

## 機械工学科の塑性加工工作実習

長坂明彦<sup>\*1</sup>・柳沢憲史<sup>\*2</sup>・相馬顕子<sup>\*3</sup>・和田一秀<sup>\*4</sup>・深井郁夫<sup>\*4</sup>  
三尾敦<sup>\*4</sup>・市川敬夫<sup>\*4</sup>・加藤正幸<sup>\*4</sup>・大久保雄也<sup>\*4</sup>・宮澤貞雄<sup>\*5</sup>

### Workshop Practice of Plastic Working for Mechanical Engineering

NAGASAKA Akihiko, YANAGISAWA Kenji, SOMA Akiko, WADA Kazuhide, FUKAI Ikuo,  
MIO Atsushi, ICHIKAWA Takao, KATO Masayuki, OKUBO Yuya and MIYAZAWA Sadao

キーワード：塑性加工，板金加工，プレス加工，打抜き加工，曲げ加工

### 1. はじめに

塑性加工は、高精度、低コスト、省エネルギー、省資源の面で効果的な製造技術である。機械工学科 3 年の工作実習 II では、平成 24 (2012) 年度より、薄鋼板を用いて、せん断加工（打抜き加工）および曲げ加工を行っている。

そこで本研究では、安全教育を第一に、塑性加工の基本作業を習得できることを目的として、1 週 4 時間で 8 名の学生が実習可能な実習内容を実験的に検討した。

### 2. 実験方法

平成 25 (2013) 年度の機械工学科 3 年の工作実習 II シラバスには、授業項目として、板金加工機の基本作業、内容として、プレス加工機を使い、板金加工作業ができる。と説明されている。

板材には SPCC (板厚 1.2mm) の長方形ブランク (350×70mm) をシャー切断した。工作機械には万能塑性加工機 (アミノ B-R1) を使い、金型により、長方形ブランクから 60mm の円形ブランクを打抜き加工した。その後、工作機械には油圧式プレスブレーキ (アマダ SPH-30C) を使い、金型により円形ブランクから 90°曲げ加工した。

### 3. 実験結果および考察

打抜きは、抜かれてダイス穴に落ちる方が製品（打抜き品）の場合である。打抜きでは、ダイス内径  $d_d$  を製品径  $D$  として、パンチ外径  $d_p$  は  $d_p = D - 2C$  とする。ここで、クリアランス幅  $C$  [mm] とは、ダイス内径  $d_d$  とパンチ外径  $d_p$  の片側の隙間 ( $C = (d_d - d_p)/2$ ) である。

板厚のクリアランス  $c$  [%] とは、クリアランス幅  $C$  を板厚  $t$  で除した値 ( $c = (d_d - d_p)/(2t) \times 100\%$ ) である。

図 1 にコンカルカップ試験片の外観を示す。図 2 に打抜き後の長方形ブランクの外観を示す。コンカルカップ試験片の製品径  $D = 60$  mm, 板厚  $t = 1.2$  mm のとき、クリアランス幅  $C$  および板厚のクリアランス  $c$  を以下により求めた。

ダイ基準より  $d_d = D = 60$  mm

クリアランス幅  $C$  は

$$C = (d_d - d_p)/2 = (60 - 59.76)/2 = 0.12 \text{ mm}$$

板厚のクリアランス  $c$  は

$$c = (d_d - d_p)/(2t) \times 100 = (60 - 59.76)/(2 \times 1.2) \times 100 = 10\%$$



図 1 コンカルカップ試験片の外観

\*1 機械工学科教授

\*2 機械工学科講師

\*3 機械工学科助教

\*4 技術支援部

\*5 機械工学科学生

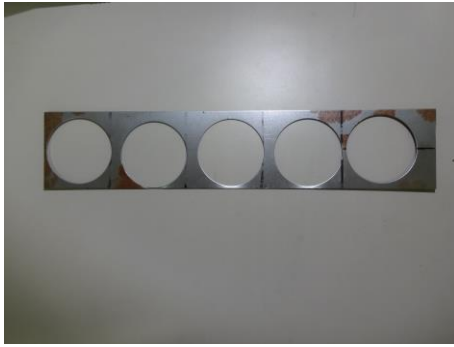


図2 打抜き後の長方形ブランクの外観



図3 90°曲げ加工後コニカルカップ試験片の外観

せん断抵抗  $\tau_f$  は、せん断荷重の最大値  $P_{\max}$  をせん断輪郭の全長  $l = \pi D$  と板厚  $t$  からせん断面積  $A$  ( $A = lt$ ) で除した値 ( $\tau_f = P_{\max}/A$ ) である。

