

最新鋭形鋼圧延設備の開発

～世界最大クイックシフトミルとスラブ起立全自動運転～

Development of the sophisticated new rolling mills for the long products

池崎 徹 Toru IKEZAKI
技術本部 技術開発研究所 機械商品開発室長

保木本達也* Tatsuya HOKIMOTO
製鉄プラント事業部
製鉄 PE 第二部 連铸・圧延プロジェクトグループ長

北里 武 Takeshi KITAZATO
日鉄プラント設計棟
製鉄 PE 部 製鉄プラント第一グループ長

吉屋 元志 Motoshi YOSHIYA
日鉄プラント設計棟 製鉄 PE 部 チーフ

上園 健治 Kenji UEZONO
技術本部 製造管理技術センター マネジャー

吉村 泰史 Yasushi YOSHIMURA
技術本部 制御システム技術センター マネジャー

抄 録

新日鐵堺製鐵所では、広幅スラブの適用による、より大型、極厚の H 形鋼の製造範囲拡大および既存 H 形鋼の生産効率向上、スラブ幅集約を目的に、既設加熱炉と粗圧延機 (BD ミル) との間にハイリフト式クイックシフトミル (S ミル) を追加設置することを決定。弊社が設備供給、据付を行い 2008 年 4 月に完工した。S ミルは、圧延時の孔型シフト時にミル本体がクイックシフトするミルとしては、重量、ストロークとも世界最大であり、高速シフトおよび高精度で位置決めを達成するための機構を新たに開発した。さらに、本設備はスラブをミル前後面での起立動作を全自動で行う機能も備えた最新鋭の形鋼圧延設備である。本設備の概要、開発ポイントについて、以下に紹介する。

Abstract

Sakai works of Nippon Steel decided to establish a High-lift and Quick-shift mill (S mill) between the existing reheating furnace and the breakdown mill (BD) for the purpose of expanding the production range of large and thick H-beam, and improving the productivity and integrating the slab width of existent H-beam. Nippon Steel Engineering co., ltd. (NSEC) received an order to supply and construct S mill and completed on April, 2008. The Quick-shift mill itself, instead of the rolled material, shifts between rolling passes in order to change the roll caliber, and S mill is featured as the Quick-shift mill which has the world's maximum weight and the maximum shifting stroke. NSEC, therefore, newly developed the sophisticated mechanism for high speed shifting and high accurate position setting. In addition, S mill is the most advanced section rolling mill which has the full automatic control system of raising the slab.

1 緒言

最近の形鋼業界を取り巻く環境は、新興国、中東地域での高層ビル等の建設案件が進行しており、より大型、極厚サイズのハイグレード H 形鋼の需要が増加してきている一方、汎用品市場では、国内需

要の低迷、中国における供給能力拡大により競争激化している。こうした中、新日鐵堺製鐵所では、圧延用素材に幅広スラブを適用し、より大型、極厚の H 形鋼の製造範囲拡大、既存 H 形鋼の生産効率向上、およびスラブ幅の集約を目的に、加熱炉と粗圧延機との間に S ミル (ハイリフト式クイックシフ

トミル)の追加設置を決定。当社が設備計画～供給、据付を担当した。Sミルは、圧延時の孔型シフト時にミル本体がクイックシフト(高速での移動)するミルとしては世界最大であり、高速シフト時に高精度で位置決めを達成する機構を工夫した。さらに、オペレータの増員無しにミルを追加するため、スラブの起立動作の完全自動制御機能も織り込んだ、最新鋭の形鋼圧延設備である。

2 Sミルの概要および主要技術課題

圧延素材であるスラブよりH形鋼を圧延する場合、まずスラブを立て、ノッチのついた孔型ロールで割り込み圧延を行うことでH形鋼のフランジ部の粗造形を行う(図1)。堺製鉄所では、従来この圧延は粗圧延機(BDミル)で行われていたが、ロール開度に制約があるため、より幅広のスラブを用いることができなかった。そこで今回、ロール開度のより大きいハイリフト式のSミルを加熱炉と粗圧延機(BDミル)との間に設置し、スラブの割り込み圧延を分担させた(図2)。

