

多ストランド線材工場の異鋼種、異サイズ同時圧延技術

Rolling Technology of Different Steel Grade and Size Wire Rod at a Same Time

貴戸 信治^{*(1)}

Shinji KIDO

三上 広見^{*(5)}

Hiromi MIKAMI

岡庭 憲一^{*(2)}

Kenichi OKANIWA

荒巻 広美^{*(1)}

Hiromi ARAMAKI

吉村 康嗣^{*(3)}

Koji YOSHIMURA

千田 与一^{*(4)}

Yaichi CHIDA

抄 録

従来、多本通し圧延機列を分配する棒線多ストランドミルにおいては、同一鋼種、同一成品サイズ毎にまとめる操作が一般的であった。しかし近年の需要家の納期対応の厳格化及び小ロット・多サイズ化の進展する環境下では、この圧延方法は圧延サイズ替などの制約が多く、生産能力の低下を余儀なくされる。圧延特性の異なる複数の鋼材を同時に圧延するため誘導性の改善や張力制御などの技術を確認し、またビレットナンバー自動読取りなどによるトラッキング技術の開発などで、異鋼種、異サイズ同時圧延技術を確認した。

Abstract

Up to the present, in multi-strand wire rod mills (called "multi-strand mill" below) with a series of rolling machines through which plural strands passed, mills were generally operated by grouping the same steel grade and the same product sizes. However, with the recent strict delivery demands of customers and an environment that is progressing toward small lot, multi-sizes, the frequent roll-size changes occur and result in inevitable decreases of production capacity. Nippon Steel Corporation has modified rolling guidance equipment to allow rolling of a multiple of steel materials that have different properties, established engineering for tension control, developed a tracking system using an automatic billet number reader, and established rolling technology of different steel grades and sized of wire rod before other companies.

1. はじめに

多ストランドを有する棒線ミル(以降多ストランドミルと呼ぶ)において、異鋼種、異サイズ同時圧延技術の開発は永年の夢であった。つまり、この技術により、小ロット鋼種による操業度の制約やサイズ替え時間のロスが大幅に改善されるため、多ストランドミルの特徴である高生産性を発揮することが可能となる。特に、釜石製鐵所におけるSCS(Slow Cool System)や君津製鐵所のDLP(Direct Lead Patenting)の様な特殊熱処理設備を特定のストランドのみに有するミルにおいては、この異鋼種、異サイズ同時圧延技術が確立されなければ、その対象材圧延の時には1本通しもしくは2本通しとなることから、生産性は本来の30~50%程度まで低下することになる(図1参照)。

この技術は、新日本製鐵が他社に先駆け1983年から実施しているが、当初は異鋼種、異サイズ同時圧延特有のトラブルや異材発生の危険性から、その適用率は6%前後と低いものであった。そのため、異鋼種、異サイズ同時圧延特有の問題である誘導性あるいは圧延サイズ、品質の造り込み技術、更に異材発生防止のためのトラッキング技術などを抜本的に改善することで、図2に示す様にその

適用率を70%まで拡大することができた。

この異鋼種、異サイズ同時圧延の課題とどのように技術的に解決してきたかを紹介する。

2. 異鋼種、異サイズ同時圧延技術について

2.1 異鋼種、異サイズ同時圧延の課題

棒線の多ストランドミルは、前段が多本通し圧延機列、後段が1本通し圧延機列の配列となっており、一般的に全スタンドが連続圧延であるとともに、前段の多本通し圧延機列では、通常スタンド出側で鋼材を90°捻転させて次スタンドに誘導している。そのため、例えば表1に示すように、低C鋼と高C鋼では圧延特性は大きく異なる。従ってこれら圧延特性の異なる鋼材を同時に圧延する場合、圧延材を安定して誘導するとともに延伸差を吸収する圧延技術の確立が必要となってくる。

また、通常多ストランドミルは、前段の多本通し圧延機列では各ストランドともに同一減面率の圧延となるため、基本的には各ストランド共に同じサイズで圧延をした方が安定した操業が行うことができる。一方異サイズ同時圧延を行う場合には、途中から減面率を変更する必要があるため、できるだけ長い間同一減面で圧延するた

