

時の靜的な粘着力を減少させることを目的とする場合には更に研究を進めるならば實用の可能性はあるが、削け機械の削上抵抗又は運土抵抗を減少させる目的などに對しては直流電流による方法は効果があるとは考

えられない。

5) 土と金屬板との間に交流を通じて粘着力には影響がない。

小孔の加工能率の向上について — 精密ボール盤主軸の試作 —

安川 太郎・關

悟

On the Efficiency of Drilling Small Holes (Trial Production of Precise Drilling-Spindles)

By Taro Yasukawa and Satoru Seki

ABSTRACT: Drilling spindles with precise ball bearings and special adjustable chucks were made for the purpose of using in bench boring machine. The spindles could be driven very silently at high speed without vibration, and have already been used in practice for over two years. With these spindles, the efficiency of drilling small holes in pillar-plates has increased by 200 %.

Experimental investigations on the relations between drilling efficiency and rotating or feeding speed were carried out in the laboratory, and it is concluded that in order to drill small precise holes (0.3 mm—1.5 mm) efficiently, drills must be chucked with eccentricity less than about 0.005 mm, and must be driven with high speed over 10,000 rpm.

(1949 年 11 月 28 日受理)

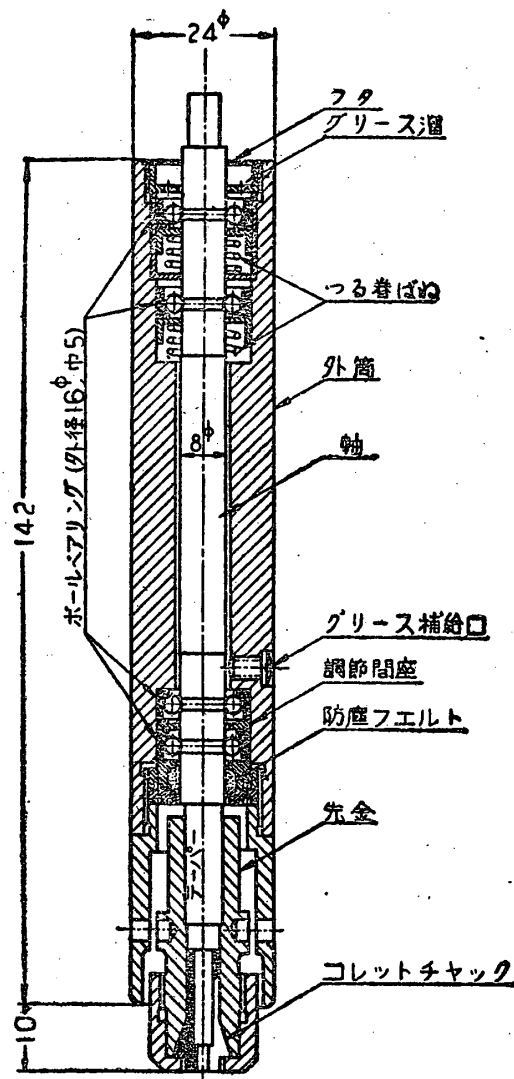
1. ボール盤主軸を試作した 動機と成果

精度の高い小さなボールベアリングの用途をひろくことを研究の一つの目的としていた私共は、1947 年の秋、某時計工場で腕時計部品の孔あけに使う高速小型ボール盤主軸の良いものがなくて困っていることを知った、あける孔は厚さ 3 mm 以下の黄銅板に對し、直徑 1.5 mm 以下であるから、切削抵抗から考えると、それまでに取扱つてきた大きさのボールベアリングの負荷能力で充分である。必要條件としては、軸方向と半径方向とにできるだけガタが少いことと、10,000 r.p.m. 前後で運轉して振動や發熱の少いことである。そこで私共は第 1 圖のような主軸を設計試作し、今日まで 2 年間餘り (延約 4,000 時間) 實用に供し、相當の成果をえた。すなわち工場より提供された資料

によると、第 1 表にかゝげたように、舊式の主軸を使つていた 1940 年の實績に對し、試作主軸を用いた 1948 年のそれは 2~3 倍にふえている。なお回轉數はもとは 8,000~9,000 r.p.m. だつたものを 10,000 r.p.m. にふやした。

第 1 表 試作主軸の實用成績

孔 徑 mm	地板 1 枚 中の孔の 數	地板の毎時平均 加工數		比 率 %
		1940 年	1948 年	
0.52	1	345	860	256
0.62	3	214	478	224
0.70	3	123	372	302
0.85	2	—	625	—
1.40	2	—	450	—



