

(技術資料)

銅板工場向け操業情報収集システム

Operating Information System for Copper Sheet Plant



藤平雅信*1

Masanobu FUJIHIRA



西田博之*2

Hiroyuki NISHIDA

Kobe Steel has developed a new operating information system for the copper sheet plant at the Chofu Plant. First, we analyzed the manufacturing process at the copper plant and determined the basic policy of the system. Then, we introduced a data collection terminal for each production facility and developed an operation monitoring system. This system enables us to continuously track the real starting and ending times of any work and analyze high-precision operational performance. This paper describes this system and its application.

ま え が き＝当社長府製造所銅板工場の銅板条製品は品種数が豊富で、受注仕様によって処理の順序や内容、あるいは使用設備が異なる。操業の実績管理は従来、現場の作業者が手書した作業日誌や紙チャートで行っていたが、多品種少量生産の進展に伴い、現場の実態把握が困難な状況となっていた。

そこで、工場の実態把握や迅速な不具合対応への活用を図るべく、圧延、焼鈍、酸洗・研磨、スリッタ、めっきなどの工程における主要43生産設備を対象とする操業情報システムを構築した。

本稿では、操業情報システムの要件、主な機能、およびその活用例を紹介する。

1. 操業情報システムの概要

1.1 銅板工場の概要と課題

銅板工場では、半導体のリードフレームや自動車の端子などの用途向けに約50品種の銅合金の製品を月に約5,000ton生産している。製品は、原材料を溶解・鋳造後、熱間圧延、粗圧延、冷間圧延、焼鈍・連続焼鈍、酸洗・研磨、テンションレベラ、スリッタ、めっきの工程を経て完成する(図1)。設備間の半製品の搬送はコイルに巻かれて行われるが、①同一工程に複数の設備が存在する、②運転モード切替で一つの設備が複数の異なる工程を実施可能である、③冷間圧延～酸洗・研磨間の工程をコイルは何度も行き来する、といった要因からコイルの物流は非常に複雑なものとなっている。

一方、品質に対する顧客要求の厳格化が進む中、品質管理の強化が事業課題となっていた。すなわち、従来の操業実績は人手入力、紙ベースで行われており、精度・効率の点で限界があったことから、工場全体を対象に統合的かつ効率的な操業情報管理の仕組が求められていた^{1)~3)}。

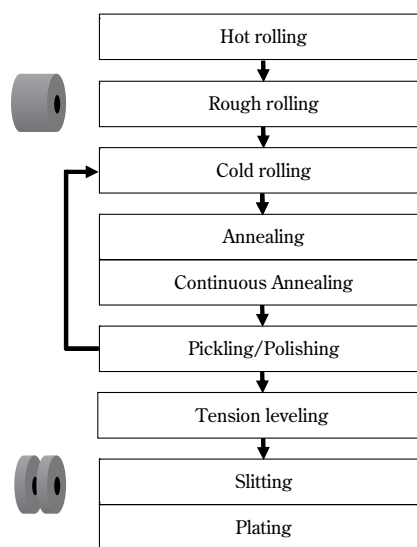


図1 銅板の製造工程

Fig. 1 Manufacturing process of copper sheet

そこで、工場の主要43設備を対象に、設備およびコイルごとに操業実績の把握・分析を可能とする操業情報システムを構築した。

1.2 システムの構成

操業情報システムの構成を図2に示す。操業情報を収集しデータベースに蓄積する操業情報収集システムと、得られた操業情報を活用する稼働状況監視システムから構成される。

1.3 操業情報収集の基本方針

操業情報収集システムは、以下の基本方針を骨格に据えて設計し、構築した。

(1) 一意な現物管理：従来、工程によって現物管理の仕組が異なり、管理が煩雑であった。そこで、コイル一つひとつに一意な現物番号を発行して工場内で統一的に管理する。

*1 技術開発本部 生産システム研究所 *2 アルミ・銅事業部門 長府製造所 銅板工場

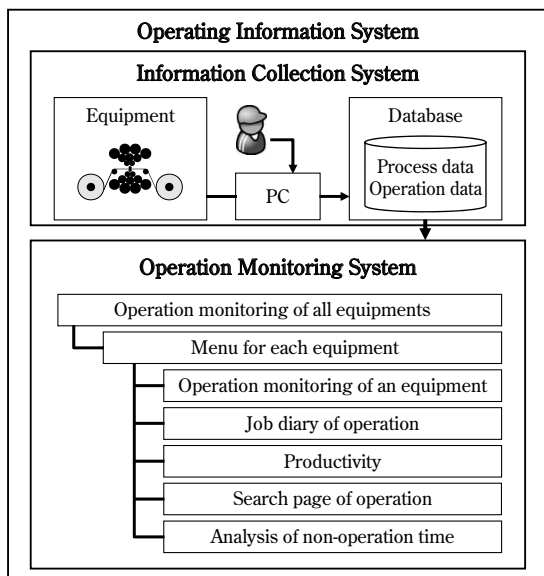


図2 銅板工場の操業情報システムの構成

Fig. 2 Configuration of Operating Information System for copper sheet plant of Chofu works