割り込み圧延の際、圧延材は、ロールの複数の孔型(カリバー)を順次移動しながらリバース(往復)圧延されていく。通常、圧延機は基礎の上に固定されているので、孔型を移動する際は、圧延材をミルの前面あるいは後面でサイドガイドにて挟んで横送りし

ていく。しかしこの場合、圧延材がサイドガイド長よりかなり長い場合、横送りする際に圧延材後端部に曲がりが生じ、次パスで孔型にまっすぐに導入されず、結果、圧延後の断面形状のバラつきやすり傷の原因となる(図3)。圧延初期で発生したこうした不具合は、以降の圧延工程で修正する事は難しくそのまま成品不良へとつながるため、避ける必要がある。また、ミルの前面および後面のローラーテーブル幅も広くする必要があり、設備改造範囲が大きくなる。

そこで、Sミルは、ミル自体を圧延パス間で高速でシフト(横送り)させるクイックシフト式とし、圧

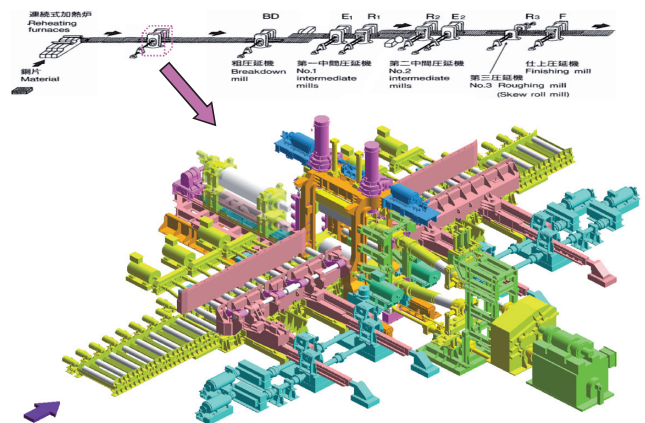


図2 新日鐵堺製鐵所 Sミル
Fig.2 S mill, Sakai works of Nippon Steel

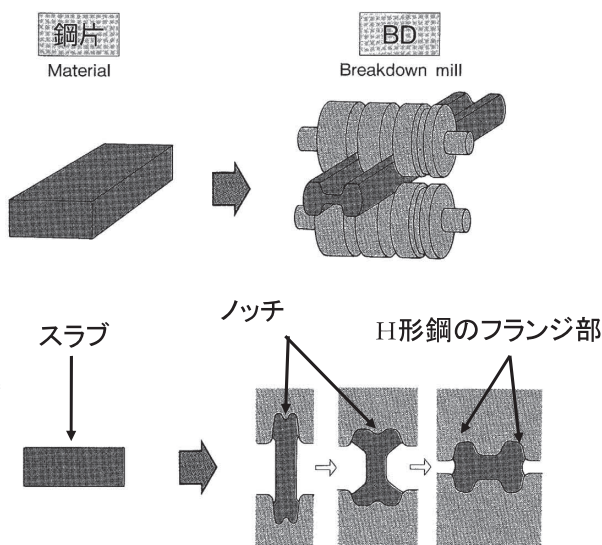


図1 スラブの割り込み圧延
Fig.1 Edging rolling on slab by BD mill

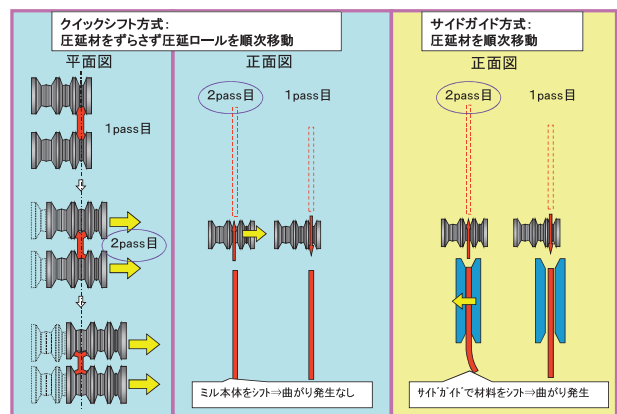


図3 クイックシフト方式とサイドガイド方式との違い
Fig.3 Comparison between Quick-shift and Side guide shift

