

鋼片刻印読み取り装置の開発

Development of Bloom Marking Reading Device

田中 雄翔 TANAKA Yuto JFE スチール 西日本製鉄所（倉敷地区） 制御部 熱延制御室副室長

要旨

JFE スチール棒線事業部倉敷棒線部鋼片工場の素材ブルームの加熱炉への装入では、誤装入・異材流出防止のため、トラッキング情報と現品（刻印・ラベル・ハンドマーキング）をオペレーターが目視確認しているが、人に依存した作業であることからヒューマンエラーリスクが非常に高いという課題があった。

そこで加熱炉への誤装入ゼロ・異材流出ゼロを目的として、自動で刻印文字を読み取りトラッキング情報と照合する刻印読み取り装置の自社開発を進め、実運用を開始した。

今回、開発した刻印読み取り装置の開発背景および仕様とその成果を報告する。

Abstract:

In the charging of blooms into heating furnace at the Billet Plant, Kurashiki Steel Bar & Wire Rod Dept., Steel Bar & Wire Rod Division, JFE Steel, operators visually confirm tracking information and the actual items (such as markings, labels, and hand markings) to prevent incorrect charging and the outflow of foreign materials. However, since this process relies heavily on human intervention, there was a significant risk of human error. To address this issue and achieve zero incorrect charging into the heating furnace and zero outflow of foreign materials, we have developed an automatic bloom marking reading device that reads the engraved characters and matches them with the tracking information, and begun its practical operations.

In this report, we will outline the background, specifications, and an overview of the developed bloom marking reading device.

1. はじめに

JFE スチール棒線事業部倉敷棒線部鋼片工場（以下、鋼片工場）では、ブルームを主素材とし丸および角断面のビレットを製造している。

加熱炉へのブルーム装入では、誤装入・異材流出防止のためトラッキング情報と現品（刻印・ラベル・ハンドマーキング）をオペレーターが目視確認しているが、人に依存した作業であることからヒューマンエラーリスクが非常に高いという課題があった。

そこで加熱炉への誤装入ゼロ・異材流出ゼロを目的とし、自動で刻印文字を読み取りトラッキング情報と照合する刻印読み取り装置の自社開発を進めた。

本稿では、開発した刻印読み取り装置の開発背景および仕様とその成果について紹介する。

2. 鋼片工場の概要と加熱炉入側素材管理

鋼片工場は、加熱ライン、圧延ライン、精整ラインで構成され、ブルームを素材とし丸および角断面のビレットを製造

している。加熱炉に装入する素材は、倉敷第2,第3,第4連続鑄造機で製造されるスラブ・ブルーム等である。

素材の識別には刻印文字・ラベル・ハンドマーキングの3種類を用いており、素材の端面にいずれかもしくは複数が付与される。

加熱炉入側での素材識別管理は重要であり、異材（情報と異なる素材）を装入すると、その後の全工程で操業ロスが発生するのみならず、お客様へ異材を流出させてしまうQAトラブルに繋がることから、オペレータは加熱炉装入前にトラッキング情報と現品の刻印文字・ラベル・ハンドマーキングの目視確認・照合をおこなってから現品を加熱炉に装入している。

