

精密深絞り加工の安定生産に関する研究（第2報）

西嶋隆*、浅井博次*、松原早苗**、岩田英司†、奥田智裕†、林達彦†

Study on stable production method of precision deep drawing (II)

NISHIJIMA Takashi*, ASAI Hirotsugu*, MATSUBARA Sanae**, IWATA Eiji†, OKUDA Tomohiro†
and HAYASHI Tatsuhiko†

県では令和4年度から県内製造業のDX支援技術開発プロジェクト事業を開始し、県内企業のデジタル技術を活用したスマートファクトリー化の推進を支援している。本研究はその一環として、金属プレスによる自動車部品の精密深絞り加工を主に行う県内企業と連携し、従来生産ではデータ化されていなかったプレス材厚、プレス途中工程のワーク寸法、金型温度の情報をデータ化し工程管理を行う生産システムを開発し、材料歩留まりの向上を目指す。前報では精密深絞りの中間工程ワークの寸法を機上測定するシステムの開発について報告した。

本報では、ブランク材厚を全数測定するシステムと金型温度を測定するシステムならびに各種測定システムの計測データを管理するデータサーバの開発について報告する。

1 はじめに

近年、製造業においては国際競争力の維持・向上を目指した製造現場のDX推進が取り組まれている¹⁾。本研究においても、令和4年度から金属プレス加工の安定生産を目指し、デジタル技術を活用した生産現場で利用できる各種測定システムの開発を行ってきた²⁾。

トランスファープレスによる精密深絞り加工は、生産速度が速い反面、成形不良発生時や量産前の捨て打ちによる材料ロスの発生が課題となっている。

本研究では、従来の生産方式では管理されていなかったブランク材厚、プレス中間工程におけるワーク寸法、金型温度の情報を測定するシステムを開発し、工程能力や加工状況の把握をリアルタイムで行うことで、不良品発生の抑制と適切なプレスの捨て打ち数の決定を行うことを目指す。

前報²⁾では、精密深絞り加工の中間工程ワークの各種寸法を機上測定するシステムの開発について述べた。本報では、ブランク材厚と金型温度を測定する計測システムの開発と各種計測データを管理するデータサーバの開発について報告する。

2 各種計測システムの開発

2.1 ブランク材厚の測定システムの開発

トランスファープレスの第1工程では、素材（ロール材）の打ち抜き加工によりブランク材を生産する。ブランク材厚の変動は、後工程の金型に供給される素材体積の変動となるため、体積過多の場合は金型との摩擦増大、体積不足の場合は成形力不足が発生し、精密深絞り

品の表面性状や寸法に影響する可能性が考えられてきた。ブランク材厚はロール材の仕様寸法内で変動すると考えられるが、従来生産ではブランク材厚の全数を管理しておらず、プレス加工品の寸法変化や表面性状への影響は明らかになっていなかった。このことから、本研究ではブランク材厚の全数を機上測定するシステムを開発した。

図1に測定用金型の模式図を示す。同図に示すように、スライダ側に接触式変位センサ（GT2：キーエンス）を設置し、プレスのストローク最下点にてブランク

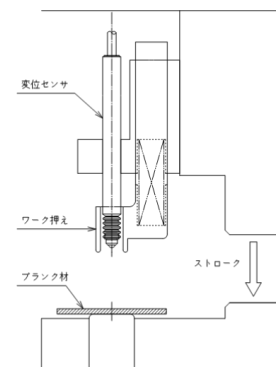


図1 ブランク材厚測定の様式図



図2 ブランク材厚のデータ収集システム

* 技術支援部

** 情報技術部

† 株式会社加藤製作所

材厚を測定する。

図2に開発したブランク材厚のデータ収集システムの外観を示す。装置はコンタミ対応のため防塵BOXに収め、電源、シングルボードコンピュータ（Raspberry Pi4b）、モニタ、センサインタフェース回路（24Bit $\Delta \Sigma$ ADコンバータ：Max11254）等で構成し、測定結果のグラフ表示、SSDへのデータ保存、データサーバへの測定データ送信を行う。

2.2 金型温度の測定システムの開発

プレス素材の冷延鋼板は温度条件によって降伏点、引張強度、伸び等の特性が変化するため、量産前には金型の温度上昇を安定化する「捨て打ち」を行うことが一般的である。従前の生産では捨て打ち回数は経験的に決定していたが、捨て打ちによるロスの低減のために適切な回数の設定方法が課題であった。

本研究では、捨て打ち回数の最適化を目指し、プレス回数と金型温度の関係をデータ化するためのデータ収集システムを開発した。

金型温度には熱電対を用い、今回は加工負荷の異なる2か所の工程の金型温度を測定することとした。図3に金型に熱電対を設置した様子を示す。図4は金型温度の測定システムの写真を示す。測定には、熱電対・デジタルコンバータ（Max31855）を用い、温度データはシングルボードコンピュータ（Raspberry Pi4b）を用いて収集し、画面へのデータ表示、SSDへのデータ保存、データサーバへの測定データの送信を行う。

3 データサーバの開発

2.1節、2.2節で開発した測定システムと前報にて開発した中間工程ワークの「高さ・フランジ厚の測定システム」と「直径（外径）測定システム」の4つの計測システムのデータを管理するデータサーバを開発した。ハー