*⁽¹⁾ 釜石製鐵所製造部 マネジャー
岩手県釜石市鈴子町23-15 ☎026-8567

*⁽²⁾ 釜石製鐵所製造部 部長

*⁽³⁾ 君津製鐵所条鋼工場 グループリーダー

*⁽⁴⁾ 本社 棒線営業 マネジャー

*⁽⁵⁾ 東北支店 マネジャー

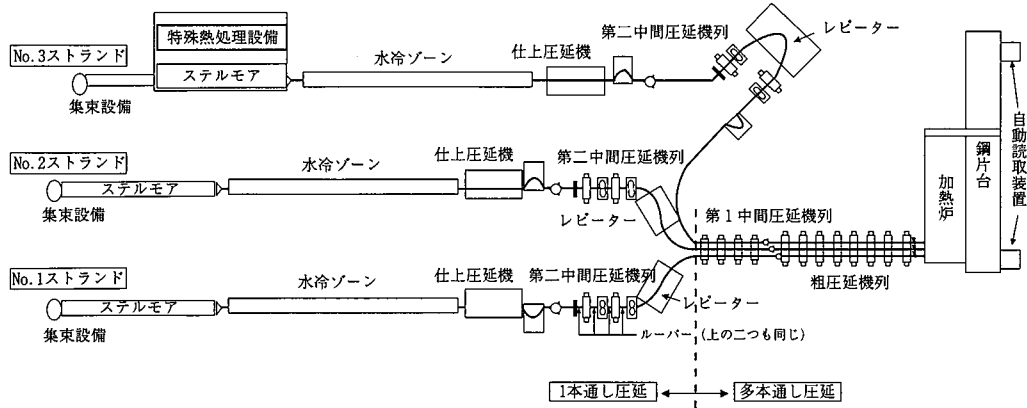


図1 多ストランドミルレイアウト例

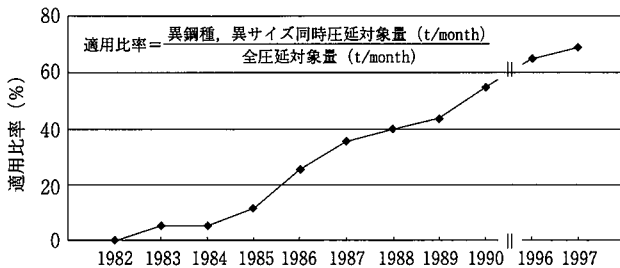


図2 釜石製鐵所での適用率推移

表1 低炭素線、高炭素線の圧延特性比較

鋼種	低C鋼	高C鋼
圧延特性	変形抵抗小	変形抵抗大
	摩擦係数小	摩擦係数大
	幅広がり小	幅広がり大
	↓	↓
	延伸大	延伸小
	捻転角度小	捻転角度大

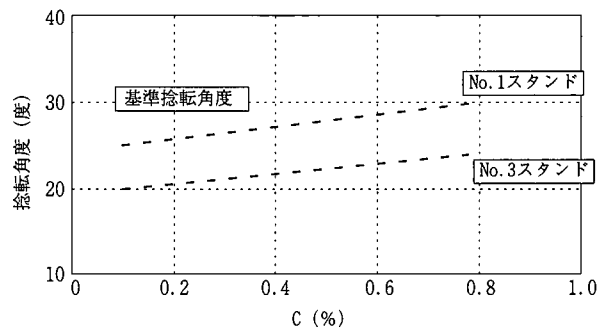


図3 C量と捻転角度の関係

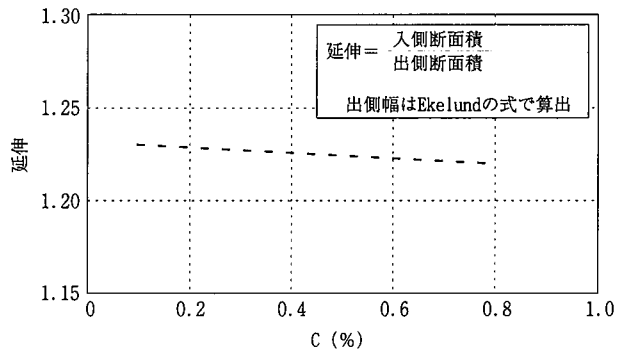


図4 C量と延伸の関係

めの圧延系列の統合や、異なる減面率で圧延を行うために発生する圧延鋼材の寸法変動への影響を解消する技術が必要となる。

また、異鋼種、異サイズ同時圧延を実施する場合、当然のことながら加熱炉内に装入する鋼材は同一周期でばらばらに装入されることになるため、異材発生を防止するための一貫トラッキングを実施する必要がある。

