



IoTを駆使した焼結部品生産ライン

Sintered Parts Production Line Using IoT Technology

五十嵐 直人*
Naoto Igarashi

縄稚 賢治
Kenji Nawachi

寺井 寛明
Hiroaki Terai

安田 雄一
Yuuichi Yasuda

澤田 龍太
Ryuta Sawada

阪口 昇吾
Shogo Sakaguchi

第4次産業革命と呼ばれるIT技術を活用した技術革新により製造現場では大きな変革を迎えている。特に多数のセンサやデバイスをネットワークに接続して大量のデータを収集・分析する“IoT”技術の活用により生産能力の向上や効率化が期待されている。近年、自動車業界における共通プラットフォーム化、モジュール化の流れの中で、自動車部品メーカーは超大量生産による原価低減要求への対応、メガ・リコールを含めた品質リスク管理が求められている。そこで、メガ・プラットフォーム時代に適合した焼結部品の生産方式、品質管理として、当社グループのものづくりコンセプト“SEIPS”を中核に“IoT”技術を駆使し、①検査自動化による自工程保証、②2Dコードを用いた製品1個単位での品質保証、③成形-焼結-サイジング-機械加工までを連結した“1個流し・同期生産”によるリードタイム大幅短縮、及び中間在庫ゼロ化、④IoT技術を駆使した生産管理・監視システムをコンセプトとする革新的焼結部品生産ラインを構築した。

Due to technological innovation utilizing information technology (the fourth industrial revolution), major changes are taking place at manufacturing sites. Internet of Things (IoT) technology is expected to improve production capacity and efficiency through the collection and analysis of a large amount of data by networking many sensors and devices. In the automobile industry, the development of common platforms and modules has been progressing, requiring parts manufacturers to cope with demands for cost reduction in super-mass production and quality risk management to prevent mega recall. To adapt to the age of mega-platforms, we have built an innovative sintered part production line making full use of IoT technology. Based on the Sumitomo Electric Group's manufacturing concept, Sumitomo Electric Industries Production System (SEIPS), the new production line features: (1) self-process-guarantee by inspection automation, (2) quality assurance in units of products using 2D codes, (3) reduction of lead time and no intermediate stock by “one-by-one production / synchronized production” through compacting, sintering, sizing, to machining, and (4) IT-based production-management and monitoring systems.

キーワード：IoT、1個流し生産、自工程保証、可変バルブタイミング

1. 緒言

第4次産業革命^{*1}と呼ばれるIT技術を活用した技術革新により製造現場では大きな変革を迎えている。特に多数のセンサやデバイスをネットワークに接続して大量のデータを収集・分析する“IoT”^{*2}技術の活用により生産能力の向上や効率化、更には新たな価値の創出が期待されている。

住友電工グループでは、当社グループ製品のものづくりとして「先入先出 (FIFO: First In First Out)」を基軸に据え、「基盤 (Compliance)」「流れ (Speed)」「価値 (Value)」の3つを継続的に改善し、「お客様への価値 (勝ち)」を永続的に提供していくことを基本コンセプトとするSEIPS (Sumitomo Electric Industries Production System)^{*3}を掲げている (図1)。また、いち早く“IoT”技術の活用にも取り組んでおり、①工場の生産情報 (設備稼働・製造データ、人手作業データ)を「手間なく」収集・見える化させることによる生産情報のリアルタイム監視化 (リアルタイムモニタ)、②蓄積データの閲覧 (過去データ閲覧)による設備トラブル早期発見、及び故障停滞時間の短縮、③製造条件と製品でき栄え検証による品質向上をコンセプト

