

スリッターラインにおける スリット品質の向上について

Improving Slit Quality on Slitter Lines

ロボティクス事業部の主力商品であるスリッター自動刃替装置は、これまでに80セット以上の販売実績がある。その多くのユーザーでは、スリッターラインで使用する刃物（丸刃）やスペーサ、コンバイン（ゴムリング）に付着する防錆油や黒皮粉（鉄粉）などの異物を定期的に人手で清掃しており、また刃物の欠損や摩耗についても同じく人が検査している。これらの作業は、重筋作業であり安全面でも問題であるが、製品のスリット品質にも大きく影響を及ぼすことから、検査の可視化と維持管理の強化並びに刃物清掃の自動化についての要求がある。

今回、当社が開発した自動刃替装置をベースとしたツール維持管理の改善提案については、刃替え作業の空き時間を利用してオンラインで自動化することを目標とし、その開発から実機化までの取組み状況を紹介する。

The Robotics Division's flagship product, an automatic blade replacement device for slitter lines, has been sold in over 80 sets. Many users manually clean out foreign substances such as rust-preventive oil and mill scales (iron powder) that adhere to the blades (circular blades), spacers, and combines (rubber rings) on slitter lines periodically, and also manually inspect blade damage and wear. While these tasks are physically demanding and pose safety concerns, they significantly impact product slit quality. Therefore, there is demand for inspection visualization, enhanced maintenance management, and blade cleaning automation.

This paper introduces our development and implementation efforts to improve tool maintenance management based on our automatic blade replacement device, aiming to automate these processes online during blade replacement downtime.



立石 雄一

TATEISHI Yuichi

メカトロニクスイノベーション事業部
事業戦略グループ



宮内 翼

MIYAUCHI Tsubasa

メカトロニクスイノベーション事業部
FAソリューション部
広畑FAグループ



久富 祐太郎

HISATOMI Yutaro

メカトロニクスイノベーション事業部
FAソリューション部
広畑FAグループ



向井 優一

MUKAI Yuichi

メカトロニクスイノベーション事業部
FAソリューション部
苫小牧FAグループ

1 はじめに

ロボティクス事業部の主力商品である「スリッター自動刃替装置」のエンドユーザーであるコイルセンターでは、スリッターラインによる鋼板の多条スリット加工を行っている。ラインオペレーターの定常作業であるスリッタースタンド軸への刃組作業については、自動刃替装置の導入により完全自動化を実現している。一方で、スリット品質向上と密接に関わる刃物の履歴管理やツール(図1参照)の維持管理については、未だラインオペレーターによる手作業に依存しており、品質向上や省人化の観点からも自動化の要求が高い。そこで、本稿ではエンドユーザーから特に改善要望が多かった「刃物管理」、「刃物検査」、「ツール清掃」の3つのテーマについて、その開発取組みと成果について述べる。