2.2 異鋼種同時圧延技術

異鋼種同時圧延では圧延特性の異なる鋼材を同時に圧延する。例えば、図3、4に示す様に、低C鋼は変形抵抗が小さいことから捻転角度は小さく、また幅広がりが小さいため延伸が大きく、高C鋼はその全く逆の傾向を示す。従ってこの鋼材を組み合わせると同時に圧延を行う場合、ストランド毎に捻転角度の調整が行えること、及びスタンド間で生じる張力変動を吸収することが課題となる。

そこで、ストランド毎の捻転角度調整を可能にするために、ガイド幅がストランド間隔内で収まる図5に示すコンパクトな捻転ローラーガイドを採用した。このガイドの採用により、例えばNo.1スタンドで必要な低C鋼で25°、高C鋼で29°となる捻転角度の鋼材を同時に圧延しても調整可能となった。

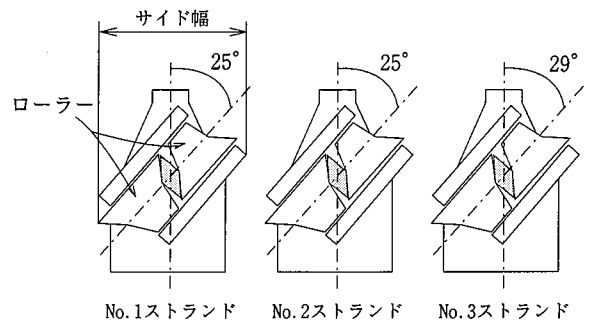


図5 角度調整可能なガイド

また、異鋼種を同時に圧延する際に問題となる延伸等変形特性差は、例えば低C鋼と高C鋼を同時に圧延する場合、最終圧延サイズに影響の少ない粗・第一中間圧延機列(以降粗中間列と呼ぶ)の圧延前半で、スタンド間に張力の生じる状態で圧延する方がトラブルが少ない。延伸量の大きい低C鋼に合わせて速度調整する場合、従来と異なった条件で圧延する高C鋼の張力変動を吸収する必要がある。そこで、第一中間圧延機列(以降1中間列と呼ぶ)と第二中間圧延機列(以降2中間列と呼ぶ)の間あるいは2中間列の途中でレビ-

タやルーバーを配置し、この問題を解決した。

ただ、上記の様な対策を実施しても、スタンド間では小さなルーブ変動が発生すると考えられ、そのため鋼材が設備などに接触し表面疵とならないように、各スタンドの出側全てにローラーガイドを設置し、品質面についても対策を立てた。

2.3 異サイズ圧延技術

一般的に棒線の様な孔型圧延におけるサイズの造り込みは、粗圧延機列は共通で、1中間列くらいからサイズを造り分ける孔型スケジュールにより行う。多ストランドミルでは通常この1中間列は多本通し圧延を実施しているため、異サイズ同時圧延の場合サイズの造り分けが困難となってくる。

そのため、従来図6に示すように多本通しの1中間列で2系列の孔型スケジュールを有していたが、図7に示すように小さなサイズの系列に合わせるよう、孔型スケジュールの集約を実施した。この理由として、1中間列のサイズを圧延サイズの大きな孔型にあわせると、小さいサイズでは1本通しとなる後段の2中間列以降での減面が大きくなり、許容減面率を超えてしまうためである。しかし、サイズの小さな孔型スケジュールにあわせたため、それ以外の圧延サイズでは、後段の仕上圧延機列(以降仕上列と呼ぶ)での孔型カリバーの未充填が発生し、目標の圧延サイズに造り込むことが困難となる。そのためスタンド間を無張力状態に制御することで、充填率が確保できることに着目した。

