



Title	前歴効果がない場合のバイトの振動. 第2報 : 高速切削について
Author(s)	星野, 悟; Hoshino, Satoru
Citation	北海道大學工學部研究報告, 11, 97-104
Issue Date	1954-12-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40550
Type	departmental bulletin paper
File Information	11_97-104.pdf



前歴効果がない場合のバイトの振動 (第2報)

— 高速切削について —

星 野 悟

(September 30, 1954)

The steady vibration of a tool in the case of cutting which is not affected by fore-gone cutting surface

(2nd report)

— On a high speed cutting —

Satoru HOSHINO

Abstract

It has been well known that the chatter vibration of a lathe tool decreases in a high speed cutting. In order to ensure its phenomena, we experienced at the cutting condition which is not affected by fore-gone cutting surface. And we assumed the existence of 3 factors, that is, (1) negativity of the slope indicated in the curve of the relation between cutting force and cutting velocity, (2) variation of the sectional area which is caused by the vibrating tool and (3) damping ($\alpha\dot{y} + \beta\dot{y}^3$) of the tool, as in the 1st report, and calculated the frequencies and amplitudes of the tool point.

目 次

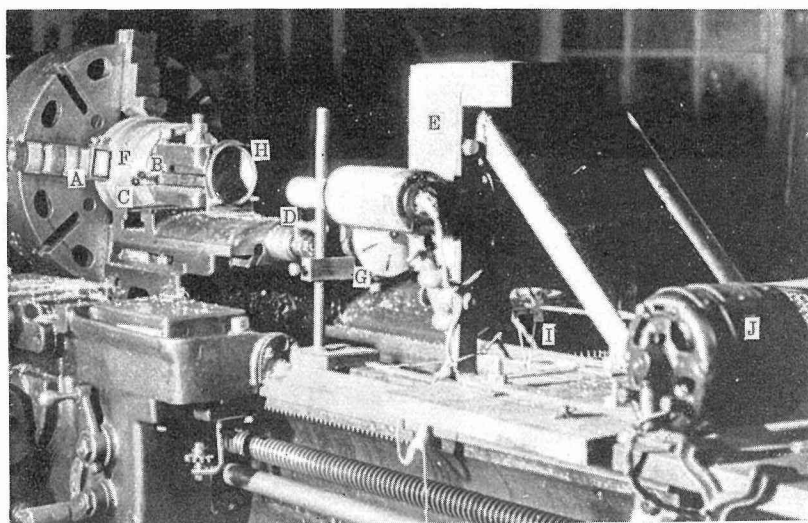
I 緒 言	1
II 実 験 装 置	2
III 実 験	2
IV 考 察	7
V 結 言	8

1 緒 言

前報¹⁾において提起したバイトのびびり振動に関する3要素、即ち(1)切削力と切削速度との関係より生ずる負減衰力(2)バイトの振動に基づく切削面積の変動(3)バイトの有する減衰力 ($\alpha\dot{y} + \beta\dot{y}^3$) を考慮して、特に高速切削における振動状態を実験により明らかにすることを目的とした。

2 実験装置

使用した旋盤は Lodge & Shipley 会社製の全歯車式 12 段変速 (17.5~487 r. p. m) 旋盤で、切削速度を高めるため電動機の調車直径を 2 倍にして 35~974 r. p. m の回転数を与える様にし、384, 530, 720, 974 r. p. m の 4 段の速度について実験を行つた。被削材料としては前報同様亜鉛を用い、バイトは 2 種類の切削方法を与える様前回のものを使用した。



第 1 図

実験装置は第 1 図の写真に示してある。光源 D よりの光線は、主軸 1 回転毎を記録するための鏡 A と、バイトの振動を記録するための鏡 B から反射して、オッシロペーパーを捲いてあるドラム E に入る。又同一光源からの光線は、双物台に固定した鏡 C より反射し、レンズ H、タイムマーク用のスリットを有する回転円板 G を通つてドラム E に 1/60 秒毎のマークを与える。J はドラム E を回転させるモーターであり、ドラム E 内のオッシロペーパーが二重に撮影されることを防止するため、装置 I により光源 D がドラム E の 1 回転に対してのみ点灯される様になつている。