とした“SEIPS-IT”システムの導入を進めている (図2)。

近年、自動車業界においては共通プラットフォーム化、モジュール化などの全車部品共通化による開発工数の削



図1 SEIPS (SEI Production System) の基本コンセプト

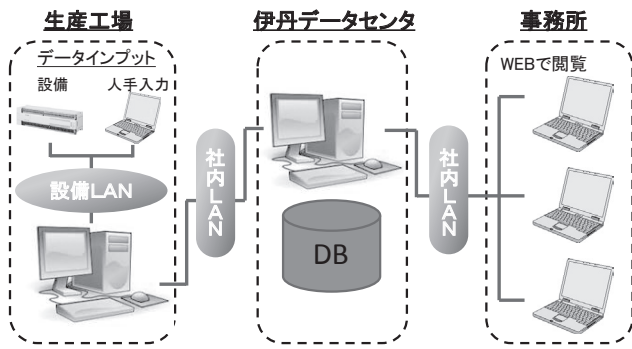


図2 SEIPS-ITシステム概略

減、スケールメリットを活かした大幅なコストダウンが進められているが、その一方で対象台数が100万台を超えるようなメガ・リコール等、未曾有の品質不具合が発生しており、自動車部品業界の変化に対応した生産方法、品質保証体制の構築が急務である。

そこでメガ・プラットフォーム時代に適合した焼結部品の生産方式、品質管理として、当社グループのものづくりコンセプト“SEIPS”を中核に“IoT”技術を駆使し、①検査自動化による自工程保証、②2Dコード^{*4}を用いた製品1個単位での品質保証⁽¹⁾、③成形-焼結-サイジング-機械加工までを連結した“1個流し・同期生産”によるリードタイム大幅短縮、中間在庫ゼロ化、④IT技術を駆使した生産管理・監視システムをコンセプトとする革新的焼結部品生産ラインの構築に取り組んだ(図3)。

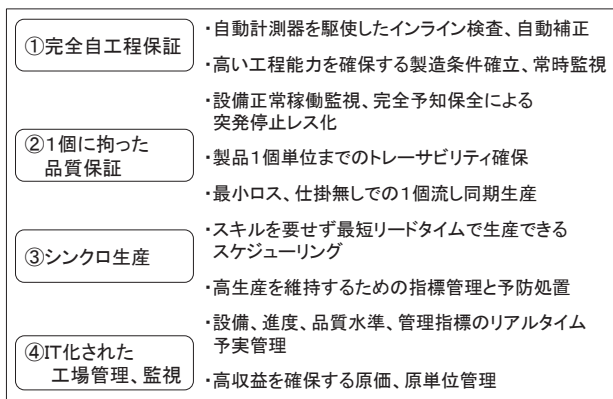


図3 生産ラインコンセプト

2. スマート焼結部品生産ライン

今回の生産ラインの対象となる焼結部品は、可変バルブタイミング機構 (Variable Valve Timing System。以下、

VVT^{*5}) に使用される焼結部品である。VVTとは、通常は固定されている吸排気バルブの開閉タイミングを可変させることで燃費向上やエミッション低減を実現するシステムであり、近年自動車エンジンへの搭載率が高まっている(図4)。

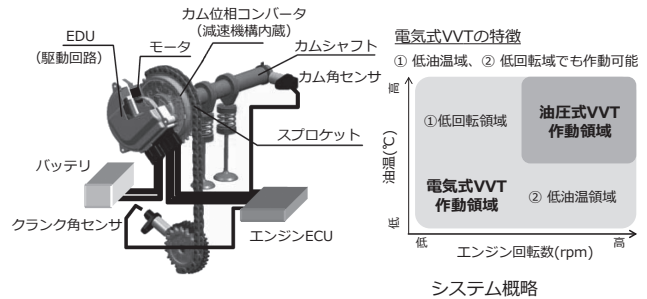


図4 電気式VVT (Variable Valve Timing)システム概略^{(2),(3)}

VVTは駆動方式により油圧駆動式と電気駆動式に分類されるが、現在は部品点数が少なく安価に製造できる油圧式が主流である。一方、電気式VVTは油圧式に比べ位相制御(作動位相範囲、応答性)に優れ、またエンジン始動時や低温時等の油圧を出しにくい状況においても作動できることから、より厳しくなる排ガス規制対応に向け、今後、主流になると予想される^{(2),(3)}。しかし電気式VVTは、油圧式VVTでは不要な駆動モータや減速機構が必要なことからユニットコストが高く、普及にあたっては一層の原価低減が必要となる。そのため本電気式VVTの基幹部品である減速機構(サイクロイド減速機構)においても、全車共通部品化によるスケールメリットを活かした大幅なコストダウンが必要であった。

