

ストリップキャスト用カローゼルコイル

Carrousel Coiler for Strip Caster

広島製作所 真加部彰実*¹ 谷口浩之*²
森重和義*² 櫻山保則*²

溶鋼から直接帯鋼を鋳造するストリップキャストの出側設備にカローゼルコイルを採用し、設備のコンパクト化を図った。帯鋼の巻取りは、ストリップキャストの鋳込み速度の関係より長時間となるため、マンドレルが高温になり焼付きを生じることが懸念された。これに対し、セグメント中央に冷却水穴を追加するコンパクトで冷却効果の良い冷却方法を考案し、温度解析で検証を行った。この結果、マンドレル温度は実績のある従来形よりも少ない冷却水量で従来形と同等の温度になり、焼付きの問題は起らないことを確認した。なお、温度解析は節点法、FEMの二つの方法で行い計算効率が良い節点法の有効性も確認できた。

Placing a carrousel coiler on the delivery side of a strip caster to cast band steel directly from molten steel enables the overall process line to be downsized. The main obstacle to implementing this innovation was the drastic increase in mandrel temperature due to limited casting speed and resulting extended coiling time. Too great an increase in mandrel temperature may cause seizure in mechanical parts, so MHI has pioneered a compact, highly effective cooling system with cooling water holes in the center of the segment. Temperature analysis has confirmed the system's effectiveness: a mandrel temperature equal to that of conventional systems but requiring less cooling water. Two methods of temperature analysis were used and the validity of lumped parameter calculation was confirmed.

1. ま え が き

近年、溶鋼から直接帯鋼を鋳造するストリップキャストが開発された。ストリップキャストを安定操業するためには、一定量以上の大容量の帯鋼を連続してキャストする必要がある。これに対応するキャスト出側設備の開発が必要となった。出側設備は、連続キャストされるストリップを一定量で切断する切断機、連続してストリップをコイル状に巻取るために2本のマンドレルで交互に巻取り可能なカローゼルコイルとこれらの付帯設備から構成した。

ストリップキャストに対応したカローゼルコイルの特徴について以下に紹介する。

2. 設 備 概 要

図1に設備の概要を示す。

図1①はストリップキャスト、②は切断機前ピンチロール、③は切断機、④はコイル前ピンチロール、⑤はカローゼルコイルである。ストリップキャストで連続キャストされた帯鋼は巻付け側のマンドレルで巻取り開始される。巻取り開始後カローゼルコイルが公転し、図1に示す状態で巻取りが続行する。巻取り

コイル重量が一定量になると切断機により帯鋼は切断される。切断された帯鋼の後端は巻取り側のマンドレルに巻取られ、切断された帯鋼の先端は巻付け側のマンドレルで巻取り開始される。巻取り側のマンドレルで巻取ったコイルは⑥のコイルカーでライン外に取出される。以上の動作の繰返しで、キャストの連続操業により10~20個又はそれ以上のコイルが連続生産される。

3. 三菱カローゼルコイルの構造

図2に示すように帯鋼を停止することなく連続して巻取るため、ライン入側のマンドレルで巻取り（マンドレルの自転）ながら2本のマンドレルの軸心の置換（マンドレルの公転）を行う必要がある。このため、駆動機構としては、巻取りの駆動機構とコイル本体の公転機構を有している。

(1) 巻取りの駆動機構

駆動機構を図3に示す。駆動機構は、2本のマンドレルをそれぞれ単独に駆動できるように独立した2系統より構成されており、巻取機本体①内中央部にリングギヤ②を複列に配置している点が機構上の大きな特徴となっている。内歯と外歯を有する2個のリングギヤ②は、それぞれ独立してリングギヤ枠③に回転自在に支持されており、内歯はリングギヤ枠に内蔵された小歯車④と、外歯はリール軸ギヤ⑤とかみ合っている。一方リングギヤ枠は他端を基礎に固定された固定カップリング⑥により、回転のみ規制された半自由状態で本体①に支持されている。巻取り用モータ⑦の動力は、前置歯車装置⑧を経て中間軸⑨、小歯車④、リングギヤ②、マンドレルギヤ⑤に伝達されマンドレル⑩を回転させる。