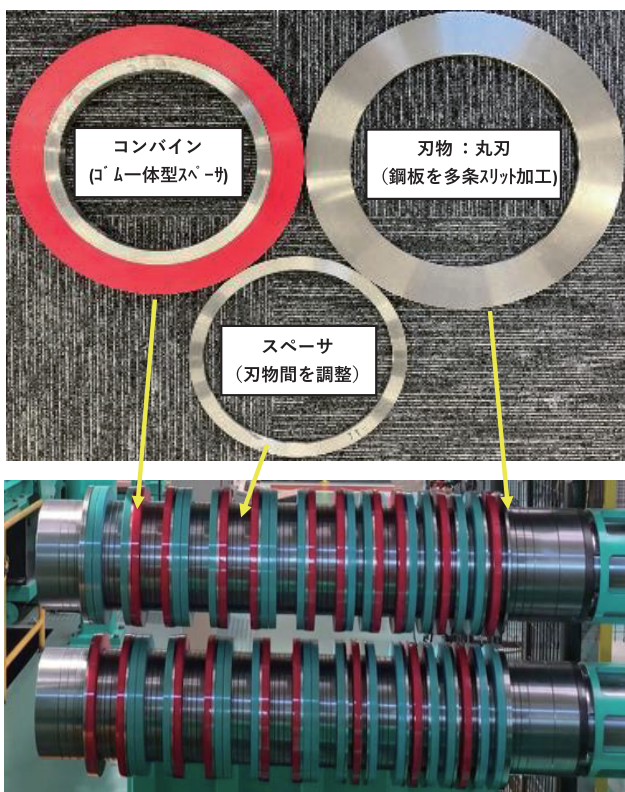


図1：ツール（コンバイン、刃物、スペーサ）

2 客先ニーズ（現状と課題）

（1）刃物管理：品質、トレーサビリティ強化

鋼板を多条スリット加工する上で、切断面の品質を確保するためには刃物の切れ味が重要な要素となる。その刃物の維持管理については、一定周期で点検、研磨判断するユーザーが大半（アンケート結果より）で、実際の刃物使用実績が反映されておらず、必要以上に早く刃物を研磨している可能性もあり、刃物自体の寿命にも影響する。そこで刃物1枚毎の使用実績の定量把握及び、それに基づいた適切な刃物

管理が求められている。

（2）刃物検査：品質、安全、省力化

刃物を摩耗や欠損した状態で使用し続けると、スリット品質に悪影響を及ぼすため、実際の摩耗や欠損状況の判定については、ラインオペレーターが定期的に目視や触診にて全数検査を行っている。（図2参照）しかし、触診作業を熟知しているベテラン作業者を将来的に確保していくことは困難であるため、検査の可視化に加えて触診検査による災害リスク（切創事故）への対応も求められている。また、これらの作業は操業時間外での対応を余儀なくされることから、夜間や休日の操業休止時間帯に全自動で検査できれば、生産性の向上にも繋がることになる。



図2：刃物の触診による検査

（3）ツール清掃：品質、安全、省力化

スリッターの品質安定化に欠かせない条件として、刃組みした際の上下刃物の隙間（ギャップ）や刃物の面ブレを精度内に抑える必要がある。また、コンバインや刃物の外周に付着したゴミは、製品疵の元になり品質不良の原因となる。このためラインオペレーターは定期的に全てのツールをウェスで清掃（図3参照）しており、安全面や重筋作業の観点からも自動化の要求は高い。また、刃物検査を行う上でもゴミの付着は誤検出の原因となることから、刃物清掃は必須課題である。



図3：ウェスによるツール清掃作業

3 当社の具体的な提案

前項で示した3つのテーマは、スリット品質（製品の寸法精度、切断面、平坦度、板表面疵）の向上には欠かせない重要な要素であり、夫々どれを実施しても効果が期待できるが、自動刃替装置を用いたトータルでの提案により、更なる安定生産と生産性の改善効果が期待できる。以下に、システムの全体構成（図4参照）並びにテーマごとの実施内容について述べる。