今回の開発部品は、電気式VVTの減速機構(サイクロイド減速機構)の主要構成部品であり、ギヤカムシャフト、ギヤプラネタリ、及びギヤスプロケットの3部品となる(図5)。



図5 外観写真(開発対象製品)

各部品に要求される主な特性は、①歯車噛み合い時の騒音・振動を抑制するための高い歯形精度、②高トルクを伝

達するための歯面硬さ、機械強度が挙げられる。いずれの部品も歯面硬さ、機械強度特性を確保するため熱処理（焼入・焼戻）を実施しているが（図6）、一般的に熱処理を行うと製品が変形することで寸法精度は低下してしまう。そのため熱処理による寸法精度低下を如何に抑制させるのが技術的な開発ポイントとなる。

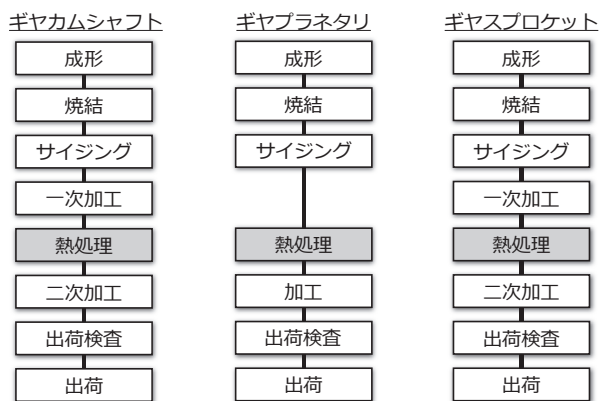


図6 製造工程（開発品）

今回開発した焼結部品生産ラインでは、後述する“IoT”を用いた自工程保証による管理・監視能力の強化、及びビッグデータ解析による各製造工程の条件最適化を行うことにより、歯形精度、歯面硬さ、機械強度の両立を実現している。以下、開発した焼結部品生産ラインの特徴を示す。

2-1 自工程保証

開発部品の要求歯形精度を実現するためには、成形～熱処理工程の各製造工程において、従来の焼結部品の製造管理水準よりも極めて高いレベルで製造条件管理・自工程保証を行う必要があり、それら各工程間の厳しい管理の積み上げにより、ようやく客先要求仕様を満足できるものであった。そこで生産ライン各工程設備機内に検査機を組み込み、製品1個単位での全数インライン検査を工程毎に実施することで各製造工程の管理・監視力を上げ、工程毎に定められた厳しい寸法精度を保証することにより、極めて厳しい要求歯形精度を満足させることに成功している（図7）。

2-2 製品1個にこだわった品質保証

今回開発した焼結部品生産ラインでは、成形工程設備の機内において、製品に2Dコードを印字し製品1個単位で識別を可能としている。そして各製造工程を通過した際に、製品に印字された2Dコードを読み取ることで、製品1個単位で各工程の製造条件履歴を記録するシステムとなっている。上記製造履歴には、製品が各工程を何時通過したのかといった情報のみならず、各製品1個単位での製造条件（プレス動作線図、プレス下死点、焼結温度チャート等）、及び