(2) 巻取機本体の公転機構

図3で、巻取機本体①は、マンドレル側を複数の支持ローラ⑪で、また他端部は単独の本体支持軸受⑫で各々基礎上に回転自在に支持されており、公転用モータ⑬により巻取機本体②に取付けのガスギヤ⑭を介して本体①を回転させることにより、リール軸心の置換を行う。また、本体回転時、リングギヤ

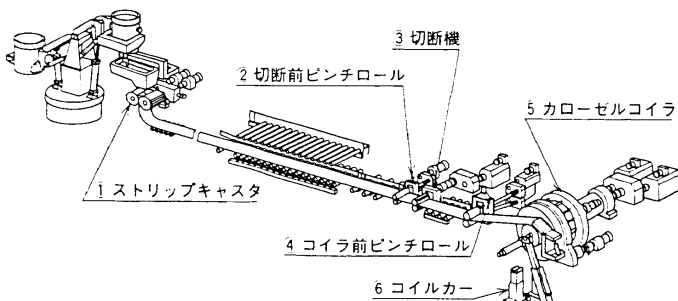


図1 設備の概要 ストリップキャストに対応した出側機器の配置を示す。
Outline of plant

*¹ 製鉄機械設計部圧延プラント課主務
*² 製鉄機械設計部圧延プラント課

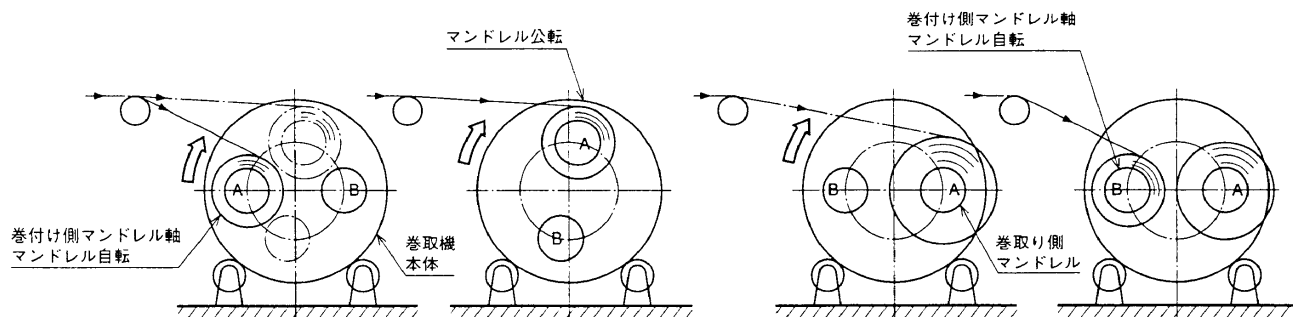


図2 カラーゼルコイラの操作手順 帯鋼巻取り時のカラーゼルコイラ操作手順を示す。
Operational procedure of carousel coiler

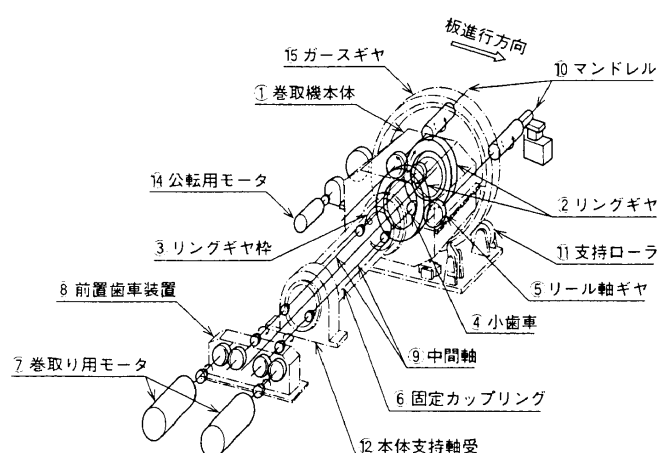


図3 駆動機構 カラーゼルコイラの駆動機構を示す。
Driving system

枠③は連結軸⑥により、静止したままで巻取機本体のみがリングギヤ枠の周りを回転し、さらにリール軸ギヤ⑤は、リングギヤ②の外歯の周りを自転しながら公転することになる。