そこでまず、無張力制御が可能なるように、ルーバーを1本通しとなる2中間列に設置し、図8に示すサイドルーバー後のスタンドの速度を制御することで、2中間列を無張力状態で圧延可能なように改造した。その結果、2中間列での充填率を数%向上した(図9参照)。また2中間列出側での寸法も改善した(図10参照)。更に、仕上列前に高精度太さ計及び寸法測定結果をアナログ表示するストレージCRTを設置することで、寸法を確実に補償できるようにした。

圧延機列		概略孔型フロー					
多本通し	粗圧延機列	大サイズ系列					
	第一中間圧延機列	小サイズ系列					
1本通し	第二中間圧延機列	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	仕上圧延機	↓	↓	↓	↓	↓	↓
圧延系列		A	B	C	D	E	F
代表圧延サイズ例(mm)		5	5.5	7	9	12	16

図6 集約前中間圧延列孔型スケジュール

圧延機列		概略孔型フロー					
多本通し	粗圧延機列	大サイズ系列					
	第一中間圧延機列	小サイズ系列					
1本通し	第二中間圧延機列	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	仕上圧延機	↓	↓	↓	↓	↓	↓
圧延系列		A	B	C	D	E	F
代表圧延サイズ例(mm)		5	5.5	7	9	12	16

図7 集約後中間圧延列孔型スケジュール

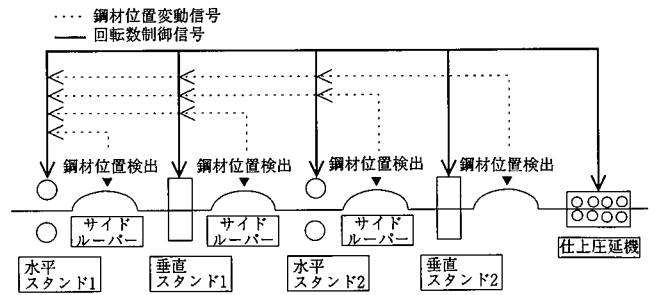


図8 ループ制御概要

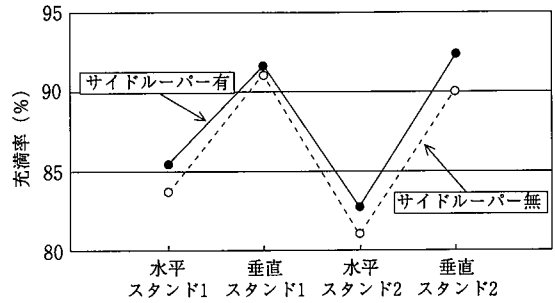


図9 充填率推移

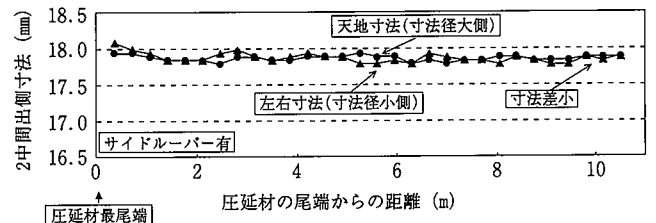
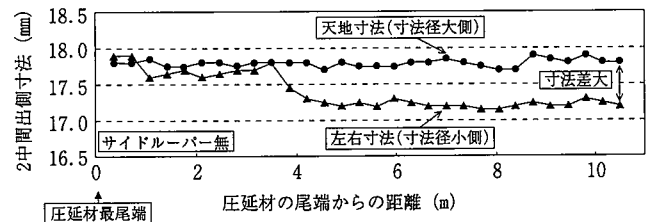


図10 第二中間圧延機列出側寸法変動実績

2.4 非定常部品質保証確認

上述した内容は、鋼材がスタンド間に噛み込んでいる定常部状態の議論である。しかし実圧延においては、片方のみがスタンドに噛み込んでいる図11に示す非定常部状態もあることから、以下にこの非定常部の寸法変動が異鋼種、異サイズ同時圧延を行なった場合、どのように変動するかについてシミュレーションした調査結果を述べる。