製品径  $D = 60$  mm, 板厚  $t = 1.2$  mm, せん断荷重の最大値  $P_{\max} = 69$  kN のとき, せん断抵抗  $\tau_f$  を求めた。

$$\tau_f = P_{\max} / (\pi D t) = 69 \times 10^3 / (\pi \times 60 \times 1.2) = 305 \text{ MPa}$$

図3に90°曲げ加工後のコニカルカップ試験片の外観を示す。型などを用いて板を曲げ加工した後、力を取り除くと弾性回復のため、曲げ角が  $\Delta\theta$  だけ戻る。この現象をスプリングバックという。88°のVダイで曲げ加工した後、除荷後の製品の曲げ角が90°となった。スプリングバック量  $\Delta\theta$  を求めた。ここで、荷重時の曲げ角を  $\theta_1$  を、除荷後の曲げ角を  $\theta_2$  とすると、

$$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2 = (180^\circ - 88^\circ) - 90^\circ = 2^\circ$$

図4に万能塑性加工機を示す。また、図5に万能塑性加工機にセットした打抜き金型を示す。打抜き加工の操作は以下のとおりである。

- ① ブランクセット⇒フロントドア開⇒センサ作動
- ② 異常表示 異常リセット
- ③ メニュー 機械の運転準備を行います。
- ④ 運転準備 起動⇒油圧 ON
- ⑤ 寸動運転
- ⑥ ホールド (1回) ⇒インナ荷重  $P_{\max}$
- ⑦ 寸動運転 インナ操作可能 下降 (ストローク: 20~24mm)
- ⑧ 上昇 (ストローク: 7mm)
- ⑨ ホールド (2回) ⇒インナ荷重  $P = 0$  kN
- ⑩ 運転準備
- ⑪ 停止
- ⑫ ブランクを取り出す。



図4 万能塑性加工機



図5 打抜き金型



図6 油圧式プレスブレーキ

図6に油圧式プレスブレーキを示す。曲げ加工の操作は以下のとおりである。

図7にプレスブレーキのカギおよび起動ボタンを示

す。図 8 にプレスブレーキのラム落下防止ノブを示す。また、図 9 にプレスブレーキハンドルの目盛りを示す。

- ① ブレーカーを ON にする。
- ② 操作回路を切→入に入れる。
- ③ 真ん中のスイッチを切→寸動に入れる。
- ④ 一番右のスイッチを切→フートに入れる。
- ⑤ ラム落下防止ノブを手前に引き反時計 (CCW) に回し運転に入れる。
- ⑥ 起動ボタンを押し起動する。
- ⑦ 中心距離  $a=200\text{mm}$  土台を M12×60 でフートを踏みながら、ハンドルで回してパンチを下げ、ダイの V 溝に目視であわせ、寸止めする。
- ⑧ 下降ペダルを踏み続け、圧力計が 40kN (3MPa) をかけた状態で、13mm スパナでダイのボルトを 2ヶ所締め付ける。  
(ここでパンチがチャックにしっかり固定されていないと、圧力計の針が 30kN (2MPa) 前後を上下する。パンチがはまると、“カチッ”とチャック音が鳴る。)
- ⑨ 荷重をかけた状態でボタンを押し、リセットボタン●0.00とする。
- ⑩ ペダルから足はずし、[-1.40]ハンドルを回す。
- ⑪ ペダルで[上昇]までパンチを上げる。

