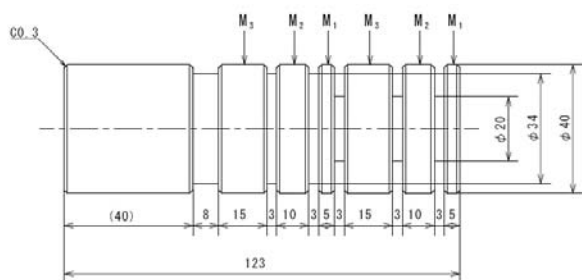


図1 実験に使用した被削材

表3 実験に使用した加工条件

切削油剤	切削速度 [m/min]	送り量 [mm/rev]	切込み量 [mm]
ドライ	136	0.2	1.5



図2 旋盤主軸モニタ消費電力計測系

工条件も多様である。そこで本研究では、加工条件の選定については今後の課題とし、迅速な結果を導くために表3のように一定の加工条件とした。

超硬合金チップ選定にあたっては、加工状態を認識できる計測特性が必要である。ここでは、旋盤主軸モータの消費電力および加工後の被削材表面の面粗さ（表面粗さ計；東京精密（株）サーフコム）を計測した。

## 4. 実験結果

表1に示した超硬チップ条件を直交表 L<sub>9</sub>に割り付けると表4のようになることから、9種類の超硬チップを用意した。実験では、図1に示した被削材に対して切込み1.5mm、切削長さ M<sub>1</sub>=5mm、M<sub>2</sub>=10mm、M<sub>3</sub>=15mmで外径加工を行った。したがって、外径加工による指示切削量は、907.15mm<sup>3</sup>、1814.30mm<sup>3</sup>、

表4 直交表 L<sub>9</sub>に割り付けた超硬チップ条件

要因	形状	ノーズR	コーティング材種	チップブレイカー
超鋼チップタイプ	A	B	C	D
Type1	三角形	0.4	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>
Type2	三角形	0.8	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>
Type3	三角形	1.2	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>
Type4	ひし形	0.4	C <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
Type5	ひし形	0.8	C <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>
Type6	ひし形	1.2	C <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
Type7	三角形	0.4	C <sub>3</sub>	D <sub>2</sub>
Type8	三角形	0.8	C <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>
Type9	三角形	1.2	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>

表5 実験番号2の超硬合金チップによって得られた旋盤主軸モータの消費電力 [kw]

		M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>
N <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	1.030	2.059	3.080
	O <sub>2</sub>	1.015	2.018	3.010
N <sub>2</sub>	O <sub>1</sub>	1.021	2.042	3.054
	O <sub>2</sub>	1.006	2.001	2.984

N<sub>1</sub> : φ40, N<sub>2</sub> : φ32, O<sub>1</sub> : max, O<sub>2</sub> : min

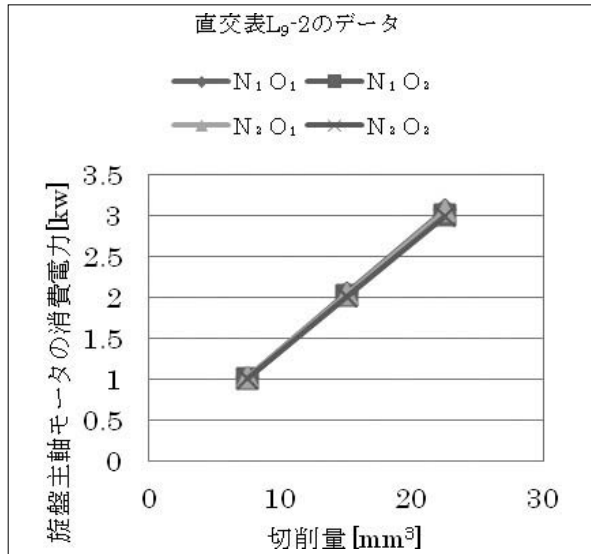


図3 切削量と旋盤主軸モータ消費電力の関係  
直交表L<sub>9</sub>-2の場合

2721.45mm<sup>3</sup>である。この条件で加工した時、加工時に変化する旋盤主軸モータの消費電力を計測した。計測結果から、被削材各部の最大消費電力と最小消費電力を読み取って整理すると表5のようになる。さらに表5を図示すると図3のようになる。なお、旋盤主軸モータの消費電力とした値は、アイドル時の主軸モータ消費電力は加工時の消費電力から差し引き、実加工状態での消費電力だけを対象とした。図3から切削量の変化は旋盤主軸モータの消費電力に比例していることがわかる。一方、設定した被削材の剛性および旋盤主軸モータの消費電力の変動も旋盤主軸モータの消費電力の大きさに影響を与えていないことも定性的にわかる。

