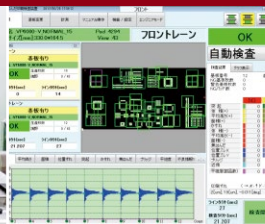
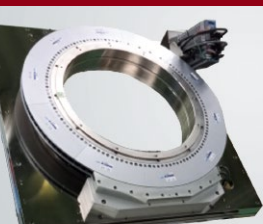


CKD技報

CKD TECHNICAL JOURNAL

Vol.4

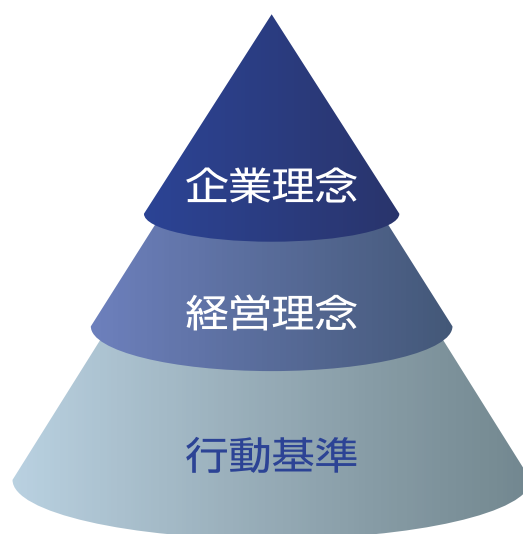


企業理念・経営理念・行動基準 Corporate Philosophy and Corporate Commitment

企業理念には当社グループの進むべき方向を明確にするため「流体制御と自動化の革新」を明記し、社会に貢献することを宣言しております。

経営理念は、企業理念を実現するために全社員が守らなければならない約束ごとを5項目に分け、全社員が責任を持って実行できる体制を目指してまいります。

行動規準は企業理念および経営理念に基づき、全社員が順守し実践すべき具体的な事項を定めたものです。



企業理念

私達は創造的な知恵と技術で
流体制御と自動化を革新し
豊かな社会づくりに貢献します。

Corporate Philosophy

With creative knowledge and technology,
We shall innovate fluid control and automation,
Thus contribute to build rich society.

目次

技術を磨き変化に追従	1
------------	---

巻内特集 テーマ「高精度」

 PTPシート・錠剤異物検査装置の高機能・高速化	2
 電空レギュレータ技術	6
 精密加工に求められるリニアステージ技術	10
 薬品用ブリスタ包装機におけるGS1データバーの現状と将来展望	15
 食品包装機における窒素置換について	19
 シングルヘッドデュアルレーン仕様のはんだ印刷検査機の開発	22
 巻回機におけるデータ活用	26
 油圧緩衝器ショックキラーの高タクト化技術	29
 薬液バルブの5MPa高圧対応技術	33
 薄板コイル技術を用いた大電流ノイズフィルタ	36

Table of Contents

Sharpening our skills to adapt to the change	1
--	---

Special Report on "High Precision"

 High End and High Speed Foreign Particle Inspection Machine for Blister Sheet and Tablet	2
 Electro-Pneumatic Regulator Technology	6
 Linear Stage Technology Required for Precision Machining	10
 Present Situation and Future Prospect of GSI Data Bar on Pharmaceutical Blister Packaging Machine	15
 N2 Gas Flushing System in Food Packaging Machine	19
 Development of the Solder Paste Inspection Machine of Single Head Dual Lane Specifications	22
 Utilization of Data Obtained from Winding Machines	26
 Takt Time Reduction Technology in Hydraulic Shock Absorber "Shock Killer"	29
 Technology for Handling High Pressure (5 MPa) in Chemical Liquid Valves	33
 High-Current Noise Filter Utilizing Thin Plate Coil Technology	36

技術を磨き変化に追従

Sharpening our skills to adapt to the change

西尾 竜也 Tatsuya Nishio

CKD株式会社

取締役 執行役員

CKD Corporation

Director & Executive Officer



ドイツ発のインダストリー4.0に続いてConnected Industriesが日本でも打ち出され、一方では環境問題から電気自動車への流れが世界的に加速するなど、製造業を取り巻く環境は大きな変化に突入しています。私たちCKDも、企業理念である「流体制御と自動化を革新する」ことで、時代の変化に追従していかなければとの思いを強くしています。変化に追従するためには、まずやってみることが大切で、私たちの工場でも一部でIoTの活用を始めました。頭でっかちにならず、できるだけモノに触れモノを動かしていく中で、光る技術をつくり上げていければと思っています。

さて、今年もCKD技報の第四刊を皆様にお届けいたします。今回は少し変化をつけ、まず特集として「高精度」を取り上げてみました。自動化の波に対し、設備にはより高いレベルでコントロールできる機器が求められます。今後も皆様に興味を持っていただき、さらにはお役にたてる特集が組めるよう技術を磨いていきます。もうひとつは新たにグループの一員となりましたCKD日機電装株式会社からの初投稿です。CKD日機電装株式会社の高い技術力も、これから皆様に発信していきますのでご期待ください。

Following on the heels of the German-born Industry 4.0 is the Connected Industries, which has also been launched in Japan. On one hand, from environmental issues to electric cars, which is gaining worldwide momentum, the stage surrounding the manufacturing industry will see a great transformation. We at CKD have a corporate vision to “Reform Fluid Control and Automation,” and we have strengthened our mindsets to follow the trends of the changing times.

In order to follow this change, it is important to first make a sincere effort. Therefore, certain sections of our factories have started to adopt the IoT. Without becoming top-heavy, our passion to work with materials and creating new products will develop bright new technologies.

This year, we have prepared our Vol. 4 Technical Journal just for you. With a little variation to the usual publication, we would like to do a special report on “High precision” since the path of automation requires equipment to have components with a high level of control. In order to have all of you interested in our efforts, we will continue to refine our technology so that useful reports may be published. In addition, our newest member to our group, CKD NIKKI DENSO CO., LTD., will make their first posting in this edition. They will continue to post articles concerning their high technological skills as we strive to meet your expectations in the reports to come.



PTPシート・錠剤異物検査装置の高機能・高速化

High End and High Speed Foreign Particle Inspection Machine for Blister Sheet and Tablet

大谷 剛将 Takamasa Ohtani

当社では、2013年に1分間あたり800シートの生産能力をもつ薬品用ブリスタ包装機FBP-800Eの販売を開始した。同時にインライン錠剤異物検査装置も高速に安定した検査を行うため、1分間あたり800シートの検査が可能なフラッシュパトリFP820の販売を開始した。近年、薬品包装工程において、より高速で品質の高い製品を製造することが求められる。こうしたニーズに応えるために、「高解像度」、「高速検査」、「省スペース」、「多機能」の4つの特徴をもつ高性能な錠剤異物検査装置フラッシュパトリFP830を開発した。本稿では、フラッシュパトリFP830について紹介する。

In 2013 we launched a new pharmaceutical blister packaging machine model: FBP-800E with the capacity of 800 blister sheets/min. At the same time a new in-line inspection machine FlashPatri FP820 capable of inspecting 800 blister sheets/min was released to realize stable and high speed inspection for tablet and foreign particle.

Recently blister sheets are required to be better in quality and to be produced in faster speed.

In response to these requirement, FlashPatri FP830 has been developed as a high end in-line inspection machine for tablet and foreign particle, equipped with four outstanding features of “High resolution”, “High speed inspection”, “Space saving”, and “Multi-functions”.

This article will introduce the new in-line inspection machine FlashPatri FP830.

1 はじめに

近年、医薬品包装業界では、ジェネリック医薬品の普及と委受託製造の活発化に伴い、多品種生産対応や、それに伴う時間あたりの生産量増加により、包装ラインスピードの高速化を図る企業が増えてきている。また、ジェネリック医薬品は特許が切れた後発医薬品のため、各製薬メーカーが製造しており、他社との差別化を図るため様々な工夫を凝らしている。例えば、薬剤師による調剤間違えの防止や誤飲防止のために、錠剤の両面に識別情報を印刷したり、錠剤の色や形状を特殊にしたりと視認性向上を図ることがある。

これらの背景があり、薬品包装工程の設備では、包装機械の高速化、多種多様な錠剤包装に対応する要求が高まっていると共に、同工程を流れる包装品のインライン外観検査においても、同様の対応、加えて高精度で安定した検査の需要が高まっている。

検査装置が多種多様な錠剤に対応するためには、品種毎に照明方法や撮影方法、検査パラメータを切り替え、適切な検査が行えるようにする柔軟性が必要になる。また、PTPシートの各包装工程上に各検査を行うためのカメラを設置するが、限られた設置スペースで各検査を満足させるコンパクト性や、複数の高精度カメラを高速に処理できる演算能力も必要とされる。

これらの要求に応えるためフラッシュパトリFP830を開発した。

2 FP830の紹介

2-1 概要

高速タイプの薬品包装機は、1分間あたりPTPシート800枚の生産能力を有する。この速さに対応したインラインでの全数検査をするためには、高速撮影、高速画像転送、高速演算が要求され、1シートあたり0.15秒の間に撮影から検査処理、判定結果出力までを完了させる必要がある。今回開発したFP830では、人工知能技術等に使用される高性能コンピューティングを使用することで、高速で高解像度なカメラに対応した画像演算処理が可能になり、高速タイプの薬品包装機に対応した高性能で安定した検査を実現した。

また、柔軟な検査対応のために、下記2点を新機能として追加した。

①両面印刷錠の高精度対応

錠剤の印刷部を鮮明に撮像し、表と裏の異なる印刷を瞬時に判断し、高速検査する。今回、当社の従来装置FP820に対して、カメラ解像度を1.6倍、画像演算処理能力を6倍に向上させたことにより、従来困難であった両面印刷錠検査の高精度化を実現した。

②撮影方式の切り替え

FP830では、近赤外線光を使う白黒画像による検査と可視光を使うカラー画像による検査を品種毎に切り替え、実施することができる。この機能により、多種多様な錠剤に対して、適切な照明方式と撮影方式を切り替えてフレキシブルな検査を実現した。

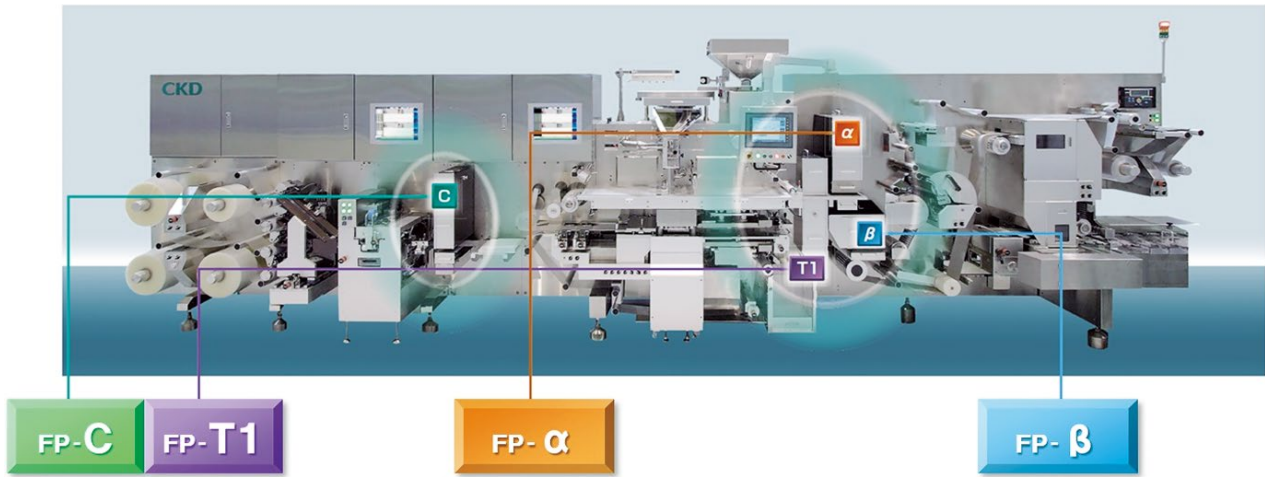


Fig. 1 検査装置の搭載イメージ

また、当社の薬品包装機は連続送りの機械であるため、検査機の撮影は連続して搬送されているシートを撮影、検査する必要があります。従来のFP820では、1つのシートが検査に適したカメラ視野を通過するまでに、2回の撮影が限界であった。そのため、検査種類によっては最大4台のカメラで合計5回の撮影を行っていたが、カメラの設置スペースが大きく取られ、その機構は複雑な構成になっていた。FP830では、高速で高解像度なカメラと、従来比約3倍の画像転送速度を有する光伝送方式を開発したことによって、1台のカメラで最大6回の撮影、高解像度画像の高速転送が可能となり、カメラの台数の削減、機構の簡略による省スペース化を実現した。

2-2 インライン検査装置の紹介

薬品包装におけるインライン検査装置「フラッシュパトリ」は、大きく分けると3つのポジションで検査を行っている。(Fig. 1)

①容器フィルム原反検査(FP-C)

容器フィルムの加熱・成形前の工程において、容器フィルム原反に付着、または練り込まれた異物を検査する。

②シール前検査(FP-α、T1)

容器フィルムに錠剤を収納するポケットを成形し、そこに錠剤を充填した直後、蓋アルミ包材を熱シールする前の工程において、錠剤・容器フィルムあるいは錠剤に付着した異物、錠剤の割れ、欠け、錠剤色違い、コーティング剥離、チッピング(錠剤表面の欠け)の検査を行う。

③シール後検査(FP-β)

蓋アルミ包材を熱シールした直後、スリット・刻印を入れる前の工程において、錠剤あるいは蓋アルミ包材に付着した異物、錠剤の割れ、欠け、錠剤色違い、コーティング剥離、ノンシール(蓋アルミ包材未接着)、蓋アルミ包材のシワ、蓋アルミ包材の破れの検査を行う。(Fig. 2)、(Fig. 3)

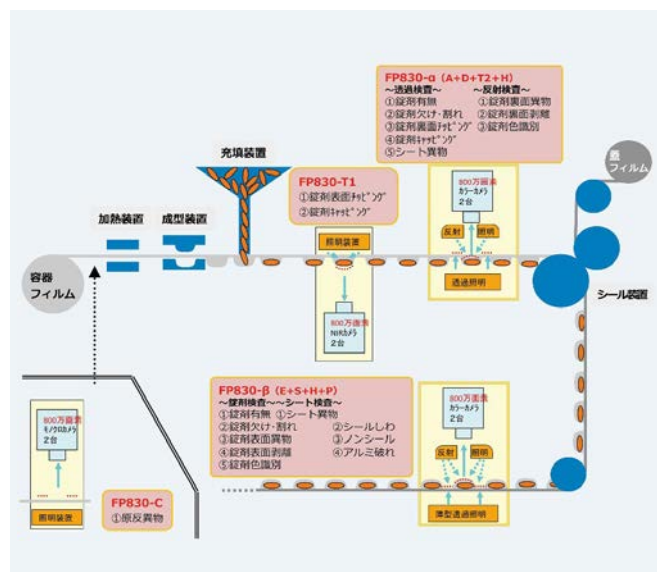


Fig. 2 検査イメージ

検査項目		検査装置
シート上 錠剤粉飛散	α(A) β(E,H)	FP-α
コーティング剥離	α(H) β(H)	FP-α
錠剤上 毛髪	α(D) β(E)	FP-α
アルミ破れ	β(P)	FP-α
錠剤上 異物	α(D,H) β(E,H)	FP-α
錠剤割れ	α(A,D,H,T2) β(E,H) T1	FP-α, T1
錠剤片混入	α(A,D,H) β(E,H)	FP-α
シート上 毛髪	C α(A,D,K) β(E,H)	FP-C
キャッピング	T1 α(T2)	FP-T1
シート上 異物	C α(A,D,K) β(E,H)	FP-C
欠錠	α(A,D,T2,H) β(E,H) T1	FP-α, T1
錠剤形状-大きさ違い	α(A,D,H) β(E,H)	FP-α
錠剤欠け	α(A,D,H) β(E,H)	FP-α
錠剤色違い	α(A,H) β(H)	FP-α
錠剤表面チッピング	α(T2) T1	FP-α, T1
ノンシール-シールしわ	β(S)	FP-β
錠剤近接異物	α(D,H) β(E,H)	FP-α
捺印欠陥	α(D,H) β(E,H)	FP-α
シート印刷色違い	β(H)	FP-β

Fig. 3 検査項目一覧

なお、FP830は、1分間に800シート以下の薬品包装機(2列シート取り、最大400打ち抜きショット/分)に搭載される検査装置である。

3 FP830の特徴

3-1 検査精度の向上「高精度」

品質の高い製品を製造することが求められており、小さな異物も鮮明に撮像し、安定した検査をする事が重要である。カメラ解像度が高いほど錠剤や付着異物をより鮮明に撮像することが可能になる。FP830では、800万画素のカメラを採用し、FP820の500万画素から大幅に解像度が向上した。これにより、より高い精度で微小な異物を安定検出することが可能となる。(Fig. 4)

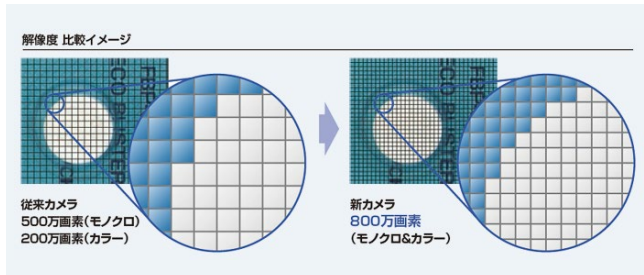


Fig. 4 カメラ解像度比較

3-2 撮影した画像の高速検査

カメラの解像度が向上するほど、高速に画像処理を行う必要がある。FP830では、検査アルゴリズムの改善と最適化、高速演算ユニットを活用した分散処理や並列演算を行うことで、従来に比べ処理能力を6倍に向上させ、高速検査を実現した。

3-3 検査ステージの集約「省スペース化」

FP820は、薬品包装機のシール前検査、シール後検査を5つの検査ステージに分かれて検査を行っており、すべての装置を搭載すると大きな設置スペースが必要になり、機械も大きくなる。また、薬品包装機によっては、その設置スペースを確保できず、すべての装置を搭載できない場合があった。

FP830では、高速に撮影可能なカメラ、高速に通信可能なインターフェースを使用し、1つのステージで最大6回の撮影を可能にした。これにより、従来のFP820-A、D、T2の3つの検査ステージをFP830- α の1ステージに集約し、世界最小の省スペース化を実現した。(Fig. 5)

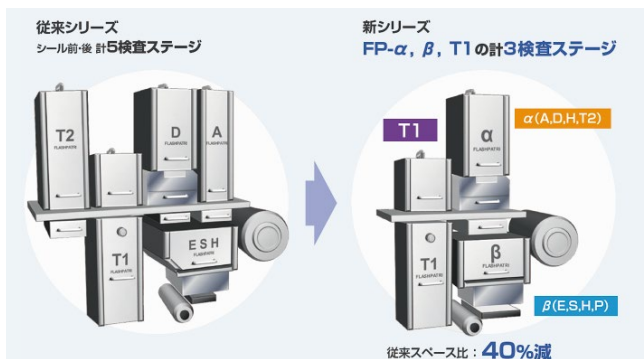


Fig. 5 装置搭載イメージ

3-4 多機能化への取り組み

3-4-1 印刷錠の検査精度向上

近年、医薬品の取り違えを防止するために、表面に凹凸を施した刻印錠剤から、表面に製品名や含量を印字する印刷錠剤の形態に変わってきている。さらに、錠剤の視認性を高めるため、両面に識別情報を印刷する両面印刷錠が増えてきた。

従来のFP820では、印刷をすべて囲む外接四角形の枠を貼り、その枠内を異物検査の対象外(以下、マスク処理)にしていた。さらに表裏で印刷が異なる錠剤においては、印刷範囲の広い方に合わせてマスク処理を行っていた。この方式では、錠剤印刷範囲が広いほど、異物を検査する範囲が狭くなってしまいう課題があった。(Fig. 6)



Fig. 6 従来の表裏で印刷の異なる錠剤の検査

そこでFP830では、外接四角形ではなく、印刷文字の形でマスク処理を行うことで異物検査範囲を極限まで拡大することができた。なお、表裏で印刷の異なる錠剤でも瞬時にどちらの印刷か判断し、適切なマスク処理を行うことができる。これにより、異物検査範囲を拡大することが可能となる。(Fig. 7)

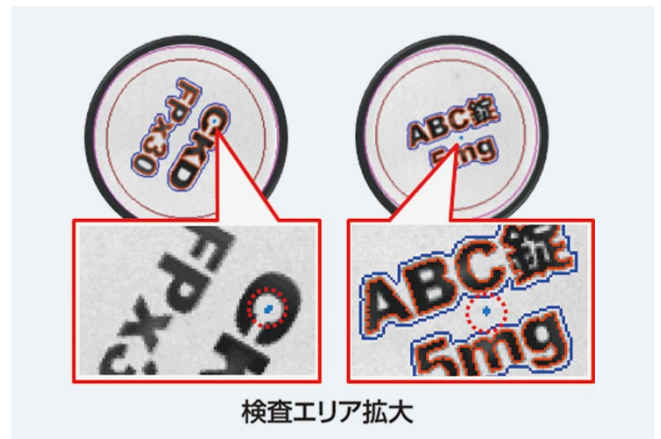


Fig. 7 今回の表裏で印刷の異なる錠剤の検査

3-4-2 撮影方式の切り替えによる検査精度向上

フラッシュパトリの名前の由来でもあるフラッシュ機能は、近赤外線光を照明に用いることで錠剤印刷、シート印刷(蓋フィルムの印刷)の影響を受けることなく、シート全面の異物検査が可能となる。近赤外線光は、異物検査には非常に有効な手段であるが、ごく稀に褐色錠剤の場合に、錠剤が近赤外線光を吸収することで錠剤と背景との明るさの差が小さくなり、錠剤の

抽出が難しい品種がある。従来のFP820では、可視光による検査装置を追加することで対応をしてきたが機構が複雑になっていた。FP830シリーズでは、近赤外線光を使う白黒画像による検査と可視光を使うカラー画像による検査を品種毎に切り替える機能を搭載することにより、新たな装置を追加することなくシンプルでフレキシブルな検査を可能とした。(Fig. 8)

錠剤の種類に合わせて

- ・モノクロ⇔カラー撮影
- ・NIR⇔可視光源を切り替え



Fig. 8 表面色が濃い錠剤の対応

3-4-3 ペーパーレス対応

フラッシュパトリーでは、生産データをHDDに格納している。

従来は、生産管理を行うにあたり、プリンタで生産データを一枚一枚印刷して保管管理する方法が一般的であった。FP830では、生産データを改ざん困難なPDF形式にし、外部メディアに保存できる機能を追加した。これにより、紙代、印刷代といったコストと文書の保管スペースが削減でき、省スペース化にも貢献できる。また、電子化により検索性が向上し、確認作業に対してスピーディに対応することも可能となる。(Fig. 9)

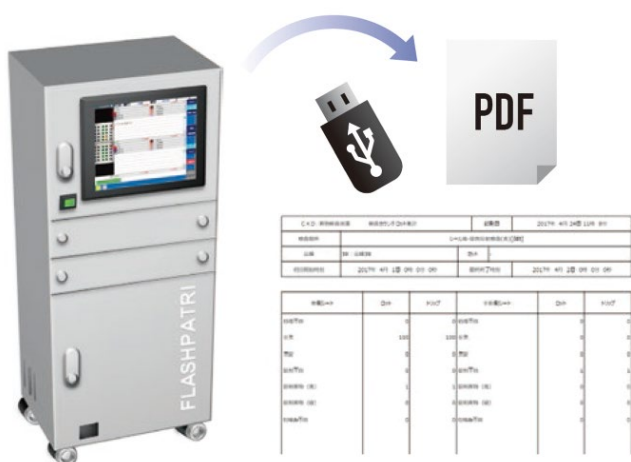


Fig. 9 電子管理イメージ

4 おわりに

近年、生産現場ではタブレット型端末やAI等の技術が活用され始めている。今後フラッシュパトリーは、更に高速・高精度を目指すことはもちろんのこと、これらを取り入れることにより、作業の効率化、省人化に貢献し、便利で使いやすい装置を目指していく。

執筆者プロフィール



大谷 剛将 Takamasa Ohtani
自動機械事業本部 第1技術部
Engineering Department No. 1
Automatic Machinery Business Division



電空レギュレータ技術

Electro-Pneumatic Regulator Technology

長崎 功 Isao Nagasaki

電空レギュレータは比例制御弁に分類され、電気信号である入力に比例した空気圧力を連続的にコントロールする機器である。初期モデルの発売からおおよそ30年が経過し、生産設備の多品種生産対応や高機能・高精度化に伴う市場からの要求に対応すべく進化を続けてきた。本稿では電空レギュレータの概要・高精度化技術の一例を紹介する。

An electro-pneumatic regulator is classified as a proportional control valve. It continuously controls air pressure in proportion to the input (electric signal). Since the launch of its first model thirty years ago, CKD's electro-pneumatic regulator has been evolving to accommodate production of various products in factories and to meet the demands of the market for high functionality and high precision. This paper presents an overview and an example of high-precision technologies of CKD's electro-pneumatic regulator.

