

鑄片圧下装置の開発

～連鑄鑄片の内部品質向上(センターポロシティ低減)技術の確立～

Development of Center Porosity Reduction
 ～Establishment of the internal quality improvement
 (center porosity reduction) technology of the continuous casted bloom～

橘高 節生 Setsuo KITAKA

製鉄プラント事業部
 製鉄 PE 第二部
 シニアマネージャー

三浦 康彰 Yasuaki MIURA

製鉄プラント事業部
 製鉄 PE 第二部 商品技術室
 連鑄・圧延技術グループ シニアマネージャー

松岡 幸弘* Yukihiro MATSUOKA

製鉄プラント事業部
 製鉄 PE 第二部 商品技術室
 連鑄・圧延技術グループ

神田 哲彦 Tetsuhiko KANDA

製鉄プラント事業部
 製鉄 PE 第二部 プロジェクト管理室
 鋼板処理プロジェクトグループ シニアマネージャー

佐藤 孔司 Tadashi SATO

技術本部
 制御システム技術センター
 製鉄プラント制御システム室 マネージャー

井上 正昭 Masaaki INOUE

日鐵プラント設計(株)
 製鉄 PE 第二部 連鑄・圧延チーム チーフ

抄 録

日本の自動車・家電・造船・建機などの産業分野は、加工特性および熱処理特性が優れ、高強度な鋼材を要求してきている。このニーズを満足させるには中心偏析・センターポロシティ(鑄片内部微小空孔)・内部割れ・表面割れ等のブルーム鑄片の品質問題を解消する必要があり、特殊鋼メーカーは長年にわたり数々の品質向上技術を開発してきた。しかし、センターポロシティの低減についてはこれまで有効な手段が確立されていなかった。新日鉄エンジニアリングはセンターポロシティの低減を可能にする鑄片圧下装置を特殊鋼メーカーと共同開発した。本論文では鑄片圧下装置の品質改善効果と設備の特徴について述べる。

Abstract

The Japanese industrial fields, such as a car, a household appliance and shipbuilding and construction equipment request excellent steel materials in the processing characteristic, heat treatability and high intensity. To satisfy these needs, the special steel maker needed to solve quality problems of bloom, such as the center segregation, center porosity (minute hole inside of bloom), internal crack, and surface crack, and much improved quality technology has been developed over many years. However, the effective means of reducing center porosity was not established until now. Nippon Steel Engineering Co, Ltd.(NSEC) developed "Center Porosity Reduction" to reduce center porosity with a special steel maker. In this paper, the improved quality effect and the feature of equipment of Center Porosity Reduction are stated.

1 緒言

日本の自動車・家電・造船・建機などの産業分野は、加工特性および熱処理特性が優れ、かつ高強度な鋼材を要求してきている。特殊鋼と呼ばれるこれらの鋼材は、最終製品や部品の製造工程における品質向上・コスト低減の鍵を握り、日本国内製造業の競争力の根本を支える重要な素材であると言える。特殊鋼メーカーが鋼材需要家の品質向上ニーズに応えるためには、中心偏析・センターポロシティ(微小空孔)・内部割れ・表面割れ等のブルーム鋳片品質問題を解消する必要があった。新日鉄エンジニアリングでは、1970年代より数々の鋳片品質向上技術を開発してきた。例えば凝固末期の鋳片を圧下することで凝固収縮に伴う中心部の負圧化を防止し、中心偏析を改善する軽圧下装置を開発した。鋳片の未凝固域を圧下する軽圧下装置は、圧下量が過大であると内部割れや濃化溶鋼の逆流による負偏析が発生するため圧下量には制約がある。そのため軽圧下装置では鋳片内部に残存するセンターポロシティを十分に改善することは出来なかった。センターポロシティが鋳片内部に残存すると最終製品に表面疵・内面疵を発生させ、腐食や破壊の起点となる重大な問題を引き起こすため、普通鋼はもとより、高炭素鋼・高合金鋼・ステンレス鋼といった特殊鋼において特に低減が望まれてきた。