鋼片工場の製造フローを図1、刻印文字・ラベル・ハンドマーキングの概要を写真1に示す。

3. 刻印読み取り装置の開発

3.1 開発の背景

加熱炉入側での素材識別管理にはヒューマンエラーによる誤装入のリスクがあるため、刻印文字・ラベル・ハンドマーキングを自動で読み取りトラッキング情報と照合する装

2025年4月23日受付

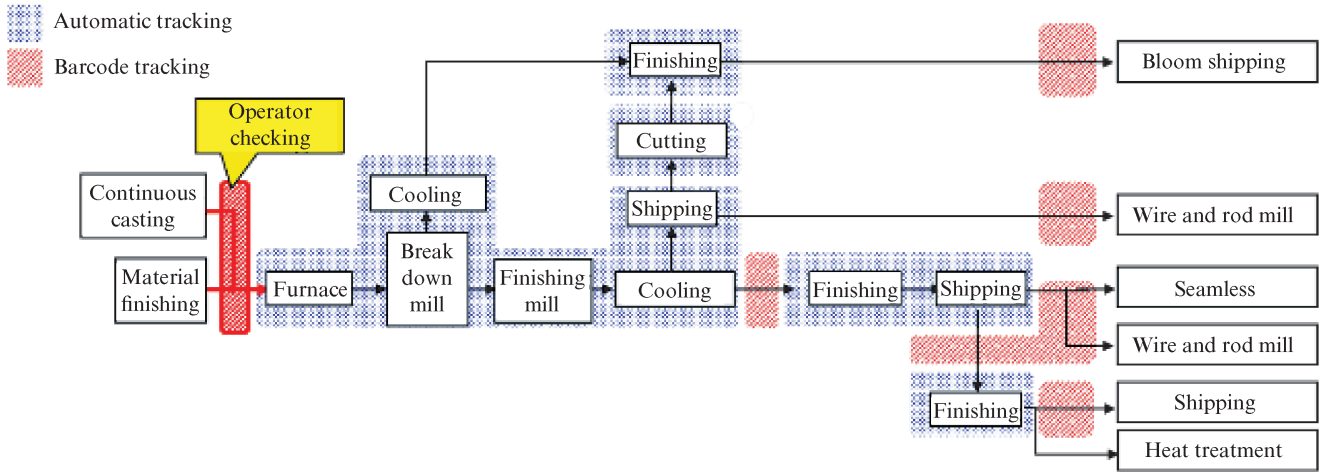


図 1 鋼片工場の製造フロー

Fig. 1 Manufacturing process flow in Billet Plant

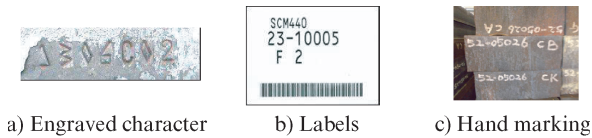


写真 1 刻印文字・ラベル・ハンドマーキング

Photo 1 Photographs of engraved character, label and hand marking

Common characters	1	2	3	4	5	6	7	8
Engraved characters	1	2	3	4	5	6	7	8
Common character	9	0	A	B	C	D		
Engraved characters	9	0	A	B	C	D		

図 2 刻印文字種類

Fig. 2 Type of engraved characters in bloom identification

置を開発することにより、誤装入ゼロ・異材流出ゼロを目指した。

なお、ハンドマーキングは素材端面に手書きで文字を書くものであり、書き手の癖・素材端面性状の影響等読み取りに影響する問題が多いため、本件では刻印文字とラベルの読み取りの自動化を目指すこととした。

3.2 刻印文字・ラベルの仕様

刻印文字・ラベルの仕様と読取精度の目標を以下に示す。

1) 刻印文字・ラベルの仕様

- ・材温度：常温～Max800℃
- ・材停止精度：±50 mm 以内
- ・読み取り面：トーチノロカッター面、凹凸・湾曲
- ・刻印文字（刻印文字種類を図 2 に示す）
種類：0～9 の 10 種類，A～D の 4 種類
寸法：W10×H20 mm，深さ：0.1～3.0 mm
- ・ラベル：CODE39，W108×H80 mm

2) 読み取り精度目標

- ・刻印文字読み取り率（一致率）：95%以上
- ・ラベル読み取り率：100%

表 1 刻印文字読み取り方法の比較検討

Table 1 Comparative analysis of methods for reading engraved characters

Method	Overview
Camera + illumination switching method	Capturing material end face using camera and four-direction illumination → Obtaining shadow images of engraved characters surface by switching between four illumination sources
2D Laser distance measurement method	Measurement of distance to material end face using 2D laser distance meter → Recognition of engraved characters by detecting surface variation as distance changes

3.3 刻印読み取り方法の検討

読み取り装置の開発にあたっては、

- ① 実現性：高温環境下においても装置故障がなく、安定した読み取りが実現できること
- ② 信頼性：読み取り面性状の影響を極力受けず、停止位置が変化しても読み取り率を維持し外乱に強いことをポイントとした。