1 はじめに

生産設備の多機能化・自動化・省力化が進むと共に各種の空気圧機器が使用されてきた。近年では、生産設備の多品種生産対応や高機能・高精度化に伴い、空気圧機器も自由度を持たせる必要が出てきた。つまり、シリンダや治具の空気圧によって発生する力、空気の流量を変化させる要求が出てきている。これらの制御を行なうときに空気圧を入力信号に比例して変化させる電空レギュレータが使用されている。

2 電空レギュレータについて

2-1 構成と動作原理

電空レギュレータは入力信号と内部に搭載された圧力センサ信号の差に応じて動作させるフィードバック制御を用いている。Fig. 1に示すように制御基板からの

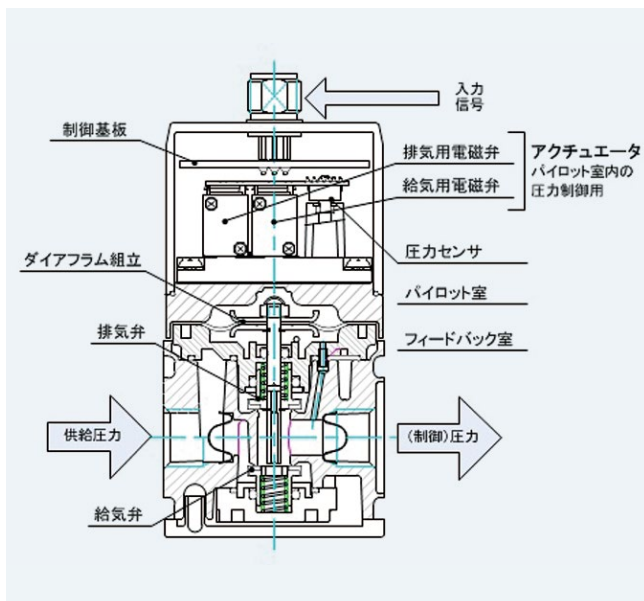


Fig. 1 電空レギュレータ内部構造

電気信号をパイロット室の圧力へ変換する給気用／排気用のアクチュエータ、パイロット室とフィードバック室の圧力差を力へ変換するダイヤフラム組立、その力により開閉される給気弁／排気弁で構成される。

実際の動作をFig. 2に示す。

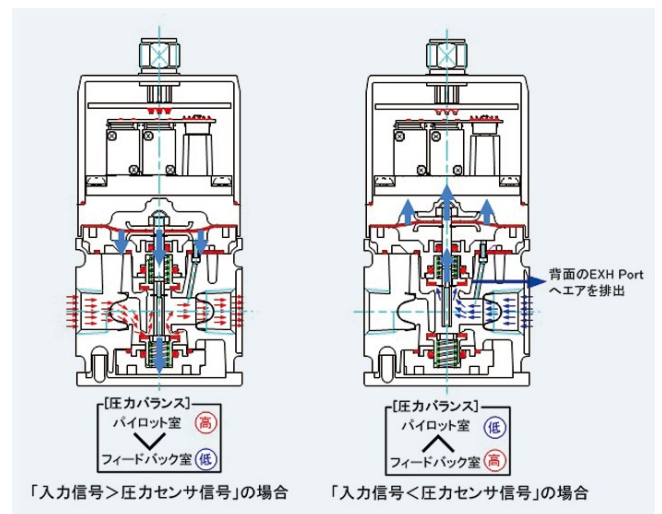


Fig. 2 動作概要図

「入力信号>圧力センサ信号」の場合、給気用電磁弁がON、排気用電磁弁がOFFとなる。このため、供給圧力が給気用電磁弁を通してパイロット室に印加され、「パイロット室圧力>フィードバック室」となりダイヤフラム組立へ下方向への力が作用する。その結果、給気弁を押し下げ供給圧力が制御圧力側へ流れ圧力が上昇する。この動作をパイロット室とフィードバック室がバランスするまで継続する。

また、逆に「入力信号<圧力センサ信号」の場合、給気用電磁弁がOFF、排気用電磁弁がONとなる。このため、パイロット室力が排気用電磁弁を通してEXHポートへ流れ、「パイロット室圧力<フィードバック室」となりダイヤフラム組立へ上方向への力が作用する。その結果、排気弁を押し上げ制御圧力がEXHポートへ流れ圧

力が下降する。この動作をパイロット室とフィードバック室がバランスするまで継続する。

2-2 電空レギュレータと制御方式の歴史

電空レギュレータに用いられるアクチュエータについては様々な方式がとられる。当社では、電空レギュレータを開発する際にアクチュエータ選定で重要としている項目が以下に挙げる4点である。

- ①入力に対して比例な出力(流量)がされること
- ②高寿命であること
- ③高速動作可能(高応答)であること
- ④小型であること

電空レギュレータの歴史(Fig. 3、Table 1)をたどってみると様々なアクチュエータが選定されてきた。近年では、総合空圧メーカである利点(設計ノウハウが豊富、安価で製作可能)を生かし、電磁弁PWM制御を採用して市場要求にマッチした製品開発を進めている。

(補足)

PWM(Pulse width modulation)とは電気信号の一形態であり、パルス幅変調と呼ばれ、一定周期のパルス幅のONとOFFの時間の比(Duty比)を制御する方式である。

CKDで初めての比例機器
特徴: 高圧、大流量
用途: エアブレイキ、プレスダイクッション、スポット溶接、印刷機 など

特徴: 高精度化、大流量化、空気消費量低減 など
用途: レーザ加工機、ディスペンサ、塗装機械、印刷機 など

特徴: 小型軽量、マニホールド、空気消費量低減 など
用途: CMP、スクラバ洗浄機、スキー印刷機、ディスペンサ など

特徴: 高機能、表示、エラー SW出力
用途: 主に汎用用途

特徴: 高性能、マニホールド、バリエーション
用途: ディスペンサ、スクラバ洗浄機

Fig. 3 電空レギュレータの歴史

Table 1 アクチュエータ方式について

	アクチュエータ方式			
	ムービングコイル	圧電バイモルフ	電磁弁PWM制御	
操作部構造	パイロットレギュレータ	パイロットレギュレータ	直動	パイロットレギュレータ
長所	高寿命/静音	高寿命/静音	エア消費小/小形/安価	エア消費小/高精度/安価
短所	エア消費大/外乱(振動)に弱い	エア消費大	流量が少ない	-
備考	オープンループ制御	-	動作音が発生する	

3 電磁弁の制御方法

Fig. 4に電空レギュレータに採用した電磁弁をPWM制御した際の流量特性を示す。供給圧力を0.1、0.3、0.5、0.7MPaと変えた場合で電磁弁への加圧は弁座が圧力を受ける方向である(Fig. 5)ため、Dutyの上昇と共に電磁弁を通過する流量が比例的に増加している。この結果より、電磁弁はPWM制御により流量を比例的に出力可能なアクチュエータとして満足できたが、課題も発生した。不感帯と定義しているDutyが低く流量が流れない領域があるが、この不感帯が供給圧力の影響を受けており、供給圧力の増加と共に減少する傾向がある。これは、電磁弁が圧力バランスをとっていない構造であるため、供給圧力が上昇すると弁座からエアが漏れ出しやすくなるためである。

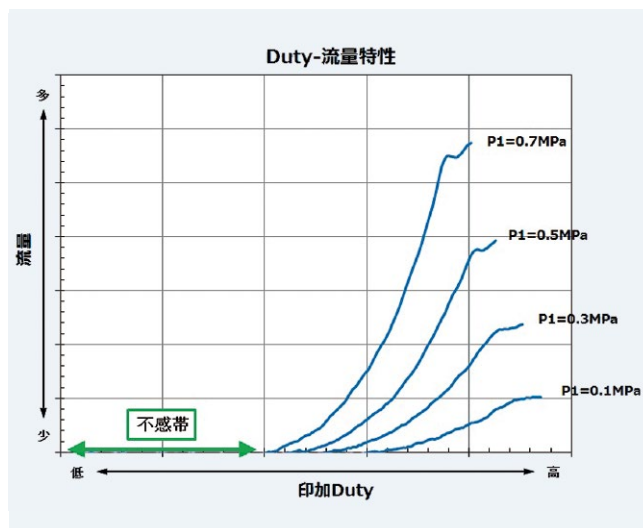


Fig. 4 電磁弁のDuty-流量特性

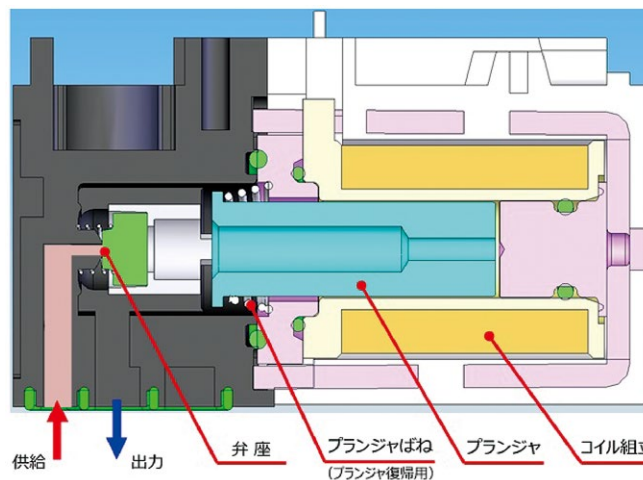


Fig. 5 電磁弁の内部構造

電空レギュレータは、偏差(入力信号と制御圧力の差)の大きさによって、電磁弁印加信号の大きさを変え、パイロット室に給排気する流量を変えることにより、圧力制御を行っている。電磁弁の流量特性には不感帯

があるため、Fig. 6のように排気用電磁弁印加信号と給気用電磁弁印加信号を連続してつなげると、流量特性に不感帯が発生するため、高速かつ精度の良い圧力制御ができない。

そこで、偏差がゼロの状態でも電磁弁を駆動させるためバイアスと呼ばれる成分をオフセットすることにより不感帯の使用をキャンセルしている。(Fig. 7)

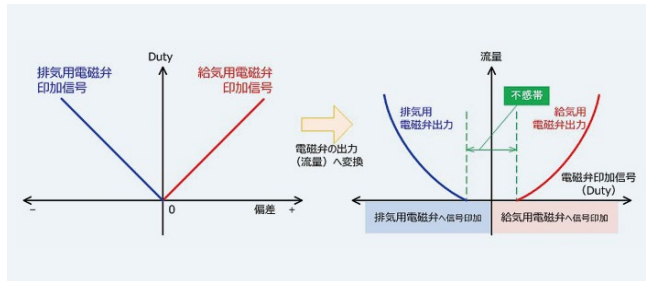


Fig. 6 偏差と電磁弁の動作

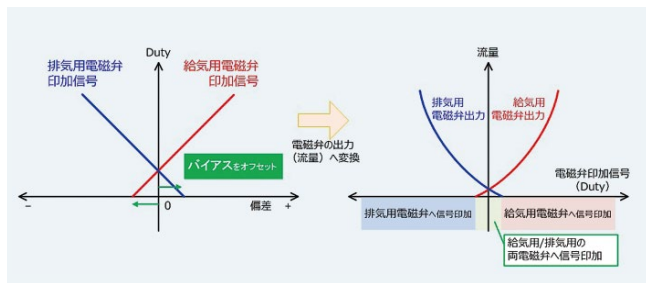


Fig. 7 バイアスをオフセットした時の動作

4 フィードバック制御方法

電空レギュレータのアクチュエータとして電磁弁PWM制御の課題は、以下が挙げられる。

- ・アクチュエータの作動劣化
- ・供給圧力条件による不感帯の変化

電磁弁は作動劣化・圧力条件により作動電流、つまり不感帯が変化してしまう。これは、製品製造時に設定したバイアス値で不感帯をキャンセルしていたが、作動を繰り返す中で不感帯が広がり、電空レギュレータとしても制御の不感帯が発生してしまうことを表す。

従来品のフィードバック制御ブロック図をFig. 8へ表す。特徴的なことは、本制御ブロック図にはPID制御中の積分成分が含まれていない。よって、定常偏差(目標値である入力信号の値に制御圧力が到達しない)が発生する。また、供給圧力の変化とともにアクチュエータの出力(流量)も変化してしまうため、上述の定常偏差が供給圧力などの製品動作条件により変化するという欠点であることを表している。

この欠点は、市場要求が“入力信号に対して比例に制御すること”から“入力信号に対して高精度に制御すること”に変化してきている近年の市場では大きな課題となっていた。

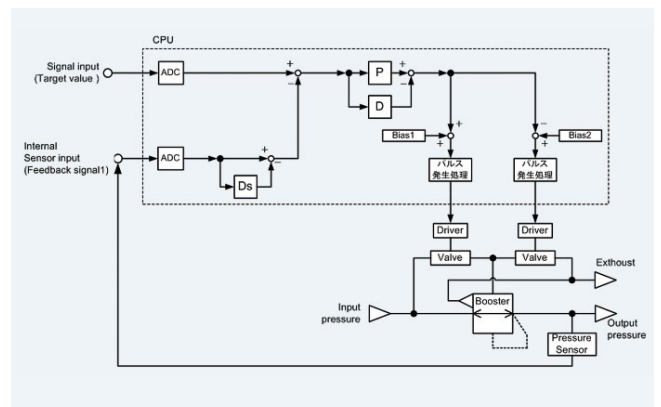


Fig. 8 従来制御ブロック図

そこで、2014年に発売したEVRシリーズではそれらの課題を解決するため新しい制御方式(Fig. 9)を取り入れた。解決手段として、内部の制御基板に搭載されたCPUにより前述で示した定常偏差に応じた補正成分を疑似的な入力信号として可変する方法である。本手段の優位な点として“従来制御ループの構成が維持されるため、制御性の維持が容易”ということが挙げられる。

また、センサ信号を入力信号補正用・偏差生成用に分岐されている箇所を外部センサへ変更すること(Fig. 10)により容易に制御ループが構成可能な点も優位点として挙げられる。ユースポイントに設置した外部センサにより、荷重や流量を制御することが可能で、様々なシーンでの活用が見込まれる方式である。

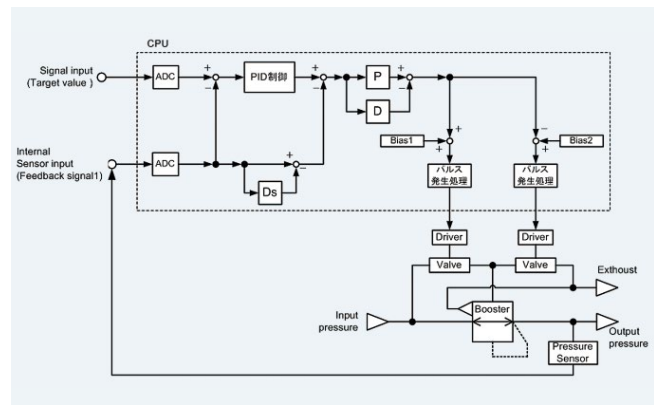


Fig. 9 新制御ブロック図

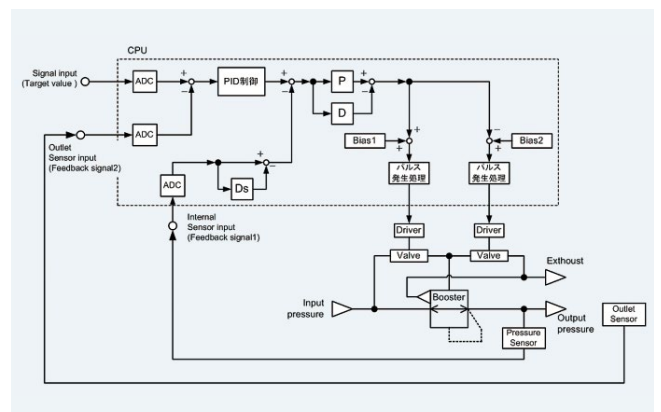


Fig. 10 制御ブロック図 (外部センサ)

5 制御性能の評価

従来制御(Fig. 8)と新制御(Fig. 9)での比較試験を実施した。同じ入力信号を繰り返し加えた際の制御圧力の変動を評価する繰り返し性試験をFig. 11に示す。また、一定の入力信号を印加した状態で供給圧力を変動させた際の制御圧力の変動を評価する供給圧力特性結果をFig. 12に示す。

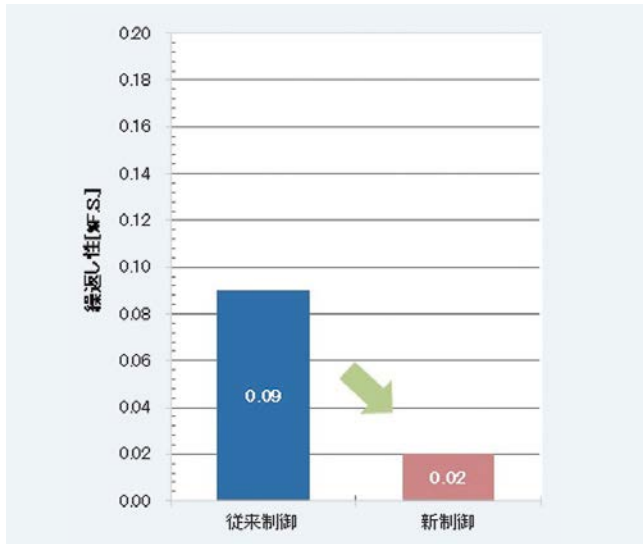


Fig. 11 繰り返し性 試験結果

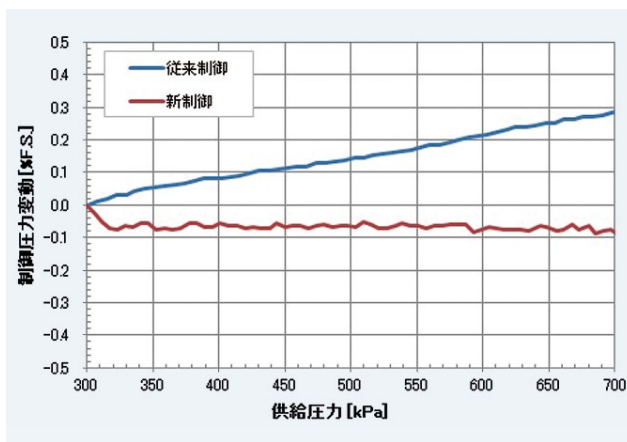


Fig. 12 供給圧力特性 試験結果

本結果より繰り返し性試験、供給圧力特性ともに約70%の性能向上が確認できた。

6 おわりに

当社の電空レギュレータの高精度化技術の紹介を行ってきたが、年々、市場からの要求は高精度化・高寿命化など多岐に広がっている。今後も産業のさまざまな分野で利用していただけるよう、本稿で紹介した制御方式にこだわらず、更なる製品の改良・開発を重ね、シリーズの展開を行うことにより産業の発展へ貢献したいと考えている。

執筆者プロフィール



長崎 功 Isao Nagasaki
コンポーネント本部 制御システムBU 技術部
Engineering Department
Fluid Control System Business Unit
Components Business Division

■ 出典 ■

出願番号:特願2013-095182



精密加工に求められるリニアステージ技術

Linear Stage Technology Required for Precision Machining

伊藤 文夫 Fumio Ito

自動化、省力化を推し進めることのできるFA装置には位置決め機構(ステージ)が多く使われている。なかでも精密加工装置用のステージは高精度化が進んでおり、加工時の位置決め精度や速度安定性が求められている。当社では機電一体の設計思想のもと位置決め精度と速度安定性の向上を実現した。本稿ではこれらについて紹介する。

In FA equipment that can promote automation and labor-saving measures, positioning mechanisms (stages) are often used. In particular, stages for precision machining equipment are becoming increasingly more precise, and positioning accuracy and speed stability are required during the machining process. At CKD NIKKI DENSO, improvements in positioning accuracy and speed stability were achieved by adopting the design philosophy of integrating mechanical engineering with electronics. This paper presents an overview of the linear stage technology.