(2) 操業状態の自動判定：各設備での処理時間を漏れなく高精度に計測するため、操業開始・操業終了、あるいは処理開始・処理終了といった設備状況を設備信号に基づいて自動判定する。

(3) 作業による処理コイルの特定：作業者が現物番号や工程情報を入力し、操業開始から操業終了までをコイル処理実績としてデータベースに保存する。

以上の詳細を順に説明する。

1.3.1 コイル固有の番号による実績管理

銅板工場では従来、処理の実績は注文時に割振られる番号や検査時の番号によって各工程ごとに管理していた。そのため、不具合原因の究明時など過去の製造履歴を調べる際には、工程間で異なる管理番号を対応付ける煩雑な作業が必要であった。

操業情報収集システムの開発にあたっては、まず全工程で統一的な実績管理方法にまで遡って検討し、熱間圧延後に造られるコイルごとに固有の番号（現物番号）を発行し、その現物番号で一貫して管理することを決めた。コイルの分割、結合にも対応すべく、コイルを二つ以上に分割する場合には現物番号に追番を付加することにした。逆に、複数コイルをつないで一つのコイルにする場合には新規の現物番号を発行することにした。以上により、全てのコイルのトレーサビリティを実現した。

1.3.2 設備のタイプ分類と稼働状態の自動判定

銅板工場は、圧延、焼鈍、酸洗・研磨、めっき、スリットなどの生産設備を有し、それらの設備による処理形態は様々である。そこで、システム開発を効率化するため、ワークの処理形態により、「バッチ通板タイプ」「連続通板タイプ」「バッチ焼鈍炉タイプ」の三つに分類した。「バッチ通板タイプ」は、コイルを一つひとつ設備にセットして処理する設備である。「連続通板タイプ」は、処理中のコイルの後端部に次に処理するコイルの先端部を溶接などで接続し、コイルを連続的に処理する設備である。アキュムレータと呼ばれる板のバッファ装置を持

ち、設備を止めることなく板を処理することが可能である。「バッチ焼鈍炉タイプ」は、大きな焼鈍炉に複数のコイルを設置し、焼鈍する設備となる。

つぎに、コイルの処理状況や設備の稼働状況から、設備の稼働状態を次の四つに分類した。

- ①コンタクト：設備がコイルの処理を行っている状態
- ②ハンドリング：設備にコイルをセットし、処理の準備を行っている状態。「連続通板タイプ」「バッチ焼鈍炉タイプ」の設備には存在しない
- ③余裕：稼働中であるが、①コンタクトあるいは②ハンドリングのいずれでもない状態
- ④計画休止：生産調整や保守のために計画的に稼働させていない状態

設備稼働計画から実施日時があらかじめ得られる計画休止を除く①～③の状態は、プロセスデータあるいは設備信号の値や値の変化から判定する稼働状態判定ロジックによって自動的に検知され、変化の都度データベースに設備名、時刻、状態が格納されていく。全ての設備を対象にこの稼働状態判定ロジックを開発し、実運用において調整してデータの精度を高めていった⁴⁾。

1.3.3 データ収集端末

設備ごとに設置したデータ収集端末は、設備プロセスデータの収集に加え、前項で述べた稼働状態の自動判定や、操業実績と現物番号との紐付けを行う。

現場の作業者は、処理対象コイルの現物番号を処理順に端末に事前登録する。端末は、稼働状態判定によって1コイル分の操業実績データが得られる度に登録した現物番号と紐付けし、リスト形式でデータベースに保存する。作業状況によっては事前登録が難しい場合もあるため、コイル処理後に、収集された操業実績データに現物番号を手動で紐付けできる機能も用意した。これにより、現場作業を阻害しないタイミングで入力可能となり、作業効率と確実なデータ入力を両立させた。