## 5. データ解析

表5に示すデータを使用して超硬合金チップの選定のための旋盤主軸モータ消費電力を特性値とする動特性のSN比の計算過程を以下に示す。

有効除数 : r

$$r = 907.15^2 + 1814.3^2 + 2721.45^2$$

$$= 11520895.72$$

線形式 : L

$$L_1 = 907.15 \times 1.030 + 1814.3 \times 2.059 + 2721.45 \times 3.080$$

$$= 13052.39125$$

$$L_2 = 907.15 \times 1.015 + 1814.3 \times 2.018 + 2721.45 \times 3.010$$

$$= 12774.96126$$

$$L_3 = 907.15 \times 1.021 + 1814.3 \times 2.042 + 2721.45 \times 3.054$$

$$= 12941.41951$$

$$L_4 = 907.15 \times 1.006 + 1814.3 \times 2.001 + 2721.45 \times 2.984$$

$$= 12663.99105$$

全2乗和 : S<sub>T</sub>

$$S_T = 1.030^2 + 2.059^2 + \dots + 2.001^2 + 2.984^2$$

$$= 57.4110246$$

回帰項の変動 : S<sub>β</sub>

$$S_\beta = \frac{(L_1 + L_2 + L_3 + L_4)^2}{2 \times 2 \times r}$$

$$= \frac{\left( \begin{matrix} 13052.39125 + 12774.96126 \\ + 12941.41951 + 12663.99105 \end{matrix} \right)^2}{2 \times 2 \times 11520895.72}$$

$$= 57.40285209$$

被削材の溝の効果の変動 : S<sub>N×β</sub>

$$S_{N \times \beta} = \frac{(L_1 + L_2)^2 + (L_3 + L_4)^2}{2 \times r} - S_\beta$$

$$= \frac{(13052.39125 + 12774.96126)^2 + (12441.4195 + 12663.99105)^2}{2 \times 11520895.72} - 57.40285209$$

$$= 0.001068904$$

測定値の最大値・最小値の効果の変動 : S<sub>O×β</sub>

$$S_{O \times \beta} = \frac{(L_1 + L_3)^2 + (L_2 + L_4)^2}{2 \times r} - S_\beta$$

$$= \frac{(13052.39125 + 12941.41951)^2 + (12774.96126 + 12663.99105)^2}{2 \times 11520895.72} - 57.40285209$$

$$= 0.006680649$$

誤差変動： $S_e$

$$\begin{aligned}
 S_e &= S_T - S_\beta - S_{N \times \beta} - S_{O \times \beta} \\
 &= 57.4110246 - 57.40285209 \\
 &\quad - 0.001068904 - 0.006680649 \\
 &= 0.000422956
 \end{aligned}$$

総合誤差分散： $S_N$

$$\begin{aligned}
 S_N &= S_T - S_\beta \\
 &= 57.4110246 - 57.40285209 \\
 &= 0.008172509
 \end{aligned}$$

誤差分散： $V_e$

$$\begin{aligned}
 V_e &= \frac{S_e}{f_e} \\
 &= \frac{0.000422956}{9} \\
 &= 4.69951 \times 10^{-5}
 \end{aligned}$$

総合誤差分散： $V_N$

$$\begin{aligned}
 V_N &= \frac{S_N}{f_N} \\
 &= \frac{0.008172509}{11} \\
 &= 7.42955 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

SN比： $\eta$

$$\begin{aligned}
 \eta &= 10 \log \frac{S_\beta - V_e}{2 \times 2 \times r \times V_N} \\
 &= 10 \log \frac{57.40285209 - 4.69951 \times 10^{-5}}{2 \times 2 \times 11520895.72 \times 0.000742955} \\
 &= -27.76 \text{db}
 \end{aligned}$$

以上の計算結果をまとめると表6のようになる。

表6 計算結果のまとめ

要因	自由度	変動	分散
$\beta$	1	57.40285209	57.40285209
$N \times \beta$	1	0.001068904	0.001068904
$O \times \beta$	1	0.006680649	0.006680649
e	9	0.00042295	$4.69 \times 10^{-5}$
N	11	0.008172509	$7.42 \times 10^{-4}$
T	12	57.40285209	-