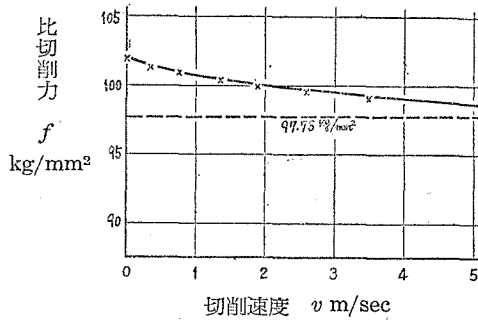
又、バイト双先は亜鉛製円筒の端面を渦巻状に切削するため、バイト位置の上下による切込量変動の変化は表われないが、バイトの中立軸の傾斜により上述の変化を生ずる。然し、今回は殆ど傾斜を与えない普通のバイト固定位置について実験を行つた。

3 実 験

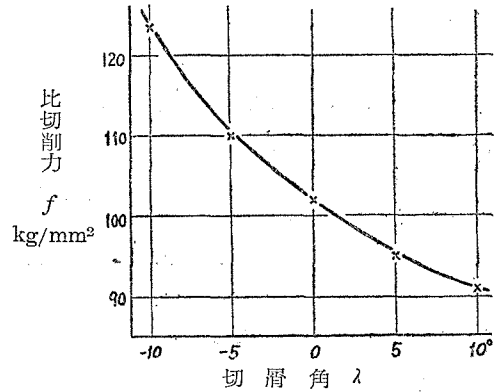
バイトの振動は、切削力と相対切削速度との関係から生ずる負減衰力により自励振動となり、これを制御する因子としてバイトの有する減衰力 ($\alpha y + \beta \dot{y}^2$) があると考え、更に振動中の切削

面積の変動による切削力の変動をも考慮して定式化し、この計算による数値と実験結果との比較を行った。

亜鉛を被削材としているので、切削速度と比切削力、切削角と比切削力との関係は前報と同様に第2図、第3図に示してある。



第2図



第3図

これらの実験結果*を近似的に式で表わせば比切削力 $f(v, \lambda)$ は

$$f(v, \lambda) = \delta \left(\frac{e^{-\varepsilon v}}{24} + \frac{23}{24} \right) (1 + \gamma G y)$$

バイトの振動をも考慮すれば

$$f(v + y, \lambda) = \delta \left(\frac{23}{24} + \frac{e^{-\varepsilon v}}{24} - \frac{\varepsilon}{24} e^{-\varepsilon v} y \right) (1 + \gamma G y) \quad (1)$$

$$\delta = 102 \text{ kg/mm}^2. \quad \varepsilon = 3 \times 10^{-4} \text{ sec/mm}$$

$$\gamma = 0.84/\text{rad}. \quad G = -3/l$$

$$l = 50 \text{ mm (バイトの長さ)}$$

切込量の変動は、バイトの厚さを $2h$ とすれば、

$$E - By - Dy^2$$

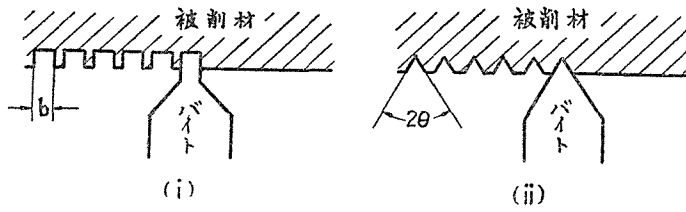
で近似的に表わされる。ここで

$$E = \text{与えられた切込深さ}$$

$$B = 3h/2l, \quad D = 5/8l$$

$$2h = 3 \text{ mm}$$

* 第2図は、使用された2本のバイトについて前報の実験の振動中心 y_0 を(3)、(8)式に代入して求め、第3図は同様2本のバイトについて殆ど速度0の場合の撓み、及びそのときの切屑角、切削面積より求めたものである。



第 4 図

切削方法については、第4図の様に二つの方法を採用し、夫々実験及び計算を行つた。

(1) 切削方法 (i) の場合

振動方程式は、一自由度の振動系として、

$$m\ddot{y} + \alpha\dot{y} + \beta y^3 + ky + b(E - By - Dy^2)f(v + \dot{y}, \lambda) = 0 \quad (2)$$