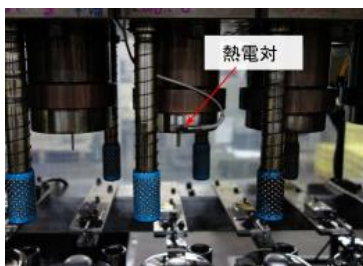


図3 熱電対を設置した金型



図4 金型温度のデータ収集システム

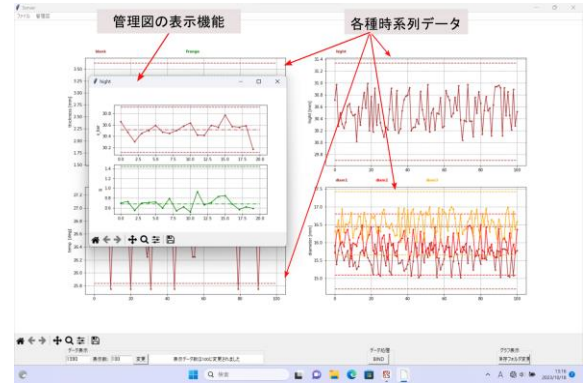


図5 データサーバの実行画面の一例

ドウェアはシングルボードコンピュータ（Raspberry Pi4b）を用い、無線LAN機能を活用した。

各測定システムは、サーバへ測定データを送信し、データサーバはデータ保存のほか、測定データの表示機能と中間工程ワークの寸法測定値に基づいた工程能力を示す $\bar{X}$ -R管理図の表示機能を設けた。図5にデータサーバの実行画面の一例を示す。

また、全てのデータ収集システムには、一斉にプレスカウント数をリセットする機能を設けた。測定データはプレスカウント数とセットで保存する形式とし、トランスファープレス上の計測工程順を考慮することで、サンプル毎に紐づいた測定データを管理できることになる。

4 データ収集実験

4.1 ブランク材厚の測定

ブランク材厚の連続データの測定実験を行った。図6にブランク材厚を測定した一例を示す。素材（ロール材）の厚さ $2.3 \pm 0.05\text{mm}$ に対し、打ち抜いたブランク材厚の主な統計値は表1のとおりとなり、連続して安定に測定できることを確認した。

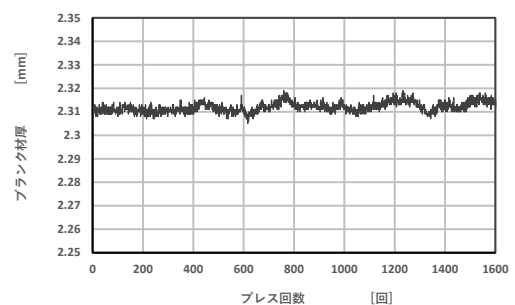


図6 ブランク材厚の連続測定の一例

表1 ブランク材厚の測定結果（主な統計値）

[mm]			
最小値	最大値	平均値	標準偏差
2.305	2.319	2.312	0.002

4.2 金型温度の測定

金型温度の連続データの測定実験を行った。トランスファープレスの第2、第7工程にて測定した金型温度とプレス回数の測定結果を図7に示す。

それぞれの工程では金型の発熱量、熱容量、周辺温度等の条件が異なるため、定常温度と時定数が異なることがわかるが、両方とも一次遅れの応答となることが確認できる。それぞれの工程の定常温度と時定数は表2のと

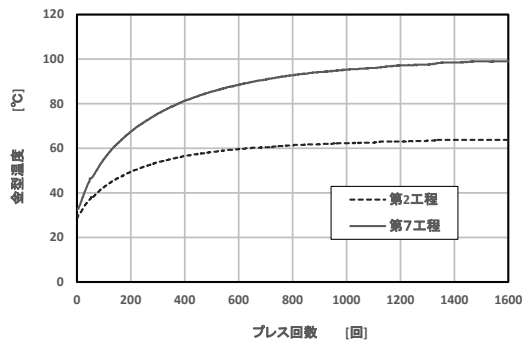


図7 金型温度の連続測定の一例

表2 定常温度と時定数

第2工程		第7工程	
定常温度	時定数	定常温度	時定数
63.3℃	814 秒 (258 回)	98.3℃	988 秒 (313 回)

おりであった。なお、ここではプレス周期 (=19SPM) を考慮して時定数をプレス回数に換算した値を併記する。

5 まとめと今後の予定

精密深絞り加工の成形不良品の低減と捨て打ちによる原材料のロスを低減するため、本報ではブランク材厚と金型温度を連続測定するシステムを開発するとともに、前報にて開発した中間工程ワークの各種寸法の測定システムを統合するデータサーバを開発した。

開発したデータ収集システムを用いて、ブランク材厚、金型温度、中間工程ワークの各種寸法（高さ、フランジ厚、直径）のデータをデータサーバに収集可能とし、測定データの表示や $\bar{X}$ -R 管理図の表示を行うことが可能となった。

今後は、金型温度の変化量のデータから適切な捨て打ち数を決定する方法とブランク材厚と中間工程ワークの各種寸法データを用いた製品の評価方法等について、機械学習技術の導入を行う予定である。

【参考文献】

- 1) (独) 情報処理推進機構, DX 白書 2023
- 2) 西嶋ら, 岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.4, pp79-80, 2023