1 はじめに

近年顕在化してきた人手不足の問題に対し、自動化、省力化を推し進めることのできるFA装置に対する需要は高まる一方である。FA装置には位置決め機構(ステージ)が多く使用されており、FA装置の一つである精密レーザ加工装置でも、精密移動などにステージは使用されている。

レーザ加工は、既存の刃物による加工方法から置き換えるなど新たな適用事例が広がっており、市場が広がっている。さらに、レーザ加工を行う際の加工精度の要求も高くなってきており、当社でも精密レーザ加工装置向けに位置決めステージとしての要求が多くなっている。

この装置に求められる性能として具体的には、位置決め精度と速度変動率の良さが求められる。

たとえば穴あけのピッチを $1\mu\text{m}$ の誤差以内で加工していく要求に対しては位置決め精度が重要となる。また、レーザの照射ムラの低減にはワークを移動する際の速度変動をより少なくすることでワークへの照射エネルギーを均一に与えることができるため、その速度変動率の低さが重要な性能となる。

そこで、このような超精密加工に求められるリニアモータステージの概要と技術について紹介する。

2 ステージについて

2-1 ステージの構成要素

ステージを構成している要素部品を示す(Fig. 1)。

駆動にリニアモータを採用しており、リニアモータは、一般にステージの固定側であるベースにマグネットを敷き詰めたマグネットベースを固定し、移動側に巻き線コイルを樹脂モールドしたコイルユニットを配

置することで固定側と移動側に相対的な力を発生させ移動側を駆動させる構造となっている。

これに加え当社製高性能サーボドライバと高分解能リニアエンコーダの組合せにより、フルクローズ制御を行った精密な位置決めと高応答動作性能を可能とするダイレクトドライブステージ製品となっている。

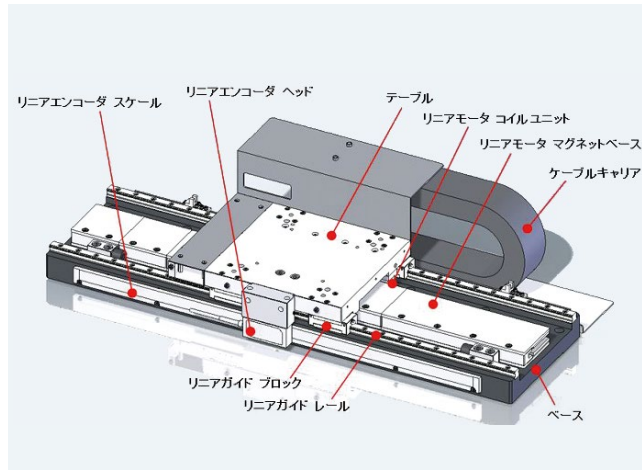


Fig. 1 リニアモータステージ構成要素

本製品はユーザにて仕様検討の際の多種の要望に応えられるよう、カタログ上でモータ容量、ストローク、エンコーダ分解能などを自由に選べるようにしている。

また、ステージの用途としては形状変更やストローク変更などのカタログ仕様以上の要求もあり、カタログ製品に対してカスタマイズして柔軟に対応することも多い。

Fig. 2~ 5はその対応事例の一部である。



Fig. 2 ジャバラ仕様



Fig. 3 XYθ仕様 (当社薄型DD使用)

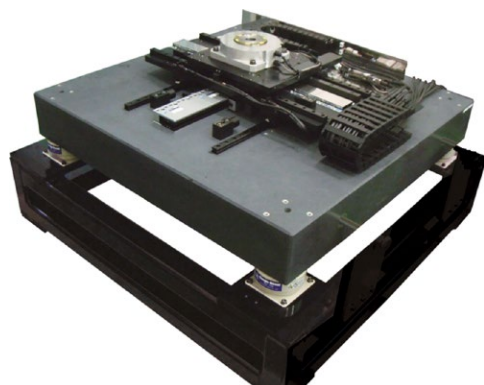


Fig. 4 石定盤除振台付き

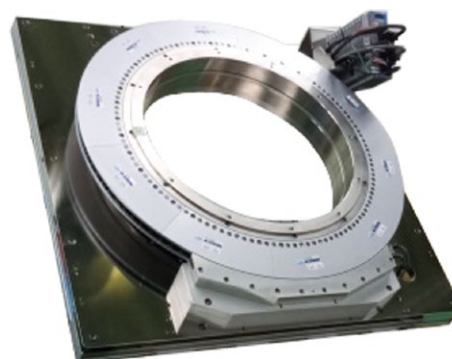


Fig. 5 大中空径回転ステージ (当社円弧型リニアモータ使用)

2-2 リニアモータステージのメリット

位置決め機構を有するスライドテーブルは世の中にボールねじやラック&ピニオン駆動など多種存在するが、リニアモータステージのメリットを以下に示す。

・機械性能の向上

ボールねじには必要なカップリングなどの中間機構が不要になるため、駆動系の剛性が高まり、機械共振点を高めることが可能となり、サーボモータの制御特性をダイレクトに機械装置に反映させることができる。

これにより、応答性能、速度安定性能、位置決め精度などの機械性能が大幅に向上し、装置の高品質化、高生産性などが可能となる。(Fig. 6)



Fig. 6 ボールねじとリニアモータ駆動ステージ

・省スペース化

中間機構が不要になるため機械の小型化、設計自由度が向上する。特にスライドテーブルが複数(多ヘッド)必要な場合には、機構の小型化が大幅に可能であり、リニアモータのメリットが活かせる。

・環境性の向上

中間機構が不要になるため、機械的な騒音が減少する。また、中間機構部の摩耗による粉塵もない為、クリーン化が図れる。油圧からの電動化の場合は、油漏れなどが無くなり、環境性、安全性が向上する。

・メンテナンスの軽減

中間機構の破損、調整、摩擦寿命による交換などのメンテナンスが不要となる。

・長距離駆動

長尺のボールねじステージで懸念されるたわみ、機械共振点の低さが無い為、長距離かつ高速の動作が可能となる。

これらが、一般的なりニアモータステージの特徴であるが、具体的な事例として超精密加工のためにステージに要求される要素である位置決め精度や速度変動率の向上のための事例を紹介する。

3 位置決め精度の向上

3-1 支持剛性の向上

一般的にXYステージは1軸ステージ2台を直交して単純に積み重ねただけのスタック構造となっているものが多く、この場合単軸ステージを設計するだけで容易に多軸ステージを構成できるという利点がある。しかし、XY軸構成とした際に上軸ベースフレームの支

持点が狭いためにテーブルスライド時の荷重位置変化による構造体の変位が大きくなるデメリットがある。

これに対し当社ステージはXYのスタック構造において同じ1軸ステージを2台積み重ねる構造ではなく、XYの上軸ベースフレーム構造体の支持点位置を最適化することでテーブルスライド時の荷重位置変化による構造体の変位を低減させている。この反面、各構成部品を最適化するために部品の共通化が難しく組立工程も複雑となり手間のかかるものになってしまうが製品の剛性向上のためには必要であり設計の基本としている。(Fig. 7)

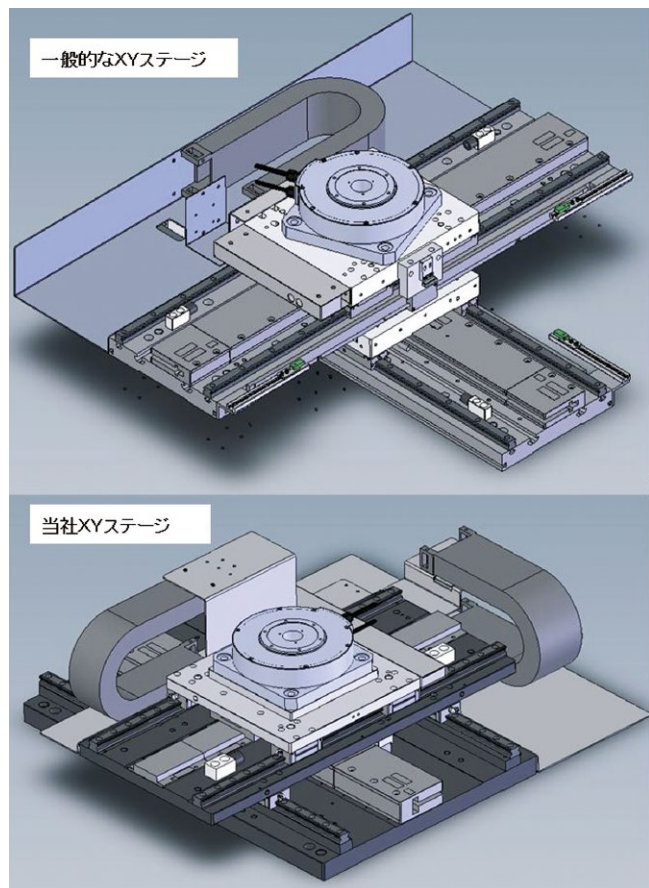


Fig. 7 XYステージ支持構造の違い

3-2 アッペ誤差の低減

寸法や位置の計測において精度を高めるためには、測定物と測定器を同一軸上に配置する必要があるとのアッペの原理に従うことが望ましいとされている。

しかし一般的なXYステージでは駆動源のリニアモータ部と位置検出のリニアエンコーダの位置を進行方向に対して同一軸上に設置することは困難なため、アッペ誤差はどうしても避けられない。

アッペ誤差の低減のためには、

- ・モータ駆動位置とリニアエンコーダ位置を同一線上にする
 - ・モータ駆動位置とテーブル重心を同一線上にする
- などが有効である。

当社のXYステージではリニアエンコーダヘッドの

外形寸法が小型のものを採用することで、リニアモータとエンコーダの配置が極力同一線上になるよう配置設計している。

また、自社開発の薄型でかつ推力密度の高いリニアモータを採用することで、重心を低くしつつ必要な推力を確保することが可能となっている。

さらにXYθステージとする際にも小型、薄型DDモータのラインアップより適する容量のDDモータを搭載できることからテーブル面のローハイト化が可能となる。つまり、同一線上かつ近くに配置することで限りなく同軸上に近づくことからアッペ誤差が大幅に低減されている。また、ローハイト化により低重心も達成できステージの剛性が高くなり制御特性も向上される。

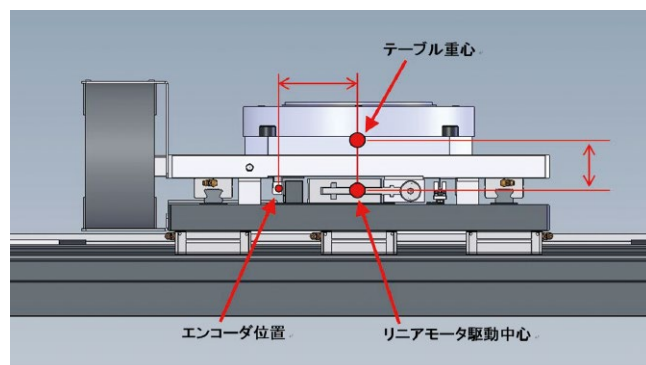


Fig. 8 モータ駆動位置とエンコーダ位置、テーブル重心の近接化

3-3 テーブルの走り精度の向上

高精度加工には、テーブルが移動する際の走りの軌跡の真直度や設置面に対する平行度、テーブル面の角度変化量の指標であるピッチ、ヨーの姿勢精度なども重要である。(Fig. 9)

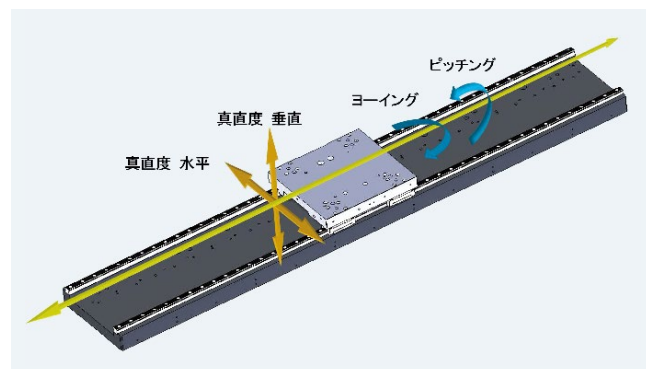


Fig. 9 ステージ機械精度

走り精度の高精度化のためには、次の3項目が重要である。

・ステージ構造体の剛性確保

剛性確保のためには質量増が避けられないが、構造体の最適な支持点設計により質量増加を抑えつつ剛性を上げている。さらに、同じ質量条件でも断面性能がより高くなる断面寸法を設計解析で導き出すことでも軽量でありながら剛性の向上を実現している。

・直動軸受の設置位置の最適化

直動軸受のレールの設置スパン、スライドブロックの設置間隔によって走り精度は大きく影響を受ける。このため小型軽量化を確保しつつ、直動軸受の配置寸法を最適化することで走り精度の高精度化を実現している。

・直動軸受の組付け精度向上

直動軸受の組付け精度は、テーブルの走り精度に直接現れてしまう要素である。

直動軸受の取り付け精度の把握のために当社では真直度測定器を自社開発しステージの組み立て工程に適用している。これにより直動軸受の取り付け精度の把握が現場で容易に可能となり、テーブルの走り精度の高精度化を実現している。

これらにより、多種ある直動軸受の中でユニット化され扱いやすく比較的安価と言われているボール転動式のリニアガイドを採用しつつ、走り精度の高精度を達成している。その一例として、テーブル幅220mm、動作ストローク1000mmという長いストロークにおいて真直度2 μ m以下、姿勢精度ピッチング、ヨーイング5秒以下を実現している。(Fig. 10、11)

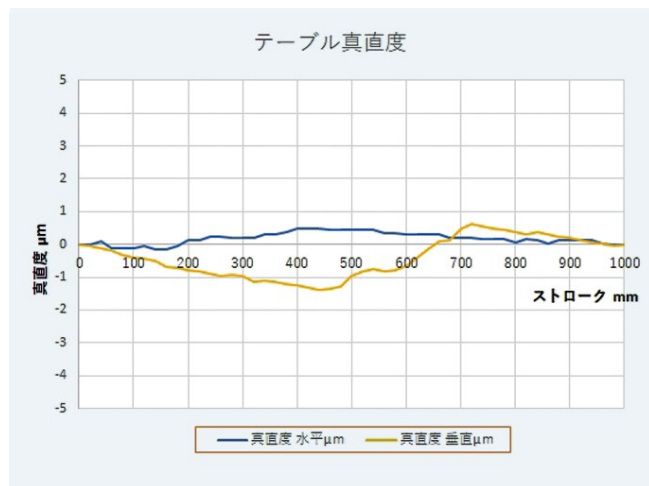


Fig. 10 テーブル真直度(水平方向、垂直方向)

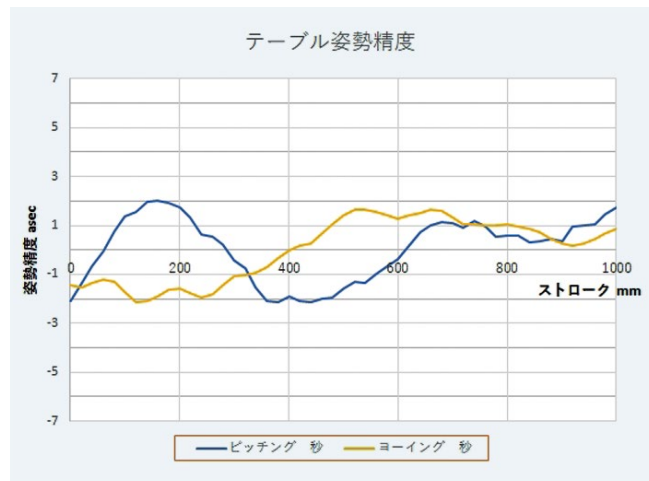


Fig. 11 テーブル姿勢精度(ピッチング、ヨーイング)

3-4 温度上昇の低減

温度上昇による熱膨張の変化も、位置精度が変化してしまうため超精密加工には障害となる。

この対策として水冷リニアモータを開発しステージに採用している。

リニアモータの特徴である非接触駆動により、接触部分が少ないためステージにおいて主な発熱源は少なく、コイル部が主となる。この特徴のために冷却部を集約しやすく発熱の排除が容易にかつ、効率的に熱量を取り除くことができる。

ここでコアレスリニアモータNLD-AM40型(最大500N)にて負荷率44%運転時の温度変化の一例を示す。(Fig. 12)

ステージの温度上昇を自然空冷時8.9K上昇に対して、水冷時0.7K上昇に低減しており、同時に低熱膨張のリニアスケールを採用することでステージの1m当りの熱膨張量を自然空冷時5 μ mから水冷時0.5 μ mの精度に向上することが可能となった。

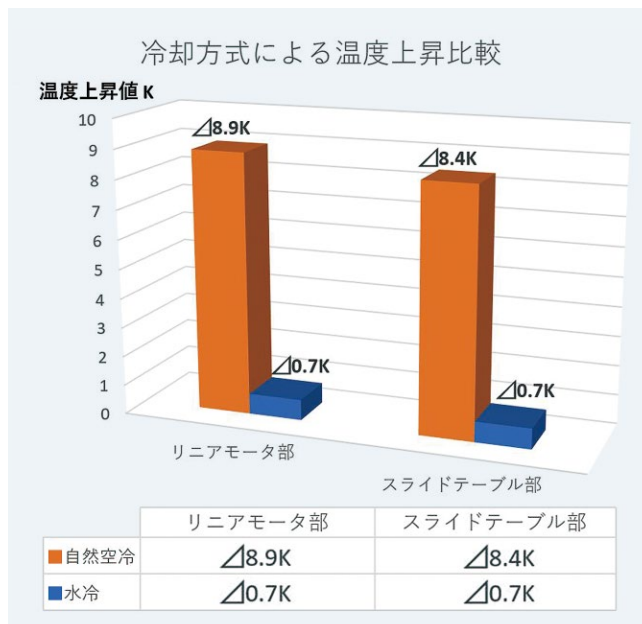


Fig. 12 冷却方式の違いによる温度上昇比較

3-5 リニアエンコーダの精度

リニアエンコーダは、等間隔に位置を刻んだスケールとそれを読み取るリードヘッドから構成されている。

リニアエンコーダで検出される位置の精度は、スケール自体のピッチ誤差により誤差が発生する。

この誤差は、スケールに刻まれている目盛の間隔の誤差であり、採用するスケールの精度等級にもよるものである。いずれにしてもこの誤差は避けられないため、ステージ出荷時に位置決め精度をレーザ干渉式距離計で測定し、位置決め精度を補正することで位置決め精度1 μ m以下を実現している。(Fig. 13)

また、ユーザの現場での温度などの設置環境が大きく異なることもあるため、そのような場合にはステージ設置後の位置決め精度補正作業も行っている。

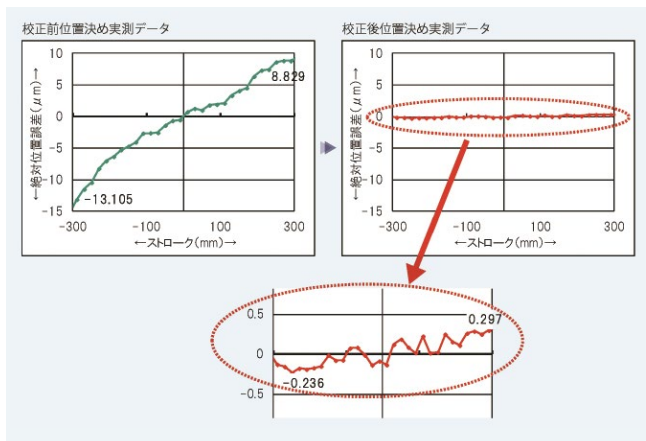


Fig. 13 位置決め精度の補正機能

4 速度変動率の向上

レーザ加工品質の安定のためにはステージの速度変動率の良さも重要である。

速度変動を低減するために、モータでは磁束の最適化などを行うことでトルクリップルを低減させている。

また、速度変動率が要求される場合には、鉄心コア型リニアモータではなくコアレスリニアモータが有利である。

モータ推力をモータ体積で除した単位体積あたりの推力は鉄心コア型リニアモータのほうが優れるため高加速度動作には有利であるが、ユーザの動作パターンを検討したうえでモータ能力計算を行い、加速性能と速度変動率のバランスを考慮してステージにコアレスリニアモータを採用することが多い。

一例として、速度10mm/s時において測定サンプリング50Hz時に速度変動率がコア付リニアモータ: $\pm 0.25\%$ に対して、コアレスリニアモータ: $\pm 0.08\%$ であり、コアレスリニアモータを採用することで速度変動率が向上している。(Fig. 14)

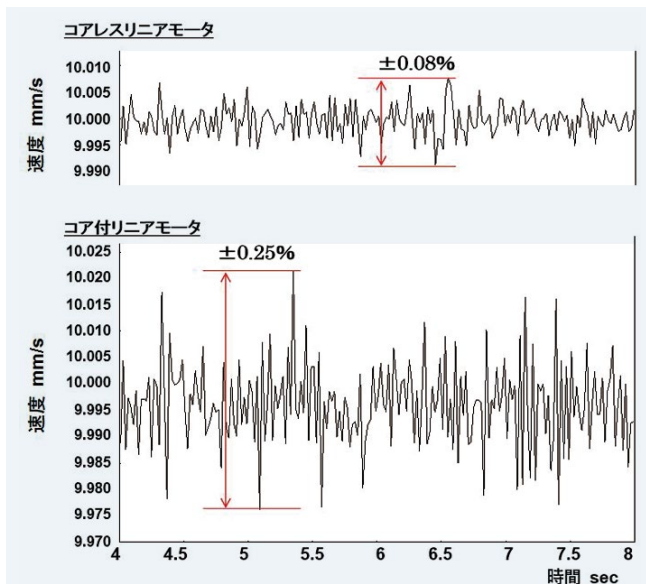


Fig. 14 速度変動率の比較

この他に、サーボドライバの電流制御の分解能、精度、キャリア周波数を上げることで速度変動率の向上を実現している。制御も自社開発のメリットを活かし追加機能など容易に組み込みでき、トルクリップル補正機能やフィードバックフィルタ機能などの速度変動率向上のためのドライバ調整パラメータも用意されている。

5 おわりに

以上のように、本ステージはお客様の望む超精密加工用ステージに対応できる製品構成になっている。この他にも特徴として、配線設計が面倒なケーブルキャリアが標準で設置されていることや、サーボモータのゲインチューニングが出荷時点で実施されているなどユーザが即時にステージを使用可能な製品となっている。

ユーザに本ステージを採用いただくことで装置中のステージ部分のユーザの設計、組立の工程を大幅に省略することができる。

今後、生産技術の高度化、多様化、更にはプロセス技術の進展によりますますリニアステージへの要求は高まっていく。創業以来の企業理念である機電一体の製品開発を推し進め、CKDグループの一員として社会の自動化に寄与していきたいと考える。

執筆者プロフィール



伊藤 文夫 Fumio Ito
 CKD日機電装(株) 技術部 LD技術課
 Linear & Disc motor Development Division
 CKD NIKKI DENSO CO., LTD.



