

事例

「匠の技」をデジタル化し、 不良を出さない仕組みをつくる

日伸工業(株)
馬場 保*

精密プレス加工における 品質保証の根本的な発想の転換

当社は、滋賀県大津市において精密プレス加工を主軸に事業を展開している。われわれが取り扱う製品の中には、自動車の制動系や燃焼制御系に組み込まれる重要保安部品もある。これらの部品の品質不備は車両の安全性に直結するため、極めて厳格な品質管理が要求される。

近年、自動車産業を取り巻く環境は「CASE（コネクティッド、自動化、シェアリング、電動化）」に象徴される変革期にあり、部品に対する要求精度は日増しに高度化している。従来の「抜取り検査」や、加工後の不具合を除去する「後工程での検査」に依存した品質保証体制では、高度化する顧客要求と、グローバルなコスト競争力の両立は困難である。

本稿では、われわれが直面した品質課題をいかにして「予兆検知」という技術的アプローチで解決し、検査の自動化とトレーサビリティの高度化の取組みを進めているかについて、そのプロセスと成果の一部を紹介する。

検査自動化のきっかけと技術課題

当社は「小物精密プレス部品で世の中の役に立

つ」を経営理念に掲げている。単に図面通りの製品を納めるだけでなく、顧客の組立ラインでいかに使いやすく、いかに信頼を得られるかを追求してきた。

われわれが検査体制の抜本的見直しを迫られたのは、車載用センサ向けの絞り部品の生産工程であった。一例としてオーステナイト系ステンレス鋼（NSS305-M1）を素材とし、多段絞り加工を経て成形される絞り部品がある。ステンレス鋼は耐食性や強度に優れる半面、加工硬化が著しく、また熱伝導率が低いため加工熱が金型およびワークに蓄積しやすいという物理的特性をもつ。連続生産において、加工熱によりワーク温度が上昇すると、熱膨張に起因する寸法変位や、加工油の粘度変化による摩擦係数の変動が生じる。これが製品の真円度や円筒度に微細な影響を与えるため、顧客の組立工程における嵌合不具合の誘発を懸念していた。

当時の検査体制は、加工完了後の全数自動外観検査に依存していたが、これはあくまで「不良の流出防止」であり、発生そのものを抑制するものではなかった。生産効率の低下と材料ロスの増大というピンチを打破するため、われわれは「不良をつくらないプロセス制御」への転換を会社として決めた（図1）。

「日伸センシング」の提唱 匠の技能を機械の中に再現する

熟練技能者、いわゆる「匠」は、自らの五感を通じてプレス機械の微細な振動や音、映像、熱の

*（ばんば たもつ）：技術部技術課 主任技師
〒520-2152 滋賀県大津市月輪 1-1-1
TEL：077-543-2467 FAX：077-543-2451

