〔回答〕 工具寿命をきめる切削試験の立場からのくぼみ摩耗の測定としては、すくい面の再研磨によるバイトの消耗量が、くぼみ深さによっておもに支配される(答3)ので、深さを測るのが適当と考える。くぼみの幅は、測定は容易であるが、くぼみ摩耗の進行にともない切りくずがコイル状になると深さに比しあまり増加せず、深さの代用測定としては適しないようである。またくぼみの体積は、各位置の断面形状によって測定する方法(答4)、放射能による測定法(答5)など

あるが、測定に多くの時間と費用を要する点からは寿命の測定として適当でなく、また切削時間の経過とともに摩耗量の進行速度が一定しないことが述べられている。

くぼみ深さの進行は本研究の実験結果(第5~8, 10図)からもわかるように直線性がよいと考えられている。

(答3) (答1)の84ページ。

(答4) J.S. James, *Machinery*, 89 (1956), 1365.

(答5) 佐田・中島, 精密機械, 25 (1959), 312.

621.9.027.4.004.62

超硬バイトの性能試験法に関する研究*

(円盤切削による性能試験法について)

熊 谷 智 徳**

On the Performance Tests of Single-Point Sintered Carbide Tools

(On the Determination Method of Tool Life
in Test of Facing Type)

by Titoku KUMAGAI

Turning type of tool life tests, which is commonly used for this purpose, requires much time and materials, and is so expensive. I showed in this article the simple but useful method for tool life tests by means of facing type of tests. This method contains two ways, one is D-type facing cutting test of which the diameter of disk is varied keeping the turning speed constant, another is N-type facing cutting test of which the turning speed of disk is varied keeping the diameter constant. The relation between these variable and the wear is linear on the log-log paper, so the linear regression analysis is very useful in both D-and N-type tests. Many samples of P-20 sintered carbide tools were tested, and it was assured that estimation of tool life equation by this method is exactly coincide with that of turning type of tests.

1. 緒 言

長手切削によるバイトの寿命試験は、多くの試験時間と費用を必要とする。長手試験のこの高費用なる欠陥を解決すべく考えられたのが、円盤切削による寿命試験法(円盤試験法と略称)である。

1936年 W.E. Brandsma が高速度鋼の寿命式を求めるための円盤試験法を考案し、またその有用性などについて、いくつかの研究が行なわれている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。さらに超硬バイトの寿命試験のための円盤試験法として最初のものに木暮⁽⁴⁾の研究がある。

本論文は、これらの研究をもととして、さらに実施の容易性をもった集団のバイトに対する円盤試験法を開発するための研究について、新しい試験法の解析過程とその試験法を適用した結果について述べるものである。

2. 円盤切削によるバイトの摩耗式

木暮⁽⁵⁾は超硬バイトにて、円盤形の被削材を内側より外周に向かって正面削りした場合にバイトに生ずる摩耗量の式を、等速切削における摩耗実験式をもとにして解析している。

これらの研究をもとし、さらに実際のバイトから得られた実験結果などから本研究における円盤切削試験の式を求める。

* 昭和 37 年 10 月 30 日 第 40 期全国大会講演会において論文講演として講演, 原稿受付 昭和 37 年 7 月 25 日。

** 正員, 東京工業大学(東京都目黒区大岡山 1)。

2.1 解析に用いる記号 解析に用いる記号は次のごとくである。

T : 切削時間 min

V : 削り速度 m/min

N : 主軸回転数 rpm

D_0 : 円盤(被削材)内径 mm

D : 切削開始後の時間 T におけるバイトの直径位置 mm

V_0 : D_0 における削り速度 m/min

f : 送り mm/rev

γ, δ, c : バイト摩耗式におけるパラメータ

W : バイトに生ずる二つの摩耗 K_T (くぼみ摩耗 μ) および V_B (フランク摩耗 mm) を代表する摩耗量の記号

2.2 一定速度にて切削した場合のバイトの摩耗式
ある削り速度 V にて T 分間切削した場合のバイトの摩耗量 W は、実験的に次式で与えられる⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

$$W = a + bT^\delta \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで b は、摩耗線の T 軸に対する傾斜の度合を表わす値で、削り速度によって急激に増加するが、実験的には次のような V の関数として与えられる⁽⁸⁾。

$$b = cV^\gamma \quad \dots\dots\dots(2)$$

また a は、P20, K20 種の多くのバイトについて実験した結果に、(1) 式の $\delta = 1$ すなわち直線式をあてはめた場合でも、ほとんど無視できる程度の値であったので本研究ではこれを省略して考えることとする。