薬品用ブリスタ包装機におけるGS1データバーの現状と将来展望

Present Situation and Future Prospect of GSI Data Bar on Pharmaceutical Blister Packaging Machine

野田 尚彦 Naohiko Noda

当社が開発してきた薬品用ブリスタ包装機内でのインライン印刷の使用目的は様々であり、新バーコード表示以外にも、有効期限、製造番号の直接印字、海外出荷に対応した多言語表示、更には製剤見本の表示等がある。当社としては、それぞれの使用目的に応じて、印刷技術をさらに改善、改良していく。当社が開発したインライン印刷装置は連続運転が可能ないようにカスタマイズしており、バーコード検査装置も独自開発をした。しかしながら課題もまだあり、今後も継続して改良に取り組んでいく。将来展望としては、PTPシートごとにシリアル番号を付与することによって、シート製造時の諸条件や製剤の情報等も管理できるようになり、製造工程起因とされる市場クレームや医薬品取り違いによる医療事故を撲滅できると期待している。

In-line printer on our pharmaceutical blister packaging machine is used not only for printing a new bar code but for directly printing expiry date, manufacturing No., indicating in multi-languages for export, and furthermore indicating product sample etc.

We are going to proceed improvement of printing technology to meet respective purpose of printing.

In-line printer we have developed is customized to realize continuous operation, and bar code inspection machine has also been developed by ourselves, however, there are some issues to be solved, which we will continuously work on.

Future prospect would be to give a serial number to each blister sheet to enable to manage its production condition, information on formulation etc. and we would like to expect to eliminate market complaints resulting from production process and medical accident by drug mix-ups.

1 はじめに

平成27年7月以降に製造販売業者から出荷されたものから、調剤包装単位のバーコード表示の実施が始まり、医薬品の取り違い事故の防止およびトレーサビリティの確保、そして医薬品流通の効率化が期待されている。また平成27年9月に厚生労働省において「医薬品産業強化総合戦略～グローバル展開を見据えた創薬～」が策定され、急速な後発医薬品の使用促進に伴い、安定的な供給維持の為に流通体制見直しが不可欠と提唱されている。

それらを受けて平成28年8月に厚生労働省から「医療用医薬品へのバーコード表示の実施要領」が一部改定された。その内容は元梱包装単位および販売包装単位の生体由来製品を除く内用薬、注射薬及び外用薬においても有効期限および製造番号または製造記号が任意表示から必須表示と改定された。そして当時の実施要領のまま調剤包装単位においては特定生物由来製品以外は有効期限及び製造番号又は製造記号は任意表示のままとなった。

2 PTPシートにおけるGS1データバーの使用目的

当社においては数年前から調剤包装単位であるPTPシートに対して薬品用ブリスタ包装機内でのインライン印刷の技術開発に取り組んできた。当時の日本

製薬団体連合会による「医療用医薬品新コード表示ガイドライン」においても、包装形態ごとの技術開発等によっては、調剤包装単位においても任意表示から必須表示への改定の可能性もあることが示唆されていた。そのような背景もあり、当社においてはPTPシートへの有効期限および製造番号または製造記号の変動情報に対応した新バーコード(GS1データバー)(Fig. 1)を効率良く表示するには薬品用ブリスタ包装機内で印刷するのが最良であると提唱してきた。その結果、当社の技術開発を理解された特定製薬企業に対してインライン印刷装置を製造販売してきた。





表示内容	シンボル名	例
商品コードのみ	GS1データバー限定型	 (01) 01234567890128
	GS1データバー二層型	 (01) 01234567890128
商品コード 製造番号・ 製造記号	GS1データバー限定型 合成シンボルCC-A	(17) 080707 (10) 123456  (01) 01234567890128
	GS1データバー二層型 合成シンボルCC-A	(17) 080707 (10) 123456  (01) 01234567890128
有効期限		

Fig. 1 GS1データバーのシンボル体系

しかしながら、そのインライン印刷装置の使用目的は様々である。当社が独自に行った製薬企業向けのアンケートによると、変動情報に対応した新バーコード表示以外にも、有効期限、製造番号の直接印字、海外出

荷に対応した多言語表示、更には製剤見本の表示等がある。特に製剤見本においては、医療担当者が当該医療用医薬品の使用に先立って、剤型及び色、味、におい等の外観的特性について確認する事が目的とされており、「製剤見本」と表示がされなければならない。また、その提供量は必要最小限度であり反復提供を行わないこととされている。つまり製剤見本用に製造する包装形態は専用包装でかつ最小限で製造される。その際に「製剤見本」の表示をPTPシートの蓋アルミ側に印字する必要があるが、そのために製版をしておき必要最小ロットで製造しても、大抵の場合は製剤見本用として印刷された蓋アルミの残りは廃棄することになる。

この無駄をなくすことを目的にインライン印刷の必要があることが分かった。製造効率の良い蓋アルミの製造方法としては、製剤見本用の蓋アルミとして製版をするのではなく、医療用として流通する製剤用として蓋アルミを製版して印刷しておき、薬品用ブリスタ包装機内で製剤見本を製造する際に、インライン印刷装置を使用して、余白に「製剤見本」と印刷する方法である。その際に製剤見本は原則としてバーコード表示をしなくて良いとされているため、既に蓋アルミに印刷されているバーコード表示を判読できないようにバーコードを横断する線も印刷することも出来る。こうするとことによって、わざわざ製剤見本用に蓋アルミの製版をすることなく、製剤見本の情報提供が終了次第、そのまま医療用として製造販売できる。

当社としてはPTPシートにおける新バーコードの変動情報の普及を予測して、インライン印刷の技術開発を行ってきたが、各製薬企業が当社のインライン印刷技術を理解し、それぞれの目的に応じて使用されれば、それはそれで幸いである。むしろ、それぞれの使用目的に応じて、印刷技術をさらに改善、改良していく使命がある。今後、製剤見本においてもインライン印刷の需要が増えるのであれば、さらに改良しなければならない技術もあると考える。今後は市場の反応を見ながら、さらに技術を進歩させていく。

3 薬品用ブリスタ包装機におけるインライン印刷の歴史

国内におけるインライン印刷の歴史は20年程になる。当時は印刷品質の良さや簡易性などの理由でフレキシ印刷装置が主に使用されていた(Fig. 2)。ただし、その後フレキシ印刷装置を使用したインライン印刷は国内では普及しなかった。その理由は以下にあると推測する。

- 1) 版の交換およびインクのクリーニングが面倒である
- 2) ロットごとに製版する必要がある
- 3) 製版する度にランニングコストが掛かる
- 4) 初期投資が大きい

以上の理由により、フレキシ印刷装置はほとんど普及しなかった。その後レーザーマーキングの普及とともに



Fig. 2 フレキシ印刷装置

に製造番号をインラインで印刷するケースも出てきた。ただしレーザーマーキングでは印刷可能範囲に限度があり、PTPシートに印字する際には印字場所が特定される。その結果、ほとんどのPTPシートにおいてトレーサビリティはPTPシート上に刻印されている製造番号のみとなっている。

4 インライン印刷における最新機能

当社においては、医療用医薬品取り違え事故の防止のほか、ロット・有効期限管理、在庫管理などトレーサビリティの確保や医療用医薬品の流通効率化が推進されるよう、インクジェット印刷装置メーカーと協力して、PTPシートの全面に新バーコードが配置されても良いように幅広対応の印字ヘッドを搭載した装置を開発した(Fig. 3)。また、その印刷状態を検査するバーコード検査装置を独自開発した(Fig. 4)。これらの装置には当時の課題を克服するための技術が盛り込まれている。

- 1) 印刷表示変更はPC等の上位から簡単に変更可能
- 2) デジタル印刷なので版は不要
- 3) ランニングコストは消費電力とインクのみ
- 4) PTPシートの全面にあらゆる印刷表示が可能 (Fig. 5)
- 5) バーコード検査はPTPシートのどの位置にバーコードがあっても検査可能

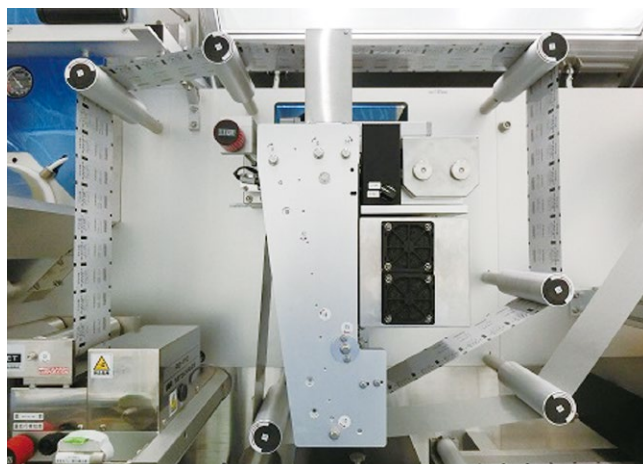


Fig. 3 インクジェット印刷装置

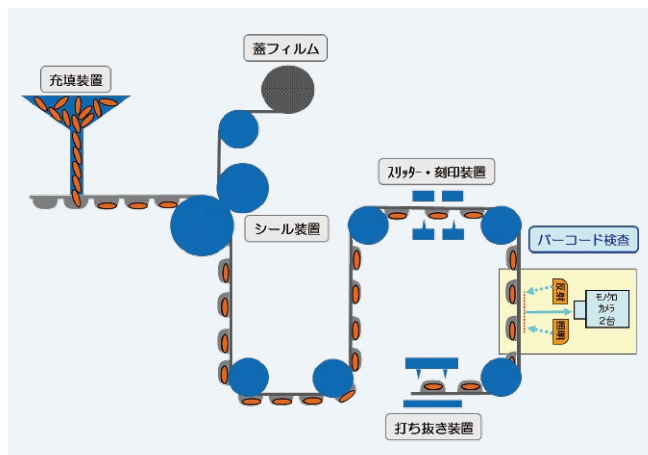


Fig. 4 バーコード検査装置



Fig. 5 全面印刷されたPTPシート

インクジェット印刷装置メーカーに協力してもらいながら年々改良を重ね、薬品用ブリスタ包装機による連続生産にマッチングするよう印刷装置をカスタマイズしている。その主な特徴を示す。

1) 印字ヘッドクリーニング機構

インクジェット印刷は印字ヘッドが詰まり印字が欠けることが稀にある。連続運転中はそれほど問題にはならないが、薬品用ブリスタ包装機は様々な理由で機械停止することがあり、停止を繰り返すことにより印字ヘッドは詰まる可能性が高まる。それらを回避するために機械停止する度に印字ヘッドを洗浄する機能が備わっている。これにより印字ヘッド詰まりを最小限に抑制できる。

2) 印字ヘッドエスケープ機能

薬品用ブリスタ包装機は連続生産の都合上、包材を自動継ぎして機械を停止させないようにしている。蓋アルミを自動継ぎするときには前後の蓋アルミを重ねてヒートシールするが、その際に蓋アルミの接着されていない端面がばたつく。この端面が印字ヘッドを通過する際に印字ヘッドに接触し傷める可能性がある。それを回避する目的で自動継ぎ部の前後は印字ヘッドがエスケープ(退避)する機能が備わっている

(Fig. 6)。これにより印字ヘッドを傷めることはない。また自動継ぎ部は印字をせず、自動で系外に排出される。

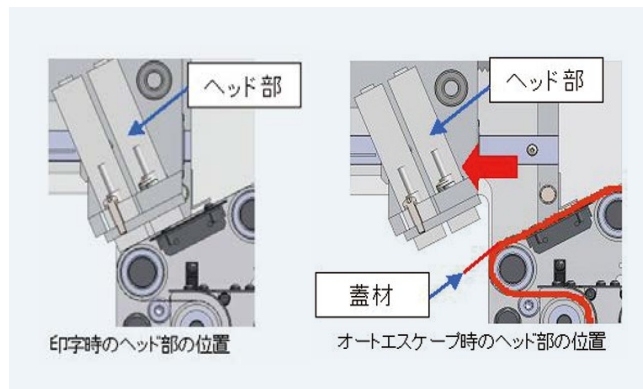


Fig. 6 印字ヘッドエスケープ機能

3) オートトランスポート機能

インクジェット印刷のインクは速乾性の目的からUVインクを使用している。UVインクはUV光(紫外線)によってインクが瞬時に硬化する特性があり、薬品用ブリスタ包装機のようにフィルム等が連続搬送する場合に主に使用される。よってインラインで印刷した直後にはUV照射装置によってインクを硬化する機能が備わっている。逆に言えば、印刷後にUV照射をしないとインクは乾かずににじんでしまう。薬品用ブリスタ包装機において機械停止した際は印刷直後からUV照射までの間にある印刷された蓋アルミはインクが硬化していない。それを回避する目的で機械停止時には印刷された蓋アルミをUV照射までトランスポートする機能が備わっている。これにより、連続生産中のどの印刷もしっかりと硬化されている。

5 インライン印刷の課題

薬品用ブリスタ包装機におけるインライン印刷はシール前に印刷している。シール後に印刷すると、PTPシール特有のクロス目に沿ってインクが流れて綺麗に印刷が出来ない。しかしながら、シール前に印刷することによる課題もいくつかある。そのうち最も印刷品質に影響を及ぼすのが、シール時のクロス目によって印刷には関係のない温度と圧力が掛けられ、その結果、ダメージにより印刷が割れる(剥がれる)現象である。この課題については当社だけでは解決できず、蓋アルミ製造メーカーやインク製造メーカーなどの技術協力を得て、現在印刷剥がれは品質上影響ないレベルまで改善した。しかし、蓋アルミにプレ印刷した場合と比べると、クリア剤がオーバープリントされていない為、印刷されたインク部が最表面層となり、表面を擦ると印刷が剥がれる可能性はある。インライン印刷で生産をする際はこのことを理解の上で使用する必要がある。

印刷剥がれに対する改善は現在も継続して取り組ん

でいる。機械側で取り組める改善もあるが、最も重要なのは、インクと蓋アルミのオーバープリント剤との密着性である。よって印刷を行う際は、使用する蓋アルミとインクの適正を事前に確認しておく必要がある。

6 GS1データバー及び二次元シンボルの将来展望

世界の医薬品規制に目を向けると、偽造医薬品排除に向け、二次元シンボル(Fig. 7)の中に個別にシリアル番号を表示し、シリアル番号を含む製品情報全体をデータベースに登録し、そのシリアル番号によって製品入出荷、移動、販売を管理して「製品データ認証制度」を構築しようとしている。将来展望として考えられるのはPTPシートごとにシリアル番号を付与することによって、そのPTPシート製造時の諸条件(成形やシール条件等)や製剤の情報等も管理できる。さらには薬品用ブリスタ包装機に様々なセンシング機能を追加すれば製造する機械の稼働情報も分かるようになる。これらをビッグデータとして分析すれば、PTPシートごとの品質管理が徹底され、PTPシートの製造工程起因とされる市場クレームや医薬品取り違いによる医療事故を撲滅できると期待している。



Fig. 7 主な二次元シンボル

執筆者プロフィール



野田 尚彦 Naohiko Noda
自動機械事業本部 開発部
R&D Department Automatic Machinery Business Division

■ 出典 ■

製剤機械技術学会誌 Vol.26 No.5 103号(2017)



食品包装機における窒素置換について

N2 Gas Flushing System in Food Packaging Machine

渡辺 聡 Satoshi Watanabe

近年、生活環境の変化によって中食や個食が増加している。このニーズに対して、必要な分だけを包装できるブリスタ包装形態は、有効な手段の一つといえる。また、膨大な食品ロスが問題となっている。これに対して、包材技術（バリアフィルムなどの機能性フィルム）やレトルト技術、ガス置換技術などにより食品の長期保管（ロングライフ化）が可能となり、食品ロス削減が期待できる。

当社はこれまでに、食品用ブリスタ包装機の新たな付加価値のために、さまざまな機能性包材の成形、レトルト加熱に耐える均一な肉厚分布成形などに取り組んできた。

本稿は、食品の酸化防止を目的とした窒素置換技術についての取り組みを紹介する。

Due to recent change in our living environment, ready-made meal and food for single serving have been popular.

Blister pack, which packs food as much as needed, can be said one of the effective ways to meet this trend.

Enormous food loss is a serious issue.

Packaging material technology (functional film such as barrier film etc.), retort technology, gas flushing technology etc. can realize long term food storage (prolonged life), which is expected to help reducing food waste.

We have been working on forming various functional films, forming with even film thickness distribution to stand retort heating etc. to generate new additional values to food blister packaging machine.

This article will introduce our attempt about nitrogen gas flushing technology to prevent food oxidization.

1 はじめに

当社は、30年以上食品包装に携わっており、ゼリーやガムシロップなどのブリスタ包装機をユーザで使用されている。近年、生活環境の変化によって、惣菜や弁当などを購入して家で食べる中食や、個々に食事をする個食が増加している。このニーズに対して、必要な量をポーション形状に包装できるブリスタ包装機は、利便性や携帯性の面で有効な包装形態の一つといえる。

また、食品の賞味期限切れや鮮度劣化などから発生する膨大な食品ロスが社会問題となっている。この問題に対して、バリアフィルムなどの包材技術や、レトルト殺菌技術、ガス置換技術の向上により食品の長期保管（ロングライフ化）が可能となり、食品ロスの削減が見込まれる。

これまでに当社の機械の安全への取り組みや、バリアフィルムなどの成形技術を紹介しており、さまざまな機能性材料の成形やレトルト加熱に耐える均一な肉厚分布の成形などに取り組む、ロングライフ化のための技術開発を行ってきた。

本稿では、食品の酸化防止によるロングライフ化を目指し、食品包装機(Fig. 1)における窒素置換について述べる。チャンバとフィルタを使用することで、サ

イクルタイムを落とさずに高い置換率を達成したのでここに紹介する。



Fig. 1 食品包装機 CFF-360E

2 ガス置換の効果と特長

2-1 酸化防止のための包装方法の種類

包装体に含まれる、空気(酸素)や微生物、温度・湿度、光線などが要因で、食品の劣化(腐敗)が進行する。中でも酸素は、微生物の活動・繁殖を促し、脂質・酵素と結合して酸化が生じて、食品の劣化が生じてしまう。包装体に含まれる酸素を取り除く方法として、

Table 1のような方法がある。

Table 1 酸化防止のための包装方法の種類

種類	方法	製品例
ガス置換包装	包装体内のガスを別のガスに置き換える	コーヒー お茶
真空包装	包装体内を脱気し、酸素を取り除く	ハム ソーセージ
脱酸素剤封入包装	脱酸素剤を封入する	お菓子 ペットフード

なお当社のブリスタ包装機は、ハードフィルムを使用した分厚い容器を特長としており、ハム・ソーセージのようなソフトフィルムを使用する真空包装には不向きである。また脱酸素剤封入包装は、製品単価が上がり、誤食の危険性も伴う。そこで今回、ガス置換包装に取り組んだ。

2-2 ガス置換包装に使用されるガスの種類と効果

ガス置換包装に使用されるガスには、Table 2のような種類・効果がある。窒素は、大気中に多く存在しており安価で安定状態のため、食品に限らず酸化防止用途として広く使用されている。

Table 2 置換ガスの種類と効果

種類	効果
窒素	酸化防止 臭気保存 変色・退色防止
二酸化炭素	カビ防止 害虫防止 腐敗防止
酸素	発色をよくする (肉や魚などの色合い)
混合ガス	(窒素と二酸化炭素の混合ガスなど) それぞれの特長・効果がある
アルゴンガス	窒素と同じく不活性ガス 比重が空気より重く溜まりやすい 国内では食品添加物として認可なし

3 置換システムの概要

窒素置換装置の外観(Fig. 2)および機械全体の工程図(Fig. 3)を示す。まず包装機の工程を説明する。容器フィルムを加熱して軟化させてカップを成形、内容物を充填して窒素置換を行う。その後上蓋をシール、外形を打抜き、取出しコンベアにて後工程へ搬送する



Fig. 2 窒素置換装置の外観

一貫工程である。1サイクル毎に複数のカップを同時に置換するため、いかにカップ毎のばらつきがなく置換できるかが重要となる。

これまで当社は、窒素ガスを使用したガス置換の実績があるが、次のような課題があった。窒素をノズルブローする方法の場合、一度に複数のカップを置換すると、カップ毎に置換率のばらつきが発生してしまい、高い置換率を達成できなかった。高い置換率を達成しようと真空引きを併用する方法の場合、工程が増えることでサイクルタイムが長くなり、生産能力が上がらなかった。