### AUTO-バックゲージⅡ

- ① **原点** 「装置の電源を入れたときは原点ランプが点滅している。原点ランプが点滅していると使えない。原点ランプの点滅は原点復帰を促している。」
- ② **↓ ↓** 「工程番号を進め、表示値 3 利用」
- ③ **運転/プログラム** 「プログラムモードランプ点灯」
- ④ 30.0 入力。(φ 60 のブランクのため)
- ⑤ **↓ ↑**
- ⑥ 工程番号を進め、表示値 4 (もしくは**↑ ↓**で 2) の工程番号を、表示値 3 に戻す。
- ⑦ **運転/プログラム** 「運転モードランプ点灯」
- ⑧ **起動**  
(データを 35.0 に修正するとき**停止**「プログラムをリセットしたことになる。②から行き④35.0 と入力する。」)
- ⑨ ワークをバックゲージにあてる。  
「ブランクの 90° V 曲げ角度設定」  
バックゲージ 30mm にブランクをあてる。
- ⑩ **ハンドルを上にあげる。約 10mm 表示 -10.16**  
(初期条件は荷重 (40kN) 圧力がかかりすぎるた



図 7 プレスブレーキのカギおよび起動ボタン



図 8 プレスブレーキのラム落下防止ノブ



図 9 プレスブレーキハンドルの目盛り

めに逃がす(0kN))

- ⑪ **下降** 踏む
- ⑫ ハンドルを下げる -2.32 (-1.94) ●ボタンを押しリセット →0.00
- ⑬ 上昇  
「加工終了後」
- ⑭ バックゲージ **停止** 3.420.00

図 10 にプレスブレーキのダイホルダーを示す。図 11 プレスブレーキのダイホルダー側面を示す。また、図 12 にプレスブレーキのパンチおよび 2V ダイを示す。

「ブランクの 90° V 曲げ準備」

- ① 上昇ペダル (右足利用)。
- ② 速度切換のツマミを下降のゲージのインジケータの位置から 10mm 上にあわせる。
- ③ キーをフートから両手に切り換える。
- ④ 運転ボタン○を両手で押し続け、下げていく。ブランクが 90° 曲がる。
- ⑤ 手動上昇を押す。

<プレスブレーキ (学生手順) >

- ⑥ [キー: ①操作回路入] アイチェック, ②切→寸動, ③切→両手
- ⑦ ①バックゲージを 30mm セットする。
- ⑧ ②製品を中心線基準にセットする。  
(丸くなっている所にセットしない)  
バリは上側
- ⑨ ③両運転ボタンを押す。
- ⑩ ④圧力計→20~30kN で 2sec 保持  
寸動上昇を押す。「中央のボタン」
- ⑪ ⑤ワークを右にスライドさせて取る。
- ⑫ ⑥直角定規 (スコヤ) で直角を確かめる。

片付け

- ① ①原点 (バックゲージ) (現在値 ③420.00)
- ② ラム②停止
- ③ 100mm ダイ→50mm パンチをはずす
- ④ 下の上 6角レンチ小
- ⑤ 下の下 大
- ⑥ 上

片付け<学生>

- ① ① 2V ①ダイ「左にスライドさせる」→「工具ケース」
- ② ②ダイホルダー 13mm ②スパナでボルト 2 本を緩める。  
6角レンチ小: ④コ緩める。
- ③ ③ダイホルダーベース「6角レンチ大: ボルト 2 本を緩める」→工具ケース
- ④ ④パンチ→「左にスライドさせる」
- ⑤ ⑤パンチホルダー R→「右に立ち」右にスライド
- ⑥ ⑥パンチホルダー L→「右に立ち」右にスライド
- ⑦ 給油



図 10 プレスブレーキのダイホルダー



図 11 プレスブレーキのダイホルダー側面



図 12 プレスブレーキのパンチおよび 2V ダイ



図 13 プレスブレーキのダイホルダーベース

#### 4. まとめ

SPCC 薄鋼板を用いて、せん断加工（打抜き加工）および曲げ加工を行った。

- 1) 安全教育を第一に、塑性加工の基本作業を習得できることを目的として、1週4時間で8名の学生が実習可能な実習内容となった。
- 2) 曲げ加工は、プレスブレーキのパンチおよび2Vダイの着脱を可能にした。