4. カラーゼルコイラ設置時の構成と利点

4.1 カラーゼルコイラの配置・構成

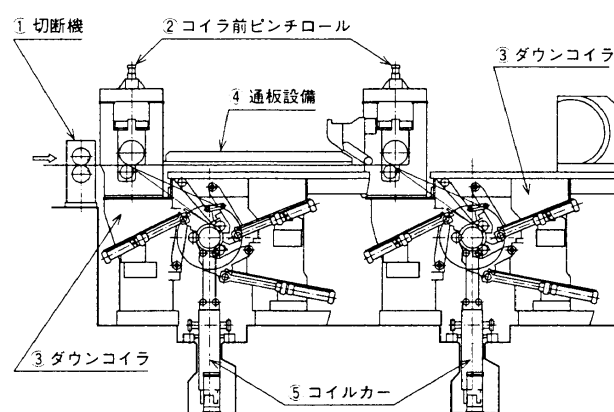
カラーゼルコイラを採用した場合の構成について、従来形（2台の巻取機設置）と対比させ図4に示す。

4.2 カラーゼルコイラ設置時の利点

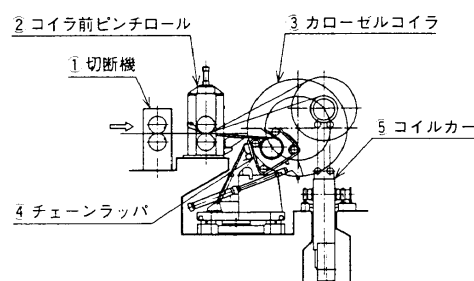
- (1) 帯鋼先端の振分け機構及びコイル間の通板設備が不要となり、シンプルな構造となる。
- (2) 巻付装置及びコイルカーがそれぞれ1台で済むため、周辺設備が簡略化され設置スペースが小さく、かつ、それらの基礎工事のための土木工事費用が節減できる。

5. ストリップキャスト対応マンドレルの耐熱性

ストリップキャスト対応カラーゼルコイラマンドレルの場合、ストリップキャストの鋳込み速度の関係より1コイルを10～30 min 巻取ることとなる。この間マンドレルは帯鋼からの熱負荷を受けることになる。マンドレルはウェッジを油圧ロータリシリンダでしゅう動させ、セグメントを拡張し、径の変換を行う。熱負荷の影響によりしゅう動部の焼付け等の問題が発生する。問題となるしゅう動面の焼付限界は、耐熱極圧グリースの許容温度200℃となり、この焼付けを防止するため、設計改良及び温度解析による検証を行ったので以下に紹介する。



(a) 従来型



(b) カラーゼルコイラ設置

図4 設備の概要 (a) カラーゼルコイラを採用した場合と、(b)従来型（2台のダウンコイル）を採用した場合の設備配置及び構成機器を示す。
Outline of arrangement

6. マンドレルの冷却性能

従来型のマンドレル内の水冷構造は、図5の② ウェッジリングの冷却水穴と半径方向の水路により① セグメント内側及び② ウェッジリング外側を冷却する。これを長時間の巻取りに対応させるため、① セグメント中央に冷却水穴を追加した改良型を考案した。この冷却効果を確認するため、主としてしゅう動面に着目して温度解析を実施した。コイルを巻いた状態で、マンドレルとコイルを三次元体として非定常温度解析を行い、各部のピーク温度を求めた。

まず最初に設計思想の妥当性を確認するため、節点法による簡易解析を実施した。図6に解析モデルの軸方向中心断面を示す。解析コードは、当社広島研究所開発の伝熱解析プログラムを使用した。この計算方法においては、固体内部の他に冷却水にも計算