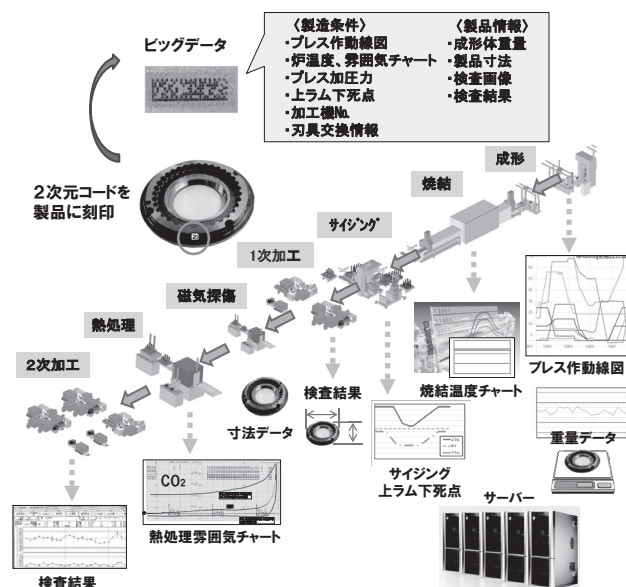


図7 自工程保証・1個単位での品質保証概略

その結果得られた製品情報（自工程保証項目情報：重量、寸法、検査画像、検査結果等）が紐付けされ、ビッグデータとしてサーバに保管される（図7）。

上記ビッグデータの活用例として、例えば品質不具合発生時、製品に印字された2Dコードを読み取ることで、製品1個単位で製品情報、製造条件を抽出・可視化させることが可能となり、速やかな問題解決に繋げることができる。また、製品情報と製造条件が紐付けられた大量のデータを分析することで、“工程毎の寸法変化”や“熱処理炉内での製品並べ位置と熱処理寸法変化の相関”といった分析を瞬時に行い、製造条件が製品情報へ及ぼす要因分析を極めて高い精度で検証することを可能としている。更にビッグデータを分析することで、従来の少量データからの分析では抽出できなかった、新たな相関情報や因果関係を形式化・定量化させるといった効果も期待される。

以上によって得られた知見を基に製造条件最適化を行い、そしてビッグデータ分析による改善の検証・更なる製造条件の分析といった改善のサイクルを通し常に進化し続けるスマート焼結部品生産ラインとなっている。

2-3 1個流し・同期生産

部品共通化による大量生産においては、顧客の綿密な需要計画に対応するため、“必要なものを、必要なときに、必要なだけ”出荷できるように、生産リードタイムの短縮、在庫管理がよりいっそう重要な課題となる。

今回開発した生産ラインでは、搬送ラインを自社で開発し、成形－焼結－サイジング－機械加工までを連結させることで1個流し生産を可能としている。また成形の生産スピードに合わせて各設備を同期・シンクロさせた“1個流し・同期生産”ラインとすることで、①生産リードタイムの大

幅短縮（従来比：リードタイム1/10、段取り時間1/4）、②工程の中間在庫最小化（ゼロ化）、③完全な先入れ先出し（FIFO）の実現、④中間工程を含め製品1個単位での品質管理化による品質不具合発生品数の最小化を実現している（図8）。また“1個流し・同期生産”ラインでは、各設備間での待ち時間を無くし効率的な稼働が可能となることから、⑤設備総合効率の向上、⑥省エネ化、また工程間搬送を含む人手作業をなくすことによる⑦人件費の大幅削減を達成した。