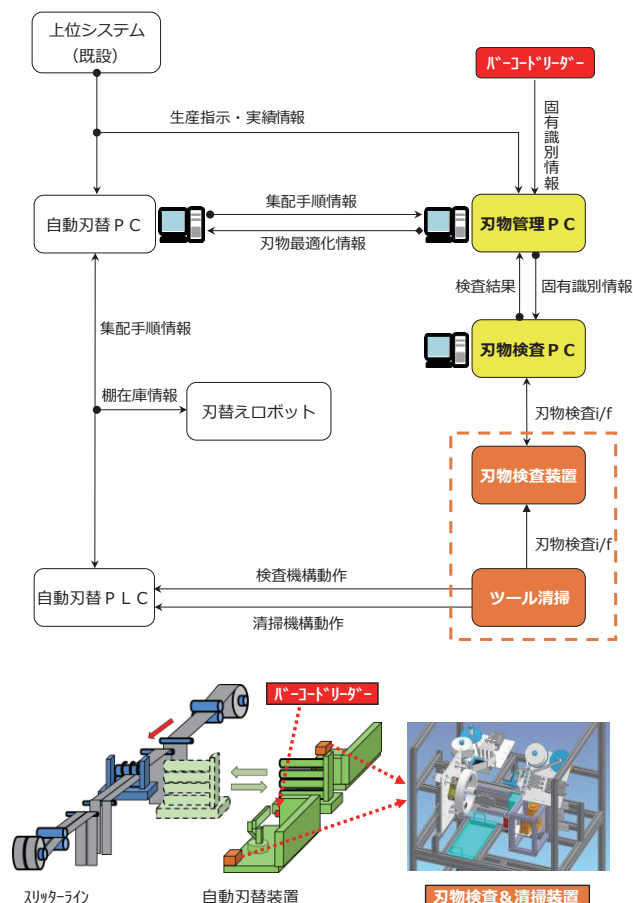


図4：全体システム構成図

(1) 刃物管理

1) 概要

今回、採用する刃物管理は、刃物毎に認識可能なコードを刻印し、操業での切断実績情報を紐付けることで、研磨タイミングを定量的に把握するものである。

2) 実施内容

まず、刃物側面の印字可能なスペース（刃物最小径とスペーサ径の中間位置）にバーコードをレーザーマーキングする。（図5参照） 識別情報としては、刃物に関する情報（鋼種、初期径、内径、刃物厚、製造年月日、連番等）が主で、半角英数字カナを用いるため2次元バーコードを採用した。

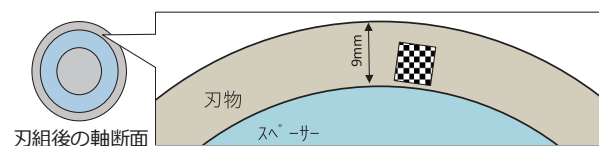


図5：刃物の識別方法

次に刃物に刻印されたバーコード（刃物識別情報）の読み取りについては、一連の自動刃替え動作の中で刃物を棚に戻す動作軌跡（旧刃戻し）の途中にコードリーダによる読み取り動作を追加し（図6参照）、オンラインによる高速化を図った。

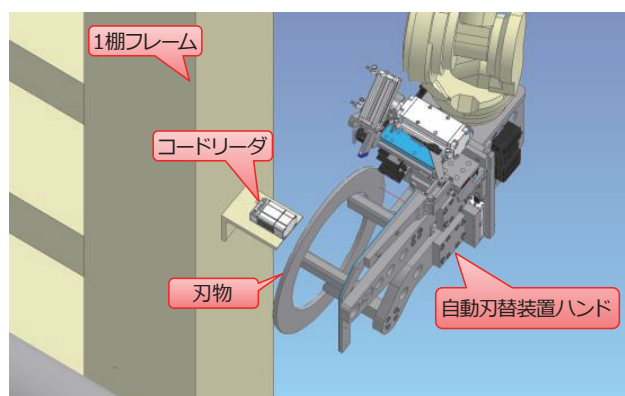


図6：刃物識別の読み取り動作

刃物管理PCでは、実際に管理する生産実績情報（切断長、切断回数、板厚、鋼種、スリット幅、ラップ量、クリアランス、ライン速度など）を収集・蓄積する。

刃物管理画面（図7参照）では、刃物1枚毎の実績情報をグラフ化し、色の変化で健全性や研磨時期が分かるシステムとした。

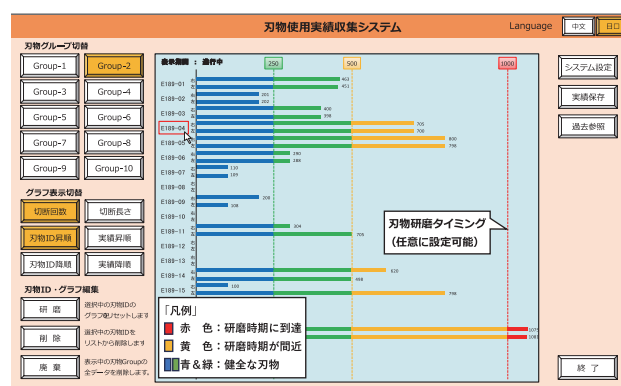


図7：刃物管理画面

将来的に刃物の摩耗指標は、蓄積した生産実績の単純なデータから、切断長×板厚を鋼種別に累積評価したものに置換えることで、更なる摩耗管理精度の向上を提案する。また、本システムは、研磨タイミング以外に品質不

