

最新鋭熱間圧延工場向け循環水設備の紹介

A Circulating Water Treatment System for the Latest Hot Strip Mill



(環) 技術部計画第5課
遠藤 准
Jun Endo

A large-scale water circulating system has been delivered to a hot strip mill, having a monthly output of 450 000 tons. The design of the system was aimed at safety, energy saving, and automatic control for the treatment of heat, SS, and oil. This paper introduces the process and gives an outline of the system.

ま え が き

当社は、川崎製鉄(株)千葉製鉄所向けに1995年5月より本格稼働した、新熱間圧延工場(第3熱間圧延工場)の循環水設備を納入した。当工場は、月産45万トンの生産能力を有し、a)世界に先駆けた連続圧延、b)均質な鋼板組織・ロールの長寿命化・電力消費量の低減を目的とした油潤滑圧延、c)工程監視の集中化、徹底した自動化による労働生産性の向上等の特徴として建設された最新鋭の熱間圧延工場である。

一貫製鉄所の中でも熱間圧延工程は、多量の冷却水を使用する工程であり、各系統の循環水設備もきわめて大形なものとなる。新熱間圧延工場の循環水設備に対しては次の項目に重点を置き計画した。

- 1) 安全性と省エネルギーを考慮した設備設計
- 2) 設備の自動化と中央監視システム化
- 3) 加熱炉冷却水の純水密閉循環化
- 4) ブロー水のカスケード使用による補給水の低減
- 5) 発生油分に対する設備対応

本稿では、今回納入した循環水設備のプロセスと設備の概要について紹介する。

1. 設備の建設工程

新熱間圧延工場は、1991年10月より先発土木工事を開始した。循環水設備は1993年1月に契約し、約1年間の設計・内作品調達の後、1994年2月から現地工事に着手し、7ヶ月後の1994年9月に建設を完了した。圧延設備の順次完成に伴い循環水設備も水運転から実運転に移行し、1995年5月より本格稼働となり、現在まで順調に操業を継続している。

2. 循環水の系統及び配置概要

2.1 循環水の系統

新熱間圧延工場では、スラブが加熱炉で均一加熱され、粗圧延機、仕上圧延機の順に直線的に帯状圧延され、ホットコイルとして巻取られる。

これらの設備の機器冷却や製品冷却のため、各系統に大量

の冷却水が必要となる。

循環水は大別して間接系と直接系の2系統に分類される。間接系の循環水は主として加熱炉や圧延機の間接冷却に用いられ、工場内での水損失、汚れは少ないが水温上昇を伴って戻ってくる。直接系の循環水は圧延材や機械設備の直接冷却に使用され、スケールによる濁質及び油分が増加すると共に水温も上昇して戻ってくる。いずれの系も一過性でなく循環再利用される。第1図に循環水の系統を示し、第2図に循環水設備フローシートを示す。次にそれぞれの循環水の概要を説明する。

2.1.1 加熱炉循環水(間接系: 900 m³/h)

鋼片を約1300℃に均一加熱する加熱炉の間接冷却系統であり、循環水は炉体内の耐火物保護用のスキッドパイプ内等を経由して高温にて戻ってくる。炉内被冷却物のメンテナンス低減を考慮して循環水には純水を使用した。その純水はプレート式熱交換器を介し工水による熱交系循環水により冷却される。熱交系循環水は冷却塔により冷却し、循環使用している。

停電トラブル時等の非常用給水のため、純水系、熱交系共ディーゼルエンジン駆動によるポンプ設備を設置している。

2.1.2 主機循環水(間接系: 4400 m³/h)

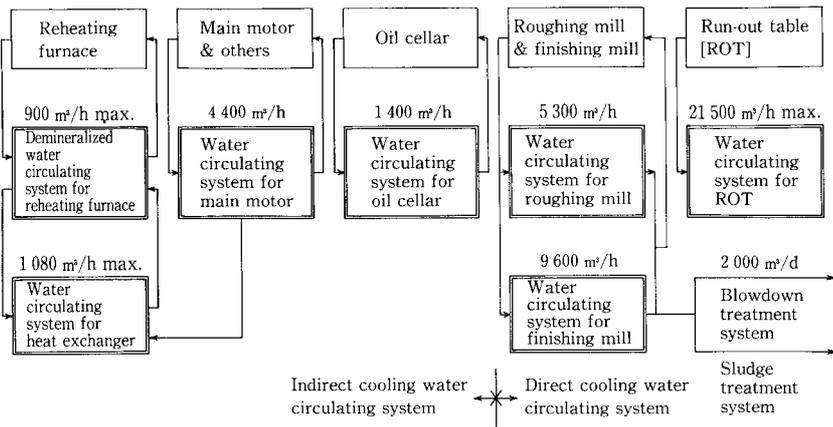
主として、ミル(圧延機)の主電動機及び粗ミルのオイルセラーに使用する間接水の冷却系統であり、冷却塔にて工水を冷却し、循環使用している。冷却後の水温は加熱炉循環水の熱交系と同一であり、給水槽は仕切壁を貫通させた構造とした。