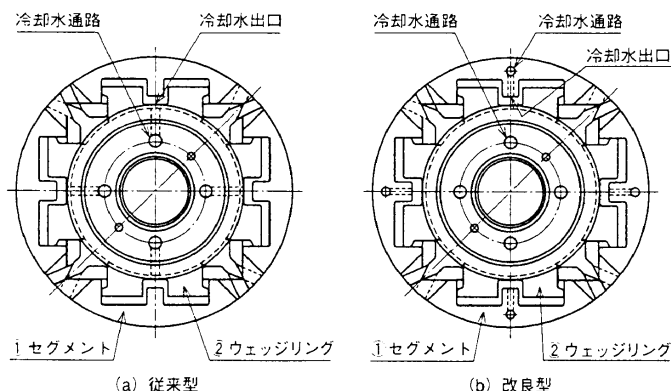


図5 マンドレル“従来型”と“改良型”の構造比較 従来型と改良型の水冷構造を比較する。
Structural comparison of conventional and improved types

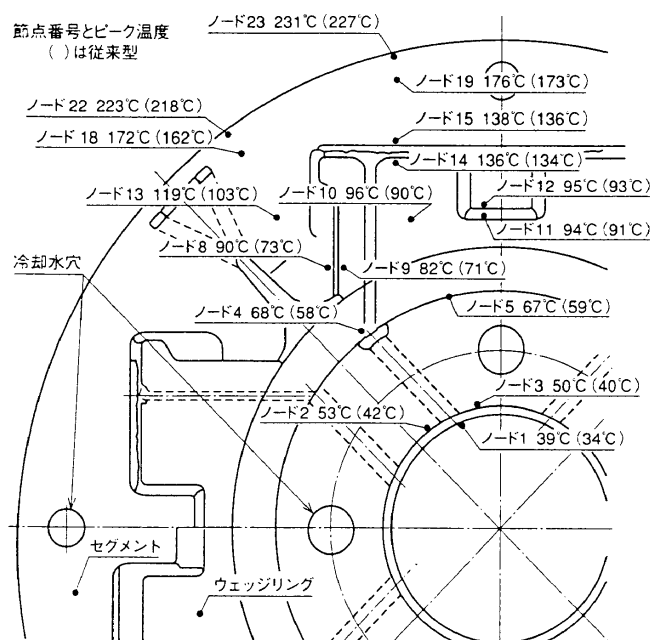


図6 解析結果（二次元断面ピーク温度） マンドレル断面各位置でのピーク温度を示す。
Analysis result (Peak temperature in two-dimensional section)

点を設け、流路との熱伝達と流れの熱移送を考慮した。コイルとの接触面には、実機計測から逆解析した熱伝達率を与えた。

解析条件を表1に示す。両者における条件は内部冷却水量のみ異なる。

図6に二次元断面のピーク温度を示す。問題となるセグメントしゅう動面の焼付き限界は、耐熱極圧グリースの許容温度200°Cとなる。解析の結果、しゅう動面の温度は従来型が冷却水流量370 l/minで136°C、改良型が冷却水流量200 l/minで138°Cであり、セグメント中央に冷却水穴を追加することで、従来型よりも少ない内部冷却水でしゅう動面が焼付きを起さない許容温度以下に冷却できることが検証できた。

簡易解析で本冷却法の効果が見込めることが分ったため、次いでセグメントの複雑な三次元形状における温度分布をより正確に求めるため、FEMによる詳細解析を実施した。ここでは、コイルからセグメントの熱流束及びウェッジリングの表面温度を節点法の解析結果から与えることにより、コイルとウェッジリングの要素分割を省略した。

図7(a), (b)に境界条件、また、図8にセグメント表面熱流束の時間変化を示す。図8に解析結果を温度時刻歴として表す。ここでも、問題となるしゅう動面（図9のb, c）のピーク温度は、bが137°C、cが130°Cとなり、二次元解析結果と差がなく、計算効率の良い節点法による解析の有効性が確認できた。