第1圖 主軸の構造

2. 主軸試作の要點

試作の概要については別に報告した⁽¹⁾ので、ここには要點だけを列挙する。(第1圖参照)

(1) 軸に直接ボールベアリングのインナーレースを加工し、レースの偏心をできるだけ少くした。

(2) 圖中下方の2個のベアリングは調整間座の厚さを適宜にして切削抵抗を同じように受け、上方の2個はつる巻ばねでそれぞれ約1kgの力で常に上方に押されている。

(3) ボールは約50倍の顯微鏡で検査して、きずやさびを認められぬものの中から、真球度 0.2μ 以下のものを選び、これを8個づつ最大直径の差が 0.2μ 以下になるように組合せた。

(4) ケージは黄銅丸棒から旋削し、各部の寸法精度を $\pm 0.2\text{mm}$ 程度にとり、とくにボールとの接

觸部分の形状と仕上りを考慮して⁽²⁾作つた。

(5) ベアリングレースは熱処理後、成形砥石で丹念に研削し、柳箸をラップとしエメリー、酸化クロム、ベニガラなどでラッピングした。

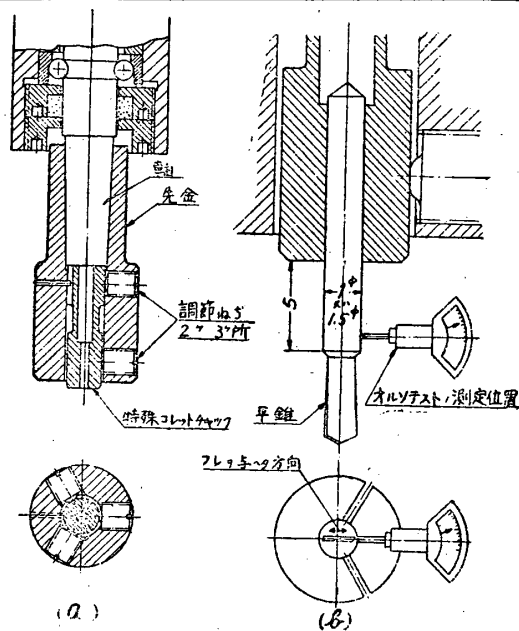
(6) 潤滑は精選したソーダベースグリースを用いた。

3. 調節型チャックの實用試験

第1圖に示す主軸のコレットチャックは時計工場で自給しているものではあるが、實際問題として現場でこのチャックを用いてドリルを常に 10μ 以下のフレに取付けることは困難である。そこで第2圖に示すような調節可能の特殊チャックを試作し、1ヶ月餘り實用に供したところ第2表のような結果をえた。このチ

第2表 調節型チャックの實用成績

孔徑 mm	地板の毎時平均加工數				ドリルの平均壽命			
	地板孔數	調節型	普通型	比率%	調節型	普通型	比率%	
0.45	1	730	630	115	650	460	114	
0.52	1	830	800	104	800	600	133	
0.60	2	725	590	123	900	830	115	
0.65	1	780	720	108	1,100	910	110	
0.70	1	900	690	130	1,200	1,100	109	
0.75	2	600	500	120	1,350	1,200	112	
0.85	2	700	550	127	1,600	1,600	100	
1.10	1	565	550	103	1,800	1,800	100	
平均				116	平均			112



第2圖 調節型チャックとドリルの取付方

4. 孔あけの加工能率向上の問題

- (1) 切削時間
 - ドリルの切削速度
(主軸回転数)
 - ドリルの送りの速さ
(主軸下降速度)
- (2) ドリルの寿命
 - 主軸のフレ, 振動,
回転数と下降速度
 - ドリルの取付の良否
- (3) ドリルの着脱時間と取付の確實さ