今回開発した置換システムのポイントは3つある。

(a) チャンバと特殊フィルタを使用した窒素のブロー方法

多連カップに対して整流化した窒素ガスを、均等にフラッシュ式で供給することが可能

(b) 置換装置のポジション数

複数ポジションをチャンバで覆って置換することで、サイクルタイムが長くない

(c) 置換装置からシールまでに外気侵入を防ぐ

カバーや上蓋フィルムで覆ってカップを搬送することで、カップ内のガスが流出しないようにする。また、置換されたカップに外気の侵入を防ぐ。また、ガスブロー式や真空引きを併用する方法は、粉体などの内容物の飛沫が懸念されるが、チャンバとフィルタにて整流化した今回のシステムでは、粉体などの内容物は飛沫することはない。様々な内容物に対して、本システムの適用が可能である。

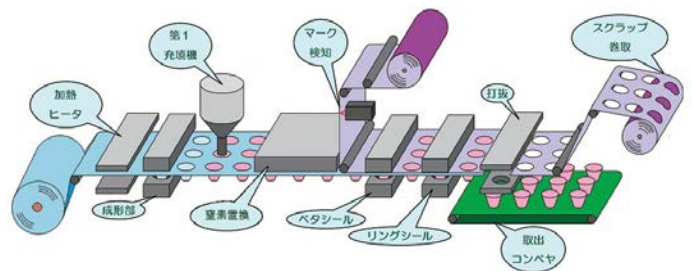


Fig. 3 機械全体の工程図

4 検証結果

4-1 置換システムでのフィルタの効果について

Fig. 4は、空カップに対して直接ブローした場合とフィルタを介してガスフラッシュした場合の、カップ毎の残存酸素率(カップ内に残存する酸素濃度)を示す。本データは、1ショットで形状の異なる7つのポケットにて測定を行った。フィルタを使用することで、残存酸素率0.5%以下となることがわかる。また複数のカップ毎でばらつきが小さいことがわかる。一般的に、残存酸素率0.5%以下であれば、内容物の品質が劣化しにくいと言われている。なお残存酸素率は間口や

深さなどのカップ形状や機械スピードに影響するため、これ以降の結果は参考値として示す。

なお真空引きを併用した方法では、サイクルタイムが毎分6~8ショットで残存酸素率0.5%を達成した。これに対して今回のシステムは、毎分15ショットで高速置換を達成することができた。

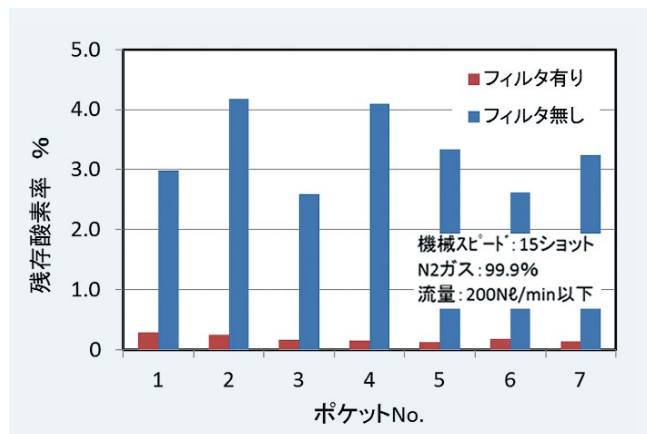


Fig. 4 カップ毎の残存酸素率 (参考値)

4-2 種々な内容物の窒素置換テスト結果

Fig. 5は、様々な内容物の窒素置換テスト結果を示す。液体や粘体については残存酸素率が0.5%程度以下で置換できることがわかる。しかし、お菓子や粉体などの内容物に空気を含みやすいものは残存酸素率が1%前後となる。カップの空気を追い出すために、充填時から窒素をフラッシュして置換を行う、機械スピードを調整するなど更なる工夫が必要となる。

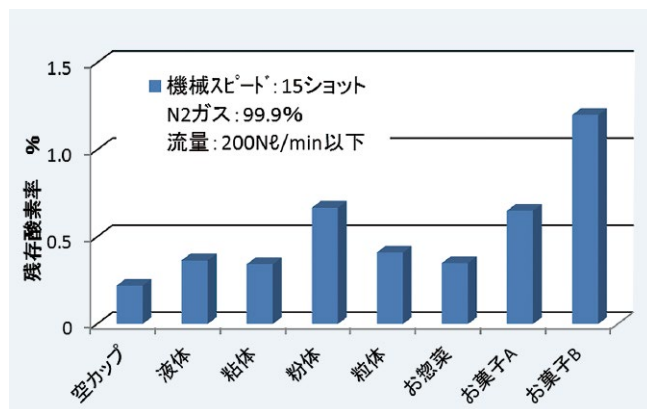


Fig. 5 残存酸素率の測定結果 (参考値)

5 窒素ガス発生装置

窒素置換装置への窒素ガス供給には、当社の窒素ガス発生装置 (Fig. 6) を使用している。これは圧縮空気を供給すると、中空糸分離膜により酸素を分離し、窒素ガスを得ることができる。この窒素ガス発生装置は、ガスボンベと比べて維持費が安い、高圧ガス保安法の対象外である。また、他の窒素ガス発生装置と比べて、電源が不要、メンテナンスが容易であり、スマートな置換システムを実現している。

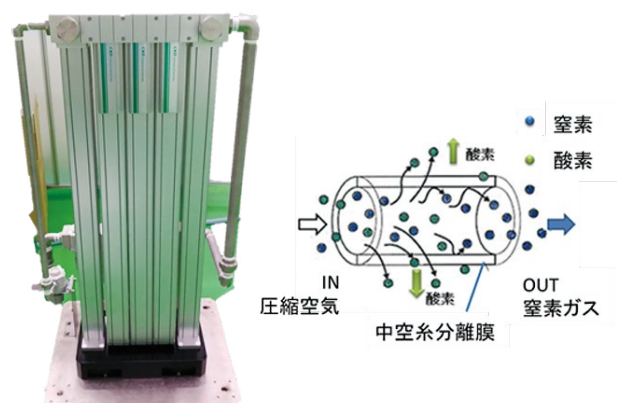


Fig. 6 窒素ガス発生装置

また、配管部品 (Fig. 7) には、当社の食品製造工程向けFP (Food Process) シリーズを使用している。FSSC22000規格で推奨されている潤滑剤や食品衛生法に適合した材料を使用し、安心・安全な置換システムを開発した。

このように、当社の部品を使用してシステム全体を提案できることは、当社の強みの一つといえる。

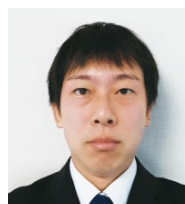


Fig. 7 窒素置換装置の配管部品

6 おわりに

包装体の形状や内容物の種類はさまざまであり、引き続き窒素置換技術の検証が必要である。今後もユーザーのニーズに応え、社会貢献にも繋がる機械を提供できるように、食品包装機の技術開発を進めていく。

執筆者プロフィール



渡辺 聡 Satoshi Watanabe
自動機械事業本部 第5技術部
Engineering Department No.5
Automatic Machinery Business Division



シングルヘッドデュアルレーン仕様のはんだ印刷検査機の開発

Development of the Solder Paste Inspection Machine of Single Head Dual Lane Specifications

高村 健介 Kensuke Takamura

二宮 隆弘 Takahiro Ninomiya

近年、SMT^{*1}業界ではデュアルレーン仕様の需要が高まっている。特にマウンターメーカー各社を中心として販売が進んでおり、SPI^{*2}メーカーにおいてもデュアルレーン仕様への対応が行われてきた。

当社では、従来より高速性を追求し、デュアルヘッドデュアルレーン機を販売している。しかし、計測ヘッドが2つ存在する構造のため構成部品が多く、価格面で課題があった。また、近年の基板の小型化や検査の高速化によって、計測ヘッド稼働時間に対する搬送時間の割合が増加している。

これらの問題を踏まえて、搬送と検査を並列に実施することが可能で、構成部品を大幅削減したシングルヘッドデュアルレーン機を開発した。

本稿では、このシングルヘッドデュアルレーン機の性能や特徴を紹介する。

Recently demand for dual lane specification has been increasing in the SMT industry, especially mounter manufacturers have been playing a central player of this trend and SPI manufacturers have been meeting this trend accordingly.

We have been selling dual head/dual lane machine, pursuing high speed, but due to its construction of the standard machines linked back to back, resulting in many parts used, we were not competitive in price against other companies.

In addition because PCB size is getting smaller and inspection speed is getting faster recently, ratio of transport time against inspection head operation time has been increasing.

In order to solve these issues, we have newly developed single head/dual lane machine, which enables to perform transport and inspection at the same time and realizes remarkable reduction of the parts to be used. This article will introduce the specifications and features of the single head/dual lane machine.

1 開発の背景

昨今、マウンターメーカー各社はデュアルレーン機の販売を推進しており、はんだ印刷検査機においてもデュアルレーン対応が求められている。特に車載メーカーにおいて、標準機として選定されるためには、デュアルレーン対応が必須となっている。

当社では、従来より高速性を追求したデュアルレーン対応機(VP5200/6000MD-V)を販売している。計測ヘッドを2つ搭載したデュアルヘッド仕様であり、標準機と同等の速度での検査が可能となっている。しかし、

- ・計測ヘッドを2つ搭載しているため構成部品が多い
 - ・計測ヘッド稼働時間に対して搬入出時間の占める割合が大きい
- 等の課題があった。



Fig. 1 シングルヘッドデュアルレーン機

今回、VPシリーズの新ラインナップとしてシングルヘッド仕様のデュアルレーン機を開発した(Fig. 1)。構成部品が少ないため、デュアルヘッド機と比較して価格が抑えられている。また、片方レーン検査中に、他方レーンの搬入出を行うことで、計測ヘッド稼働率を向上させている。本稿では、シングルヘッドデュアルレーン機の構成や特徴について紹介する。

2 機械の構成

装置の外観は標準機と同じデザインを踏襲している。

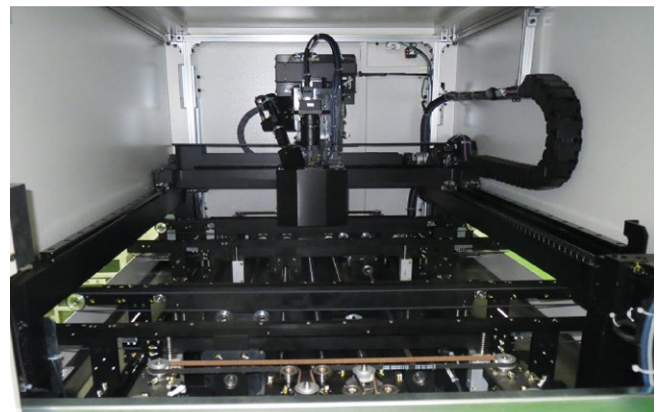


Fig. 2 シングルヘッドデュアルレーン機内部

装置内部には2レーン分のコンベアを内装しており、計測ヘッドは、標準機と同じものを1つ搭載している

(Fig. 2)。デュアルヘッド仕様機では2台のパソコン、2台の制御盤を搭載していたのに対し、シングルヘッド機では、パソコン・制御盤共に1台のみ搭載している。これら制御系の削減やシングルヘッド化によって、デュアルヘッド仕様機と比較して、約40%の構成部品削減を実現している。

3 背面モニタ仕様

本機では、背面側からの操作に対応するために、背面モニタ仕様をオプションとして用意している。

背面モニタには、前面モニタと同じ内容を表示しており、背面からのタッチパネル操作が可能となっている。開発当初、前面と背面のタッチ操作が干渉し、検査機の誤操作が発生するという問題があった。その対策として、片方のモニタを操作した場合、もう他方の操作を数秒間受け付けない、という排他制御機能を用いている。この機能によって、誤操作を防ぎつつ、生産ラインの両側から検査機を操作することが可能となった。

4 検査動作

4-1 計測ヘッド稼働率

シングルヘッド仕様機であっても、検査動作は標準機と同じである。異なる点としては、フロント・リアの各レーンで搬入出を行いながら、交互に基板を検査している点である(Fig. 3)。片方のレーン上の基板を検査しながら、他方レーンの搬入出を行うことで、計測ヘッド稼働率を向上させている(Fig. 4)。

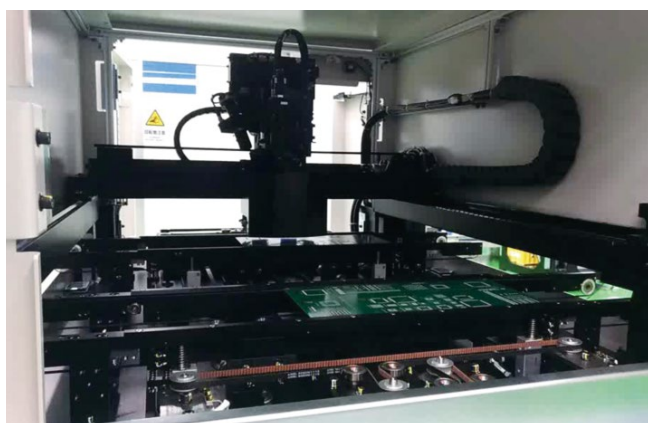


Fig. 3 シングルヘッドデュアルレーン機内部 (検査中)

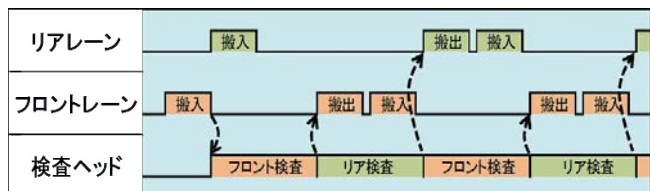


Fig. 4 搬入出と検査のタイミング図

4-2 不良発生時の動作

はんだ印刷検査において、基板を不良判定した場合、検査機は不良停止中となり、オペレータによる確認を待つことになる。

競合他社では、不良発生時にフロント・リアの両レーンが停止する仕様が多い。本機では、不良発生中であっても他方レーンの生産を継続することが可能となっている(Fig. 5)。これにより、不良発生時の生産性への影響が最小限となっている。

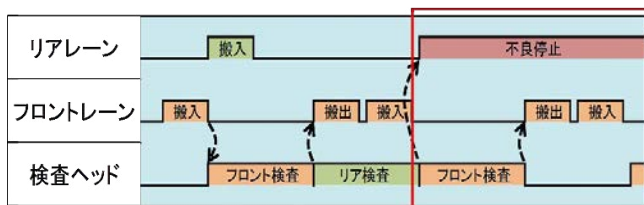


Fig. 5 不良停止中の搬入出と検査のタイミング図

5 後工程機との接続

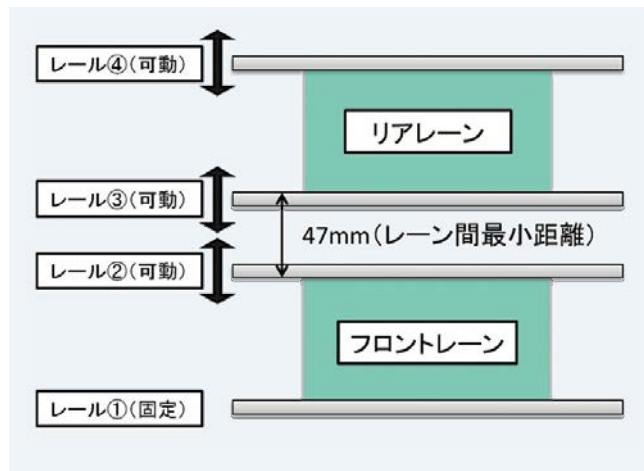


Fig. 6 コンベアレーン関係図

デュアルレーン仕様機において、レーン間最小距離(Fig. 6)は重要である。デュアルヘッド仕様機では構造上、レーン間最小距離が大きく、マウンタとの直結ができない。そのため、レーン間距離を変換するためのトラバーサ^{※3}を使用する必要があった。

シングルヘッド仕様機では、搬送レールのうち、手前1本が固定、残り3本が可動レーンとなっている。加えてレーン間最小距離が47mm(SMEMA規格^{※4}に準拠。デュアルヘッド機は、レーン間距離の規格を満たしていない。)となっており、主要なマウンターメーカーとの直結が可能な仕様となっている。

6 操作画面

はんだ印刷検査機は、生産状況の確認や、不良発生時の計測結果確認等、操作画面の役割が大きい。VPシリーズは、直感的に操作可能なアプリケーションを目指して開発されている。シングルヘッドデュアルレーン機においても、基本的な操作性や画面構成は従来機を踏襲している。(Fig. 7)

今回、フロントレーンの基板とリアレーンの基板を1台のパソコンで検査する必要があるため、2種類の品種を同時に読み込むことが可能なアプリケーションを作成した。(Fig. 8)



Fig. 7 メイン画面構成

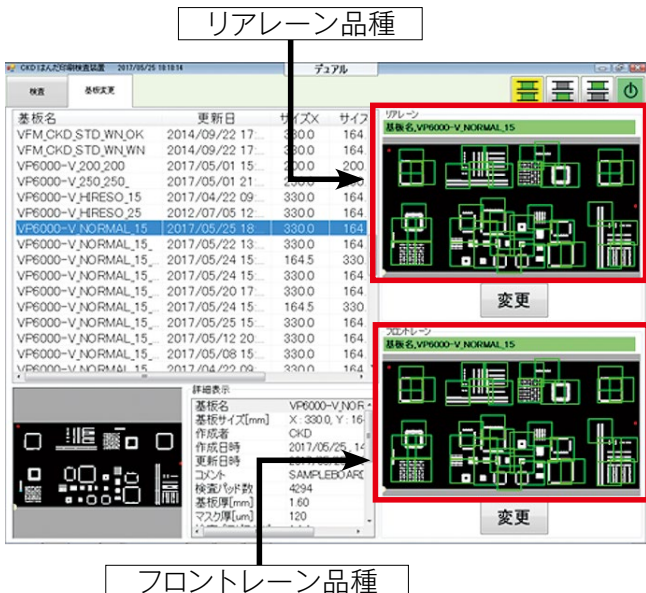


Fig. 8 品種切替画面

また、新たなメイン画面として「デュアルレーン操作画面」を追加している(Fig. 9)。両レーンの生産状況を同時に確認することが可能なほか、自動運転の開始・停止等の操作を1画面で行うことができる。これにより、オペレータによる画面操作や生産状況の確認を、より迅速に行うことができる。

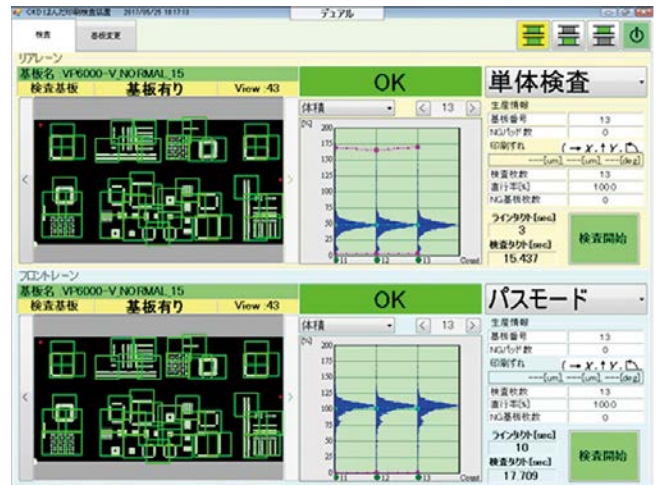


Fig. 9 デュアルレーン操作画面

7 基板搬送速度自動切り替え機能

本機の検査可能な基板サイズは、最小で50×50[mm]、最大で510×680[mm](シングルモード仕様時)となっている。小さく軽い基板の場合は早い速度での搬送が可能な一方、大きく重い基板の場合、搬送速度を遅く設定する必要がある。

本機では、検査する基板の重さによって、自動的に搬送速度を切替える機能を実装している。速度設定は高速・中速・低速の3段階存在し、それぞれ設定画面(Fig. 10)より変更可能である。また、基板の重量は生產品種の外形寸法より自動的に算出しており、新たに基板重量を入力する必要は無い。この機能によって、生產品種に合わせた柔軟な速度変更が可能となった。オペレータによる操作を必要としないため、シングルヘッドデュアルレーン機の生産性向上に、大きく貢献している。

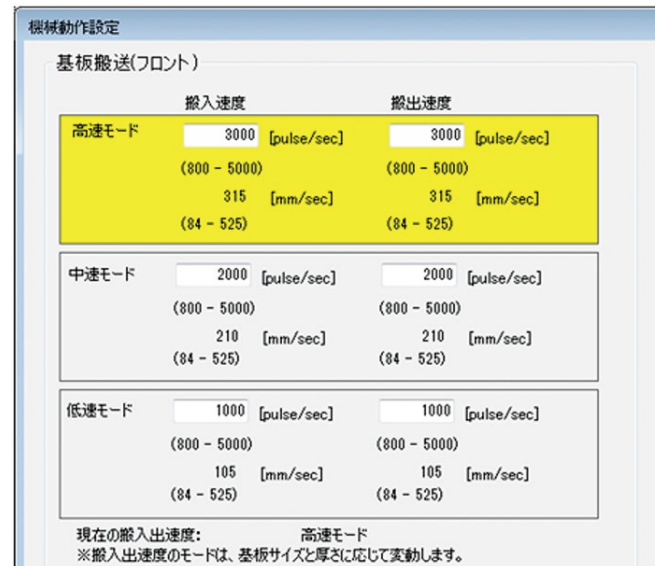


Fig. 10 基板搬送速度設定画面

8 おわりに

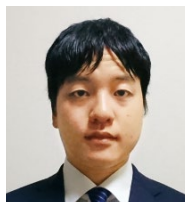
VPシリーズは、顧客ニーズに応じて日々進化を続けている。今回、生産性とコストの両立が可能な、シングルヘッドデュアルレーン機の開発を実施した。今後、さらなる性能の向上・機能の追加を行うことで、表面実装基板生産ラインの高速化・省人化に寄与できるよう、技術の開発を推し進めていきたい。

- ※1 **SMT**: Surface Mount Technologyの略称。電子部品をプリント基板上に実装する手法のこと。
- ※2 **SPI**: はんだ印刷検査装置。印刷機によって印刷されたクリームはんだの状態を検査する装置。Solder paste inspectionの略称。
- ※3 **トラバーサ**: 各ラインに基板を振り分けるためのコンベア。
- ※4 **SMEMA規格**: SMT装置同士の接続に関する規格。コネクタ形状やコンベア寸法等が定められている。デュアルレーン機の場合は、レーン間距離が50mm以下と定められている。

執筆者プロフィール



高村 健介 Kensuke Takamura
自動機械事業本部 第3技術部
Engineering Department
No.3 Automatic Machinery Business Division



二宮 隆弘 Takahiro Ninomiya
自動機械事業本部 第3技術部
Engineering Department
No.3 Automatic Machinery Business Division



巻回機におけるデータ活用

Utilization of Data Obtained from Winding Machines

稲垣 裕介 Yusuke Inagaki

当社ではリチウムイオン電池巻回機を主力製品として取り扱っており、市場は海外へとシフトしている。グローバル市場での競争力を高める為、巻回機の持つ生産性の高さだけでなく、付加価値の向上にも力を入れている。

付加価値を向上させる取り組みのひとつとして、巻回機に装備されている多くのセンサを用いた設備状態の「見える化」、また、それを発展させた「安定稼働」や「予防保全」といった機能の開発を進めている。これらの機能は、近年注目されているIoTやスマートファクトリにも対応させていく。

本稿では、設備から取得できるデータを活用した取り組みの一例を紹介する。

Li-ion battery winding machine is one of our major products and the market has been shifted to overseas. In order to increase our competitiveness in the global market, we have been making effort not only to raise high productivity of winding machine but to increase its additional values.

