金属薄板および非金属薄板の穴あけについて*

財 満 鎮 雄**

On the Drilling of Metallic and Nonmetallic Sheets

by

Shigeo ZAIMA

(Faculty of Engineering, Shizuoka University, Hamamatsu)

The drilling conditions to obtain a good shape and fine accuracy in dimension of drilled holes in metallic sheets of mild steel (S 35 C), brass (6/4 brass) and duralumin (2017) as well as in nonmetallic sheets of bakelite, vinyl and acryl with conventional standard twist drills or a fishtail point special drill were examined. The results obtained are as follows:

In the case of drilling metallic sheets with conventional standard drills of different point angles, the drilled hole shows more enlarged hole diameter, more distorted shape and larger pile-up at the hole-inlet as the drill point angle becomes wider.

In the case of drilling nonmetallic sheets, the influence of the point angle is little and a circular hole is easily obtainable. And if the point angle is obtuse, the burr at the hole-outlet is little even in metallic sheets, but the cracks tend to appear at the hole-outlet in nonmetallic sheets.

In the case of drilling with a special drill, the enlargement of hole diameter is smaller compared with the case with a standard drill and a circular hole is obtainable. But, in drilling nonmetallic sheets, large cracks tend to appear at the hole-outlet and the burr at the hole-outlet is smaller compared with the case of standard drill.

For the drilling of bakelite, it has been proved that a good drilled holes is obtainable by drilling after placing bakelite on top of aluminium sheet. The drilled hole shows no cracks, little enlargement of hole diameter and little pile-up or burr.

(Received Jan. 9, 1973)

1 結 言

市販の金属薄板，プラスチックなど非金属薄板の穴あけを実施する際，真円の穴がなかなか得られない，穴入口周辺の盛り上がりがある，穴出口でのかえりがある，穴口周辺で割れがはいるなどの問題が少なくない．よって，本報はそのような薄板の穴あけ加工において良好な穴あけ条件を検討するのを目的として行なったものである．

2 実 験 要 項

2・1 供試材料

実験に供した試料板は市販のいずれも板厚 2.0 mm の軟鋼 (S 35 C)，黄銅 (6/4 黄銅)，ジュラルミン (2017) などの金属薄板とペークライト，ビニール，アクリル樹脂などの非金属薄板をそれぞれ 200 mm ×

50 mm の長方形に切断したものである．また，同一材料についてとくに板厚 1.0 mm 薄板についても一部検討を加えた．

2・2 使用工具

使用したドリルは 10 mmφ 高速度鋼 (SKH 9) 製ねじれドリル (ねじれ角 27°) のうち Fig. 1 のように，次の 2 種類のドリルである．すなわち，

(1) 汎用ドリル (リップクリアランス 12°): 先端角を $\theta=110^\circ$, 130° および 150° に変化した．

(2) ローソクぎり (のみ刃角 126°, 切刃交角 167°, リップクリアランス 6°): のみ刃の高さを $m=0.21$, 1.10 および 2.38 mm に変化した．

普通に薄板の穴あけに際しては市販の汎用ドリルを用いることが多いが，ドリル先端に特殊な形状を与えたいわゆるローソクぎりがアルミニウム板などの軟質板の穴あけに用いて，かえりも少なく有効であると巷

* 原稿受理 昭和48年1月9日

** 正 会 員 静岡大学工学部 浜松市城北

Fig. 1. Drill dimensions used.

間伝えられるものの、ローソクぎりに関する文献もきわめて少ないので、ここでローソクぎりも検討の対象とした。

2・3 穴あけ条件および加工穴の精度測定

使用機械は精巧社製卓上ボール盤（主軸回転数 168～2520 rpm）を用い、ドリル回転数 1350 rpm（したがって、切削速度 42 m/min）とし、自動送り装置ミゼットフィーダ（三進製，SS 型，0.019～0.21 mm/rev）をボール盤に取り付け、送りを 0.07 mm/rev 一定とした乾式穴あけを実施した。穴あけ抵抗（トルクおよびスラスト）の測定はさきに試作した 2 分力測定用工具動力計²⁾によった。

中央に 20 mmφ の穴をあけた 150 mm×150 mm×10 mm の軟鋼板の上に、その穴に試料板の穴あけ予定位置が合うように重ね合わせて、小形万力で締め付け、穴あけを実施した。