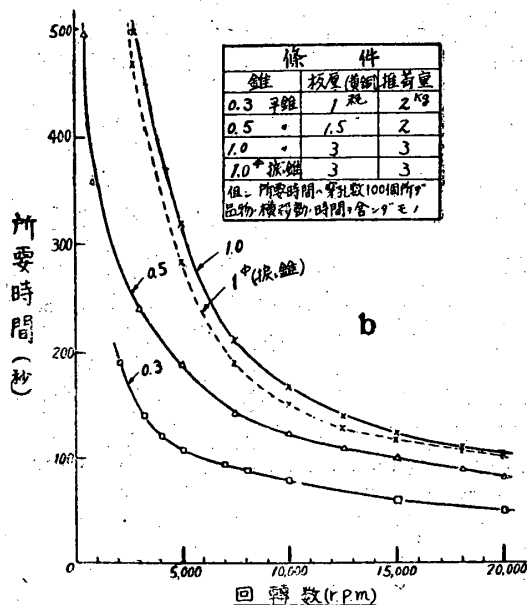
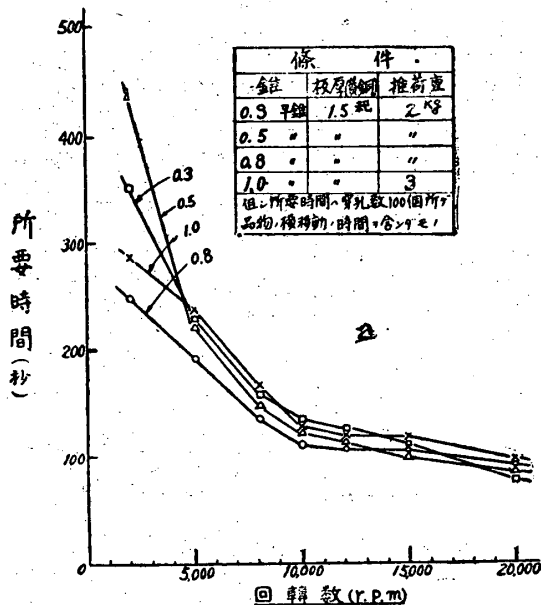
5. 實驗方法

Figure 1 consists of two schematic diagrams of the testing apparatus. Diagram (a) is a side view showing a vertical assembly. At the top, a 'ストッパー' (stopper) is positioned above a 'ドライヴァーロー' (driver roller). Below these is the '主軸' (main shaft), which is connected to an '調節型ナック' (adjustable nut). A lever arm 'L' is attached to the side of the main shaft, with a weight 'W' hanging from its end. Diagram (b) is a top view of the same apparatus. It shows the '黄銅板、試料' (brass plate, specimen) being tested, mounted on a '取付台' (mounting base). A '送りねじ' (lead screw) mechanism is visible on the right side, used to move the specimen horizontally.

第 3 圖 孔あけの實驗裝置

6. ドリルの切削速度

まずドリルの切削速度をどの位にするかということが切削時間に大きな影響を与えるので、一定推力にて主軸の回転数をいろいろに変化して切削したときの所要時間を調べたところ、第4圖のような実験結果をえた。ドリルは第2圖に示した平錐で、炭素工具鋼製、切味を前以て試したものをを用いた。現場の実験からして切味のよいドリルはフレが少ければ数千個の孔あけに終始同様に使えることがわかつているが、実験にあつては低速回転から高速回転へと順次測定したあと、逆に高速から低速へと測定し、更に高速時の測定