したがって摩耗式 (1) は

$$W = cV^\gamma T^\delta \quad \dots\dots\dots(3)$$

となる。

一方、切削作業条件をきめる基本式でありバイト性能を表わす尺度でもある寿命式は、

$$VT^{1/n} = C \quad \dots\dots\dots(4)$$

であるから、寿命判定基準に相当する摩耗量を W_0 とおけば、(3) の摩耗式にしたがうバイトの寿命性能は、

$$VT^{\delta/\gamma} = \left(\frac{W_0}{c} \right)^{1/\gamma}$$

$$n = \frac{\gamma}{\delta} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$C = \left(\frac{W_0}{c} \right)^{1/\gamma} \quad \dots\dots\dots(6)$$

で表わすことができる。したがって、性能試験の主目的であるそのバイトの寿命式、すなわち n, C を求めることは、いいかえると (5), (6) 式における δ, γ および c を求めることによって達成されるわけで、本研究における円盤試験の目的もまたここにある。

第1図 円盤切削におけるバイト摩耗のモデル

2.3 円盤切削によるバイト摩耗式 第1図において、内径 D_0 から外周に向かって円盤切削した場合の摩耗曲線の、ある切削時間 T における摩耗量を W とする。そのときの削り速度 V は、 T における直径位置が D であるから、

$$V = \frac{\pi DN}{1000} = \frac{\pi N}{1000} (D_0 + 2fNT) \quad \dots\dots\dots(7)$$

となる。そこで、最初からこの削り速度 ($V = \text{一定}$) にて切削したものとすれば、あきらかに T より少ない T' にて同じ摩耗量 W が得られる。すなわち (3) 式により

$$W = cV^\gamma T'^\delta \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$T' = \left(\frac{W}{cV^\gamma} \right)^{1/\delta} \quad \dots\dots\dots(9)$$

となる。(8) 式を微分し、(7) および (9) 式を代入すれば次の微分方程式を得る。

$$\frac{1}{\delta} (W)^{1/\delta - 1} dW = c^{1/\delta} (D_0 + 2fNT)^{\gamma/\delta} \times \left(\frac{\pi N}{1000} \right)^{\gamma/\delta} dT$$

これから、次のごとき円盤切削による摩耗式を得る。

$$W = \frac{c\pi^\gamma}{2f \left(\frac{\gamma}{\delta} + 1 \right)^\delta 10^{3\gamma}} N^{\gamma - \delta} (D^{\gamma/\delta + 1} - D_0^{\gamma/\delta + 1})^\delta \quad \dots\dots\dots(10)$$

ここで D_0 の影響であるが、 γ/δ がくぼみ摩耗の場合約 5, フランク摩耗の式では約 3 程度の値であるから、 D_0 が D の 1/2 のとき、 $(D_0/D)^{1/\delta + 1}$ は約 1/16 以下となる。実際には D_0/D は 1/3 以下であるから、 D_0 の W に対する影響はいっそう微小となり、省略が可能となる。したがって、(10) 式は

$$W = \frac{c\pi^\gamma}{2f \left(\frac{\gamma}{\delta} + 1 \right)^\delta 10^{3\gamma}} N^{\gamma - \delta} D^{\gamma + \delta} \quad \dots\dots\dots(11)$$

となる。これが本研究の円盤試験法の基礎となる摩耗式である。ここで c , γ , δ などは D および N と無関係なパラメータであるからこの関係の項を A とおき (11) 式を書きかえると、次のごとく N (回転数), および D (直径) に対して考察の容易な式となる。

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{c\pi^r}{2f\left(\frac{\gamma}{\delta}+1\right)^{\delta} 10^{8\gamma}} \\ W &= AN^{\gamma-\delta} D^{\gamma+\delta} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