表1 過去のクイックシフトミル納入実績
Table 1 Supply record of the Quick-shift mill

向先	ミル重量(トン)	シフトストローク(m)
A 製鉄所 Xミル	150	0.8
B 製鉄所 Yミル	160	2.0
A 製鉄所 Zミル	400	1.7
堺製鉄所 Sミル	500	2.6

延材を同一経路上を往復させることで曲がり発生を抑え、かつ設備改造範囲を最小化している。今回のミルは、圧下ストロークの大きいハイリフト式であり、シフトするミル本体重量は約500トンにもおよび。また、ミルのシフトストロークも2.6mあり、重量、ストロークとも世界最大のクイックシフトミルとなる(表1)。

Sミルは、圧延パス間で高速、高精度でシフト制御する機能が求められた。また、客先よりオペレータの増員無しに操業したい、との完全自動運転の要求もあり、従来オペレータが手動操作していたスラブの起立動作も自動で確実に言う運転制御システムの構築も求められた。

3 課題解決のためのポイント

上述のように、Sミル具現化には大きく2つの課題があった。

- (1) 大重量、ロングストロークのミルを、高速、高精度でのシフト制御
- (2) スラブの自動起立運転制御

以下、それぞれの課題に対する対策、工夫を詳述する。

3.1. 高速、高精度のシフト制御

(1) 油圧サーボ制御の最適化

Sミルは、クイックシフトミルとしては、重量、ストロークとも世界最大であったが、移動時間：11 sec/1300mm 以内、停止精度：2 mm 以下、と従来並みの機能が求められた。一般的に、油圧で位置制御する場合、高速の移動速度達成には、サーボ弁の容量を大きく、シリンダーのサイズは小さくすることが求められる。これとは逆に、停止精度向上のためにはシリンダーの受圧面積を大きく、ストロークは短く、且つ、制御弁(サーボ弁)の容量を小さくすることが求められる。つまり、大重量物のロングストローク移動においては停止精度が容易に得難いことになる。Sミルでは、圧延パス間の孔型シフトの迅速性を確保するため、シリンダーサイズを抑えながら、実用上最大容量のサーボ弁を用いざるを得なかった。また、通常の圧延時(高速)のほか、メンテナンス時等を行うマニュアル操作(低速：高速時の1/10以下の速度)を行う際も安定した動作をさせる必要がある。