良が発生した際の情報を後から参照することが可能であり、製品のトレーサビリティ強化にも繋がる。

(2) 刃物検査

1) 概要

刃物検査は、作業者による触診検査を可視化するものである。具体的には、まず、作業者の触診により判別した場合の摩耗や欠損状況と比較するために、刃面のエッジ部全周を高性能なセンサーを用いてプロファイル測定を行う。次に、その測定データを基に、予め検査PCに設定された閾値と比較してNG判定（摩耗、高さ、角度、変形など）を行うシステムである。（図8参照）

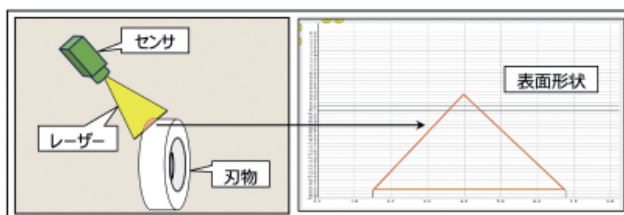


図8：検査概要図

検査ロジックは、形状変化を本来あるべき刃物エッジ（理想）と現状の刃物エッジ（プロファイル形状）を比較し差分を定量評価するものである。
以下に代表的な2つのロジックを示す。

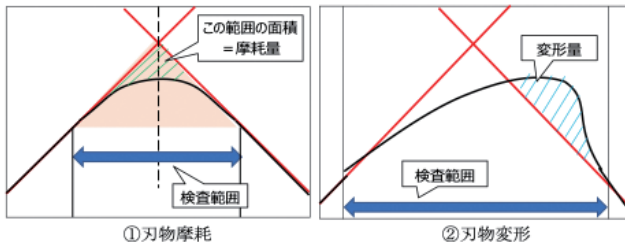


図9：代表的な検査ロジック

刃物摩耗①は、全周にわたっての摩耗を摩耗量として体積計算して判定する。刃物変形②は、理想エッジの外側の凸部面積を判定する。刃物欠損は、部分的な面積で判定する。判定にあたり、急峻な面積変化の近傍には図9のような凸部が発生し易く、変形と欠損との整合性判定を加えている。

2) 実施内容

システムの機能確認のため、刃替装置を導入したエンドユーザーに開発機（図10参照）を持ち込み、自動刃替ロボットを用いて全自動検査の実機検証を1ヶ月間（360枚）実施した。

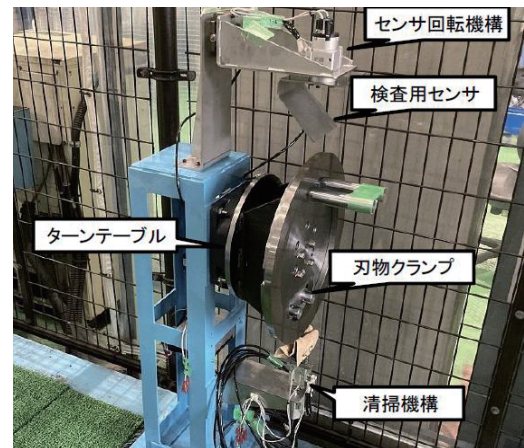


図10：刃物検査の実機検証

図11は、実際にプロファイル測定（全周を0.2度単位で測定）した結果と顕微鏡で実物確認した結果を比較したものであるが、疵の位置と大きさについて一致していることを確認した。