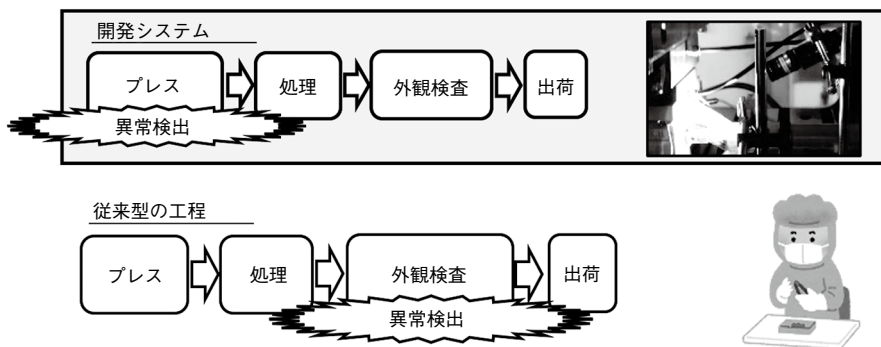


図1 開発システムと従来型工程の違い

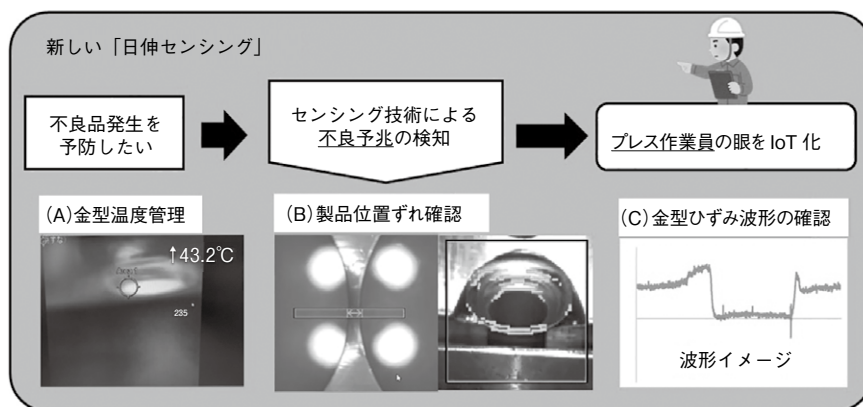


図2 導入した3つの主要センシング技術

変化などを感じ取り、プロセスが管理限界を逸脱する予兆を直感的に察知する。この「暗黙知」をいかにして「形式知」へと変換し、システムとして実装するかが課題であった。われわれはこの活動を「日伸センシング」と定義し、物理現象の可視化を試みた。

具体的には、金型およびプレス機械内の状態変化を、温度、位置、圧力（振動）という3つの物理量として抽出。これらをIoTデバイスによりリアルタイムでデジタルデータ化することを目指している。

この取組みは、「関西ものづくり新撰2019」に選定された「製品の機能評価機構を組合せてプレス加工への工法転換を達成した生産システム」をさらに発展させたものであり、予兆検知をインラインで行う点に独自性がある。単なる自動化ではなく、現場の知恵をシステムに組み込むプロセスこそが日伸センシングの核心である。

実装した予兆検知システムの概要

本プロジェクトにおいて導入した3つの主要なセンシング技術と、その運用における現場の工夫を以下で紹介する（図2）。

1. サーモグラフィによる熱的変位の動的監視とフィードバック

加工により金属が熱を帯びると熱膨張により変寸する。したがって、熱をコントロールすることも品質を維持するための大切なポイントとなる。われわれは非接触型のサーモカメラを採用し、加工直後のワーク温度をインラインで全数測定している。

導入当初、カメラのレンズがオイルミストで曇り、測定値が不安定になる課題に直面したが、独自のエアパージ機構を設けることでこれを克服した。しきい値を設定し、それを超えそうになった

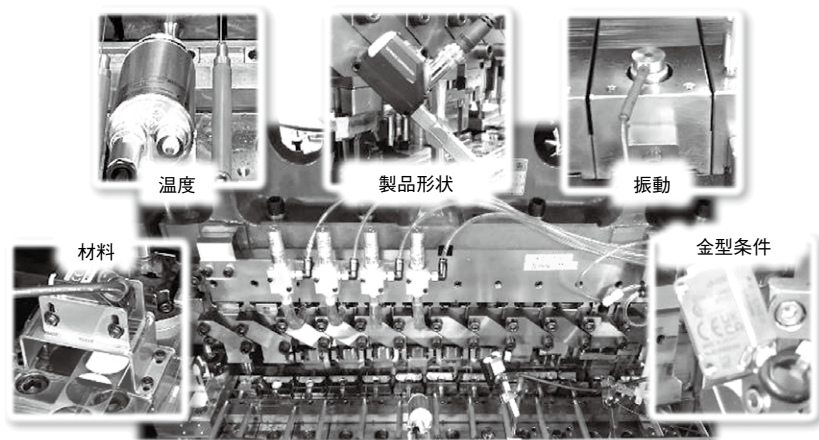


図3 センシングのイメージ

段階でプレス機械を自動停止、または冷却水の流量を微調整するフィードバック制御を組み込んだ。これにより、熱膨張に起因する原因を物理的に遮断している。

2. 画像センサによる高精度搬送制御と位置補正

トランスファプレス加工におけるワークの搬送精度は、0.1mmのずれも許されない。われわれは1.5秒というタクトタイム内で動作する「IVセンサ」（キーエンス製）を実装した。これは単なる「有無検知」ではなく、エッジ抽出技術を用いてワークの相対位置を μm オーダーの精度で判定する。搬送ミスによる「蹴られ」を未然に防ぐことは、不適合品の発生防止のみならず、高価な金型寿命を伸ばす効果も生んでいる。

3. ピエゾボルトセンサによる荷重波形解析の高度化

金型にかかる荷重（トン数）の変動は、プロセスの異常を最も早期に知らせる指標である。金型のホルダ部にピエゾ素子を内蔵したセンサを取り付け、毎ショットの荷重波形をプレス稼働時にサンプリングしている。正常生産時の波形（ゴールデン波形）と比較し、微細な波形の乱れ（エンベロープ判定）を検知することで、パンチの欠け、スクラップ上がり、焼付き、金属疲労などの異常を発生直前に察知するという考え方である。これにより、従来は熟練者が耳で聞き分けていた「音の変化」を、誰の目にも明らかな数値データとして監視可能にしようとデータの蓄積を行っている。