第4圖 主軸の回転数と切削時間

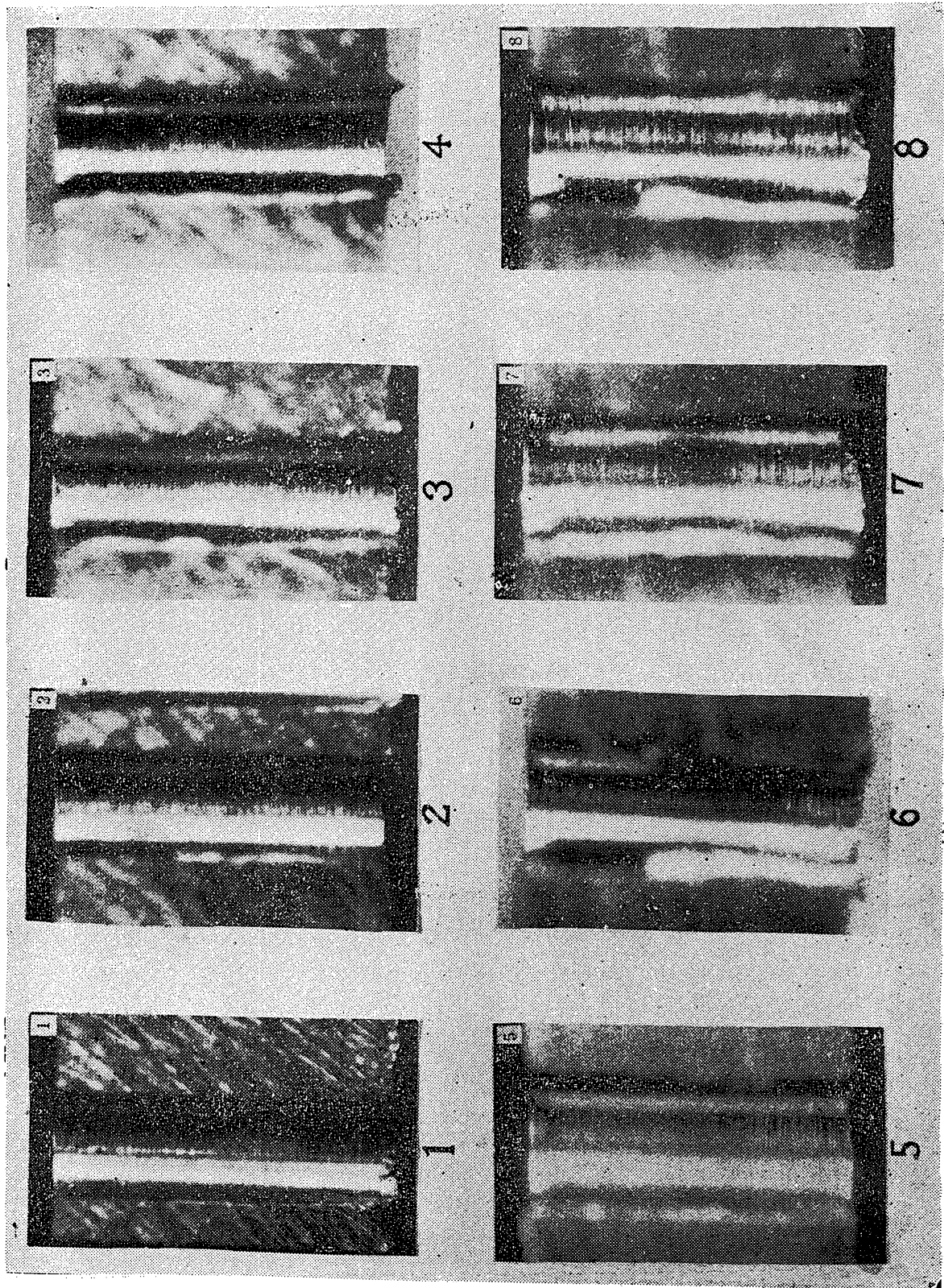
を行つてドリルの切味の變化が切削時間に影響しているかどうか確めた。2,000 r.p.m. 位の低速回転では、相當大きな推力を与えなければ切削できず、ドリルを折損することが多かつた。第4圖で面白いことは、板厚が同じ場合、0.3~1.0 mm 徑を通じて切削時間は5,000 r.p.m. から急に短縮されていることである。そして10,000 r.p.m. では5,000 r.p.m. のときの約 1/2, 20,000 r.p.m. では約 1/3 に縮まつている。このことは時計部品のように大量に孔あけをするときには見逃せないことである。また 1 mm の振れ錐について実験したが平錐の場合とほとんど同じ結果だつた。