3. 本研究における円盤試験法

2.2 節で述べたごとく、性能試験の目的は n , C を求めることであった。このような立場から (12) 式を考察し、 γ および δ を求めるための方法として案出したのが次の二つの円盤試験法である。まず、(12) 式からわかるように、一定の回転数 N で円盤の内側から切削を行ない、任意の位置で切削を中断して途中における摩耗を測定し、その時の直径 D と摩耗量との関係を両対数紙上に描くと直線が得られるはずである。そしてその直線は、こう配が $(\gamma+\delta)$ 、截片が $\log(A \cdot N^{\gamma-\delta})$ になるものと考えられる。

この試験法を直径基準形円盤試験法、または略して D 形円盤試験法と呼ぶこととする。

しかしながらこの D 形円盤試験法では、そのこう配から、 $(\gamma+\delta)$ の値は求められるが、 γ , δ それぞれの値は不明である。したがって、 $\log(A \cdot N^{\gamma-\delta})$ にこれらの値を代入して、 c を求めることもできない。

この問題を解決するため (14) 式から、今度は、直径はそのまま、回転数を任意に変化させる円盤試験法を考えた。

すなわち、同じ直径の円盤に対していくつかの回転数 $N_1, N_2, \dots$ で、切削を行ない、それぞれの回転数と摩耗との関係を調べる。この結果、回転数と摩耗量との関係を両対数紙上にプロットすれば、明らかに直線となり、そのこう配は $(\gamma-\delta)$ となる。これと先に求めた D 形円盤試験法よりの $(\gamma+\delta)$ とから容易に γ および δ の個々の値が得られることになる。この試験は「回転数 N のみを変えて試験する方法であるから回転基準形円盤試験法、または N 形円盤試験法と呼ぶこととする。

第 1 表 D 形円盤試験法の回帰分析表 (1)

k	D	$W_1 \dots W_i \dots W_r$	$\bar{W}_k$	w'	w
1	D_1	$W_{11} \dots W_{1i} \dots W_{1r}$	$\bar{W}_{.1}$	$w'_{.1}$	$w_{.1}$
k	D_k	$W_{1k} \dots W_{ik} \dots W_{rk}$	$\bar{W}_{.k}$	$w'_{.k}$	$w_{.k}$
p	D_p	$W_{1p} \dots W_{ip} \dots W_{rp}$	$\bar{W}_{.p}$	$w'_{.p}$	$w_{.p}$

3.1 直径基準形円盤試験法 (D 形円盤試験法) の解析

(12) 式において、さらに

$$\left. \begin{aligned} AN^{\gamma-\delta} &= \frac{c\pi^r N^{\gamma-\delta}}{2f\left(\frac{\gamma}{\delta}+1\right)^{\delta} 10^{8\gamma}} = A_d \\ \log A_d &= a_d \\ \log W &= Y \\ \log D &= X \\ \gamma+\delta &= b_d \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

とおけば、

$$\left. \begin{aligned} \log W &= \log(A \cdot N^{\gamma-\delta}) + (\gamma+\delta) \log D \\ Y &= a_d + b_d X \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

したがって、いくつかの D に対する W , すなわち X に対する Y を円盤試験法によって求め、(14) 式による次のごとき回帰分析を行なうことによって a_d および b_d が求められる。

いま、ある一定の回転数 N にて円盤切削を行ない、そのときの $D_1, D_2, \dots, D_k, \dots, D_p$ における摩耗の測定値を、 $W_1, W_2, \dots, W_k, \dots, W_p$ とする。一般に集団のバイトに対する試験では、 r 個のランダムな材料について試験するから、 W については rp 個のデータが得られる。いま任意の試料番号を i とし $\log D_k = X_k$, $\log W_{ik} = Y_{ik}$ において、この X_k, Y_{ik} に対して第 1 表の手順による計算を行なう。

ここで $\bar{W}_{.k}$ は、次のごとく直径 D_k におけるデータ (摩耗量) の平均値、 $w'_{.k}$ および $w_{.k}$ はその重みである。

$$\left. \begin{aligned} \bar{W}_{.k} &= \frac{1}{r} \sum_i W_{ik} \\ w'_{.k} &= \frac{(\bar{W}_{.k})^2}{V(\bar{W}_{.k})} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (15)$$