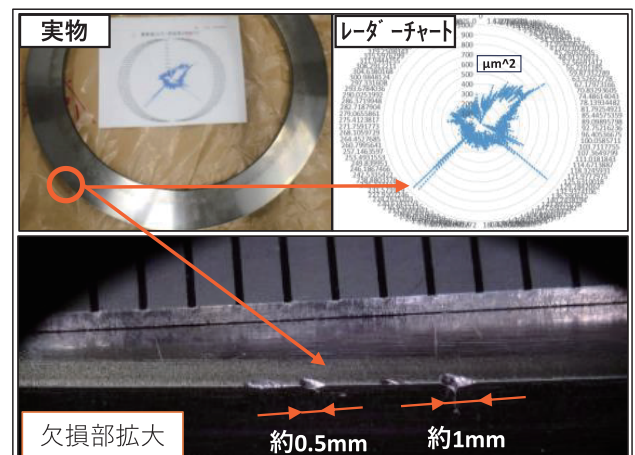


図11：実物測定とプロファイル測定の比較

次に、実際のPC検査画面を図12に示す。

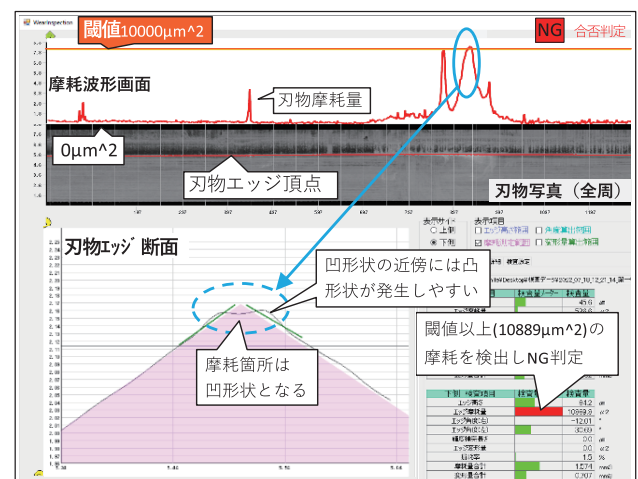


図12：刃物検査画面

画面の上段写真は、刃物エッジ1周分のプロファイル測定結果を表し、中央部の赤線が刃物の頂点、橙色線が閾値を示す。また、赤波形が実際に測定した摩耗変化(10000~0 μm^2)であり、青線枠部はNG判定部である。

閾値設定に関しては、加工対象材によりエンドユーザー側で任意の設定が可能である。

(3) ツール清掃

1) 概要

ツール清掃の主目的は、上下刃物の隙間精度や面ブレ精度の確保及び刃物検査するための異物除去である。オペレーターの手作業では、ツールの4面(外周面、内周面、右側面、左側面)をウェスで拭き取っており、その作業を忠実に再現した開発デモ機にて実機検証と能力評価を行った。

ツール清掃装置の開発デモ機に関する装置概要を以下に示す。(図13参照)

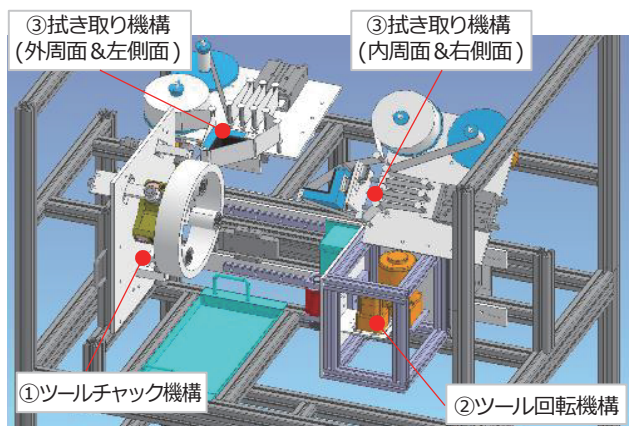


図13: ツール清掃装置の概要

本開発デモ機は、ツールを把持、回転させるチャック機構①とツールに駆動を与えるツール回転機構②、ツールを清掃するためのウェス供給とツールへの押し当てを行う拭き取り機構③の3つの要素から構成される。

拭き取り機構③は、外周面&左側面用、内周面&右側面用の2つのL字パッドを用いて4面同時清掃を可能とした。

2) 実施内容

刃物の汚れを定量的に評価することは難しかったため、実際にラインで使用している刃物を用いて清掃能力の実機検証を行った。図14は一般材(冷延材)をスリットした刃物の清掃前と清掃後を比較したもので、スリット加工した刃物には、防錆油と切粉等の微粉末が付着している状況であったが、ある一定の条件下(ウェス押し圧、ツール回転数)で汚れが取れることを確認した。