調査条件として、0.2%C鋼で圧延サイズ13mmφの鋼材と0.7%C鋼で圧延サイズ10mmφの鋼材の異鋼種、異サイズ同時圧延とした。また、粗中間列の回転数は低C鋼側にあわせるため、高C鋼で

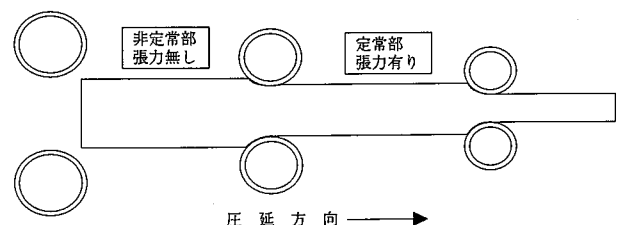


図11 中間圧延列での圧延材の張力状態

はスタンド間で張力が発生する。

まず、0.7% C鋼の定常部におけるスタンド間の張力を推定した。その結果を図12に示す。粗中間列で、張力比(鋼材にかかる圧延方向応力[Tf]/平均変形抵抗[Km])が最大約0.01となるが、2中間列以降では無張力となる。

このスタンド間の張力による定常部と非常部との幅方向の寸法変動の影響をシミュレーションした結果を図13に示す。張力の影響を受ける粗中間列で、非常部と定常部の幅寸法差は約+0.10mmと大きくなるが、無張力圧延を実施している2中間列出側ではその影響をほぼ解消でき、幅寸法差は約+0.01mmとなることが判明した。

このシミュレーション結果を受け、実際に圧延して確認した結果を図14に示す。シミュレーションと同様、張力圧延の影響を受けている1中間列出側(No.12スタンド)の幅寸法で、非常部寸法が定

常部寸法に比べ約0.20mm大きくなっているが、無張力圧延となる2中間列出側(No.16スタンド)では、ほぼ同じ寸法となることが確認できた。更に、最終成品で調査した結果、非常部側二巻目から寸法は安定しており、本開発の異鋼種、異サイズ同時圧延技術で、従来と同じ品質レベルを確保できることが確認された。

2.5 一貫トラッキング技術(異材発生防止)

一般的な異材発生防止対策としては、圧延(装入)ロット替わりの時に、ピレット端部もしくは端面へのマーキング、あるいはピレット間隔を大きくとることによりロット替わりをオペレータが目視で確認していた。しかしこの従来の方法では、異なるロットのピレットを1対1、1対2、1対3、1対4…の組合わせで交互に加熱炉に装入する異鋼種、異サイズ同時圧延では対応が困難である。この異鋼種、異サイズ同時圧延技術に伴う異材発生防止を目的に、一貫トラッキング技術も同時に開発した(図15参照)。