端末の画面には設備の模式図にプロセスの数値データを表示し、作業者やスタッフが設備状況を直感的に把握できるようにした。これにより、設備不具合発生の迅速な把握と不具合箇所を特定を可能にし、設備に起因する不良品質発生の防止に活用している。

1.4 稼働状況監視システム

設備から収集したプロセスデータおよび操業実績データは、作業者が入力した現物番号と紐付けしたリスト形式のデータベースに保存されている。本データを活用する仕組として、稼働状況監視システムを開発した(図2)。本システムは、事務所にいる工場幹部やスタッフが工場の状況を迅速に把握することを目的に、データベースの実績データから各生産設備の稼働状況を抽出・整理して視認性の高い画面を表示する。開発コストが低く保守性の高いWebアプリとして開発した。

稼働状況監視システムの入口である全設備稼働監視画面を図3に示す。1行1設備の形式で工場の全生産設備の情報を表示する。各設備の現在の稼働状況（コンタクト中・ハンドリング中・余裕中・計画休止）、その稼働状態に遷移してからの経過時間（分）、および過去48時間の

稼働状況履歴が把握できる。この履歴表示は、直近の設備稼働状況を把握したい生産計画策定者などの利用を想定した。また別画面では、前日生産量や月別累計生産量が把握できるが、これは製造部の日常業務での活用を想定した。

全設備稼働監視画面に表記される設備名は、個別設備詳細情報のメニュー画面へリンクされている。それら設備個別の詳細情報は、工場スタッフへのヒアリング結果に基づき、次のようなページ構成とした。

- (1) 稼働状況照会：月初からの稼働状況（コンタクト中・ハンドリング中・余裕中・計画休止）の推移を表示する。
- (2) 作業日誌情報照会：当該設備が実施した工程の推移を色分け表示する。個々のコイルについては、作業開始時刻・作業終了時刻、所要時間、作業者情報といった作業実績一覧を表示する（図4）。
- (3) 生産性グラフ照会：日計および月別累計の処理量のグラフ、および実働時間、工程別処理量、班別処理量などの生産管理情報を表示する。
- (4) 操業データ検索：現物番号などを検索キーとして作業実績を表示する。
- (5) 余裕時間照会：設備が稼働していない時間を停止要因ごとに集計してグラフ表示する。

作業日誌情報照会や操業データ検索からは、個々のコイル処理実績情報へアクセスしてライン速度やモータ電流値といったプロセスデータをプロット、あるいはCSV形式でデータをダウンロードすることも可能となっている。また、1コイルを対象に、通過した設備・工程を照会



図3 全設備稼働監視画面
Fig. 3 Operation monitoring of all equipments

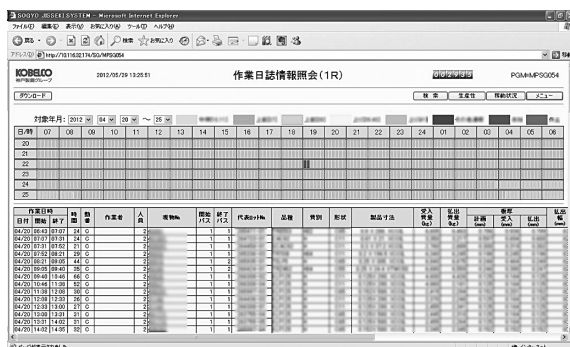


図4 作業日誌情報照会画面
Fig. 4 Job Diary of Operation

する製造履歴照会画面や品質情報を照会する画面も別途装備した。

こうした全設備稼働監視画面や製造履歴照会画面などにより、設備面から見た分析と製品面から見た分析とを容易に実施できる体制が整い、スタッフは事務所に居ながら現場の状況が把握できるようになった。設備のトラブルが発生した際には、プロセスデータ解析などを行うことによって原因分析を行うことができ、トラブルへの迅速な対応を可能にした。

2. 操業実績の活用と効果

2.1 操業情報収集の効果

従来、設備ごと・コイルごとの作業実績は作業者の手入力であった。そのため、作業開始時刻や作業終了時刻の精度が低く、往々にして設備稼働の実態と一致していなかった。また、コンタクトとハンドリングの区別をしないため、ハンドリングに要した時間の実態を把握できていなかった。

本システムでは、各設備に設置した端末がプロセスデータから設備の稼働状態を自動判定する仕組みにしたことにより、真の作業開始時刻や終了時刻を常時取得でき、操業実績を高精度に収集できるようになった。また、各コイルのコンタクト時間やハンドリング時間を計測できるようになったことから、品種別、明細別、作業班別など、様々な視点からの作業時間分析が可能である。例えば、ハンドリング時間が長い操業の条件を抽出し改善するといったアクションにつなげることが可能になった。