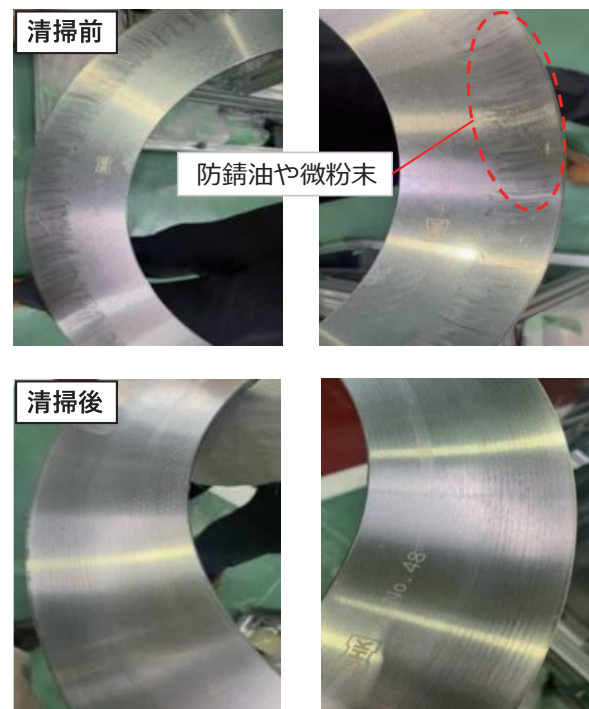


図14: 清掃の前後比較(通常の汚れ)

次に、汚れ度合いによる清掃能力を検証するため、より厳しい条件についてもテストを実施した。図15は意図的にグリスと鉄粉を大量に付着させた刃物を清掃、比較した結果である。通常汚れに比べ、清掃時間(回転数)は倍以上掛かるものの清掃結果は同等であった。

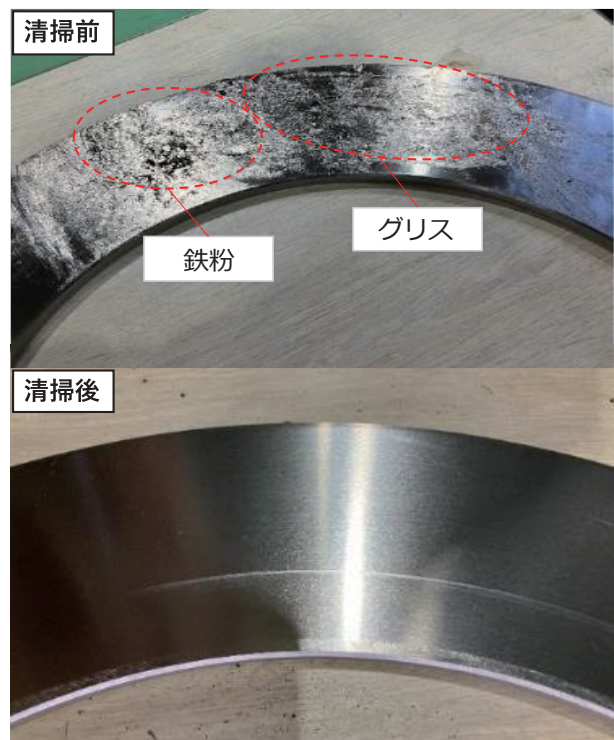


図15: 清掃の前後比較(頑固な汚れ)

ツール清掃の課題としては、通板材によってツールの汚損状態や清掃の合格基準が異なることである。刃替装置導入ユーザーの約8割が一般材（酸洗、冷延材）を取り扱っており、黒皮材やSUS、めっき材が2割となっている。今回、実機検証した一般材以外では、「めっき材の刃先へのこびりつき」「黒皮材での大量の黒皮粉」などの課題も残っており、今後も開発機をベースに課題への取組み強化を図っていく予定である。

4 おわりに

スリッター自動刃替装置については、多くのお客様に導入頂き、生産性の向上や安全・省力化への貢献に努めて参りました。今回、お客様のご要望から「スリット品質向上」、「製品トレーサビリティ強化」に着目し、新たに刃替装置の新機能として刃物管理システム（刃物清掃、検査）を開発しました。

また、将来的には刃物管理システムと刃物検査装置のデータを組み合わせることで、最適な操業条件を探索できる可能性があり、これらの情報を実操業に反映することで更なるスリット品質の向上に繋げていく所存です。

最後に、本開発にあたり株式会社メタルワン菱和殿並びに、仁淀鉄鋼株式会社殿には、多大なご支援とご協力頂いたことを感謝いたします。

お問い合わせ先 —————

メカトロニクスイノベーション事業部

TEL. 03-6860-6627（本社代表）

【メールの場合】:

more_information-mi@tex.nipponsteel.com