7. ドリルの送りの速さ

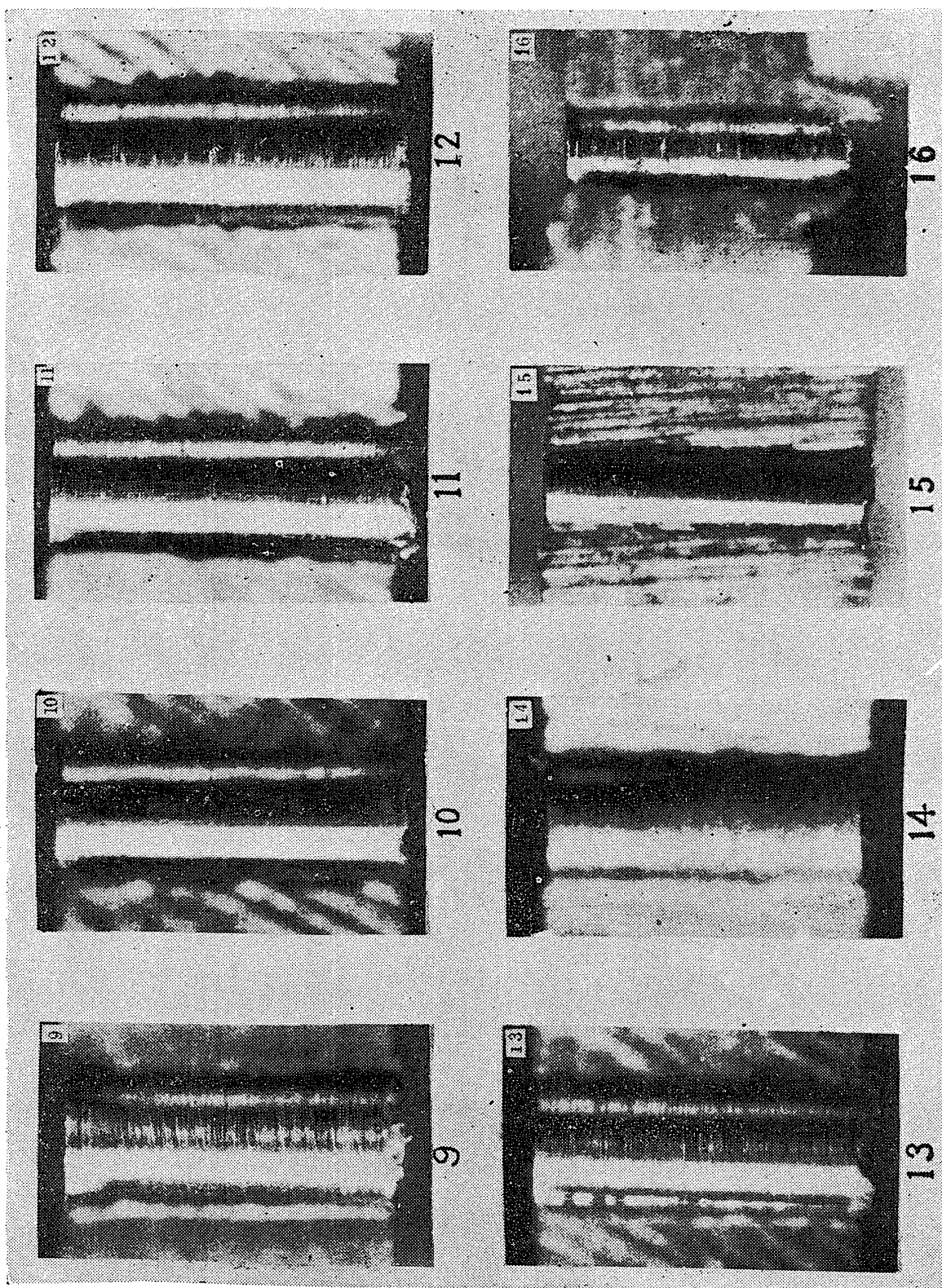
つぎにドリルの送りの速さは當然仕上面の良否に影響する。たとえば第5圖6に見られるようにドリルの先端が裏面につきぬけて切削抵抗が急減し送りが早くなると切削面は荒れてくる。第5圖 10, 11, 12 を比較すれば送りの速さと面の良否の關係がはつきりわかる。同圖 14 は孔が深いとき送りが早過ぎたため切屑の排出が悪く、摩擦熱にて面が溶解したと思われる状況である。さて時計の地板にあける 0.3~1.5 mm 位の孔はドリルを通したあと、リーマーでさううか、ねじ立てをするか、またはノックピンを打込むので、ドリルによる加工面の良否は問題にされていない。しかし輕視すると、ドリルの壽命に影響し、またリーマーでさらいきれなかつたり。ねじ山が充分立たなかつたり、寸法検査を誤まつたり（とくに栓ゲージによる）する原因となり、製品の不均一をきたすから面の良否は充分考慮したいものである。

8. ドリルのフレの影響

ドリルのフレは主軸自身のフレと、ドリル自身の柄に對するフレと、ドリルの主軸に對する取付方のフレとにわけられる。主軸自身のフレはこの試作品ではオルソテストで測定して、ほとんどフレないくらいだから問題にすることはなく、またドリル自身のフレはここでは取上げないことにする。ドリルの取付フレの多少により壽命が異なることは第2表の結果が示しているが、では切削速度や仕上精度にはどう影響するだろうか？ ドリルの取付フレには中心線が平行でありながら一致していない場合と、中心線が斜交している場合とがあるが、問題を簡単にするため、また現場作業との関連性のため、第2圖bに示すようにドリルの柄のチャックから出た部分にオルソテストの測定端をあて



第 5 圖 (その 1)