ここで、 $V(\bar{W}_{.k})$ は $\bar{W}_{.k}$ の分散で

$$V(\bar{W}_{.k}) = \frac{\sum_i (W_{ik} - \bar{W}_{.k})^2}{r-1}$$

で表わされるが、重みは全部を一定数で除しても変わらないから、各直径 D_k における試料の大きさ r が等しいときは、

$$w'_{.k} = \frac{(\sum_i W_{ik})^2}{\sum_i (W_{ik} - \bar{W}_{.k})^2} = \frac{(\sum_i W_{ik})^2}{\sum_i W_{ik}^2 - \bar{W}_{.k} \sum_i W_{ik}} \dots\dots\dots (16)$$

第 2 表 D 形円盤試験法の回帰分析表 (2)

k	$X = \log D$	$Y = \log W$	w	x	y	wx^2	wxy	wy^2
1	X_1	Y_1	w_1	x_1	y_1	$w_1 x_1^2$	$w_1 x_1 y_1$	$w_1 y_1^2$
k	X_k	Y_k	w_k	x_k	y_k	$w_k x_k^2$	$w_k x_k y_k$	$w_k y_k^2$
p	X_p	Y_p	w_p	x_p	y_p	$w_p x_p^2$	$w_p x_p y_p$	$w_p y_p^2$
$\Sigma wX \quad \Sigma wY \quad \Sigma wx=0 \quad \Sigma wy=0 \quad \Sigma wx^2 \quad \Sigma wxy \quad \Sigma wy^2$								

で計算すればよい。また w_k は解析に便なるよう

$$w_k = \frac{w_k'}{\sum_k w_k'} \quad (17)$$

としたものである。実際の解析は、この重み w_k を用い、さらに第2表の手順にしたがって進める。

ここで

$$\left. \begin{aligned} x_k &= X_k - \sum w_k X \\ y_k &= Y_k - \sum w_k Y \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

かくして、これらの X , Y に対して、次の直線式をあてはめ、

$$\hat{Y} = \sum w_k Y + b_d (X - \sum w_k X) \quad (19)$$

さらに(14), (19)式から次のごとき b_d および a_d を求める式を得る。

$$b_d = \frac{\sum w_k x y}{\sum w_k x^2} \quad (20)$$

$$a_d = \sum w_k Y - b_d \sum w_k X \quad (21)$$

3.2 回転基準形円盤試験法 (N形円盤試験法) の解析 回転基準形円盤試験法すなわちN形円盤試験法は、D形円盤試験法の場合と同じようにして解析し、その結果として b_n , a_n を求めることができる。ここでは、D形と異なる点を要約して述べる。

N形円盤試験法は、同一の直径の円盤をいくつかの回転数 $N_1, \dots, N_k, \dots, N_p$ で切削し、それぞれに対する摩耗量の測定値 $W_1, \dots, W_k, \dots, W_p$ との関係について寿命式への解析を行なうものである。

いま、バイトの試料の大きさを r とすれば、任意の i について、 W_{ik} なる rp 個の摩耗データが得られる。この W_{ik} について第1表の計算を行ない、 $\bar{W}_{ik}$, w_k を求める。そしてD形の場合と同様に第2表によって、 $\sum w_k X$, $\sum w_k Y$, $\sum w_k x^2$, $\sum w_k x y$, $\sum w_k y^2$ を求め、これに次式をあてはめ b_n および a_n を得る。

$$\left. \begin{aligned} Y &= \sum w_k Y + b_n (X - \sum w_k X) \\ &= a_n + b_n X \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

$$b_n = \frac{\sum w_k x y}{\sum w_k x^2} \quad (23)$$

$$a_n = \sum w_k Y - b_n \sum w_k X \quad (24)$$

ここで、 b_n , a_n は(13)および(14)式との関連において

$$b_n = \gamma - \delta \quad (25)$$

$$a_n = \log A \cdot D^{r+\delta} = \log \frac{c \pi^r D^{r+\delta}}{\left\{ 2f \left(\frac{\gamma}{\delta} + 1 \right) \right\}^\delta 10^{8r}} \quad (26)$$