振動中心の座標を y_0 とし、(2) 式を整頓して、Rayleigh の微分方程式の型にするため適当に省略すれば、振動率 ω 、振巾 A は第一近似値として次の様に求められる。ここで y_0 は次式を満足しなければならない。

$$ky_0 + \delta b(E - By_0 - Dy_0^2)(1 + \gamma Gy_0) \left(\frac{23}{24} + \frac{e^{-\varepsilon v}}{24} \right) = 0 \quad (3)$$

$$\omega^2 = \frac{k + \delta b[(E - By_0 - Dy_0^2)\gamma G - (1 + \gamma Gy_0)(B + 2Dy_0)] \left(\frac{23}{24} + \frac{e^{-\varepsilon v}}{24} \right)}{m} \quad (4)$$

$$A^2 = \frac{4 \left[\delta b(E - By_0 - Dy_0^2)(1 + \gamma Gy_0) \frac{\varepsilon}{24} e^{-\varepsilon v} - \alpha \right]}{3\beta\omega^2} \quad (5)$$

更に次の条件式も、バイト双先の最高速度が切削速度を超えないため附加される。

$$\frac{A\omega}{v} \leq 1 \quad (6)$$

バイトの諸常数

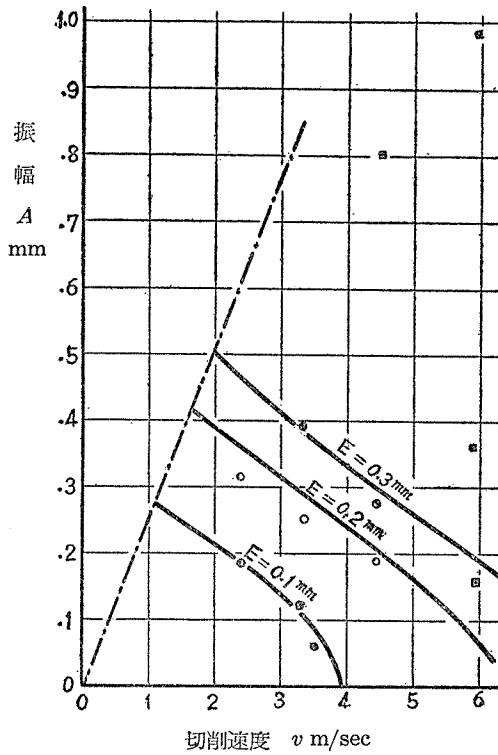
$$k = 13.8 \text{ kg/mm}, \quad \omega_0 = 4130 \text{ rad./sec.}$$

$$m = 8.07 \times 10^{-7} \text{ kg-sec}^2/\text{mm}, \quad b = 0.45 \text{ mm}$$

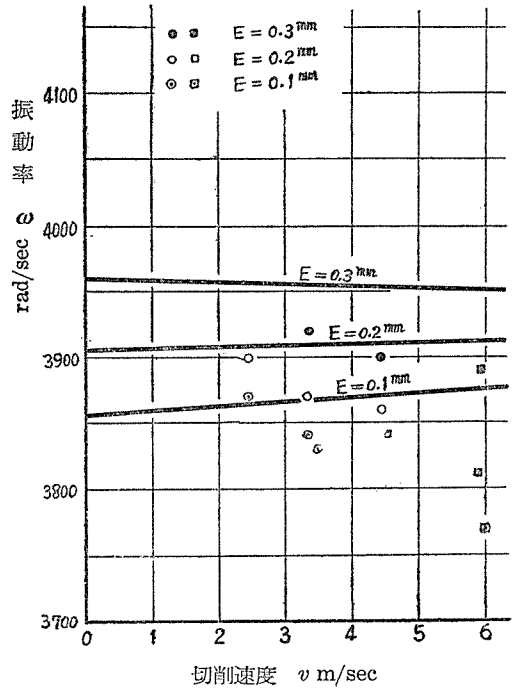
$$\alpha = 2.05 \times 10^{-5} \text{ kg-sec/mm}$$

$$\beta = 3.00 \times 10^{-11} \text{ kg-sec}^3/\text{mm}^3$$

を (3), (4), (5), (6) 式に代入して求めた振巾 A 、振動率 ω の計算値は、第5図、第6図に、実験結果は第1表と第5図、第6図に点として示してある。