そこで当社はブルーム鋳片を圧下することによりセンターポロシティを低減する鋳片圧下装置を特殊鋼メーカーと共同開発し、実機化に成功した。本報では、開発した鋳片圧下装置の技術課題、効果および設備の特徴について述べる。

2 鋳片圧下装置の主要技術課題

2.1 センターポロシティ生成メカニズム

連続鋳造鋳片のブルーム鋳片断面中央部には、凝固末期時の濃化溶鋼凝固収縮によりセンターポロシティ(直径1～10mm程度の微小な空孔)が発生する(図1)。この微小空孔が最終製品の棒鋼内に残存すると、棒鋼の機械加工面欠陥の原因となり、さらには棒鋼の焼き入れ・熱処理時の内部割れの起点となる。このような内部欠陥を有する棒鋼は工場出荷前に検査・処分され歩留まり低下となるため、センターポロシティ低減技術の開発が待ち望まれていた。

従前より凝固末期に鋳片を圧下することによりセンターポロシティの発生を防止する方法が提案されていたが、凝固界面近傍が脆弱な未凝固域での圧下は内部割れが生じるという問題があった。そこで当社では、鋳片を圧下して鋳片の内部割れを防止しながらセンターポロシティを減少させ、良好な鋳片の製造を可能にする鋳片圧下装置を開発・実機化した。

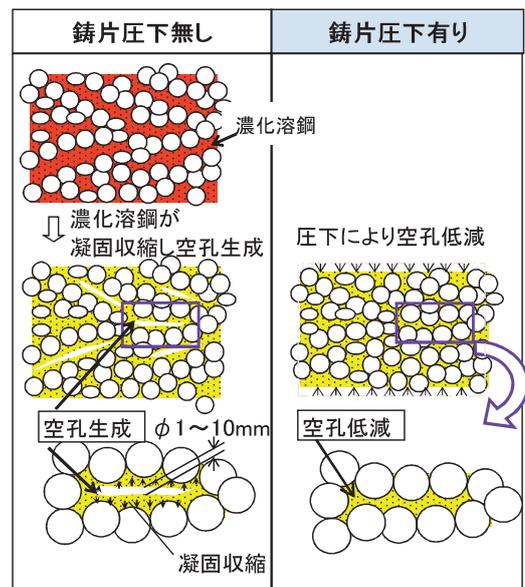
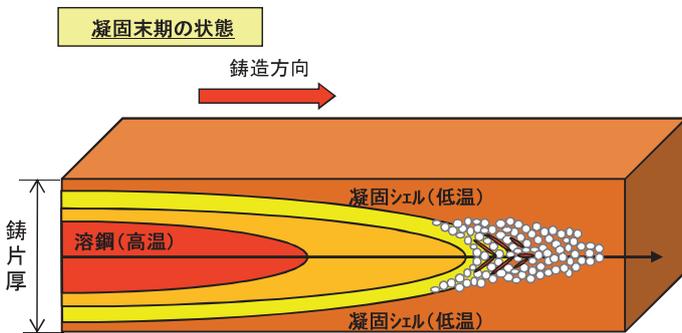


図1 センターポロシティ生成メカニズム
Fig. 1 Generation mechanism of center porosity

2.2 鋳片圧下装置の主要技術課題と主仕様

狭隘な連続鋳造設備内へ鋳片圧下装置を設置するには、高効率圧下が可能なプロセス設計および圧下力・引抜トルクを最適化するハード設計が不可欠である。装置をコンパクト化するには、鋳片の変形特性および圧延負荷特性(必要反力・トルク)を解明し、鋳片表面形状の変形を最小限に止め、鋳片中央部のセンターポロシティのみを効率良く圧下する必要がある。また従来の圧延分野では経験の無い連続鋳造設備特有の低速圧延負荷特性についても解明する必要がある。そこで疑似センターポロシティ

表1 鋳片圧下装置のハード主仕様
Table 1 The main mechanical specification of Center Porosity Reduction

連続鋳造設備型式	大円弧湾曲型CC
鋳片サイズ	鋳片型格 ブルーム鋳片
上ロール	圧下ロール
下ロール	フラットロール
圧下方式	油圧固定スパーサー圧下方式
動力伝達方式	電動モーター+減速機+ユニバーサルジョイント(+ウォーム減速機)