穴入口（板表面）および穴出口（板裏面）での加工穴の直径 D_1 、 D_2 は工具顕微鏡によって互いに直角な 2 方向についての直径を平均して求めた。また、穴入口周辺の盛り高さ H_1 および穴出口におけるかえりの高さ H_2 は不規則ではあるが、この場合も互いに直角な 2 方向について凸部の高さをそれぞれダイヤルゲージおよび工具顕微鏡により求めて平均値をとった。

3 穴あけ抵抗

供試試料板について穴あけ抵抗（スラスト T_h およびトルク T_q ）を求めれば、たとえば汎用ドリル（先端角 $\theta=130^\circ$ ）、ローソクぎり（のみ刃の高さ $m=1.10$ mm）について Fig. 2 のようになる。金属板では軟鋼、黄銅、ジュラルミンの順に穴あけ抵抗

Fig. 2. Cutting resistances of specimens used in drilling.

は減少するが、非金属板ではさらに穴あけ抵抗は小さくなり、アクリル樹脂、ビニール、ベークライトの間には大きな差はなく（ビニールでスラスト T_h がやや小さいようではあるが）、軟鋼板に比べてスラストで約 25%，トルクでは約 20% 程度の大きさである。また、汎用ドリルに比べて先端形状の複雑なローソクぎりの場合、軟鋼、黄銅板で穴あけ抵抗はやや大きい、ジュラルミンおよび非金属板では両ドリルによる穴あけ抵抗の差はほとんどなく、この場合には穴あけ抵抗からみてドリル形状には大きな考慮を払う必要はないようである。

4 穴あけ精度

4・1 汎用ドリルの場合

各試料板について穴入口の直径 D_1 および穴出口の直径 D_2 を示せば Fig. 3 のようになる。ドリル先端角が $\theta=110^\circ$ と小さい間は各試料板について傾向にはほとんど差がなく、穴入口直径 D_1 はドリル直径 10 mmφ に対して 10.0～10.3 mm とややばらつきが大きい、穴出口直径 D_2 では 10.0～10.2 mm となって測定値のばらつきも小さい。しかし、先端角が $\theta=130\sim150^\circ$ と大きくなれば軟鋼、黄銅、ジュラルミンと穴あけ抵

Cutting speed : 42 m/min (1350 rpm), Feed : 0.07 mm/rev Thickness of specimen : 2.0 mm		
	Dia. of hole on face D_1 (mm)	Dia. of hole on back D_2 (mm)
	10.0 10.4 10.8 11.2 10.0 10.4	
Mild steel (S30C)	Standard drill Special drill	
Brass (BsP3)	Standard drill Special drill	
Duralumin (2017)	Standard drill Special drill	
Acryl	Standard drill Special drill	
Bakelite	Standard drill Special drill	

Fig. 3. Comparisons of drilled hole diameter between hole on front face and hole on back face by using standard drill.

Fig. 4. Views of hole figures on face by standard drill and special drill.

Fig. 5. Views of hole figures on back face by standard drill and special drill.

Fig. 6. Aspects of piling up on front face.

Fig. 7. Aspects of outside burr on back face.

抗の大きさの順に従って穴入口直径 D_1 は大きくなり、測定値のばらつきも大きい。そして、アクリル樹脂、ペークライトおよびビニール（図省略）などでは先端角の影響はほとんどなく $\theta=110^\circ$ の場合と大差ない。また、先端角 $\theta=130^\circ$ 以上の場合には軟鋼、黄銅およびジュラルミンで穴あけ作業の初期段階の皿穴あけの際、ドリル歩行の影響で皿穴の形状が三角形のひずみ円となり、その影響が穴入口に残るため穴の最大直径と最小直径の差が大きくなり、ジュラルミンに比べ軟鋼の方がその傾向が著しい。Fig. 4 上段は穴入口面の状況を示す例であるが、汎用ドリルの場合軟鋼、黄銅、ジュラルミンなどドリルの歩行による奇数角のひずみ円形状がはっきり認められ、アクリル樹脂、ペークライトなどでは円形穴が得られているのがわかる。そして Fig. 5 上段の穴出口面の状況例をみても明らかなように、板厚が比較的薄いため金属板では穴入口の形状の影響が穴出口にも残り、入口形状と似た奇数角ひずみ円形状をとっている軟鋼、黄銅板などでは穴出口の直径 D_2 もやや大きくなるが、先端角が $\theta=110^\circ$ と小さい場合にはいずれの試料でも穴出口直径 D_2 は比較的小さい。なお、アルミニウム板ではライフリングが穴の深さ 3~10 mm では比較的顕著であり、この場合のように 2~3 mm 板厚ではジュラルミン板にライフリングの影響が穴出口に認められた。ペークライト板では図のように貫通時に割れを生ずるため、穴出口の直径測定は不可能であった。