そこで、油圧制御シミュレーションモデルを作成し、最適システムを検討、構築した(図4)。結果、従来制御ゲインは一定であったものを、圧延時(高

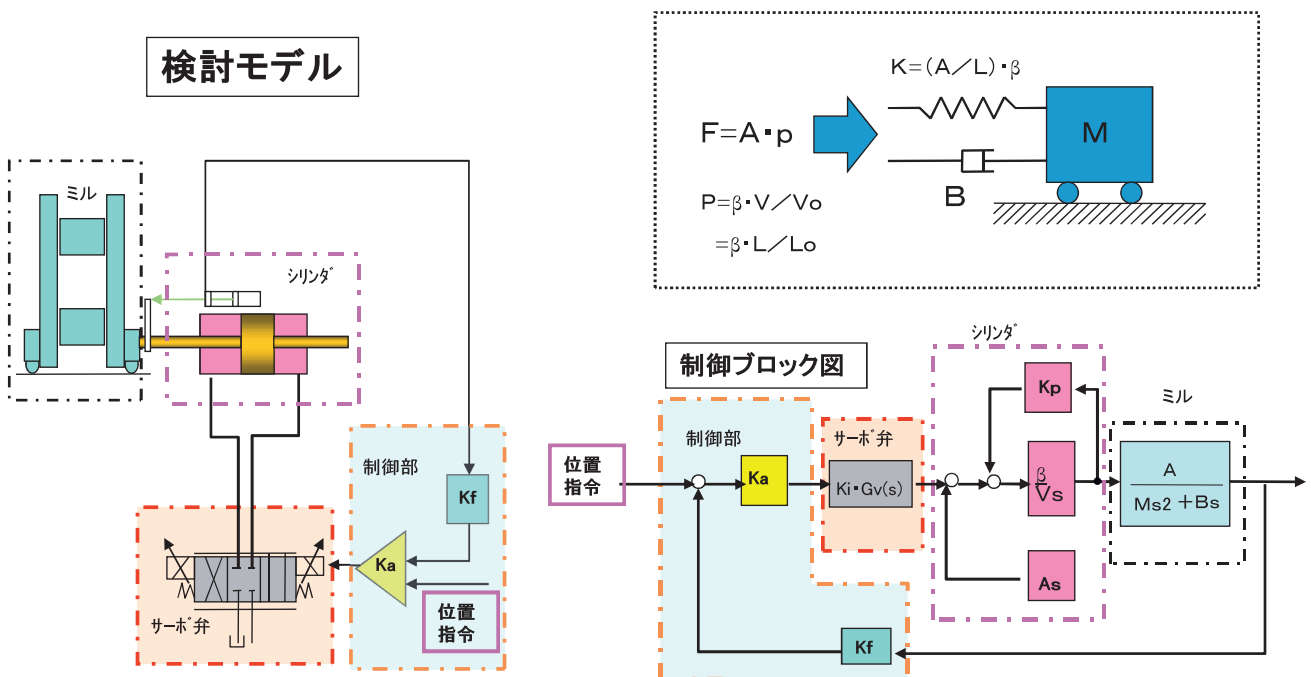


図4 油圧制御シミュレーションモデル
Fig. 4 Simulation model for hydraulic control system

速モード)では大きくし、マニュアル操作時(低速モード)では小さくする、マルチゲイン化を採用し圧延時でのシフト時間短縮およびマニュアル操作時のハンチング現象防止による振動を抑えた円滑な作動を両立させた(図5)。さらに、ショックを抑えつつオーバーシュートをなくす“曲線Ref+オーバーシュートレス”制御を考案し、シフト時間を従来より0.4秒短縮した(図6)。

(2) 高精度停止機構(スタンド昇降装置)

クイックシフトでは、圧延終了後、ミルスタンドを上昇させて車輪にて走行(シフト)し上述の位置決めを行い、その後、ミル本体をベッドプレートに固定することが必要となる。従来、設備のコンパクト化および作動の迅速化のため、走行車輪部に偏芯機構を設置しミル本体を昇降・下降させていた。しかし、偏芯作動時に横方向分力が働いたためスタンド下降時に位置が横にずれ、せっきやくシフトシリンダーのサーボ制御で精度よく停止したものが、最大1.3mmもずれてしまうことが生じた。

今回は、偏芯駆動方式によらない直接昇降駆動方式を適用してこの問題を解消し、高い停止位置精度を達成した。併せて、スタンドクランプ機能をスタンドクランプ部に持たせることによる、スタンドの下降・位置固定の時間も短縮、および設備のコンパクト化も達成した(図7)。