第 5 図



第 6 図

第 1 表

実 順	験 序	被 削 材 直 径 mm	E mm	回 転 数	v m/sec	ω	A mm	備 考
1		120	0.1	390	2.42	3870	0.183	
2		"	0.2	390	2.42	3900	0.317	
3		"	0.1	537	3.34	3840	0.125	
4		"	0.2	538	3.35	3870	0.256	
5		"	0.3	537	3.34	3920	0.394	
6		"	0.1	550	3.42	3830	0.062	
7		"	0.2	712	4.44	3860	0.190	
8		"	0.3	705	4.39	3900	0.278	
9		"	0.1	960	5.97	3770	0.161	双先再研磨
10		"	0.2	948	5.91	3810	0.362	
11		"	0.3	960	5.97	3890	0.978	
12		"	0.3	720	4.48	3840	0.803	

(2) 切削方法 (ii) の場合

振動方程式は

$$m\ddot{y} + \alpha\dot{y} + \beta y^3 + ky + (E - By - Dy^2)^2 \operatorname{tg} \theta f(v + \dot{y}, \lambda) = 0 \quad (7)$$

前項と同様にして

$$ky_0 + \delta \operatorname{tg} \theta (E - By_0 - Dy_0^2)^2 (1 + \gamma Gy_0) \left(\frac{23}{24} + \frac{e^{-\varepsilon v}}{24} \right) = 0 \quad (8)$$

$$\omega^2 = \frac{k + \delta \operatorname{tg} \theta [(E - By_0 - Dy_0^2)^2 \gamma G - 2(B + 2Dy_0)(E - By_0 - Dy_0^2)(1 + \gamma Gy_0)] \left(\frac{23}{24} + \frac{e^{-\varepsilon v}}{24} \right)}{m} \quad (9)$$

$$A^2 = 4 \frac{\left[\frac{\varepsilon}{24} e^{-\varepsilon v} \delta \operatorname{tg} \theta (E - By_0 - Dy_0^2)^2 (1 + \gamma Gy_0) - \alpha \right]}{3\beta \omega^2} \quad (10)$$

$$\frac{A\omega}{v} \leq 1 \quad (6)$$

バイトの諸常数

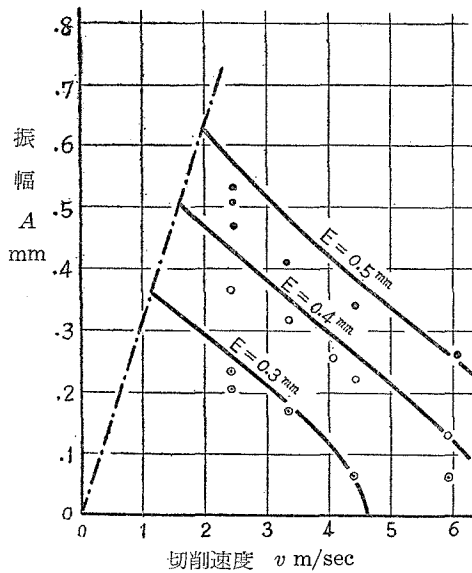
$$k = 11.6 \text{ kg/mm}, \quad \omega_0 = 3360 \text{ rad./sec}$$

$$m = 1.03 \times 10^{-6} \text{ kg sec}^2/\text{mm}, \quad \operatorname{tg} \theta = 1/2$$