(人工空孔)を加工した実鋳片を準備し、実鋳造速度にて圧延テストを実施した。圧延テスト中の圧下力・モータートルクの負荷測定および圧延後の鋳片形状測定・人工空孔つぶれ量の測定評価により、圧下による鋳片の変形特性を解明し、必要な圧下力・トルクを決定した。表1にハード主仕様を、図2に鋳片圧下装置の設置位置を示す。

3 鋳片圧下装置の効果

3.1 センターポロシティの低減効果

鋳片圧下装置を適用して製造したブルーム鋳片のセンターポロシティは減少した。図3に鋳片圧下装置未適用・適用の鋳片断面写真を示す。様々な鋼種で実湯テストを行ったところ、鋳片圧下装置適用のブルーム鋳片は全てにおいてセンターポロシティが低減したことから、この品質改善効果の鋼種依存性は無く、全ての鋼種に効果が有ることが分かった。

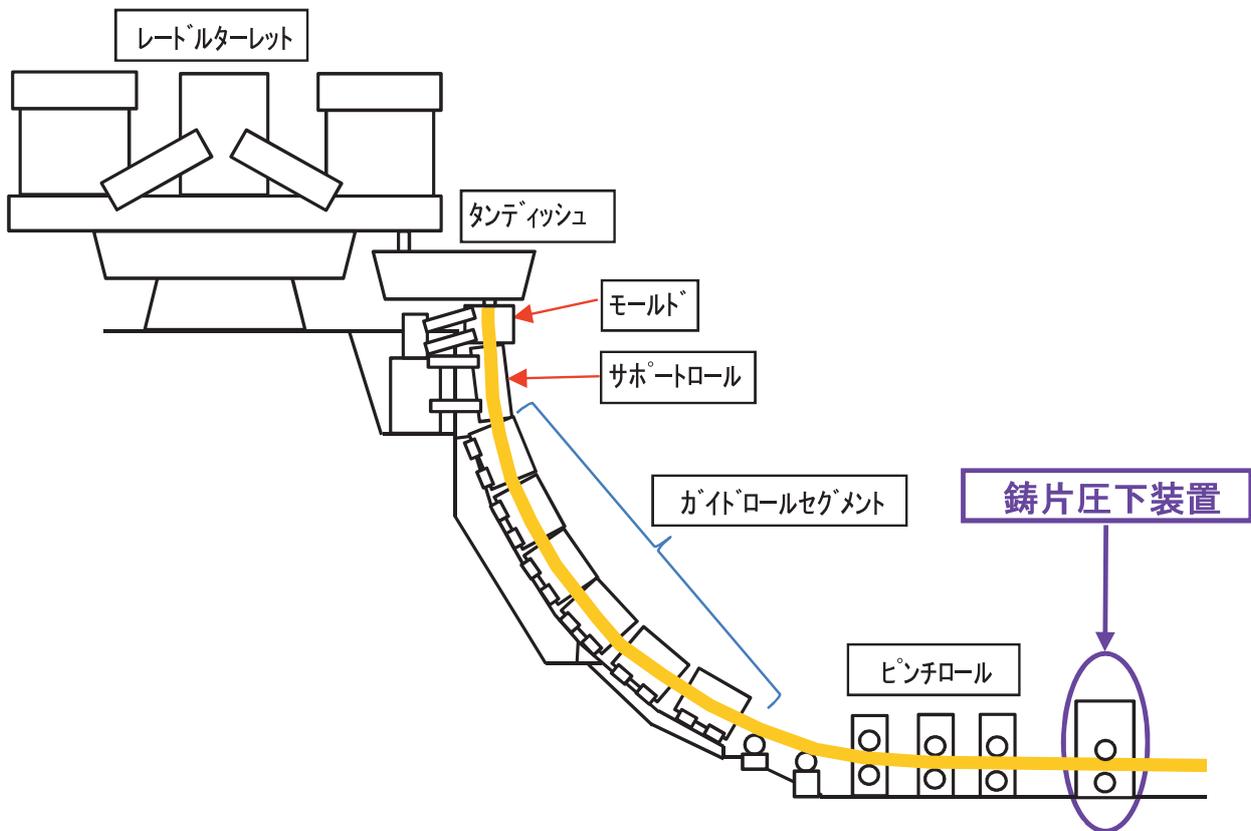


図2 鋳片圧下装置の設置位置
Fig. 2 Installation position of Center Porosity Reduction

3.2 最終製品における鋳片圧下装置の効果

3.2.1 最終製品不良率低減