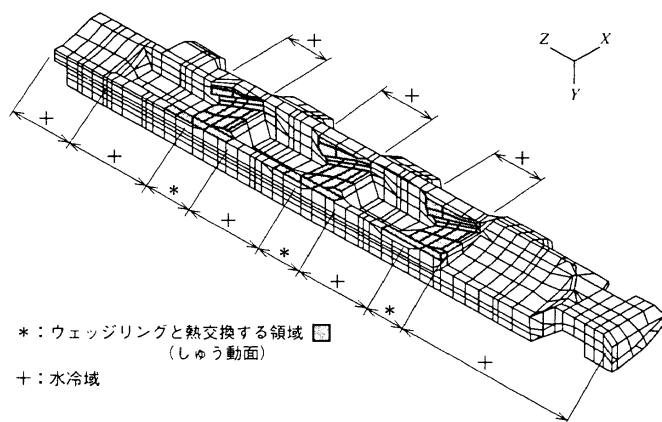
なお、三次元非定常温度の解析は、はん用有限要素法プログラムABAQUSを使用した。

7. 終 り に

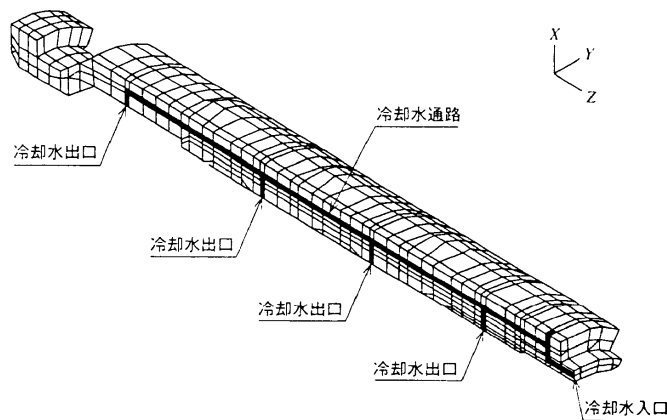
ストリップキャスト用巻取設備にカラーゼルコイルを採用し、設備のコンパクト化を図った。また長時間の巻取りに対しマンドレルの冷却方法の改良を行った。温度解析で検証を行い、少ない

表1 解析条件
Analytical condition

	従来型	改良型
板 温 (°C)	550	550
ストリップ厚 (mm)	5	5
巻取り時間 (min)	40	40
開放時間 (min)	40	40
内部冷却水量 (l/min)	370	200
外部水冷	なし	なし
開放時の自然放冷	あり	あり



(a) セグメント境界条件



(b) セグメント境界条件

図7 セグメント境界条件 (a)セグメントの水冷域及びウェッジリングと熱交換する領域の条件並びに(b)セグメント冷却水通路及び冷却水出口の条件を示す。
Boundary conditions for segment

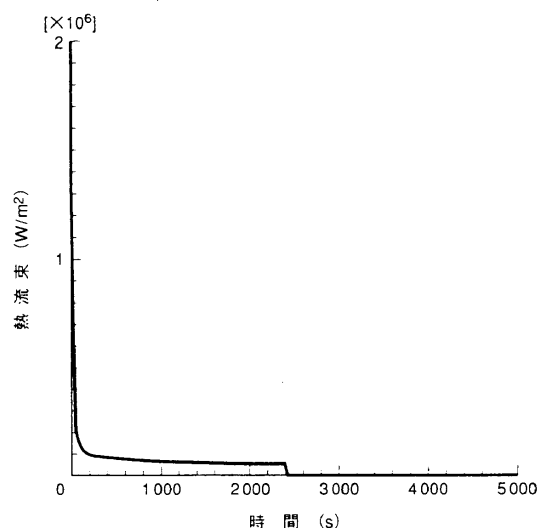


図8 セグメント表面熱流束の時間変化 時間変化におけるセグメント単位面積当りの熱量を示す。
Heat flux change on segment surface by elapsed time