表7 直交表L9におけるSN比

直交表の 行番号	消費電力のSN比 [db]	表面粗さのSN比 [db]
1	-28.18	10.27
2	-27.76	3.54
3	-27.77	-0.69
4	-27.34	5.48
5	-32.11	3.48
6	-27.47	2.43
7	-28.70	10.37
8	-28.75	4.02
9	-26.85	1.84

以上のようにして直交表L9の全て行について動特性のSN比を求めると表7のようになる。加えて加工表面の平均粗さ表7を使って、各超硬チップ条件ごとの望小特性のSN比の平均値を求め図示すると図4および図5のようになる。

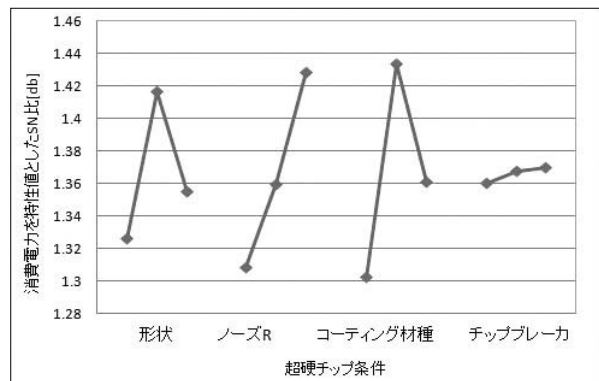


図4 超硬チップ条件のSN比の要因毎の平均値消費電力を特性値とした場合

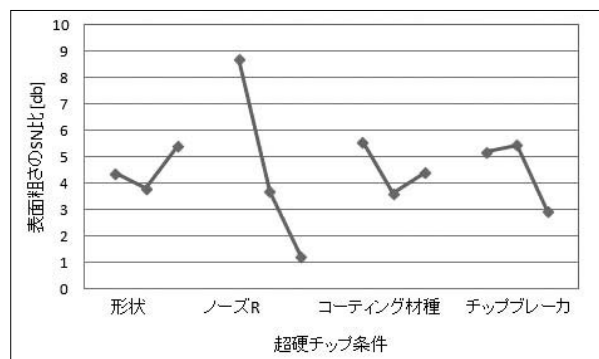


図5 超硬チップ条件のSN比の要因毎の平均値平均粗さを特性値とした場合

図4および図5から選定した超硬チップ条件が旋盤主軸モータの消費電力および表面粗さに与える影響は、ほぼトレードオフの関係にあることが分かった。すなわち旋盤主軸モータの消費電力の安定性を確保しようとすると表面粗さは安定しないということである。なかでもノーズRは完全にSN比に与える影響が逆転している。一方、チップブレイカは、旋盤主軸モータ消費電力の安定性にはほとんど影響を与えないということも分かった。このようなケースで超硬合金チップを選定することは容易ではないが、旋盤主軸モータ消費電力の安定性に重点をおいて超硬合金チップを選定することにした。そのためには、図4において、各要因の水準でSN比が大きいところを選択すれば旋盤主軸モータの消費電力の安定した加工が期待できる。ただし、このようにして選択する超硬チップが市販されていなければ意味がなく、市販されていなければより近い超硬合金チップで代替せざるを得ない。本実験においては、市販品の中から選定することができた。この条件のチップは、ノーズRが大きく、チップブレイカが中切削用になるため厳しい加工条件に向いていると考えられる。

発と生産性向上、市川和愛他、品質工学、Vol.7、No.4 (1999)、p31～40

- 4) OFF時とON時のエネルギーを用いた旋削加工の機能性の評価方法に関する研究、市川和愛他、品質工学、Vol.8、No.1(2000)、p38～44

(平成24年9月28日受理)

## 6. おわりに

新規導入した普通旋盤に使用する超硬合金鋼スローアウェイチップを選定するための実験を行った。実験結果から以下の結論を得た。

- (1) 旋盤主軸モータの消費電力および被削材表面粗さに対する超硬チップ条件はトレードオフの関係にある。
- (2) 旋盤主軸モータの消費電力の安定化に対して、チップブレイカは有効ではない。
- (3) 新規導入した旋盤に使用すべき超硬合金鋼スローアウェイチップを選定できた。

## 参考文献

- 1) JIS B4120 スローアウェイチップの呼び記号の付け方
- 2) 加工機械における加工条件評価と最適条件の設定－旋削加工実験の場合－、富重定三他、機械と工具、1986年2月号、p56～62
- 3) ON時とOFF時のエネルギー評価による旋削加工技術の開