て回転したときのよみ(単位 μ) をフレとした。

第3表に示すようにフレを相当與えても切削の時間には影響がない。フレが大きければドリルの摩耗が早いから切味が早く悪くなることは確かであるが、ともかくも始めの中は相當にフレが大きくても、同様に切削できるのである。このことは作業者が不注意だつたり、仕事に不忠實だつたりすると、生産數量を上げるために仕上精度や仕上面の良否に構わず、いゝ加減にドリルを取付けて作業し、いたずらにドリルを損耗した上、品質を落すことになる。

第3表 フレと切削時間

フレ	時間	フレ	時間	フレ	時間	フレ	時間
5 μ	1/16"	40 μ	1/20"	0 μ	1/19"	50	1/14"
9	1/20"	50	1/18"	10	1/14"	60	1/11"
20	1/20"	80	1/20"	20	1/12"	70	1/18"
30	1/28"	100	1/26"	30	1/18"	80	1/15"
				40	1/16"	100	1/20"

A. 1.05 mm のドリル

にて厚さ 3 mm の黄銅板に推壓力 3 kg にて 50 個孔あけするに要する時間
(10,000 r.p.m.)

B. 0.5 mm のドリルにて厚さ 1.5 mm 黄銅板に推壓力 2 kg にて 50 個孔あけするに要する時間(10,000 r.p.m.)

つぎにフレの多少と仕上精度の關係を調べるためにあけた孔の面を顯微鏡で調べたところ、第5圖 1, 2, 3, 4, 13, あるいは 5, 6, 7, 8, 9 をくらべてみればわかるように、フレが大きくなると孔の入口がスリ鉢狀にひらいている。またフレの大きさに比例して一層粗いすじが仕上面に生じている。これらのことは前節に述べたようにドリルの壽命を縮め、品質を落し、結局加工能率を低くすることになる。實際問題としては相當にフレの多い主軸で、しかも取付の悪い狀態で孔あけしていることが多い。第5圖 15, 16 はいづれもある工場の現場に製品としてあけられた孔の断面擴大圖である。

なおあけた孔の入口と出口とのカエリについては豫想したほどにフレの影響はなく、フレが少くとも相當にカエリを生じたものもある。カエリの多少はむしろ送りの速さや加工材質、あるいはドリルの刃先の形状などにその原因があるようである。

9. む す び

以上報告した實驗を實用試験の結果を照合すれば、小さな孔あけ加工の能率を向上するためにはつぎのことが必要である。

(a) 主軸のボールベアリングの精度を高め、とくにフレのないようにすること。球軸受規格の特級品以上のものが望ましい。軸のフレは 3 μ 以下であることを要する。

(b) ドリルをフレなく確實に取付けること。フレは 10 μ 以内に保たねばならぬ。そのためには從來のチャックを検討し、改良し、あわせて作業管理を嚴重にしなければならない。

(c) 回転数は許すかぎり早い方がよい。時計地板などに 0.3~1.5 mm の孔をあけるには 10,000~20,000 r.p.m. にさせること。

この試作研究にあたり御指導、御援助賜わつた曾田所員始め研究所職員、シチズン時計ならびに北辰精密工業 K.K. の方々に深い謝意を捧げ報告をおわることとする。

第5圖 の 説 明

寫眞 番號	錐 徑 mm	回転數 r.p.m.	フレ μ	推壓力 kg	送り速さ mm/rev
1	0.8	10,000	1	3	0.006
2	"	"	5	"	"
3	"	"	20	"	"
4	"	"	30	"	"
5	1.0	"	0	"	0.014
6	"	"	10	"	"
7	"	"	30	"	"
8	"	"	50	"	"
9	"	"	80	"	"
10	1.0(0.5下孔)	"	2	0.2	0.003
11	"(")	"	2	0.5	0.008
12	"(")	"	2	0.7	0.010
13	"(")	"	20	2	0.020
14	1.0	"	3	3	不 明
15	0.8	約9,000	不明	手送り	"
16	0.5	約5,000	不明	"	0.020

注—(1) No. 1—No. 15 は厚さ 2.3 mm の黄銅板に平錐を用いたもの、No. 16 は厚さ 1 mm のものに捩れ錐を用いたもの。

(2) No. 13 は下に試料を1枚重ねてあけたもの

(3) No. 15 は C 社現場にて、No. 16 は P 社現場にてあけたもの。

文 献

- (1) 安川: 機械の研究 1. (1949), 97
- (2) 安川・可兒: 理工学研究所第1回定期講演會にて發表