堅牢性と現場主導の運用を重視した機器選定

市場には多種多様な検査機器が存在するが、われわれがこれらのセンサを選定したのには明確な工学的・実務的な根拠がある。まず、塑性加工の現場には、激しい振動とオイルミストが常在する。最先端ではあるが環境耐性の低いセンサは排除し、堅牢かつ現場作業者が直感的にしきい値調整を行えるユーザーインターフェイスを備えた機器を選定した（図3）。

また、外部のコンサルタントに頼り切るのではなく、自社の生産技術部門が主体となってシステムを構築したことも重要である。これにより、製品仕様の変更や新たな不具合の兆候が見られた際、即座に現場でアルゴリズムを修正・最適化できる「アジリティ（俊敏性）」を確保した。既存のプレス機械に「後付け」可能なシステムを選択したことで、設備投資を抑制しつつ、段階的に工場のインテリジェンスを高める手法をとった。

予兆検知の実装によるQCDの成果

予兆検知の実装による成果は、定量的な数字として顕著に表れた一例である。

1. 品質面（Quality）

多孔絞り部品において、最大18%に達していた不適合率が0.12%へと劇的に改善された。100個のうち18個を廃棄していた無駄が消滅し、累

計生産数 1,000 万個を超える長期的プロジェクトにおいて、一度も重大な納入不良を起こさない強靱な品質保証体制を構築した。

2. コスト面 (Cost)

全数目視検査の自動化および廃却ロスの低減により、検査工数は 80% 以上削減された。また、突発的な金型破損が激減したことで、メンテナンス費用も大幅に抑制されている。

3. デリバリー面 (Delivery)

客先での組立不良の原因を共同検証し、顧客の使いやすさまで踏み込んだ「全数検査データ」というエビデンスを提示できるようになった。これにより、顧客の生産ライン停止リスクを最小化し、サプライヤーとしての地位を不動のものにした。

課題と克服へのアプローチ、 GX への貢献

一方で、高度な自動化が進むにつれ、新たな課題も浮き彫りになった。第一に、膨大な時系列データ（ビッグデータ）の蓄積に伴うデータ管理に要する余計な手間や時間である。現在は必要なデータのみを抽出し、異常値との相関を自動抽出するソフトウェアの導入を検討している。第二に、センサ自体の「健康診断」である。センサが故障したり精度が落ちたりした場合、誤ったデータを信じてしまうリスクがある。これに対し、始業点検時にセンサの校正値を自動チェックするプロトコルを導入し、システムの信頼性を担保している。

今回の取り組みは、単なる品質向上にとどまらず、環境負荷の低減という側面でも大きな意義をもつ。不適合率の劇的な改善は、そのまま材料ロスの削減に直結し、製造工程における CO₂ 排出量の抑制、すなわち GX（グリーントランスフォーメーション）への直接的な貢献となる。また、金型破損の未然防止は、過剰な予備部品の保持や緊急輸送に伴うエネルギーロスを低減させる。他方、地域社会に対しては、間接部材を近隣のサプライヤーから優先的に購入したり、地域の小中学生を工場に招いたりと社会的責任（CSR）をはたしている。

AI 実装と 高度トレーサビリティの統合

今後の展望として、2つの柱を推進している。

第一に、AI（人工知能）による自律型制御の構築である。現在は人間が定めたしきい値に基づく「ルールベース」の判定が主であるが、今後はディープラーニングを用いた「自己学習型予兆検知」への移行を計画している。センサ間の相関関係（例えば、温度上昇と荷重変化の複合的な相関）を AI が分析することで、人間では気づけないより高度な予測保守が可能となる。

第二に、得られた検査データのトレーサビリティとしての高度利用である。個体ごとの識別 ID と製造時の物理パラメータを完全に紐付けることで、万が一の不具合発生時にも製造条件を瞬時にトレースバックし、影響範囲を極小化できる体制強化を目指す。これにより、資源の浪費を抑えた環境負荷の低い「持続可能なモノづくり」を具現化していく。

☆

☆

本稿で述べた検査自動化への取り組みは、単なる省人化やコスト削減の手段ではない。それは、当社が守り続けてきた「匠の知恵」を、デジタルという共通言語を通じて次世代へ引き継ぎ、さらに進化させるための挑戦である。われわれは滋賀県大津市の地から、地元企業との連携を強化しつつ、最新のデジタル技術を柔軟に取り入れ、世界の安全を支える部品を供給し続ける。当社での災害ゼロ継続といった安全への徹底した取組みとともに、この「技術と感性の融合」こそが、次世代の塑性加工業界が進むべき道であると確信している。

品