鋳片圧下装置を適用したブルーム鋳片から製造した棒鋼の超音波探傷検査を行い、内部欠陥の有無を調査した。鋳片圧下装置を適用した棒鋼製品には内部欠陥が発生していないことを確認し、歩留率を改善することができた。

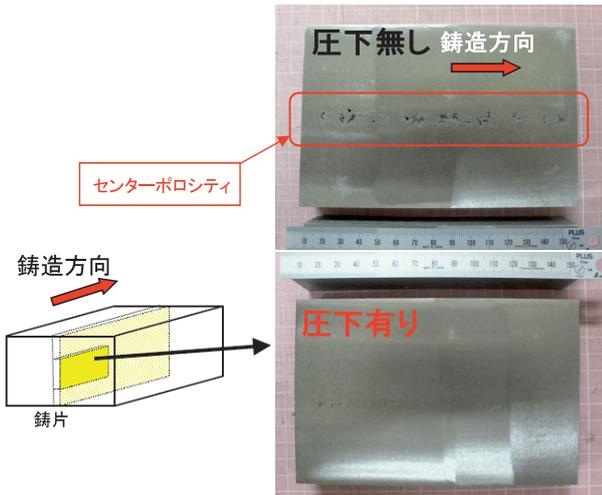


図3 鋳片断面写真
Fig. 3 Cross-section photograph of bloom

3.2.2 生産性向上

センターポロシティに厳格な鋼種は、従来通常より速度を下げても鋳造することによりセンターポロシティを低減してきた。このような鋼種(センターポロシティ厳格鋼種)に鋳片圧下装置を適用することにより、通常(非厳格鋼種)と同等の鋳造速度でセンターポロシティの低減が可能となるため、生産性が向上した。またセンターポロシティ量が多いため従来はインゴット鋳造(IC)していた鋼種も、鋳片圧下装置適用により連続鋳造(CC)することが可能となり、生産性はさらに向上した。

4 鋳片圧下装置の設備の特徴 ～装置構造およびレイアウト～

鋳片圧下装置の駆動装置は外置き方式、積載方式の2種類に分類される。外置き駆動方式の鋳片圧下装置は、上下ロールの駆動力を発生させる駆動装置をストランド外に設置し、水平方向のユニバーサルジョイントでロールおよび鋳片に駆動力を伝える。鋳片圧下力を発生させる油圧シリンダを本体フレ-