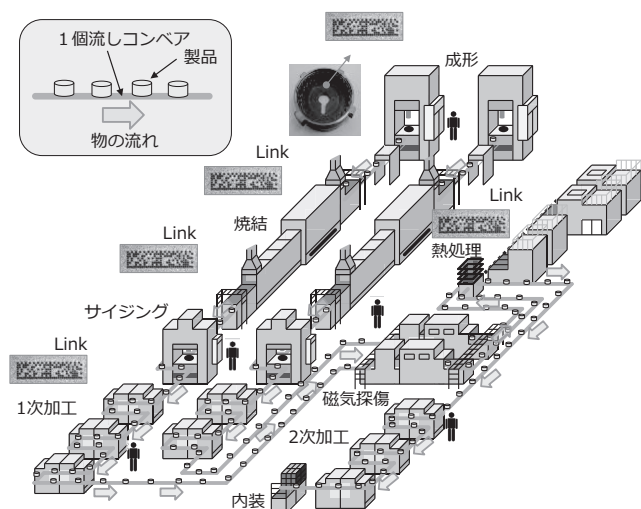


図8 1個流し・同期生産ライン概略図

2-4 ITを活用した工場管理、監視システム

生産現場において高生産、高品質の維持改善を行うためには、QCD指標をタイムリーに把握し、迅速かつ効率良く

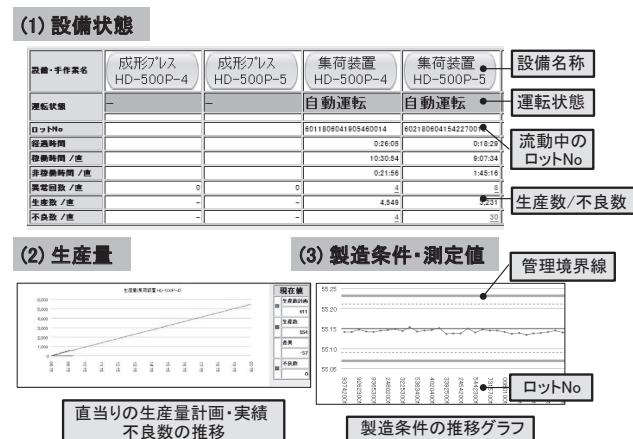


図9 QCD指標のリアルタイム表示例

品質改善や設備稼働率の改善を進めることが必要となる。

そこで、前述のSEIPS-IT技術を活用し、モノづくりの現場で発生する様々な情報を「手間なく」収集・見える化することに取り組んでおり、品質 (Quality)、コスト (Cost)、納期 (Delivery) を維持、管理するための指標として、①品質指標：要因系、及び結果系の管理項目推移、②コスト指標：設備の稼働状態、計画に対するでき高進捗、原価&原単位管理、③納期指標：仕掛量のリアルタイム予実管理を実現している（図9）。

3. 結 言

メガ・プラットフォーム時代に適合した焼結部品の生産方式、品質管理として、当社グループのものづくりコンセプト“SEIPS”を中核に“IoT”技術を駆使し、①検査自動化による自工程保証、②2Dコードを用いた製品1個単位での品質保証、③成形-焼結-サイジング-機械加工までを連結した“1個流し・同期生産”によるリードタイム大幅短縮、中間在庫ゼロ化、④IT技術を駆使した生産管理・監視システムをコンセプトとする革新的焼結部品生産ラインを構築した。

本焼結部品生産ラインは2016年11月より稼働しており、2018年5月時点で月産50万個、延べ生産数330万個の電気式VVT用焼結部品を生産している。

用語集

※1 第4次産業革命

2011年にドイツが提唱した製造業のデジタル化・コンピューター化を目指すコンセプト。“IoT”技術やAI技術を用いることによる製造業の革新的な変化。

※2 IoT

Internet of Things：様々な「モノ（物）」がインターネットに接続され、情報交換することにより相互に制御する仕組み。

※3 SEIPS

Sumitomo Electric Industries Production System：住友電工グループが目指すものづくりの基本コンセプト。

※4 2Dコード（二次元コード）

横方向にしか情報を持たない1次元コード（バーコード）に対し、横（水平）、縦（垂直）の2方向に情報を持つ表示方式のコードのこと。1次元コードに比べ、より多くの情報をコード化することができ、また印字面積を小さくすることが可能。

※5 可変バルブタイミング機構

4サイクルレシプロエンジンにおいて、通常は固定されている吸排気バルブの開閉タイミング（バルブタイミング）を可変とする機構。

参 考 文 献

- (1) 五十嵐直人 他、「成形体加工を用いた高生産性・高品質を両立する可変バルブタイミング部品生産ライン」、SEIテクニカルレビュー第191号、pp.47-52（2017年7月）
- (2) 竹中昭彦、「モータ駆動式電動連続可変バルブタイミング機構の開発」、Motor Ring No.28（2009年4月）
- (3) 竹中昭彦 他、「電動式連続バルブタイミング可変機構の開発」、デンソーテクニカルレビュー Vol.14 pp.24-29（2009年）

執 筆 者

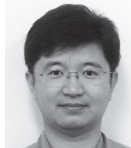
五十嵐直人*：住友電工焼結合金㈱ グループ長



縄稚 賢治：住友電工焼結合金㈱ 主席技師



寺井 寛明：住友電工焼結合金㈱ 工場長



安田 雄一：住友電工焼結合金㈱



澤田 龍太：情報システム部



阪口 昇吾：生産技術部



*主執筆者