である。

かくして試験の最終的な目的である寿命式(4)のパラメータ n , C を求める準備は整った。

3.3 寿命式のパラメータ n および C を求める

こと 寿命式 $VT^{1/n} = C$ のパラメータ n は(13), (25) および(5)式より容易に、

$$\left. \begin{aligned} \delta &= \frac{1}{2}(b_d - b_n) \\ \gamma &= \frac{1}{2}(b_d + b_n) \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

$$n = \frac{\gamma}{\delta} = \frac{b_d + b_n}{b_d - b_n} \quad (28)$$

として求めることができる。

次のパラメータ C については、限界摩耗量 W_c を与えることにより、(6)式すなわち

$$C = \left(\frac{W_c}{c} \right)^{1/r}$$

となることはすでに述べた。これより

$$\log C = \frac{1}{r} (\log W_c - \log c) \quad (29)$$

したがって C を求めることは右辺の $\log c$ を求めることに帰着する。(13)式により

$$a_d = \log \left[\frac{c \pi^r N^{r-\delta}}{\left\{ 2f \left(\frac{\gamma}{\delta} + 1 \right) \right\}^\delta 10^{8r}} \right]$$

であるから、これから $\log c$ を求め(29)式に代入して結局次式を得る。

$$\log C = \frac{1}{r} (\log W_c - a_d) - \frac{1}{n} \{ \log 2f + \log(n+1) + \log N \} + \log N + \log \pi - 3 \quad (30)$$

また、(26)式からN形円盤試験における $\log c$ を求め、同様にして

$$\log C = \frac{1}{r} (\log W_c - a_n) - \frac{1}{n} \{ \log 2f + \log(n+1) - \log D \} + \log D + \log \pi - 3 \quad (31)$$

を得る。 C はこのように両者いずれからも求め得るので、(30)式すなわちD形からの値を $\log C_d$, (31)式すなわちN形からの値を $\log C_n$ と記して区別することにする。

4. 鋼用バイトに対する円盤試験法の適用実験

この実験の目的は、長手試験を行なったバイトと同じロットからのバイト試料について円盤試験を行ない、これによって求めた寿命式が、長手試験による寿命式と一致するかを調べて、いままでに述べたD形円盤試験法およびN形円盤試験法が寿命試験法として有効であるかどうかを確かめることにある。

4.1 実験条件 実験装置ならびに切削条件は次のとおりである。

試験用旋盤 池貝鉄工所、昭和32年製 DA25 形

旋盤, 11 kW 電動機, 5UX 形無段変速機付.
 バイトチップおよび材質 スローアウェイ形チップ,
 P20 種 (第3表参照)
 バイトホルダの寸法形状 31-4 (JIS)
 バイト刃部の形状 -5, -7, 5, 7, 15, 15, 0.8
 切込み 2 mm
 送り 0.2 mm/rev
 切削剤 乾式切削
 被削材 半硬鋼 S45C, 第4表および第5表はその化学成分および機械的性質を, また第2図は被削材断面におけるかたさを示す.

D形円盤試験法の条件 切削を中断して摩耗を測定すべき位置, およびそれらに共通した回転数は第6表のとおりである.

D形円盤試験の記号 D形円盤試験に関する実験内容を表わす記号を次のごとく定める.

記載順序 [バイトメーカーに関する記号]-[JISのバイト品種記号(炭化物元数)]-[直径基準形を表わす記号としてのDおよび外径 mm (回転数 rpm)]

記号例 D-P20 (3)-D240 (N614) これは,

第3表 円盤試験に用いたバイトチップ

メーカー	材 質	試料数
D 社	P20, 多元炭化物	23
I 社		25

第4表 被削材の化学成分 %

材 種	C	Si	Mn	P	S
S45C	0.46	0.22	0.72	0.014	0.010

第5表 被削材の機械的性質

材 質	引張強さ kg/mm ²	伸び%	ブリネル かたさ	熱 処 理
S45C	53.7	12.1	200	熱処理せず

第6表 D形円盤試験法における直径

番号 k	記号 D _k	直径 mm φ	回転数 N rpm
0	D ₀	70	614
1	D ₁	180	
2	D ₂	200	
3	D ₃	220	
4	D ₄	240	
5	D ₅	260	