Fig. 6 上段は汎用ドリルの場合の穴入口面における盛上りの状況を示す例であるが、軟鋼、黄銅およびペークライト板などの盛上りが大きいのが認められる。また、Fig. 7 上段は穴出口面でのかえりの状況例で、軟鋼、黄銅板でのかえりが顕著であり、ペークライト板などでは穴出口に割れが認められている。いま、穴入口周辺の盛上り高さ H_1 および穴出口周辺のかえりの高さ H_2 を求めれば Fig. 8 のようになる。このような盛上りは皿穴あけの段階で奇数多角形ひずみ円形成の際、その直角方向への変形として残るもので、ひずみ円形状の辺数が少ない三角形ひずみ円の場合ほど盛上りは大きくなる。一方、三角形ひずみ円は軟鋼など強度の大きい材料ではドリル先端角が大きくなれば形成されやすいと思われ、図にみるように軟鋼、黄銅板などで先端角が $\theta=130\sim150^\circ$ では盛上り H_1 も大きくなっている。実験範囲ではジュラルミン、アクリル樹脂などは先端角にほとんど影響されず $H_1=0.1\sim0.2\text{mm}$ 程度の盛上りであり、またペークライト板の盛上りは柔らかいようであった。

かえりは穴あけ貫通の際の塑性変形として残るもので、軟鋼、黄銅など貫通時ドリル切刃が切削を行なう前に被削材部分を塑性的に押し出し、穴出口周辺に数

大直径と最小直径の差が大きくなり、軟鋼においてとくに著しかったが、非金属板では先端角にかかわらず円形穴が得られた。

(2) 汎用ドリルでは穴入口周辺の盛上りが軟鋼、黄銅板などで大きく、とくに先端角が大きくなると大きい。ジュラルミン、アクリル樹脂板などは先端角に影響されず盛上りも少ない。一方、穴出口のかえりは先端角が小さいほど大きく、黄銅とくに軟鋼板で大きい。先端角が大きくなると金属板でもかえりは著しく減少する。しかし、非金属板ではとくに先端角が大きい場合、穴出口周辺に割れを発生しやすく問題があった。

(3) ローソクぎりではドリル歩行が少ないので、汎用ドリルの場合に比べ加工穴の直径の拡大も小さい。金属板では直径の拡大を最小にするのみ刃の高さがあるようであり、穴あけ抵抗は汎用ドリルの場合よりやや大きい。金属薄板でも円形穴が得られることがわかった。しかし、非金属板では穴出口に大きな板状割れを伴うことが多く、加工上望ましくない結果となった。

(4) ローソクぎりの場合、のみ刃の高さにかかわらず黄銅とくに軟鋼板で盛上り、かえりは大きく、ジュラルミン、アクリル板など小さいが、ベークライト板で比較的軟らかく大きい盛上りがある。しかし、汎用ドリルの場合に比べれば、金属板におけるかえりの発

生状況はローソクぎりの使用によって著しく改善されている。

(5) とくに、1 mm 厚の薄板についてローソクぎりの使用を検討してみたが、板厚の 2 mm 場合に比べて著しいちがいは盛上り、かえりが小さいことで、盛上り、かえりに肉厚の影響が大きく効いていることがわかる。

(6) ローソクぎりを非金属板に適用すれば、とくに穴出口で板状割れが発生することが多いので、その対策をベークライト板について検討した結果、穴あけの際にベークライト板の下板としてアルミニウム板を重ねて穴あけを行えば、板状割れを阻止でき、穴直径の拡大が小さく、盛上り、かえりの小さい良好な加工穴が得られることがわかった。

参 考 文 献

- 1) Edward Blake Co. のカタログによれば、この種のドリルを Drills Ground with Fishtail Point と総称しているが、Mill & Factory, **78**, 5 (1966) 188 ではとくにこの場合のようにウェブ中心をとがらせたものを Brad and Spur Point としている。
- 2) 財満鎮雄, 多々静夫, 加茂 進, 金属学会誌, **29**, 541 (1965)。
- 3) Galloway, D.F., Trans. ASME, **79**, 191 (1957)。
- 4) 財満鎮雄, 結城明泰, 清水輝雄, 軽金属, **18**, 433(1968)。
- 5) 財満鎮雄, 結城明泰, 堀内 宰, 軽金属, **15**, 287(1965)。