読み取り方式の候補として、カメラ+照明方式，2次元レーザ距離計方式を挙げ、それぞれ事前テスト・検証をおこない有効性を確認した（表 1）。

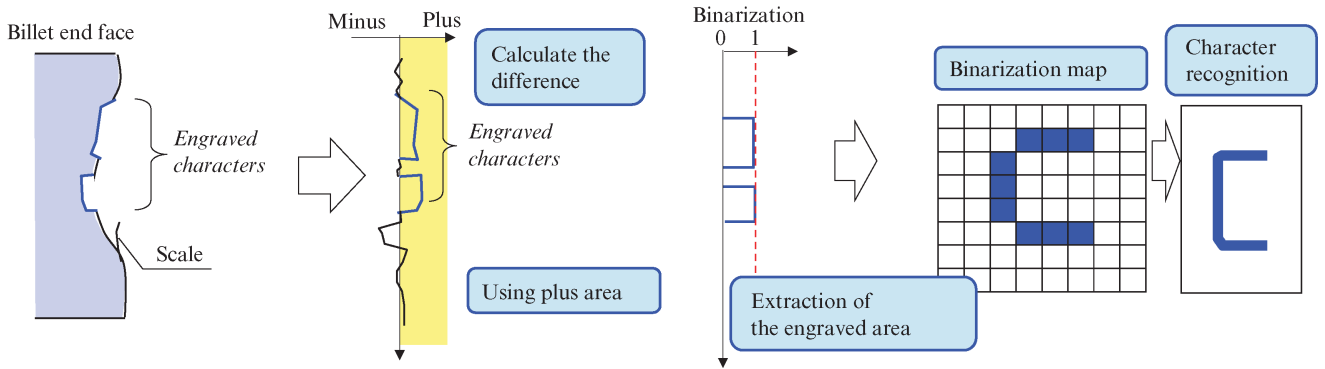


図3 文字抽出の概要

Fig. 3 Overview of character extraction

1) カメラ+照明方式

カメラおよび照明を素材端面に正対させ撮像することにより、刻印部に生じる陰影を捉え、画像処理により文字認識する方式である。

事前テストの結果、常温材では、照明を左右もしくは上下から投光することでその差分から文字部を浮か彫りにし、文字読み取りが実現可能であることが確認できた。一方高温材では、自発光の影響を受け刻印部にうまく陰影が生じず文字認識ができないことがわかったため、本方式の採用は見送った。

2) 2次元レーザ距離計方式

レーザ距離計によりセンサから素材端面までの距離を測定し、得られた距離データから文字認識する方式である。鋼材停止位置が変化した場合でも、刻印文字の凹凸を距離変化として捉えることができ、読み取り可能であった。

一方、

- ① 距離計の計測範囲の関係で高温物体との距離が近い
- ② 3次元プロフィールとしてデータを得るには距離計自体を走査する必要がある

といった課題も確認した。

4. 2次元レーザ距離計方式による刻印読み取り装置の処理概要

4.1 刻印文字の抽出

5章で後述する素材端面に対し距離計を走査する機構を用いて、3次元プロフィールより刻印文字を抽出する。文字抽出の技術概要を3次元プロフィールの1断面を用いて説明する。

端面はタッチノロや浮きスケールといった表面性状で、距離計から見た場合凸として捉えられ、一方で文字は刻印の

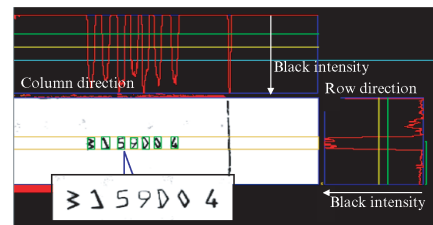


図4 文字切り出しの概要

Fig. 4 Overview of character segmentation

深さ凹として捉えられる点を利用する。

1断面の全距離値を平均化し、平均値を基準面とすることで、基準面より凸は外乱、基準面より凹は文字の深さ部分に該当すると認識した後、しきい値処理をおこなう。

この処理を3次元プロフィールの全断面についておこない、文字マップを形成する。文字抽出の概要を図3に示す。

4.2 刻印文字の切り出し

文字マップ形成後、文字の切り出し処理をおこなう。

文字マップの縦列 (Y軸)、横列 (X軸) について輝度値の積算処理をおこなう。文字があると思われる部分、すなわち凹が多い箇所は積算値が高く、文字の切れ目や周辺の部分の積算値は低い。

この縦列の積算値は文字の高さ方向の抽出に用い、横列の積算値は急変箇所を抽出することで1文字ごとの幅の抽出に用いる。

なお、文字の切り出しが失敗すると文字認識がおこなえないことから、さらなる工夫として、切り出しNG (文字以外の外乱箇所を切り出してしまふ) を防止するため、横列の急変箇所が文字数相当数あるか、切り出した部分の高さ・幅が適正かどうかをチェックしている。