第7表 N形円盤試験における回転数

番号 k	記号 N _k	回転数 rpm	円盤直径 mm
1	N ₁	444	260
2	N ₂	492	
3	N ₃	540	
4	N ₄	614	

D社の鋼荒削り用バイト P20 種の三元炭化物のものに対して, 外径 240 mm, 回転数 614 rpm で行なった直径基準形円盤試験を意味する.

N形円盤試験法の条件 変化させるべき回転数の水準, およびそれらに共通した直径は第7表のとおりである. 回転数は負荷時における数値である.

N形円盤試験の記号 D形の場合と同様にN形円盤試験の試験記号を次のごとく定める.

記号順序 [バイトメーカーの記号]-[JISのバイト品種記号(炭化物元数)]-[回転基準形を表わす記号としてのN, および回転数 rpm(円盤外径 mm)]

記号例 D-P20 (3)-N492(D260), これはD社の荒削り用多元カーバイトチップに対して円盤外径 260 mm, 回転数 492 rpm にて行なった回転基準形円盤試験を意味する.

第3図および第4図は, 鋼用バイトに対してそれぞれ

第2図 被削材断面のかたさ

第3図 直径基準形円盤試験

第4図 回転基準形円盤試験

れ直径基準形および回転基準形円盤試験を実施中の写真である。

4.2 実験結果と寿命性能の解析(その1, D社の鋼用バイトに対する適用例) D社のP20多元カーバイトのチップ集団からランダムに試料をとり, 前記の条件にてD形およびN形の円盤試験を行なった。その実験結果ならびに寿命式の解析について述べる。

(1) D形円盤試験結果の解析 第8表は, D-P20(3)バイト集団からのチップ試料3個に対して4.1節の条件で行なったD形円盤試験すなわちD-P20(3)-D(N614)によるくぼみ摩耗量 μ およびその平均値 $\bar{W}$, 重み w' を示す[第1表および(16)式参照]。また第5図は直径位置とくぼみ摩耗データの平均値を両対数グラフにて示した図である。

次に $\log D$, $\log W$, w を計算して第9表を得る。
[(13), (17), (18)式および第2表参照] これから
(20), (21)式により

$$\left. \begin{aligned} b_d &= 6.777 \\ a_d &= -14.443 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (32)$$

第5図 D社のP20バイトのD形円盤試験によるくぼみ摩耗

第8表 D-P20(3)-D(N614)のくぼみ摩耗

刃部形状: -5, -7, 5, 7, 15, 15, 0.8 切込み $d \times$ 送り f : 2.0 mm $\times$ 0.2 mm/rev
被削材: S45C ($\sigma_t = 54 \text{ kg/mm}^2$, $H_B = 200$)

k	円盤直径 $D \text{ mm}$	$i=1$	W : くぼみ摩耗 $K_T \mu$	$\sum W$	平均値 $\bar{W}$	偏差二乗和 S	重み w'
1	180	6.7	5.3	6.0	18	6	36
2	200	14	15	16	45	15	113
3	220	25	28	25	78	26	11
4	240	51	57	45	153	51	36
5	260	78	87	81	246	82	160

第9表 D-P20(3)-D(N614)におけるくぼみ摩耗の回帰分析表

k	X	Y	w	x	y	$w x^2$	$w x y$	$w y^2$
1	2.255 3	0.778 2	0.101 1	-0.101 4	-0.750 2			
2	2.301 0	1.176 1	0.317 4	-0.055 7	-0.352 3			
3	2.342 4	1.415 0	0.030 9	-0.014 3	-0.113 4			
4	2.380 2	1.707 6	0.101 1	0.023 5	-0.179 2			
5	2.415 0	1.913 8	0.449 4	0.058 3	0.385 4			
$\Sigma w X = 2.356 7$						$\Sigma w x^2 =$		
$\Sigma w Y = 1.528 4$						36.138×10^{-4}		
$b_d = \frac{\Sigma w x y}{\Sigma w x^2} = 6.777$							$\Sigma w x y =$	
							244.925×10^{-4}	
$a_d = \Sigma w Y - b_d \Sigma w X = -14.443 0$								$\Sigma w y^2 =$
								$1 666.88 \times 10^{-4}$