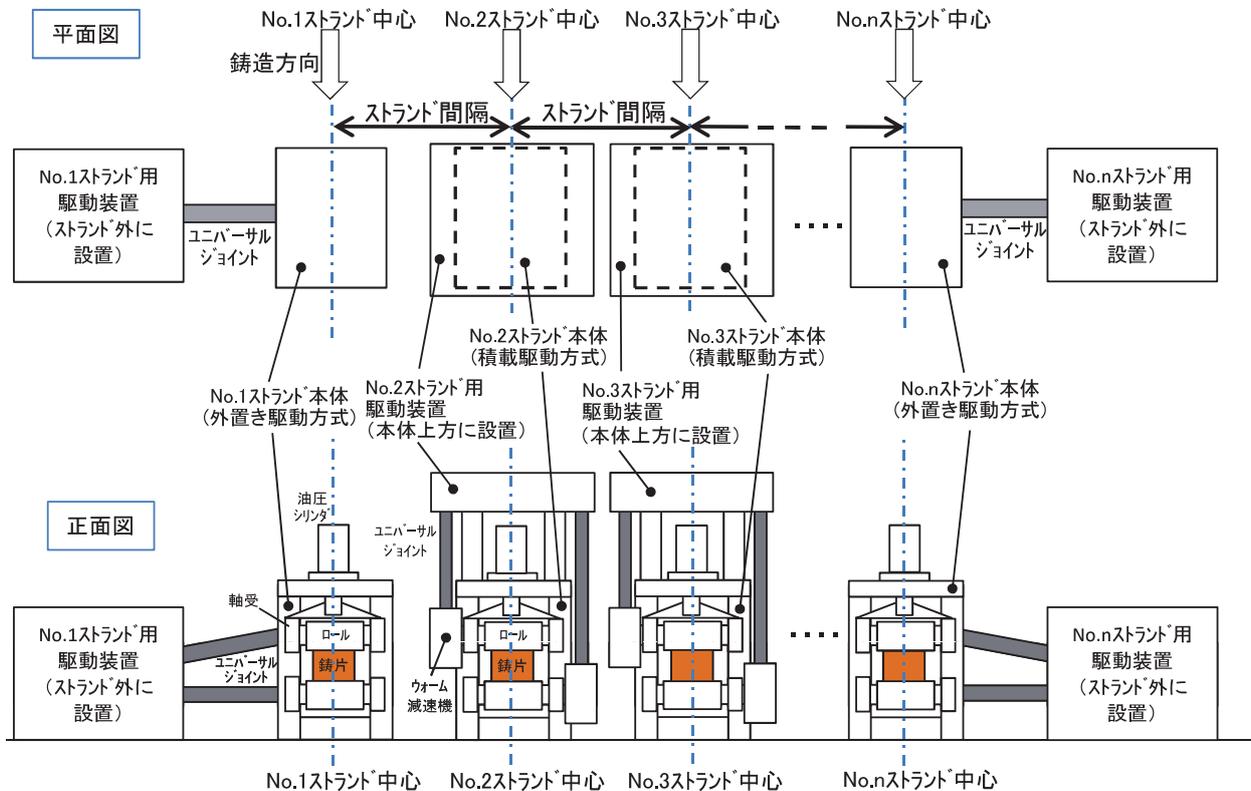


図4 鋳片圧下装置の多ストランド設置レイアウト
Fig. 4 Layout of installing more than three Center Porosity Reduction

ム上方に設置し、軸受箱・ロールを介して圧下力を鋳片に作用させる。積載駆動方式の鋳片圧下装置は、駆動装置が本体フレーム上方のモーターベース上に設置される。上下ロールに直結されたウォーム減速機とモーターベース上の駆動装置とが垂直方向のユニバーサルジョイントで接続され、ロールおよび鋳片に駆動力を伝える。

図4に鋳片圧下装置を3ストランド以上の多ストランドマシンに設置する時のレイアウトを示す。両端のストランドに外置き駆動方式の鋳片圧下装置、中央のストランドに積載駆動方式の鋳片圧下装置を配置し、狭隘な連続鋳造設備内へメニスカス面（モールド内溶鋼液面）から鋳造方向に対し同位置に鋳片圧下装置を設置している。これにより多ストランドマシンでも全ストランド同一操業条件で鋳片圧下装置を運転することができる。

5 結言

当社の鋳片圧下装置には以下の特徴がある。

5.1 鋳片圧下装置による鋳片品質向上効果

ブルーム鋳片にロール圧下を加えることによりセンターポロシティを低減させる圧下プロセスを開発し、実機テストで鋳片品質向上効果を確認した。この効果の鋼種依存性は無く、センターポロシティ改善ニーズを有する鋼種全てに効果が有った。

5.2 鋳片圧下装置による歩留まりおよび生産性向上

鋳片圧下装置適用のブルーム鋳片から圧延された棒鋼製品は、センターポロシティ起因の内部欠陥が低減した。また鋳造速度アップやIC鋼種のCC化が可能となり生産性が大幅に向上した。

5.3 鋳片圧下装置の設備の特徴

鋳片圧下装置には下記の特徴がある。

- 1) 高効率圧下プロセスおよびコンパクトな装置構造により、新設時のみならず改造にても連続鋳造設備内に設置を可能とする。
- 2) 外置き駆動方式・積載駆動方式の鋳片圧下装置を組み合わせることにより、多ストランドマシンにおいても同一鋳造長の位置に設置を可能とする。