文字切り出しの概要を図4に示す。

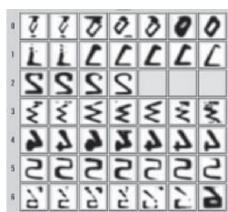


図5 登録辞書（一例）

Fig. 5 Example of registered dictionary

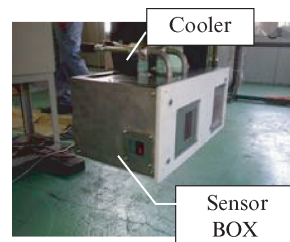


写真2 センサ BOX の外観

Photo 2 Exterior of sensor BOX

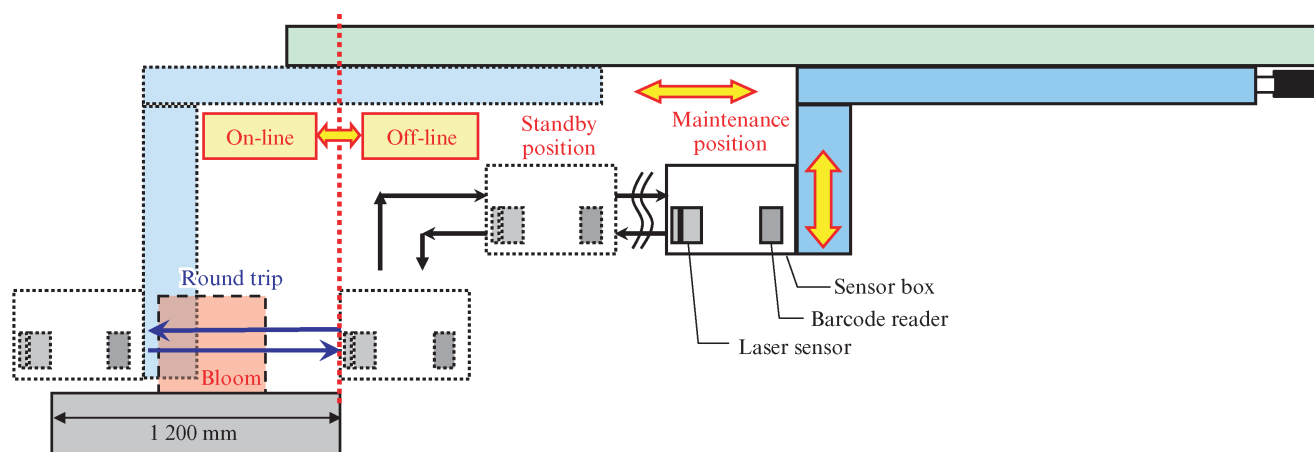


図6 読み取り装置本体の概要

Fig. 6 Overview of reading device main unit

4.3 文字照合

切り出した文字について、一般的に知られているパターンマッチング手法を用い、1文字ごとに登録した辞書と照合し、最も一致率が高い文字を認識文字として扱う。

登録辞書の一例を図5に示す。

5. 刻印読み取り装置本体の概要

停止した素材端面に対し、2次元レーザー距離計、バーコードリーダを搭載したセンサBOXをオンライン・オフラインさせる走査機構を設け、レーザー距離計による3次元プロフィールの取得にあたりセンサBOX自体を高温環境下に長時間滞在させないようにした。

また、さらなる環境対策として、センサBOXをSUS製として、ボルテックスクーラーでの冷却を実施し、さらには計測機器の窓ガラスにホットミラーを採用した。

これらにより、熱間材（約700℃）でも、センサBOX内温度を35℃以下に保つことができ、機器故障のリスクが低減した。

読み取り装置本体の概要を図6、センサBOXの外観を写真2に示す。装置仕様は以下のとおりである。

1) 2次元距離計：キーエンス製（LJ-V7300）

- ・視野：210 mm
- ・計測範囲：155～445 mm
- ・サンプリング速度：16 μs

2) バーコードリーダ：キーエンス製（SR-1000W）

- ・走査速度：300 mm/sec
- ・走行ストローク：4700 mm
- ・昇降ストローク：270 mm

6. おわりに

JFE スチール棒線事業部倉敷棒線部鋼片工場において、加熱炉への誤装入ゼロ、異材流出ゼロを目的とし、文字読み取り装置を自社開発した。

具体的には、高温環境下で安定して刻印文字の3次元プロフィールを得るための2次元レーザー距離計およびバーコードリーダを搭載したセンサBOXを用いた刻印読み取り装置を開発した。

刻印読み取り装置稼働後の読み取り率は、刻印文字：96%、ラベル：100%と読み取り精度目標をクリアしており、品質向上に寄与している。