第10表 D-P20(3)-N(D260)のくぼみ摩耗

刃部形状: -5, -7, 5, 7, 15, 15, 0.8 切込み $d \times$ 送り f : 2.0 mm $\times$ 0.2 mm/rev
被削材: S45C ($\sigma_t = 54 \text{ kg/mm}^2$, $H_B = 200$)

k	N rpm	W : くぼみ摩耗 $K_T \mu$						$\bar{W}$	S	w'
		i	1	2	3	4	5			
1	444		26	20	22	17	23	21.6	45.2	103.2
2	492		38	25	29	27	26	29.0	11.0	7.65
3	540		51	43	40	43	46	44.6	69.2	287.5
4	614		100	79	93	92	104	93.6	36.5	240.0

第11表 D-P20 (3)-N(D260)におけるくぼみ摩耗の回帰分析表

k	X	Y	w	x	y	wx ²	wxy	wy ²
1	2.6474	1.3345	0.1617	-0.09175	-0.38273			
2	2.6920	1.4624	0.0120	-0.04715	-0.25483			
3	2.7324	1.6493	0.4503	-0.00675	-0.06793			
4	2.7882	1.9713	0.3760	0.04905	0.25407			
ΣwX=2.73915 Σwx=0.0000						Σwx ² = 23.13×10 ⁻⁴	Σwxy= 107.147×10 ⁻⁴	Σwy ² = 508.15×10 ⁻⁴
ΣwY=1.71723 Σwy=0.0000								
b _n = $\frac{107.15}{23.13}$ =4.632								
a _n =1.71723-4.632×2.73915=-10.9705								

が得る。これがN形円盤試験からの結果とともに寿命解析の基礎数値となる。

(2) N形円盤試験結果の解析 第10表は、前述と同じ集団からのチップ試料20個に対して、4・1節の条件で行なったN形円盤試験D-P20 (3)-N(D260)のによるくぼみ摩耗であり、また第6図はその値を両対数紙にプロットしたものである。3章における予測のごとく第5図とともにこれらはいずれも直線となっている。次にこれに対し第2表による回帰分析を行なったのが第11表である。

これから

$$\left. \begin{aligned} b_n &= 4.632 \\ a_n &= -10.9705 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (33)$$

を得る。

(3) 寿命式の n , C の計算 DおよびN形円盤試験の解析結果を整理すると第12表のごとくである。

したがって(32)および(33)式の数値と、(27)および(28)式から

$$\left. \begin{aligned} \delta &= \frac{1}{2}(b_d - b_n) = 1.073 \\ \gamma &= \frac{1}{2}(b_d + b_n) = 5.705 \\ n &= 5.319 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (34)$$

を得る。

次に C を求めるについて、寿命判定基準としてのくぼみ摩耗量を 50μ とすれば、 $W_c = 50\mu$, $N = 614\text{rpm}$, $D = 260\text{mm}$ であるから、これを(30)および(31)式に代入するとD形からの C の式は

$$\log C_d = \frac{1}{\gamma}(1.6990 - a_d) - \frac{1}{n} \log(n+1) + 2.3903 + 0.2354 \dots\dots\dots (35)$$

N形からの C の式は

$$\log C_n = \frac{1}{\gamma}(1.6990 - a_n) - \frac{1}{n} \log(n+1) - 2.8129 - 0.0878 \dots\dots\dots (36)$$

となるので、第12表および(34)式の値から、それぞれ次の値を得る。

第12表 D-P20(3) バイトに対する円盤試験の回帰分析結果

	b	-a
D形	b _d =6.777	a _d =-14.4430
N形	b _n =4.632	a _n =-10.9705

第13表 I社のP20バイトに対するD形円盤試験結果

試料 k	直径D	W:くぼみ摩耗 K _T μ				平均値 $\bar{W}$
		1	2	3	4	
1	180	8	9	11	10	9.5
2	200	15	19	19	13	16.5
3	220	31	37	34	26	32.0
4	240	57	67	75	51	62.5
5	260	92	93	131	88	101