One of the efforts we have been making is to progress with development of such functions as “Visualization” of the machine condition by using many sensors equipped on the machine, which is to be further developed into “Stable operation” and “Preventive maintenance”.

These functions will be adopted to IoT and smart factory which are paid much attention recently.

This article will introduce one example of our utilization of the data obtained from the machine.

1 はじめに

当社ではリチウムイオン電池製造装置である巻回機 (Fig. 1) を製造・販売している。

昨今、各国での環境問題への取り組み強化により、電気自動車・ハイブリッド車の需要は拡大しており、リチウムイオン電池市場も年々成長を続けている。

市場拡大に伴い高度化する顧客要求に応えるため、巻回機から取得できるデータを有効活用し、設備の「見える化」を中心とした機能開発に取り組んでいる。



Fig. 1 リチウムイオン電池巻回機

2 巻回機について

リチウムイオン電池製造工程の中に巻回工程がある。これはシート状の電池材料である正極・負極・セパレータ2枚の合計4枚を重ねて層状に巻き取る工程

(Fig. 2) である。この工程を自動化したものがリチウムイオン電池巻回機である。

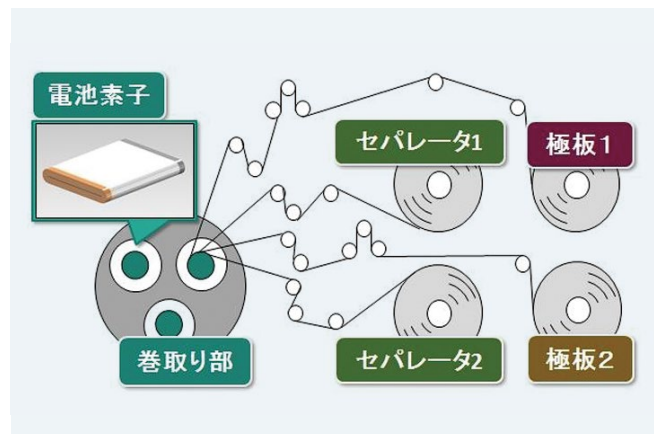


Fig. 2 巻回工程

巻回工程は電池性能を左右する要となる工程であり、巻回機には高品質の電池を安定して生産できることが求められる。

高品質の電池を生産するためには、設備が常に正常な状態を保つ必要があり、設備の状態を容易に把握・管理出来ることが重要となる。

また、安定した生産を維持するためには、消耗品劣化などによる設備停止や、予期せぬ原因による異常停止を回避する必要があり、これらの予兆を早期に発見・対策することが重要となる。

3 巻回機におけるデータ活用

巻回機には制御に使用するためのセンサが多く組み込まれており、センサから得られるデータは巻回機

の状態を把握する重要な手掛かりとなる。これらのデータを活用し、巻回機の安定稼働実現に取り組んでいる。生産稼働での小さな変化や、消耗品劣化の予兆をいち早く把握することで、異常による長時間停止を回避し、稼働率・生産率を向上させることが主な狙いである。

4 データの活用事例

巻回機におけるデータ活用として、つぎの2つの事例について紹介する。

4-1 稼働データによる動作状況の見える化

巻回機の駆動部はエアシリンダやサーボモータなどのアクチュエータにより構成される。

従来、これらのアクチュエータ動作が正常時間内に完了しない場合、アラームにより動作の異常を知らせていた。しかし、この機能では、アクチュエータが決められた時間内に動作が完了したかをチェックしているのみであり、実際どれ程の時間を要したのかまでは確認できなかった。

そこで、アクチュエータの動作のばらつきを定量的に把握できるようにするため、動作に要する時間に加え、動作の開始・完了タイミングを把握・管理できる機能の開発に取り組んだ。

まず、従来では見る事が不可能であった実際の動作に要する時間の見える化に取り組んだ。先に述べたように、巻回機にはセンサが多く組み込まれている。センサから得られる位置データと運転開始からの経過時間のデータを連動させることで、各アクチュエータがいつ、どこにあり、どれだけ時間を要して動作するかを把握することが可能となる。(Fig. 3)

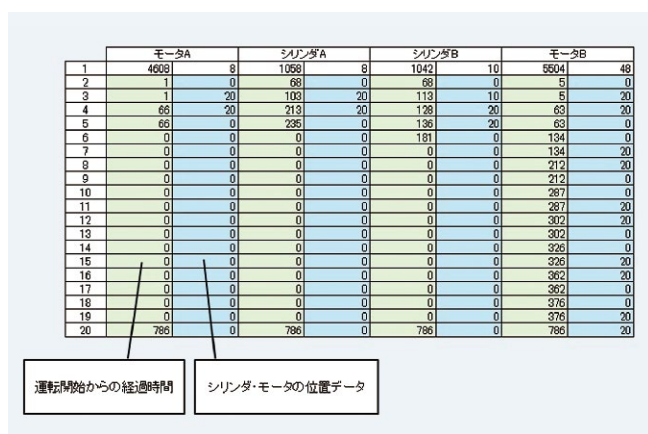


Fig. 3 実稼働から得られたデータ

次に、取得したデータを用いて、タイミングチャート(Fig. 4)の自動作成に取り組んだ。タイミングチャートとして動作を見える化することで、複数のデータを比較した際に、動きの違いを定量的な差として把握できるようになった。

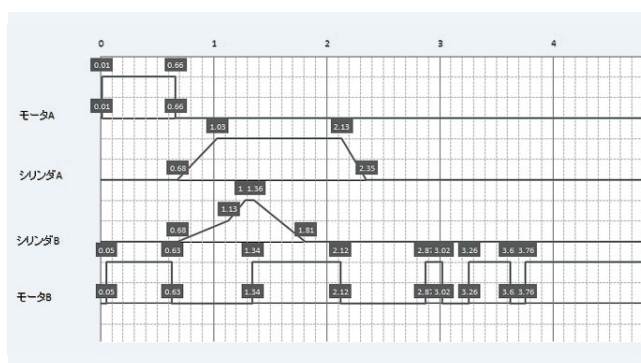


Fig. 4 タイミングチャート

この機能を使うことで、製作時に複数台の巻回機を調整する場合、各機械のアクチュエータの動作時間のばらつきや、動作時間の妥当性の検証ができ、機差の低減に繋がった。(Fig. 5)

さらに、客先に設備を納めた後では、出荷時に保存していたデータと比較することで、経年劣化による動作遅れなど、変化が生じた箇所の把握ができ、トラブル原因の早期究明に役立てることが可能となった。(Fig. 6)

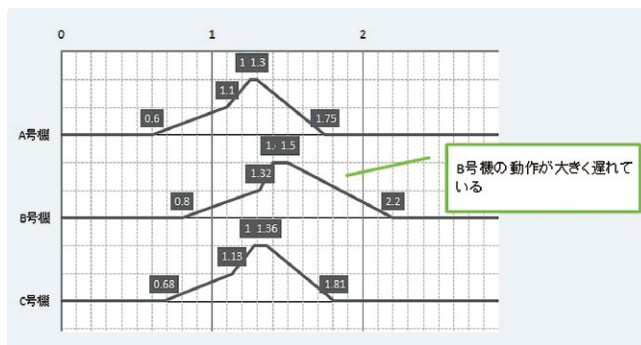


Fig. 5 機差の比較

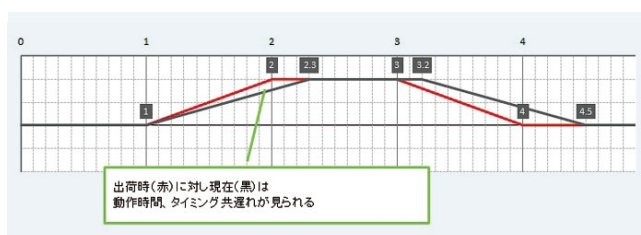


Fig. 6 出荷時との比較

このように、動作を定量的に把握することで、従来は不可能であった設備の詳細な状態を把握・管理が可能となった。この機能は巻回機の安定稼働・予防保全に貢献している。

4-2 エア流量監視を用いた予防保全

消耗部品には、劣化による動作不良の前兆が動作時間に影響しないものもある。その場合、前述のタイミングチャートだけでは故障の早期発見に繋がらないため、別の特性を用いての故障予知が必要となる。

巻回機に使用されている特殊なエア機器においても上記に該当するものがある。この機器での動作時間に

代わる特性を調査した結果、劣化によりエア漏れが発生し、エア流量が増加することが判明した。(Fig. 7)

そのことから、エア流量を監視することで、トラブルを予知する取り組みを行った。

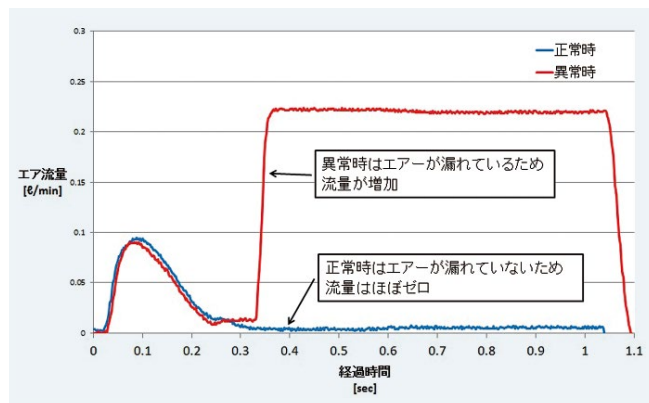


Fig. 7 正常時と異常時のエア流量比較

具体的には、異常状態に至るまでの動作回数と流量変化のデータを蓄積し、解析を行った。その結果、エア機器に異常が発生すると、動作回数と共に流量が増加する現象をみる事ができた。(Fig. 8)

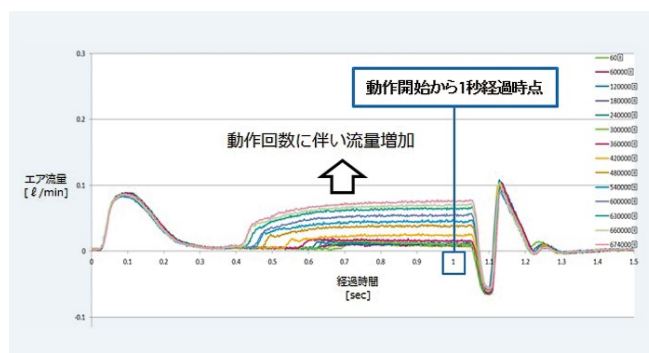


Fig. 8 動作回数と流量の関係

Fig. 8のデータにて動作開始後1秒経過時点での流量を、横軸が動作回数のグラフで表現したものがFig. 9である。

このグラフから動作回数30~35万回を変化点とし、流量が増加し始めることがわかった。

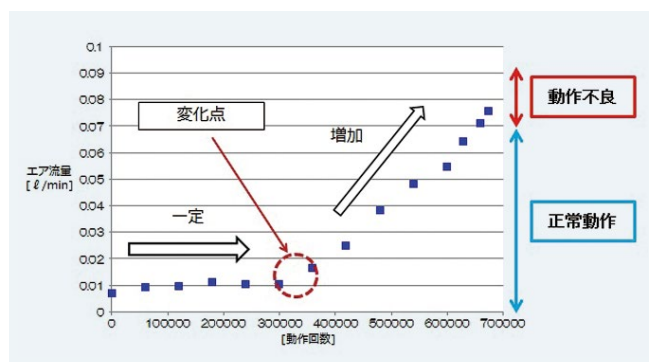


Fig. 9 動作回数と流量の関係

実際には、エア漏れを発生させながらも、動作としては正常に動作し、漏れ量がある量に達した時点で動作不良となった。

つまり、このエア機器は予兆なく突発的に故障するわけではなく、徐々にエア漏れ量が増加していき故障に至ることが判明した。そのため、流量変化を故障の予兆として捉えることができることが分かり、故障レベルに至る前に警報レベルを設けることで、故障予知が可能となった。(Fig. 10)

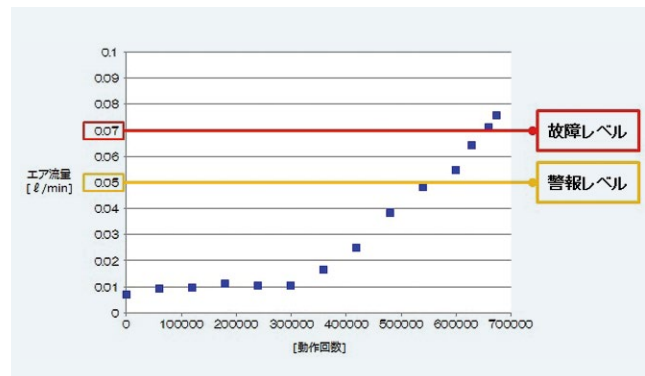


Fig. 10 動作回数と流量の関係

このように動作に要する時間では故障予知が不可能な機器においても、別の特性を用いることで故障予知が可能となり、巻回機における安定稼働に繋がった。

6 おわりに

近年のIoTブームにより、世界には多くのデータが溢れているが、重要なのは取得したデータを如何に有効に使うかである。

当社ではその点に注力し、高度化する顧客要求に的確に応えていけるよう今後も機能開発を進めていく。

また、必要となるデータをネットワーク経由にて収集可能なシステムと連携し、遠隔地であっても故障診断できる機能などの拡充を目指す。

執筆者プロフィール



稲垣 裕介 Yusuke Inagaki
自動機械事業本部 第2技術部
Engineering Department No. 2
Automatic Machinery Business Division



油圧緩衝器ショックキラーの高タクト化技術

Takt Time Reduction Technology in Hydraulic Shock Absorber "Shock Killer"

中井 政司 Masashi Nakai

吉田 泰裕 Yasuhiro Yoshida

田中 広 Hiroshi Tanaka

機械装置において、高速・高応答・高タクトへの要求は日々高くなっており、これに応えるため、様々な機構や構造が考案されてきた。こうした高速化への要求の裏側には停止時に衝撃が増大するという課題が生じる。よって、高速化への要求に応えるためにはエネルギー吸収という「止める」技術が、今後ますます重要になり必要不可欠になる。そこでエネルギー吸収方法の一つである油圧式緩衝器「ショックキラー」における高タクト化技術について紹介する。なお、当社では油圧式緩衝器を「ショックキラー」と呼んでおり、本稿では以下すべてショックキラーと表記する。

Demands for high-speed, high-response machines with shorter takt time are growing day by day, and to meet these demands, various mechanisms and structures have been devised. However, behind such demands exists a problem that the higher the speed, the greater the shock when a moving load is stopped. In order to address this need for higher speed, "stopping" technology, or energy absorption, will become increasingly more important and indispensable. In this paper, the takt time reduction technology adopted in the hydraulic shock absorber "Shock Killer", which is one means of energy absorption, is introduced. The hydraulic shock absorber is called the "Shock Killer" at CKD and is hereinafter referred to as the "Shock Killer".

1 はじめに

空圧機器のエネルギー吸収には、ゴムクッション、エアクッションが一般的であるが、ガイド付シリンダやロッドレスシリンダにおいては、高エネルギーを吸収するため、ショックキラー付シリンダが増えてきた。

従来の搭載用ショックキラーはエネルギー吸収に主眼が置かれており、応答性・作動時間などの時間特性への要求はあまりなかった。

しかし、シリンダへの高速化の要求が進むにつれ搭載されているショックキラーにも高速化要求が高まり、エネルギー吸収だけでなく、時間特性が求められるようになった。当社では、これらの要求に応えるため、作動時間に着目したショックキラーの開発に取り組み、リニアスライドシリンダ用ショックキラー「SKLシリーズ」を開発・発売した。この開発過程を織り交ぜながら、本稿ではショックキラーの高タクト化技術を紹介する。

2 ショックキラーの概要

ショックキラーとは、運動エネルギーを熱エネルギーに変換することで速度を持った物体を滑らかに停止させる油圧式緩衝器である。

Fig. 1にショックキラーの外観を示す。

速度をもった物体がショックキラーのピストンロッドにあたると、その力はピストンを介し圧力室のオイルに伝えられる。オイルはオリフィスを通り圧力室から流出する。オリフィス通過時の粘性抵抗により圧力が上昇し抗力が発生するとともに、流動摩擦により熱

が発生しオイル温度が上昇する。このようにショックキラーは、運動エネルギーを熱エネルギーに変換することでエネルギー吸収を行う(Fig. 2)。



Fig. 1 ショックキラーの外観

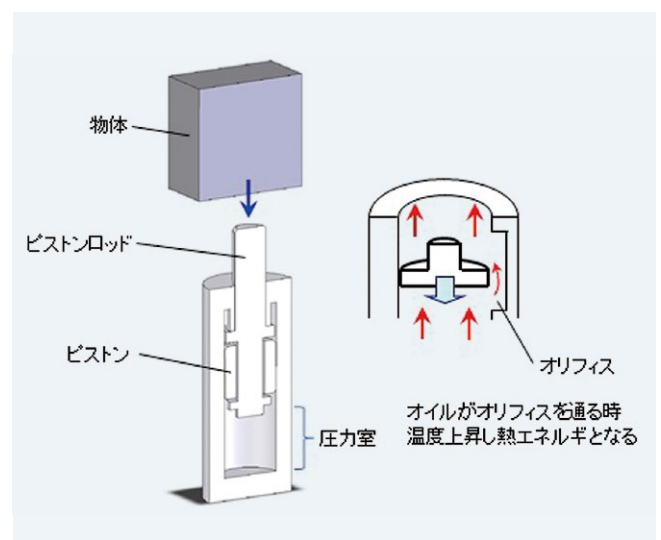


Fig. 2 エネルギー吸収の略式図

ショックキラーのエネルギー吸収特性は、抗力ストロークで表される。抗力はオイルの粘性、速度および、オリフィス断面積に依存するため、これらを制御することで理想的な衝撃吸収を得ることができる。また、抗力ストローク特性(以下、吸収特性)を見れば、波形形状や衝撃の有無などでショックキラーのエネルギー吸収状態を確認できる。

Fig. 3に正常吸収時と異常吸収時の吸収特性を示す。

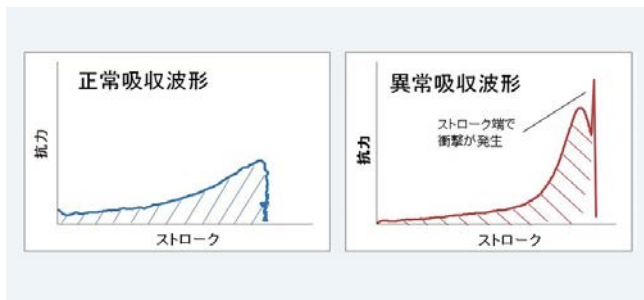


Fig. 3 エネルギー吸収時の吸収特性

3 高タクト化への課題

高タクト化を行うには、物体が衝突してから停止するまでの作動時間を短くする必要があり、SKLの開発では従来比50%の作動時間短縮を目標とした。吸収特性と作動時間の関係に着目するとエネルギーを吸収している時間は極わずかであり、吸収後のストローク移動に時間がかかっていることがわかる。(Fig. 4)

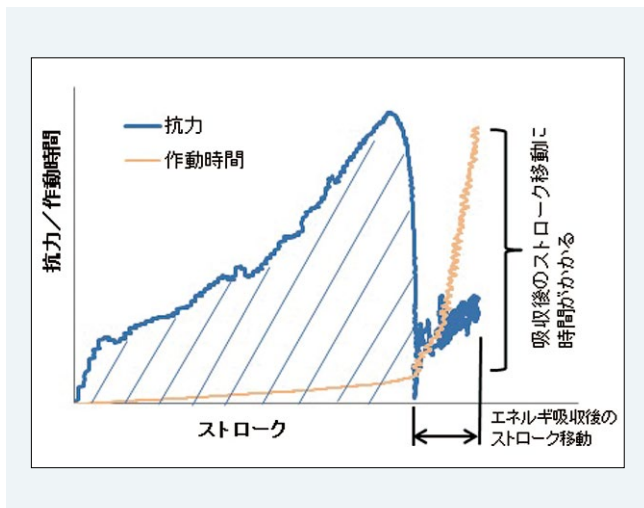


Fig. 4 吸収特性と作動時間の関係

この吸収後のストローク移動をなくすことで作動時間を短縮することが可能となる。しかし、ショックキラーは作動回数とともに吸収特性が変化する。吸収特性はFig. 5のように作動回数が増えるとストローク初期でのエネルギー吸収が減り(矢印①)後期での吸収が増える(矢印②)傾向にある。吸収後に移動するストローク量は吸収特性の変化を補う余裕ストロークとなっており、単純にストロークを短くし、吸収後のストローク