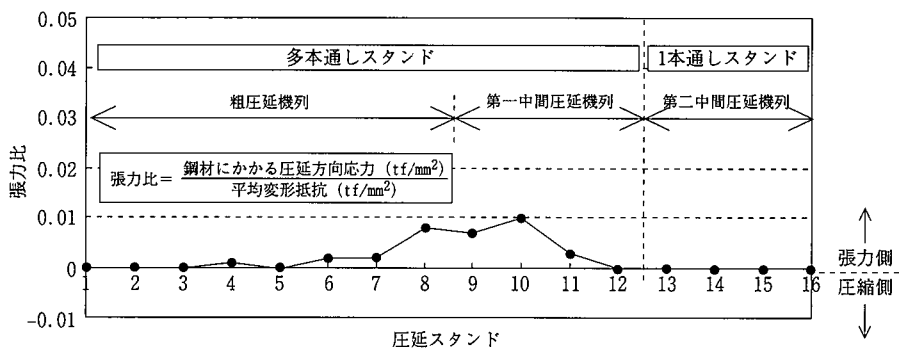


図12 張力の推定

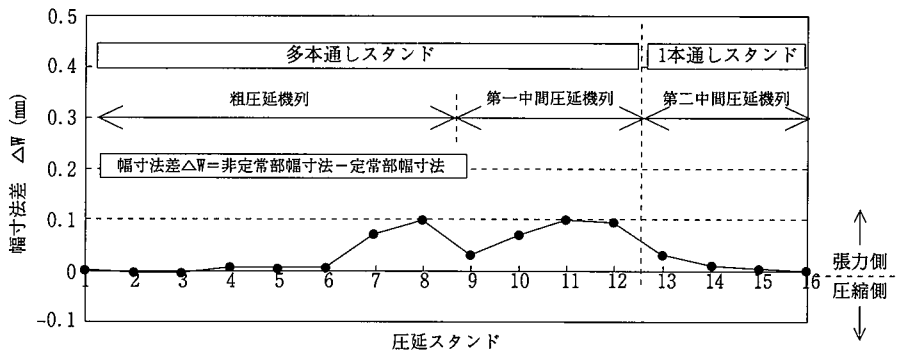


図13 幅寸法影響の推定

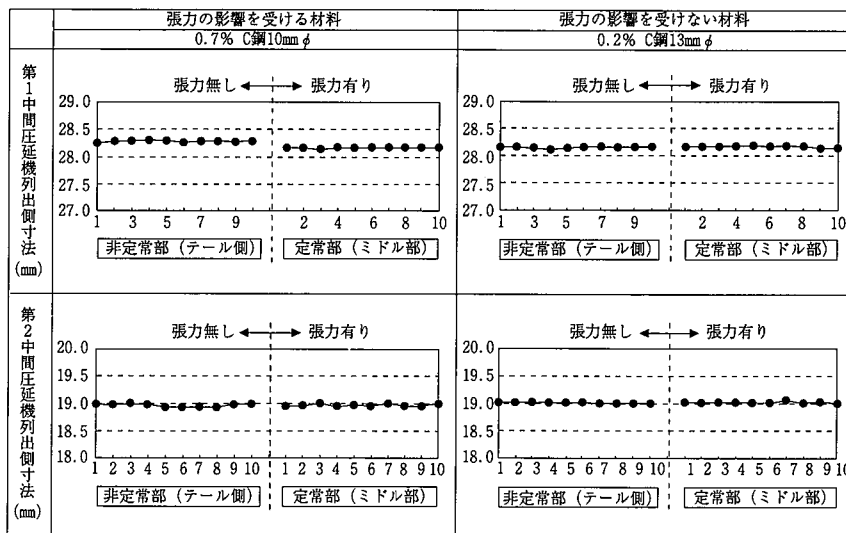


図14 実圧延材調査結果

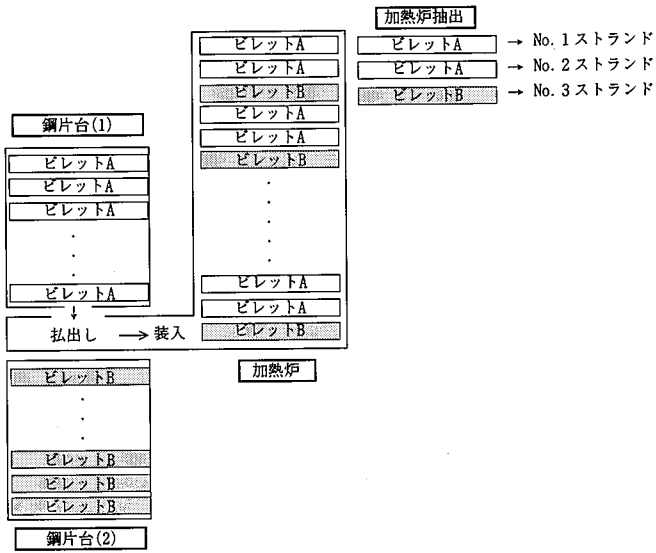


図15 鋼片台及び加熱炉内のビレット配列例

一貫トラッキング技術の開発にあたり、異材発生防止のポイントとして着目した点を下記に示す。

- (1)ビレット置場から加熱炉装入用鋼片台(以降鋼片台と呼ぶ)へビレットを運搬する際のトラッキング
- (2)鋼片台上でのトラッキング
- (3)二つ以上の異なる鋼片台～加熱炉装入へのトラッキング