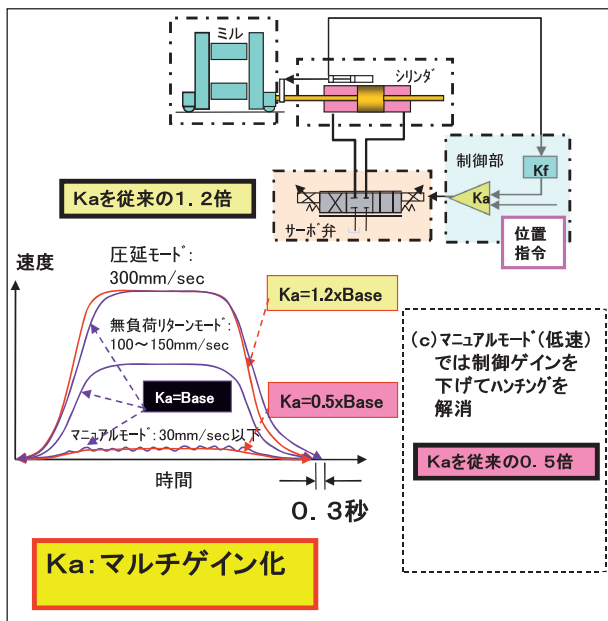


図5 マルチゲイン制御
Fig.5 Mulch-Gain control system

3.2. スラブ自動起立運転制御

縦横比の大きいスラブを起立させる動作は非常に不安定である。実際、スラブを起立させる過程では、スラブのセンタリングのあと、フィンガーにてスラブ片側を途中位置まで高速上昇させ、次いでフィンガーを低速上昇させながらサイドガイド移動による起立完了動作、といった一連の複合・連動動作が必要である(図8)。これらを短時間かつ確実にを行うため、従来はオペレーターの熟練作業で行っていた。