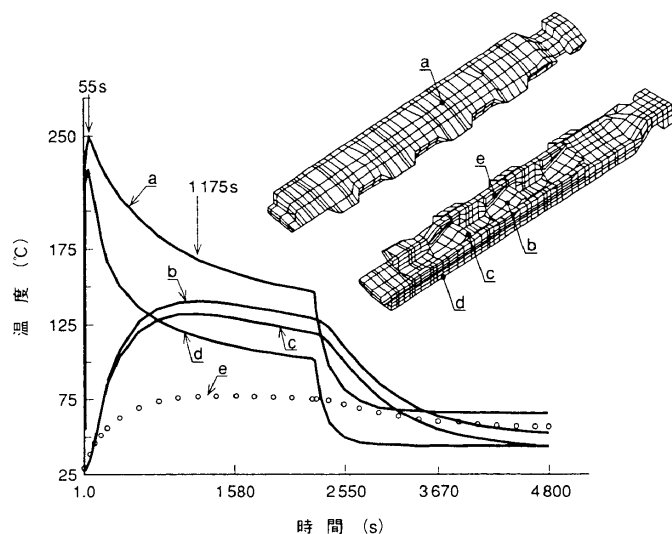


図9 セグメント温度時刻歴 帯鋼巻始めから巻終りまでの時間におけるセグメント各部の温度を示す。
Temperature change on segment surface by elapsed time

冷却水量で冷却効果があることを確認した。今後ストリップキャスタ用巻取設備として安定した巻取りが可能となり、この分野で

の活躍が大いに期待される。

開放特許・新案

遠心力式投雪装置

実用新案登録 第2077165号
発明者 下関造船所 坂井健次
下関造船所 吉田政美

従来の除雪機はオーガ、スノーブローア、排雪口及びオーガとスノーブローアとを同軸で駆動するモータとで構成されていたが、オーガとスノーブローアが同軸駆動となっているため、雪質、雪山への押込み力、押込み深さによってオーガへの負荷が大きくなると駆動モータの回転低下によるスノーブローアの回転低下から、雪ツブで給雪ホースが閉塞するという不都合があった。

本考案はかかる不具合を解消する目的でなされたもので、スノーブローアと連動するアシストブローを設け、アシストブ

お問合せ先

三菱重工業株式会社
技術本部特許部特許企画グループ
〒220-8401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
☎ 横浜 (045) 224-9070
FAX 横浜 (045) 224-9908

ロワの排気口と除雪機の排出口とを二重円筒で構成し、且つその二重円筒の合流部はアニュラスリットを形成する合流管で合流させるとともに、オーガとスノーブローアとの駆動モータを独立させたことを特徴とする遠心力式投雪装置。

図面の簡単な説明

図1は本考案の一実施例を示す正面図、図2は同平面図、図3は同側面図、図4は合流管の縦断面図である。

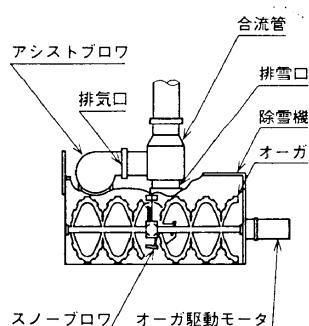


図1

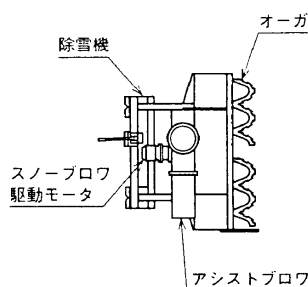


図2

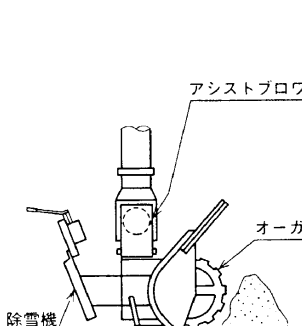


図3

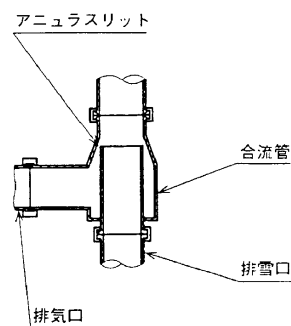


図4