第14表 I社のP20バイトに対するN形円盤試験結果

試料 k	回転数 N rpm	W:くぼみ摩耗 K _T μ					平均値 $\bar{W}$
		1	2	3	4	5	
1	444	23	34	32	31	24	28.8
2	492	61	46	45	52	48	50.4
3	540	86	76	68	82	81	78.6
4	614	124	131	116	139	140	130.0

第6図 D社のP20バイトのN形円盤試験によるくぼみ摩耗

$$\left. \begin{array}{l} \log C_d = 2.5152 \\ \log C_n = 2.5115 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (37)$$

これから両者の平均として

$$C = 326 \dots\dots\dots (38)$$

が得られ、結局これから円盤試験からの寿命式は

$$VT^{1/5.319} = 326 \dots\dots\dots (39)$$

となる。

これは、バイト母集団、被削材、切込み、送り、旋盤などの実験諸条件が同一のもので行なった長手切削試験からの寿命式⁽⁹⁾

$$VT^{1/5.325} = 314$$

第15表 I社のバイトに対する円盤試験の回帰分析結果

	<i>b</i>	<i>a</i>
D 形	$b_d = 6.452$	$a_d = -13.5806$
N 形	$b_n = 4.451$	$a_n = -10.2850$

第7図 I社のP20バイトのD形円盤試験によるくぼみ摩耗

第8図 I社のP20バイトのN形円盤試験によるくぼみ摩耗

ときわめてよく一致しているものといえよう。

4.3 実験結果と寿命性能の解析(その2, I社の鋼用バイトに対する適用例) I社のP20種のバイトについて、4.2節と同様のD形およびN形円盤試験によるくぼみ摩耗のデータが、第13表、第7図および第14表、第8図である。

これらのデータに対して第2表による計算を行ない第15表の結果を得た。

これから、寿命式のパラメータは $n=5.449$, $C=300.6$, したがって寿命式は

$$VT^{1/5.449} = 301$$

となった。ちなみに、同じバイトに対する長手試験の結果は⁽⁹⁾,

$$VT^{1/5.002} = 292$$

で両者の値はよく一致しているものといえよう。

5. 結 言

長手切削による寿命試験法が、試験時間と費用の大きなことにかんがみ、円盤切削を行なった場合の摩耗式をもとにして、直径基準形(D形)円盤試験法と回転基準形(N形)円盤試験法の二つの簡易寿命試験法を考案した。

これらの円盤試験法を併用すると超硬バイトの寿命式をきわめて容易に求めることができる。

鋼用バイトとして最も多く用いられているP20種超硬バイトの、D社およびI社の多くの試料について、実際にこれらの円盤試験法を用いた結果、長手試験法によって求めた寿命式とよく一致することを確認した。

なお、両者の試験費用については、たとえばD社のバイトの試験において、長手試験法では約2万円、円盤試験法では約7千円となっており、後者は前者の三分の一程度の費用ですむことがわかる。

おわりに本研究の遂行に関し、多くのご指導をいただいた、東京工業大学教授 木暮正夫博士、ならびに実験について長期間、ご便宜とご援助をいただいた富士製鉄会社釜石製鉄所に対して深く感謝の意を表する次第である。

文 献

- (1) J.R.J. Dongen *Stahl u. Eisen*, 56-39 (1936), 1185.
- (2) 吉城, 被削性と快削鋼, (昭19), 120, 常盤書房.
- (3) 奥島, 機械学会論文集, 14-47 (昭23), 38.
- (4) 木暮, 超硬バイトの寿命とその試験, (昭32), 186, 日刊工業新聞社.
- (5) 木暮, 同上, 186 ページ.
- (6) 木暮, 同上, 74 ページ.
- (7) H.J. Burmester, *Werkstattstech. Maschinenb.*, 40-12 (1950), 419.
- (8) 木暮, 文献(5)の77 ページ.
- (9) 熊谷, 本論文集 1032 ページ.