移動をなくすと吸収特性の変化によりエネルギー吸収ができず耐久性が短くなるという問題がある。このように作動時間を短縮するには、特性変化をいかに減らせるかが課題となる。

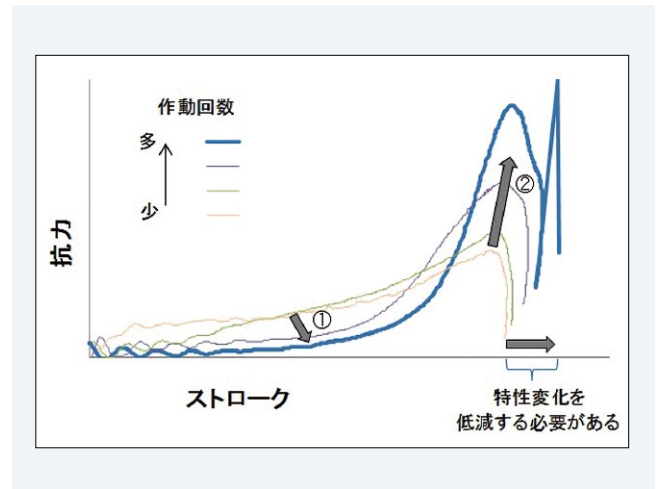


Fig. 5 吸収特性の変化例

4 高タクト化への取組み

エネルギー吸収特性の変化は、部品の摩耗と内部気泡に大きく影響を受ける。中でも内部気泡は、さらに外気を引き込むなどの悪循環を起こすため対策が必要である。

内部に気泡が侵入または残留していると物体が衝突したときに気泡が圧縮されるため、エネルギー吸収量が低下し特性に変化がおこる。Fig. 6に吸収量の低下例を示す。

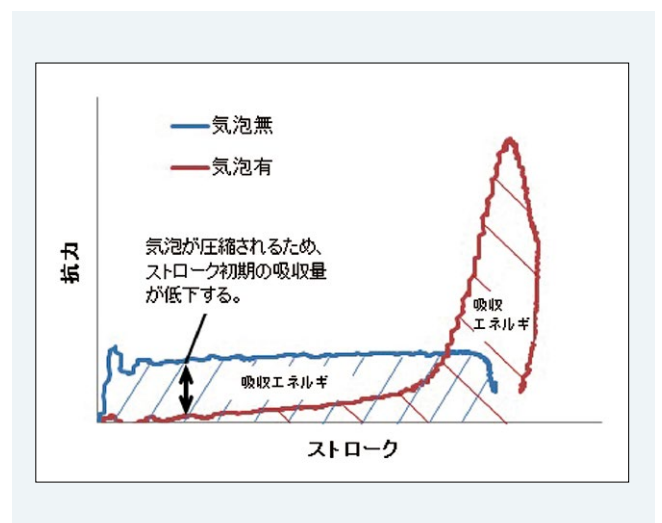


Fig. 6 気泡侵入による吸収量の低下

また、気泡圧縮による体積変化により、ロッド側に負圧が発生する。このためロッド側シール部より外気を吸込み、徐々に内部の気泡が増えエネルギー吸収量が低下していく。

Fig. 7に負圧の発生例を示す。

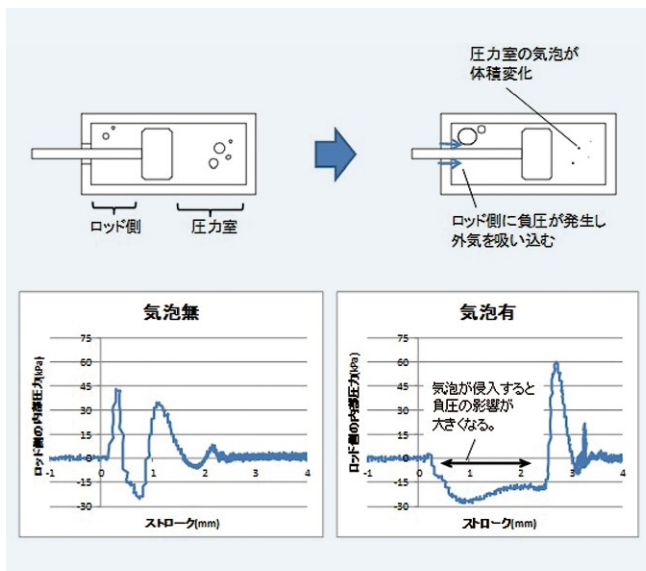


Fig. 7 気泡侵入による負圧の発生状況

このように内部気泡は吸収特性のばらつき、および、特性変化に大きな影響を及ぼすため、内部気泡を低減させることで特性変化を飛躍的に低減することができる。当社ではSKLの開発過程において、気泡低減に着目し、オイルの脱気などの技術開発に取り組み、特性変化の低減と作動時間の従来比50%短縮を実現した。(Fig. 8)

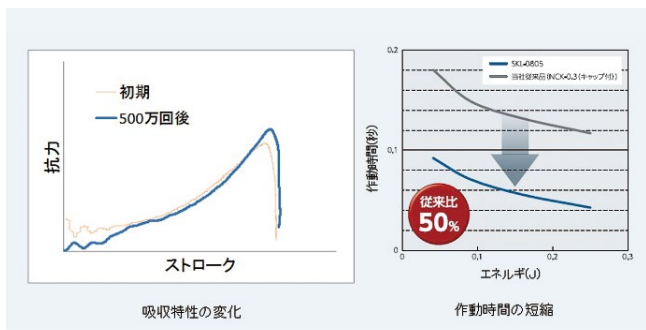


Fig. 8 特性変化の低減と作動時間短縮

5 気泡低減化の技術

開発過程において取り組んだ気泡低減技術の一部を紹介する。

5-1 オイルの気泡除去技術

オイルは注入などにより空気と攪拌されることが多く、オイル中に細かな気泡が存在する。また、オイルには気体を溶解させる特性があり、溶解された空気も含んでいる。これらの空気はショックキラーが作動すると繋がり合い大きな気泡となり、ショックキラーの特性に影響を及ぼす。この気泡を除去するために以下の方法がある。

5-1-1 真空脱気

ショックキラーのオイル充填時に真空圧を加える

ことでオイル中に浮遊している極めて小さな気泡を除去する方法。真空圧により気泡の体積が増え、浮力が増すため浮き上がるので、オイル中の気泡を除去できる。(Fig. 9)

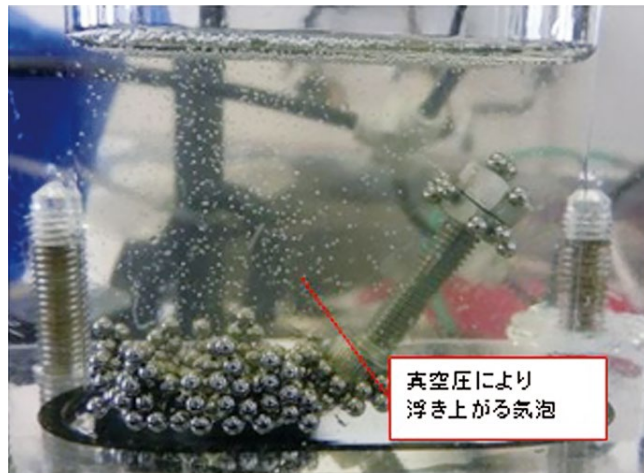


Fig. 9 真空による脱気

5-1-2 真空攪拌脱気

オイルに真空圧を加えた状態で攪拌するとオイル中に溶け込んだ空気が気泡化する。これによりオイル中の空気を脱気する方法。(Fig. 10)

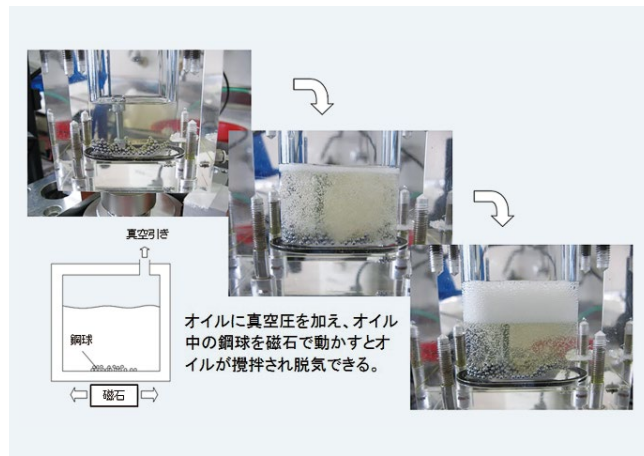


Fig. 10 真空攪拌による脱気

5-2 残留気泡の除去技術

組立段階でショックキラー内部に気泡が残留すると外部の空気を引き込みやすくなり、加速的に内部への空気の進入が増え、吸収特性が変化する。この残留気泡を低減させるため以下の方法がある。

5-2-1 真空置換充填

オイル中にショックキラーを浸漬し、真空圧と大気圧を一定時間ごとに加えることでショックキラー内部の気泡を抜き、内部の残留気泡を低減させる。

5-2-2 油中置換充填

ショックキラーの内部部品を油中にて組み付けることで、内部への残留気泡を低減させる。

5-3 チャンバの強化技術

ショックキラーは密閉空間にオイルが充填されており、ピストンロッド作動による内部体積変化を吸収するため、チャンバが内蔵されている(Fig. 11)。

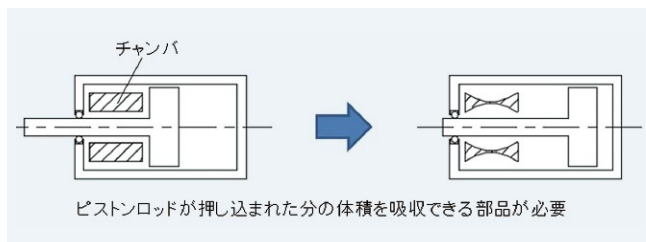


Fig. 11 体積変化するチャンバの略式図

チャンバの材質は独立発泡ゴムを使用している。スポンジ状のゴム材料で内部に空気が存在するため、外圧が加わると体積が小さくなる特性がある。また、内部の空気が外部と繋がっておらず、オイル中に空気が放出されることがない。しかし、ショックキラーの作動に伴い、伸縮を繰り返すうちに独立性が壊れ、オイル中に空気が漏れ、ショックキラーの吸収特性に影響を及ぼす。これを防ぐ技術としてチャンバの外部にコーティングを行い表面部分の厚みを大きくすることで、伸縮による破損を防止する。(Fig. 12)

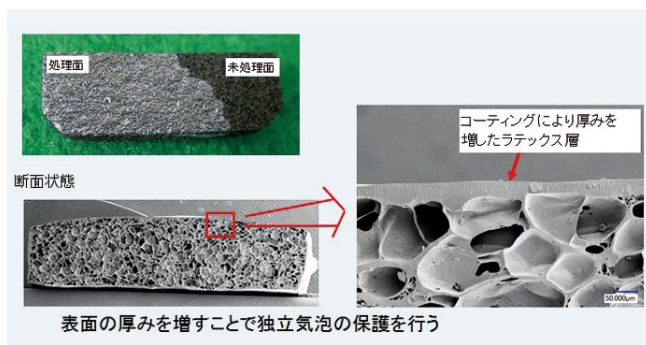


Fig. 12 チャンバへのコーティング

6 おわりに

これら要素技術の中から生産性・コスト・品質のバランスを考慮して選択した技術を採用することによりSKLは作動時間の短縮と耐久性を両立することができた。耐久性については、シリンダと比べた場合、まだ追いついたとは言えない。今後さらなる技術革新により作動時間が短く、かつ、シリンダと並ぶ耐久性のある製品に改良していく。

執筆者プロフィール



中井 政司 Masashi Nakai
コンポーネント本部 FAシステムBU
第2 技術部
Engineering Department No. 2
FA System Business Unit
Components Business Division



吉田 泰裕 Yasuhiro Yoshida
コンポーネント本部 FAシステムBU
第2 技術部
Engineering Department No. 2
FA System Business Unit
Components Business Division



田中 広 Hiroshi Tanaka
コンポーネント本部 FAシステムBU
第2 技術部
Engineering Department No. 2
FA System Business Unit
Components Business Division

■ 出典 ■

出願番号:特開2016-035299



薬液バルブの5MPa 高圧対応技術

Technology for Handling High Pressure (5 MPa) in Chemical Liquid Valves

鍋井 立視 Tatsushi Nabei

半導体の微細化、高性能化に伴い、従来以上の汚染物除去性能を持つ種々のウェハ洗浄技術が開発されている。

その内の一つとして、高圧の純水をウェハに噴射する高圧スプレー洗浄がある。

洗浄原理は、純水がウェハに衝突する単純な物理力だけでなく、ノズルから噴射された高圧の純水と大気圧との圧力差、および純水が高速でウェハに衝突する際の圧力変化で、キャビテーションが発生することにある。

当社では、高圧スプレー洗浄に使用される、高圧力の純水を制御可能な樹脂バルブを開発・発売した。本稿では、薬液用バルブの高圧対応技術を紹介する。

As semiconductors become smaller and provide better performance, various wafer cleaning technologies with higher performance in contaminant removal are being developed. One of which is the high-pressure spray cleaning that injects high-pressure pure water onto wafers. This cleaning mechanism involves not only the physical force created by simply colliding pure water with wafers but also the cavitation generated by the pressure difference between high-pressure pure water injected from the nozzle and atmospheric pressure and by the pressure change that occurs when pure water collides with wafers at high speed.

In light of this, CKD has developed and released the resin valve which can control high-pressure pure water used in high-pressure spray cleaning process. This paper describes the technology that enables CKD's valves for chemical liquids to control fluids at high pressures.

1 はじめに

半導体製造工程では大量の純水、薬品が使用され、それらを制御するバルブはメタルコンタミを嫌うために、PTFEなどのフッ素樹脂製のダイアフラムバルブが使用されている。(Fig. 1)

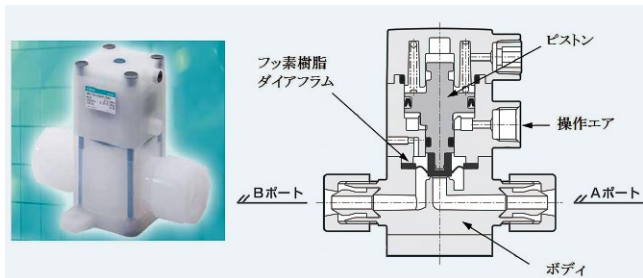


Fig. 1 フッ素樹脂ダイアフラムバルブ

1MPaを超えるような高圧では、ダイアフラムの薄膜が圧力に耐えられずに破損する懸念があるため、従来の高圧バルブではダイアフラムを使用しないOリング軸シールタイプのバルブが主流であった。(Fig. 2)

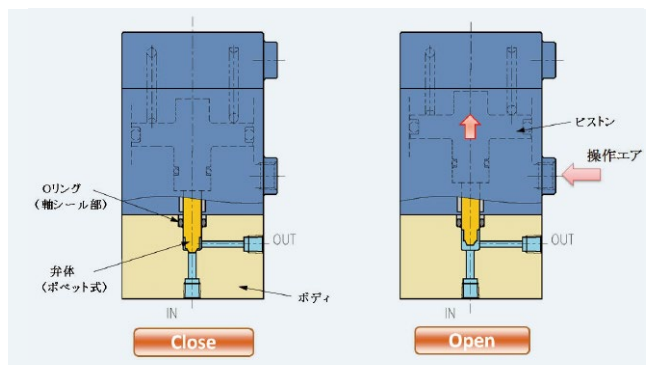


Fig. 2 従来の高圧用バルブ

しかし、軸シールタイプのバルブでは、接液部にOリングを使用しており、バルブの開閉動作時の摺動によりOリングが摩耗し、パーティクル発生源となる懸念があった。

当社では、これら課題を解決するため、5MPaの高圧にも耐えるPTFEダイアフラムを使用した高圧バルブの開発を行った。

2 高圧バルブの構造と動作原理

開発した高圧バルブの構造と動作原理をFig. 3に示す。

操作エアを加圧していないバルブ閉状態では、アクチュエータのスプリング荷重によりピストンが押し下げられ、ダイアフラムをボディに押し付けることにより流体を遮断している。

アクチュエータの操作ポートからエアを加えてピストンを持ち上げると、補助スプリングによりロッドが持ち上がり、ロッドに締結されているダイアフラムも持ち上がることで、IN側からOUT側に流体が流れるという仕組みになっている。

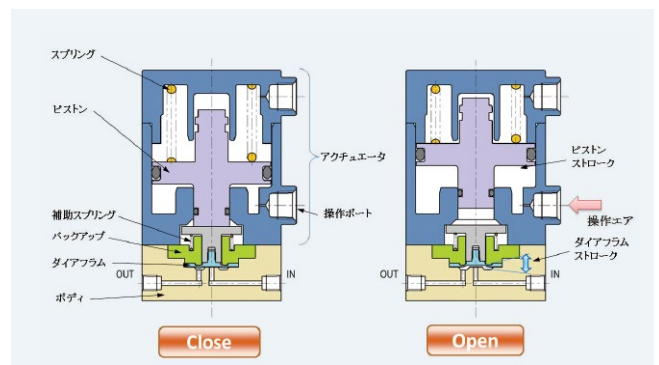


Fig. 3 5MPa 高圧バルブの動作原理

3 高圧対応技術

5MPa高圧バルブの特徴として、下記3点が上げられる。

- ①アクチュエータ分離構造
- ②逆アーチ形状のダイアフラム膜
- ③R形状バックアップ

①アクチュエータ分離構造

当バルブに限らず、薬液用バルブには開閉動作を検知するマイクロフォトセンサ付きのオプションがある。(Fig. 4)マイクロフォトセンサは、ピストンの上下動作を検知するため、その上下の動作長がマイクロフォトセンサの最小検出長0.8mmを超える必要がある。また、5MPa高圧バルブでは、高い流体圧力でもシールを可能にするために、数百Nの高荷重スプリングを必要とする。

そのためアクチュエータはスプリングを収めるための容積と強度を有し、0.8mm以上のピストン動作長が必要である。

高い流体圧を受けるダイアフラムは、直径を小さくして受圧面積を少しでも小さくした方が、ダイアフラムに加わる負荷が小さくなる。しかし、ダイアフラムを小型化すると、その上下方向への可動域は小さくなり、無理に大きく上下動作させると、ダイアフラムの破損につながってしまう。

この課題を解決するために、Fig. 3に示すアクチュエータ分離構造を採用し、ピストンは大きく上下動作してもダイアフラムの上下動作は小さく抑えたことで、ダイアフラムの耐久性向上に大きく寄与している。



Fig. 4 マイクロフォトセンサ付5MPaバルブ

②逆アーチ形状ダイアフラム

通常のダイアフラムバルブ(Fig. 5)では、ダイアフラムの液圧を受ける側が凹となるアーチ形状となっているが、今回の様な高い流体圧力が加わる場合は、ダ

イアフラム薄膜が伸び、その根本に過大な引張応力が発生し、耐久性が低下する。Fig. 5に通常のダイアフラム薄膜の内部応力状態のイメージ図を示す。

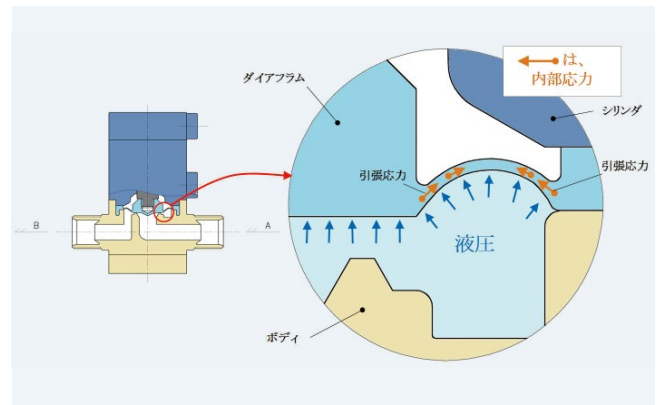


Fig. 5 通常バルブのダイアフラム

上記課題を解決するために、今回のダイアフラムは流体側に凸形状の逆アーチ型とすることを考案した。(Fig. 6)5MPaの高い流体圧力が加わると、薄膜部が変形して後述するバックアップに当接するが、逆アーチ形状を維持しているため、応力の集中する薄膜根元には圧縮応力のみが発生する構造となっている。これは、石積みによるアーチ橋と同じ原理で、柔らかいPTFEで高圧に耐えるために、新規に採用した形状である。

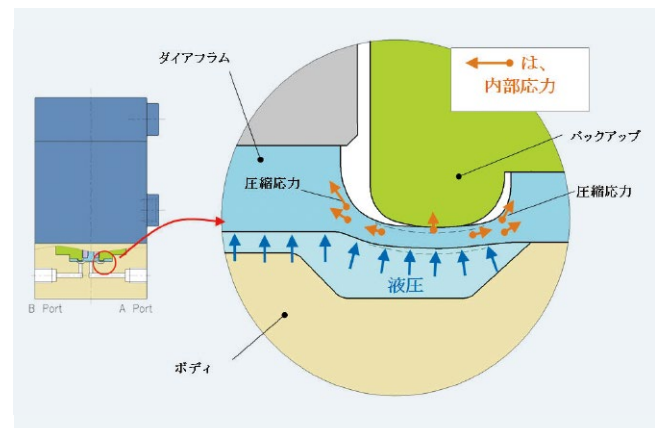


Fig. 6 5MPa 高圧バルブのダイアフラム

③R形状バックアップ

高圧化対応のための第3の方策として、R形状バックアップにダイアフラム薄膜部を積極的に当接させる設計とした。これにより、高い流体圧力を受けた時にも、ダイアフラムは逆アーチ形状を維持し、耐久性が確保される。

また、通常はロッド側にバックアップを固定することが多いが、当製品はシリンダ側にバックアップを固定した。これにより、液圧による荷重がロッドだけでなくシリンダ側にも分散され、小さいスプリング荷重でダイアラムをボディに押し付けることが可能となり、ダイアラムへの負荷が軽減される。(Fig. 7およびFig. 8)