2.5.1 ビレット置場から鋼片台運搬トラッキング

ビレット置場から鋼片台上に圧延対象ビレットを供給する自動クレーンは、上位計算機(以降ビジコンと呼ぶ)から装入番号、本数、ビレット配列位置情報を受けてから運搬し、その実績を誘導無線によりビジコンに伝送する。その後、ビジコン内ではトラッキング情報と再度照合を行い、正しければ鋼片台上情報としてデータ保管し、間違っていれば異常警報を出力する。

2.5.2 鋼片台上トラッキング

鋼片台では、ビレット端部のマーキングを自動で読取り、その結果をビジコンに伝送し、ビジコンの鋼片台情報と照合することで異材発生防止を図る。このマーキングの読取り技術は、CCDカメラを積載した読取装置が、指定されたビレット本数分のマーキングを自動で読み取る。この時、ビレット配列の端面の凹凸部の影を間違っ

2.5.3 鋼片台～加熱炉装入トラッキング

二つ以上の異なる鋼片台からビレットを加熱炉に装入する際には、ビジコンから装入番号、本数、ビレット配列位置情報をプロセスコンピュータ(以降プロコンと呼ぶ)に伝送し、プロコンで装入予定のビレットが配置されている鋼片台へ払出し条件が成立した段階で指示を行う。鋼片台からの払出しを行う指示を受けたシーケンサーは、当該ビレットを加熱炉装入ローラー上へ払出し制御を行

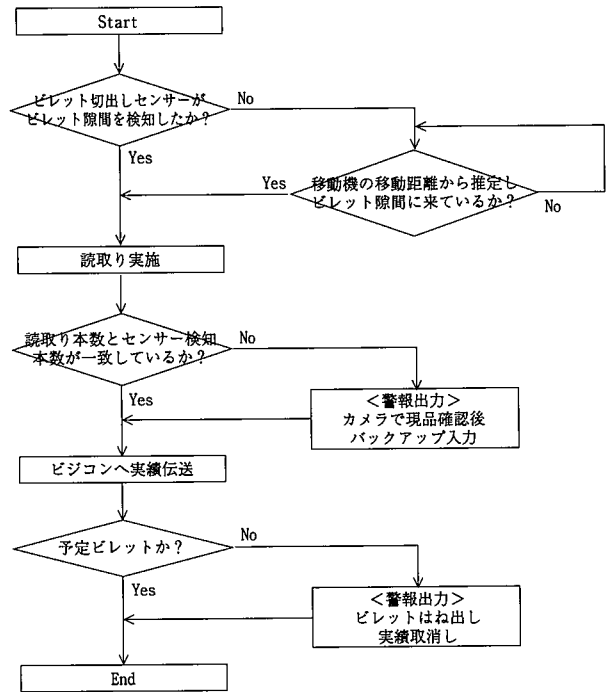


図16 読取りデータ照合フロー図

う。その結果をプロコンに伝送し、プロコン内でチェックして、データが正しければ装入可信号をシーケンサーに伝送する。

以上のように従来オペレータが目視で実施していた確認作業を自動化し、しかも何重にもチェックを行うことで、異材発生防止を可能とした。このデータ照合フロー例として、鋼片台上トラッキングのフローを図16に示す。また、上記の一貫トラッキング技術の確立により、複雑な加熱炉の装入・抽出作業も自動化することが可能となった。

3. 異鋼種、異サイズ同時圧延技術の効果

異鋼種、異サイズ同時圧延技術の確立により、従来低く抑えられていた圧延T/Hrを大幅に改善することができた。また、品質的にも同鋼種、同サイズ圧延と同等の品質レベルで操業が可能となった。

4. おわりに

以上、異鋼種、異サイズ同時圧延技術について述べた。一見既存技術の延長のように感じられるが、棒線のような三次元孔型圧延において、圧延特性の異なる異鋼種、異サイズ圧延を同時に行うことは至難の業であり、この技術確立は多ストランドミルの作業率、圧延量の向上に大きく寄与する。

今後の課題は、ビレット端部マーキングの自動読取り率を更に向上させオペレータ介入を極力低減させることであり、関係先と連携を取りながら進めていく。