2.2 操業のバラツキ分析

本システムにより、コイルごとに各工程での設備や操業条件、品質情報、作業者などの詳細な操業情報を得られるため、様々な観点からの分析が可能となる。簡単な例では、圧延機や表面処理設備など通板系の設備では、コンタクト時間と通板長が得られる。図5に通板長とコンタクト時間の散布図を示す。冷間圧延機を対象に、'10年6月～8月の2箇月で処理した3,299コイルの実績をプロットした。図のように、通板長が長くなるほどコンタクト時間も長い傾向にあるが、同じ通板長でもあってもコンタクト時間にばらつきが存在する。例えば、通板長10,000m付近ではコンタクト時間は20～40分の間に分布している。ばらつきの原因には以下が考えられる。

- (1) 品種・硬度・板厚などの条件により目標通板速度が異なる

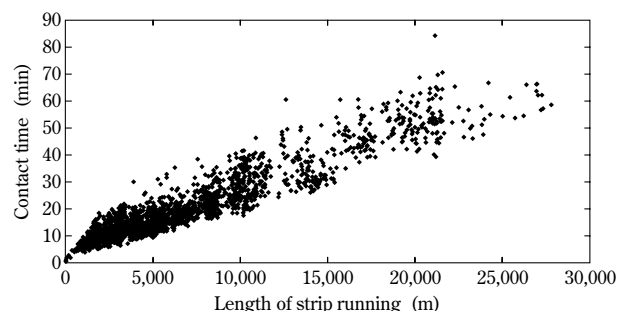


図5 通板長とコンタクト時間の関係
Fig. 5 Relationship between length of strip running and contact time

- (2) 同一品種でも工程により目標通板速度が異なる
- (3) 同一品種・同一工程であっても、作業員によって通板速度が異なる

今後、操業条件として通板速度の設定が必要であれば、収集したデータを設備、工程、品種などのメッシュで整理して標準通板速度を規定することも可能である。

2.3 工程保証体制確立への活用

銅板工場では現在、品質管理体制の強化を図っている。その一環として、設備不具合に起因する品質不良の早期発見・早期対応を目的とする工程保証に取り組んでおり、現場でのプロセスデータの波形確認や、プロセスデータ分析による異常検知、アラーム発報といった施策を柱とした体制整備を進めている。

図6に工程保証のためのプロセスデータ表示画面を示

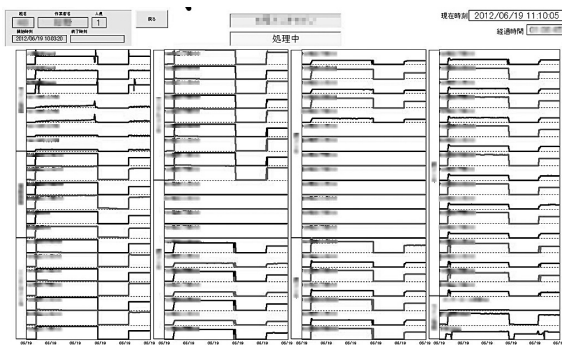


図6 工程保証のためのプロセスデータ表示
Fig. 6 Process data plot for process assurance

す。品質上でポイントとなるプロセスデータを画面上にプロット表示し、異常値があれば警告することによって、設備不具合に伴う品質トラブルを未然に防止することが可能になった。

むすび＝本稿では、当社長府製造所銅板工場を対象に構築した操業情報収集システムの概要と、収集した操業情報やプロセスデータの活用事例を紹介した。

本システム構築により、従来と比較して正確・高精度・迅速に現場の実態を把握することが可能となり、今後のものづくり力向上に大きく寄与するものと期待している。例えば、品質面では収集したプロセスデータと材料試験結果との関連性分析を基にした製造条件見直しによる材料特性向上や不良の原因分析、対策実施による歩留り向上が期待される。また生産面では、設備不良の早期発見・早期対応による稼働率向上が期待される。

今後も本システムの活用を推進し、品質向上・生産性向上に役立てていく。

参 考 文 献

- 1) 貝原保男ほか. R&D神戸製鋼技報. 2008, Vol.56, No.1, p.8-13.
- 2) 住田伸夫ほか. 新日鉄技報. 2003, No.379, p.7-13.
- 3) 黒川克美ほか. JFE技報. 2006, No.14, p.35-39.
- 4) 公開特許. 2008-302397.