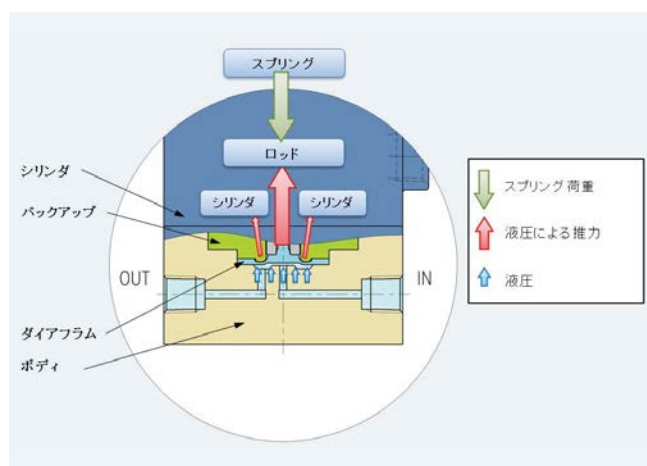


Fig. 7 バックアップの効果

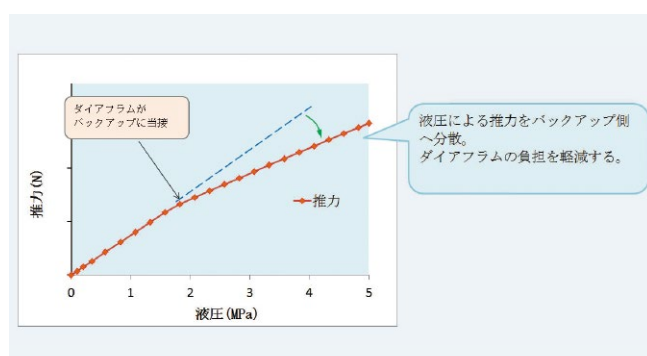


Fig. 8 ロッドが受ける液圧による推力

以上のように5MPa高圧バルブでは、高い流体圧力を受けても、バックアップにてダイアフラム薄膜の変形を最小限に留め、かつ逆アーチ構造にて引張応力ではなく圧縮応力とし、さらに適切なダイアフラム動作長により薄膜部根本への負荷を最小限とすることで、高圧下における耐久性向上を実現可能としている。

4 おわりに

半導体デバイスの高集積化と高性能化に対応するため、半導体製造プロセスは更なる技術開発が進んでいる。それに伴い、純水・薬液用バルブも更なる進化が求められている。

今回、通常使われるバルブの圧カスペック0.5MPaの10倍となる5MPaの要求に対し、特殊形状ダイアフラムで応えることができた。

年々高くなっていく技術開発の壁に、今後もチャレンジを続け市場の要求にタイムリーに伝えていく。

執筆者プロフィール



鍋井 立視 Tatsushi Nabei

コンポーネント本部 ファインシステムBU 第1技術部
Engineering Department No. 1
Ultra High Purity Products Business Unit
Components Business Division



薄板コイル技術を用いた大電流ノイズフィルタ

High-Current Noise Filter Utilizing Thin Plate Coil Technology

伊藤 正斎 Masatoki Ito

ノイズフィルタはインダクタ(コイル)とコンデンサを組合せたもので、組合せ方により高周波ノイズを取除く「ローパスフィルタ」や、低周波ノイズを取除く「ハイパスフィルタ」とすることができ、様々な装置内に搭載されている。

当社には独自の薄板コイル技術に応用した「高熱伝導コイル」があり、様々な製品に応用している。今回、この高熱伝導コイルをノイズフィルタに応用した「大電流ノイズフィルタ」を開発したため、本稿において概要及び、要素技術の一部を紹介する。

Noise filter consists of an inductor (coil) and a capacitor. Depending on the method of combination, it can be used as a “low-pass filter” removing high-frequency noise and as a “high-pass filter” removing low-frequency noise. Various kinds of equipment are provided with noise filters.

CKD’s “high heat conducting coils” utilize our own thin plate coil technology and are used in various products. This paper describes the overview and a small portion of elemental technology of the “high-current noise filter”, developed by CKD, in which “high heat conducting coils” are employed.

1 はじめに

プラズマを利用する半導体製造装置においては、プラズマを発生させるために高周波を用いる場合がある。しかし、プラズマ生成時に高電圧の、高周波ノイズが発生し、ヒータ等周辺機器の電気回路に回り込み、最悪の場合電源の破壊等を引き起こしてしまう。そこで、電気回路内に高周波ノイズを除去する「ローパスフィルタ」を設置し、周辺機器の保護を行っている。(Fig. 1)

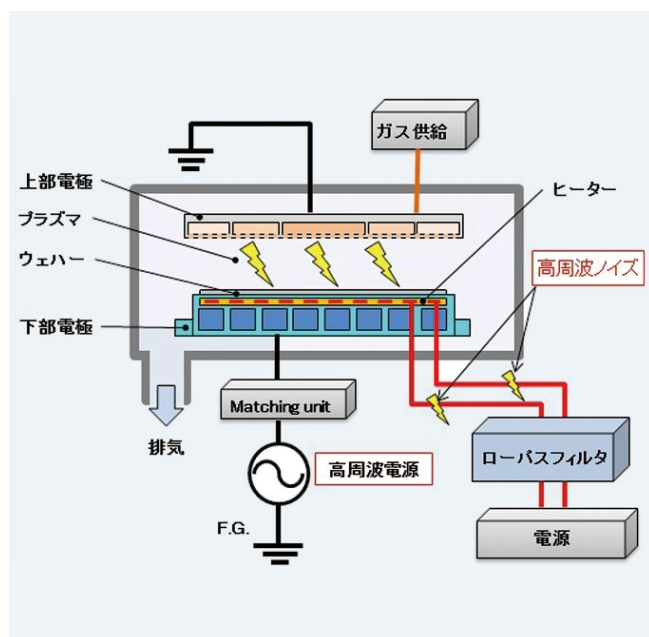


Fig. 1 プラズマを利用する装置

ローパスフィルタはコイル(インダクタ)とコンデンサの組合せで構成されている。(Fig. 2)

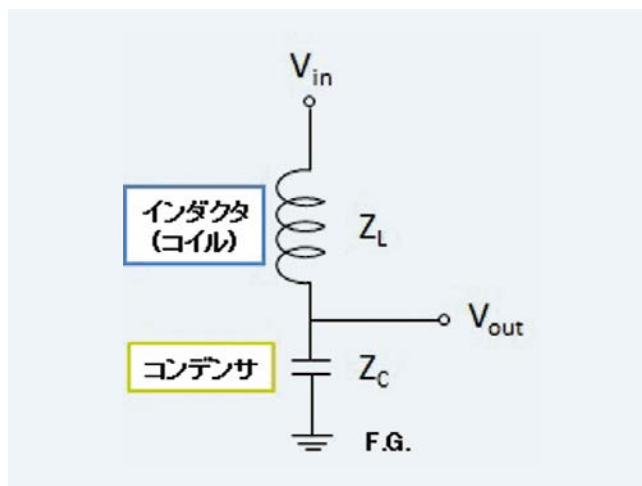


Fig. 2 ローパスフィルタの構成

主要部品である従来のコイルは、丸線や平角銅線を用いて製作されている。これらの線材で巻かれたコイルでは元来放熱特性が良好ではないため、ヒータ用電気回路等の大電流を流す回路では発熱が大きくなる。そのため、放熱のため線間に空隙を確保するなどをしてコイルを大型化しなければならず、装置に搭載することが困難となる場合があった。そこで、ノイズフィルタの小型化を狙い、銅の薄板を巻いて製作する「高熱伝導コイル」を用いたノイズフィルタを開発した。

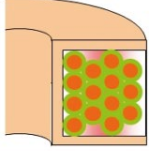
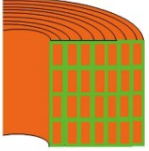
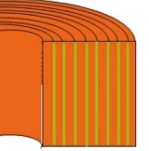
2 要素技術

2-1 高熱伝導コイルの特徴

Table 1に各種コイルの特徴を示す。高熱伝導コイルには当社独自の薄板コイルを採用している。薄板コイルは占積率(単位断面積に占める導体の割合)が高

いため、単位断面積当たりの電流を多く流すことができる。また、薄板の幅方向の伝熱性能が優れているため、電流を多く流した時の発熱を外部に放出しやすい特徴を備えている。

Table 1 各種コイルの特徴

	丸線コイル	平角線コイル	薄板コイル
断面図			
占積率	×	△	○
冷却性能	×	×	○
層間電圧	高い	高い	低い

2-2 冷却方法

Fig. 3に冷却構造を示す。薄板コイルは薄板の幅方向の伝熱性能に優れているため、コイル端面に冷却水を流すヒートシンク(冷却プレート)を接着することで、コイルから発生する熱を容易に取り去ることができる。その際、熱抵抗となる接着層を極めて薄くすることが重要となる。

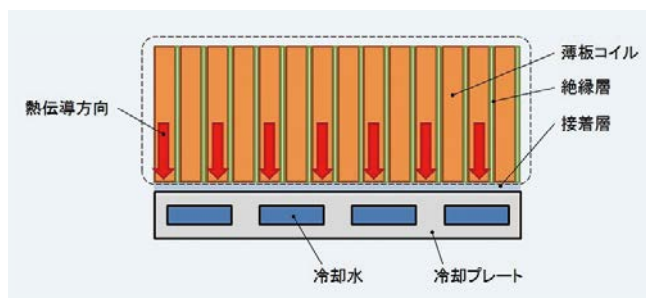


Fig. 3 高熱伝導コイルの構造

3 コイルとコンデンサのインピーダンス

Fig. 2にローパスフィルタはコイルとコンデンサの組み合わせで構成されていることを示した。入力電圧を「 V_{in} 」、コイルのインピーダンスを「 Z_L 」、コンデンサのインピーダンスを「 Z_C 」としたとき、出力「 V_{out} 」は次式で表される。

$$V_{out} = \frac{Z_C}{Z_L + Z_C} \cdot V_{in}$$

上式よりローパスフィルタの性能を上げる（ V_{out} を小さくする）ためには、 Z_L をできるだけ大きく、 Z_C をできるだけ小さくしたほうが良い。

フィルタの性能はコイル、コンデンサのインピーダンスで決まってくるため、フィルタに流れる電流、減衰対象の周波数、減衰量の目標値、耐電圧、フィルタのサイズなどを考慮し、構成品のインピーダンスを調整しなければならない。

3-1 コイルのインピーダンス特性

コイルの仕様を変えることで、インピーダンスを調整することができる。「コイルの層間距離(絶縁層厚さ)」、「コイルのターン数」と「コイル内径」を変えた時のインピーダンスの変化について紹介する。

まず、コイルの層間距離を変えた時のインピーダンスの変化を下図に示す。(Fig. 4)

層間の距離を大きくすることで、コイルの持つ容量成分(寄生容量)が小さくなるため、それに伴いインピーダンス特性が変化する。

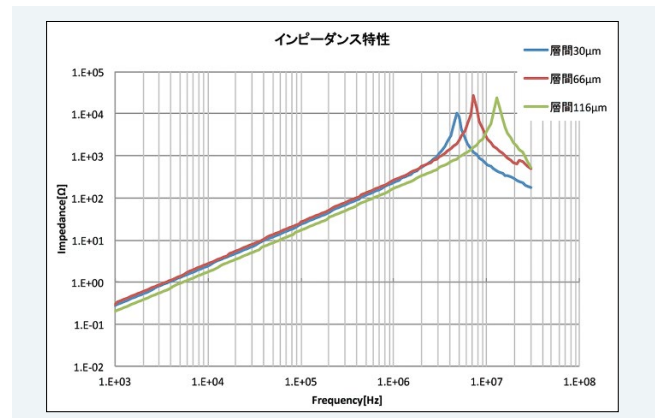


Fig. 4 層間距離を変えた時のインピーダンス特性

ターン数を多くすると、自己共振周波数は低周波数側に、ターン数を少なくすると高周波側に移動する。(Fig. 5)

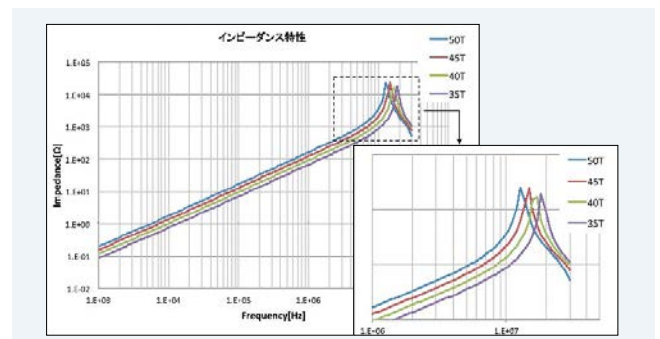


Fig. 5 ターン数を変えた時のインピーダンス特性

また、コイルの内径を小さくすると低周波側に、内径を大きくすると高周波側に自己共振周波数が移動する。(Fig. 6)

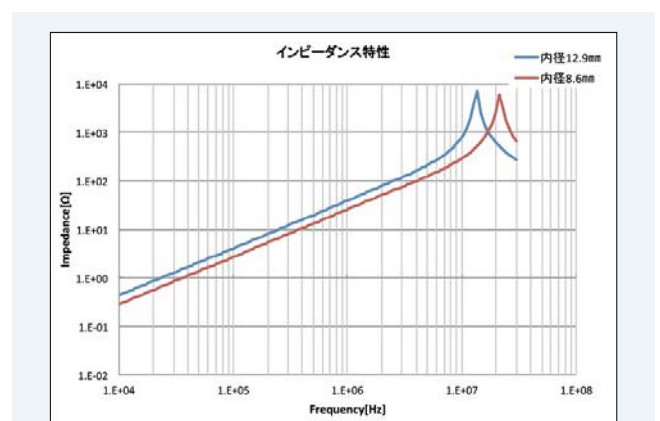


Fig. 6 コイル内径を変化させたときのインピーダンス特性

3-2 コンデンサのインピーダンス特性

コンデンサの自己共振周波数は容量が大きいほど低周波側に動く。(Fig. 7)

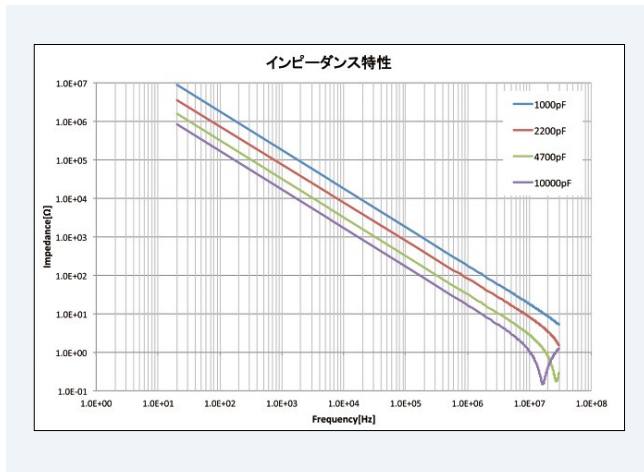


Fig. 7 コンデンサ容量を変えた時のインピーダンス特性

4 製品性能

本項では減衰対象の周波数を13.5MHz、目標減衰量を-40dBとしたサンプル品(Fig. 8)の性能を紹介する。本サンプル品は4ゾーン分のヒータ電源回路を対象とした製品である。

回路図をFig. 9に示す。

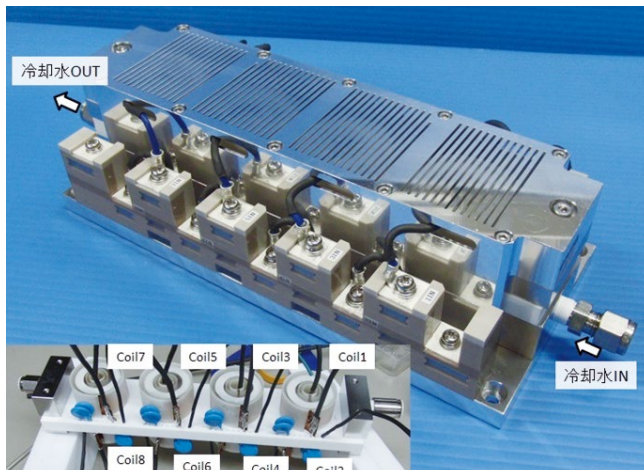


Fig. 8 大電流ローパスフィルタ外観

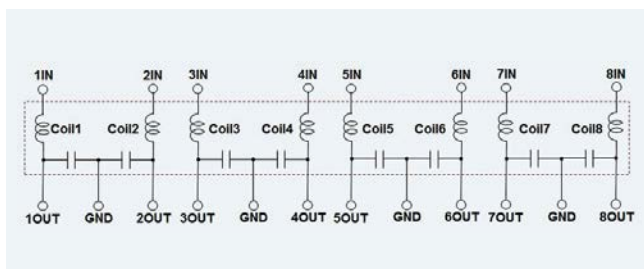


Fig. 9 大電流ローパスフィルタ回路図

今回製作したコイルは従来品と比較し体積比で96%小さくすることができた。(Fig. 10)

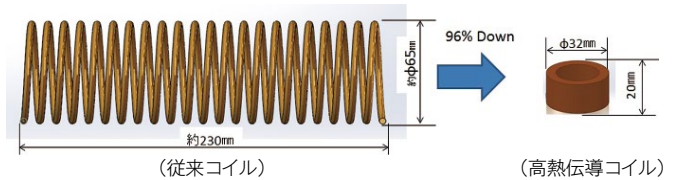


Fig. 10 コイル体積比較

4-1 減衰量評価結果

減衰量の評価結果をFig. 11に示す。減衰対象の周波数13.5MHzでの減衰量は-40dB以下と目標値をクリアすることができた。

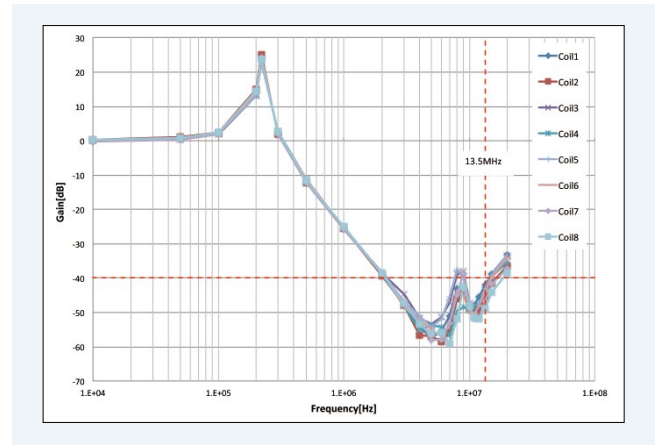


Fig. 11 フィルタ性能評価結果

4-2 冷却性能評価

ヒータ通電時を想定した連続通電時のコイル表面温度上昇を評価する。

回路図をFig. 12に、結果をFig. 13に示す。従来のコイルでは20A通電時に60℃以上の温度上昇となるが、今回製作したコイルでは20℃以下の温度上昇となった。

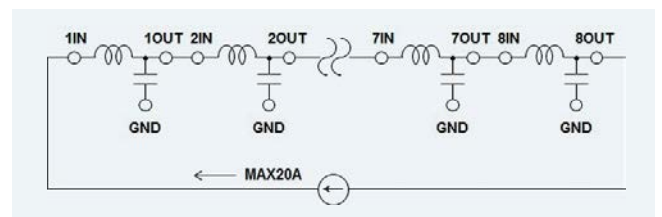


Fig. 12 温度上昇評価試験回路図

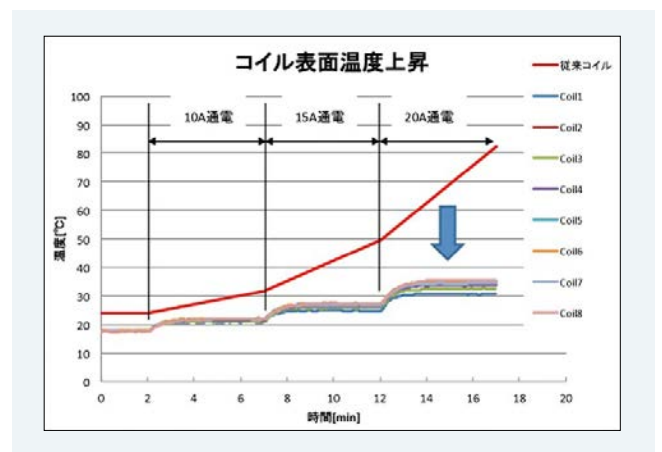


Fig. 13 温度上昇評価結果

5 おわりに

本稿ではコイルの自己誘導作用を用いた「ノイズフィルタ」に高熱伝導コイルを応用した製品を紹介した。今後はコイルの電磁作用を利用した「モータ」や相互誘導作用を利用した「トランス」など、ノイズフィルタ以外にも高熱伝導コイルを展開していく。

執筆者プロフィール



伊藤 正斎 Masatoki Ito
コンポーネント本部 開発技術統括部
R&D and Engineering Administration Department
Components Business Division

■ 会社概要

設 立 1943年4月
代 表 者 代表取締役社長 梶本 一典
資 本 金 110億16百万円
株 式 上 場 東証、名証1部
事 業 内 容 自動機械装置及び省力機器、空気圧制御機器、駆動機器、
空気圧関連機器、ファインシステム機器、流体制御機器など
機能機器の開発・製造・販売・輸出

CKD技報 Vol.4

発 行 2018年 1 月 1 日
発行責任者 国保 雅文
監修責任者 野田 尚彦 伊藤 彰浩
発行事務局 村田 成美

印 刷 所 竹田印刷株式会社
発 行 所 CKD株式会社
〒485-8551 愛知県小牧市応時二丁目250番地
0568-77-1111 (代表電話)

※本誌に掲載されている論文は、下記URLより閲覧が可能です。

<http://www.ckd.co.jp/company/giho/index.htm>

※本誌に掲載されている製品名は、当社が所有する商標または登録商標である場合があります。



自動化で未来を拓く

CKD