今回、この動作を全自動で行うため、それぞれの作動軌跡を詳細に分析し、最適な δ 、 α 、H を求め、

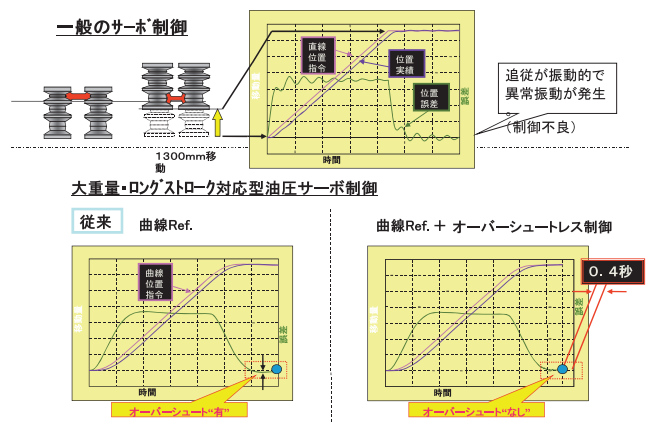


図6 曲線Ref+オーバーシュートレス制御
Fig.6 Curved reference plus overshootless control

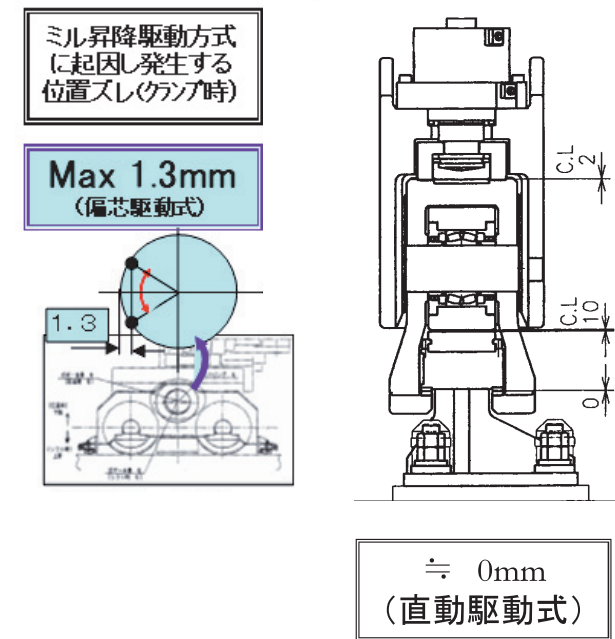


図7 高精度停止機構(スタンド昇降装置)
Fig.7 Mechanism of high accurate position setting

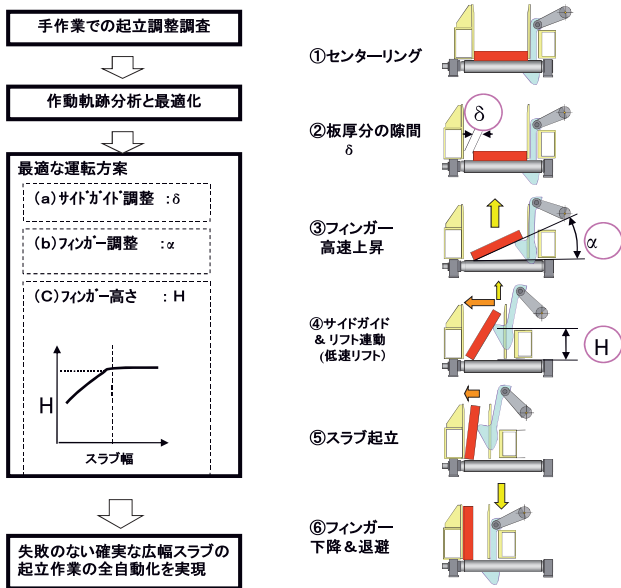


図8 スラブ起立動作の完全自動運転システム
Fig.8 Full automatic control system of slab handling

スラブ起立の運転方案を構築した。結果、立上後全く失敗の無い広幅スラブの起立動作の完全自動化を達成した(図9)。

4 開発の効果

新日鐵堺製鐵所は、世界最大のクイックシフトミル、および全自動起立運転を採用することで、製造技術力および商品競争力が大きく向上した。(2008年4月完工)

- (1) 大型、極厚のH形鋼の製造範囲拡大
 - ・H14“x16”の125mm厚の製品化
 - ・H1000x400の40mm厚の製品化
- (2) 生産性向上
 - ・既存H形鋼の生産性向上
 - ・スラブ幅の集約

5 結言

世界最大のクイックシフトミルに全自動スラブ起立制御システムを取り込んだ最新鋭の形鋼圧延設備を開発し新日鐵堺製鐵所に納入した。本設備は、個々の要素技術(機械技術、油圧制御技術、電気制御技術)を組み合わせ最適なシステムとして構築したものであり、現在も順調に稼働中である。

今後も新日鉄エンジニアリングの保有する豊富な各要素技術を駆使し、顧客のニーズを満足する最適な設備、システムを構築、提案していく。

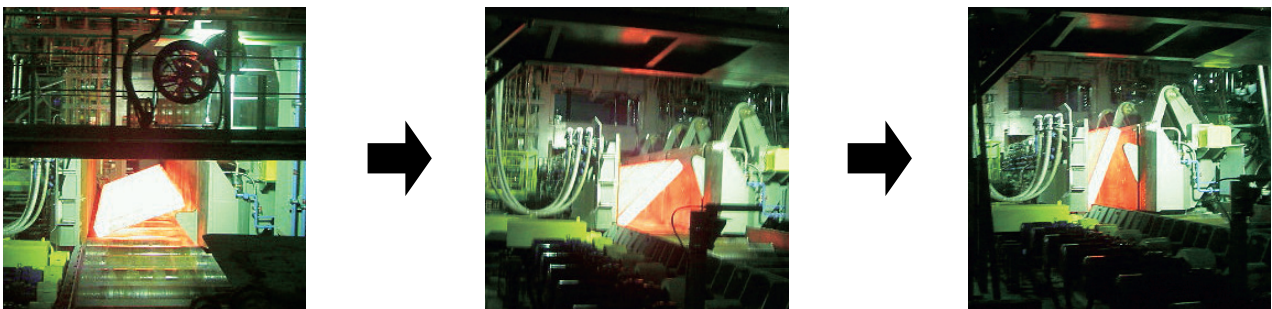


図9 スラブ起立完全自動運転
Fig.9 Actual operation of the full automatic slab handling