

機械工学科の塑性加工工作実習

著者	長坂 明彦, 柳沢 憲史, 相馬 顕子, 和田 一秀, 深井 郁夫, 三尾 敦, 市川 敬夫, 加藤 正幸, 大久保 雄也, 宮澤 貞雄
雑誌名	長野工業高等専門学校紀要
巻	47
ページ	2-1
発行年	2013-06-30
URL	http://id.nii.ac.jp/1051/00000830/



機械工学科の塑性加工工作実習

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

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

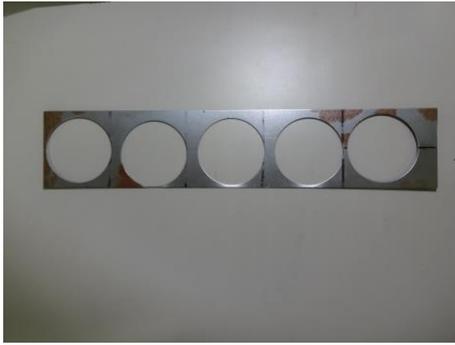


図2 打抜き後の長方形ブランクの外観



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 τ_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 τ_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 θ_1 を、除荷後の曲げ角を θ_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

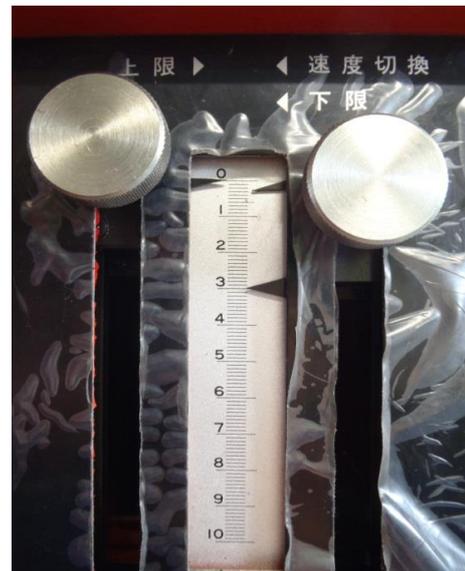


図 9 プレスブレーキハンドルの目盛り

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 ①2V ②ダイ「左にスライドさせる」→「工具ケース」
- ② ③ダイホルダー13mm ④スパナでボルト 2 本を緩める。
6角レンチ小: ⑤4 コ緩める。
- ③ ⑥ダイホルダーベース「⑦6角レンチ大: ボルト 2 本を緩める」→工具ケース
- ④ ⑧パンチ→「左にスライドさせる」
- ⑤ ⑨パンチホルダー R→「右に立ち」右にスライド
- ⑥ ⑩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。