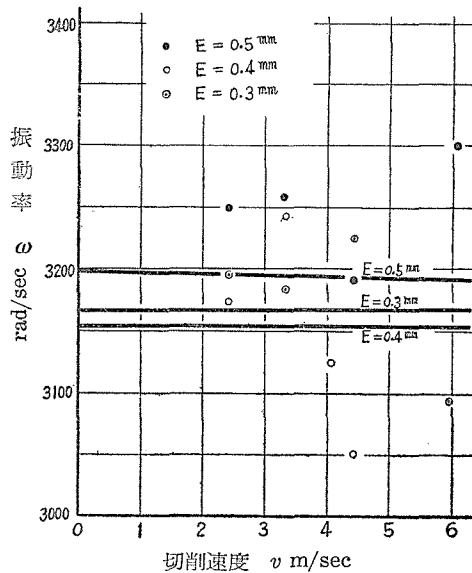
$$\alpha = 1.65 \times 10^{-5} \text{ kg sec/mm}$$

$$\beta = 2.95 \times 10^{-11} \text{ kg-sec}^3/\text{mm}^3$$

を(6), (8), (9), (10)式に代入して, 振巾 A , 振動率 ω を求めた計算値は第7図, 第8図に, 実験結果は第2表と第7図, 第8図に点として示してある。



第7図



第8図

第 2 表

実験順序	被削材直径 mm	E mm	回転数	v m/sec	ω	A mm
1	120	0.3	390	2.42	—	0.202
2	"	0.4	391	2.42	3175	0.366
3	"	0.5	390	2.42	—	0.508
4	"	0.3	537	3.34	3245	0.175
5	"	0.4	537	3.34	3185	0.320
6	"	0.5	530	3.29	3260	0.412
7	"	0.3	719	4.42	3225	0.067
8	"	0.4	720	4.43	3050	0.224
9	"	0.5	720	4.43	3190	0.343
10	"	0.3	960	5.97	3095	0.067
11	"	0.4	655	4.07	3125	0.258
12	"	0.5	973	6.05	3300	0.267
13	"	0.4	960	5.97	—	0.133
14	"	0.3	391	2.42	3195	0.233
15	"	0.5	391	2.42	—	0.533
16	"	0.5	387	2.41	3250	0.467

4 考 察

切削速度と切削力との関係の中で、速度0の近傍における傾斜については種々異論²⁾があり且つ切込深さとこの傾斜の大きさが正比例するという仮定についても、これと矛盾する実験結果³⁾があり、これらに関しては切削機構の解明と共に精密化するつもりである。

今回の実験において、切削方法(i)のときのバイト双先を720 r.p.mまでの実験終了後過失により欠損したので、応急に再研磨して切双を作り720, 974 r.p.mについて4回びり振動を測定したところ、バイトの長さは細い部分(巾0.45 mm)が1.5 mm程短くなつたのに拘らず様子が全く異り振巾が急激に増大した(第5図参照)。バイトの粘性減衰には殆ど変化が認められないので、双先の形状が大きく影響していることは明白であり、双先の切削角、研磨面の凹凸等が切削速度と切削力との関係曲線の傾向に非常に関連しているものと推測される。現場作業において、びり振動の甚しいときは双先を鏝によつて鈍化させる等の方法を用いて防止した事実も聞いており、びり振動を研究するにはバイト双先の形状を充分吟味する必要がある。

然し、バイト双先の形状を殆ど変化させない場合には、今回の実験における切込深さ範囲では(2)、(7)式の様にも考えても差支えないものと思われる。

高速になれば遂に振動が発生しなくなるという推論は、実験結果からは否定されたが、この原因として二三、挙げる事が出来る。即ち、旋盤の規定回転数の倍化を行つた結果、工作機械全体に幾分振動を誘起させており、更に理論の面からも、振動原因の抽出と近似が振巾の小さい場合に特に影響している。

5 結 言

前報において行つた実験に高速切削を補足するつもりで本稿を綴り、理論と実験の相似を確かめることに止めた。

尙終りに臨み、御批判を下さつた久野教授並びに実験に協力して下さつた工作実験室の方々に深く感謝します。

文 献

- 1) 星野: 前歴効果がない場合のバイトの振動, 北大工学部研究報告 10 号 (1954, 5)
- 2) 土井, 加藤: バイトのたわみに関するびびりについて, 機械学会論文集 19 卷 86 号 (1953, 11)
Kienzle: Kräfte und Leistungen an spanenden Werkzeugen, Z. V. D. I. Bd. 94, p. 299 (1952, 4)
- 3) Chisholm: Metal Cutting & Machine Shop Productivity, Factors Determining Cutting Forces & Tool Wear, Machinery Vol. 75, p. 12 (1949, 7)