2.1.3 セラー循環水(間接系: 1400 m³/h)

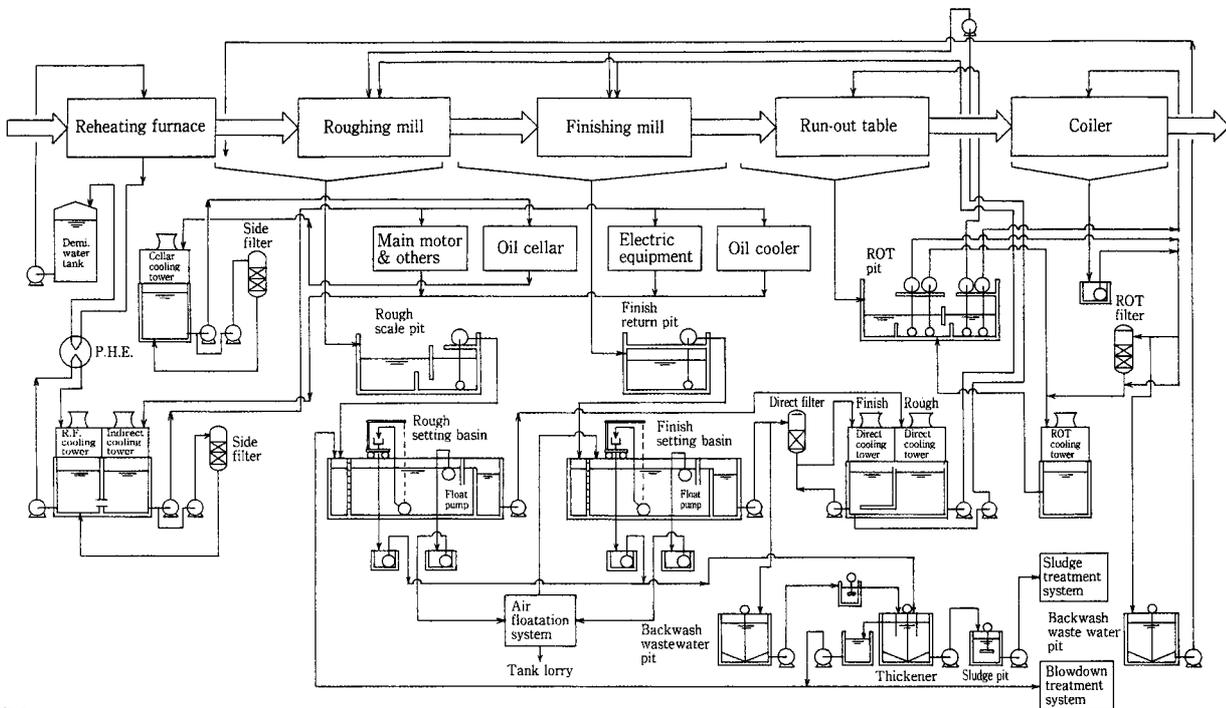
対象は主として、仕上ミル及びコイラーのオイルセラーの間接冷却であり、循環水の処理プロセスは主機循環水と同じである。

2.1.4 粗ミル・仕上ミル循環水(直接系: 14900 m³/h)

本系統は粗ミル・仕上ミルのロール冷却、圧延材のデスクレーン、集塵機等に使用する直接系の循環水である。戻り水はスケールスルース経由で工場外のピットに返水さ



第1図 循環水の系統
Fig. 1 System of circulating water.



第2図 フローシート
Fig. 2 Flow sheet.

れる。粗ミル系は、加熱炉より粗圧延機を含め仕上圧延機の手前までをカバーするスケールスルースにて粗ミルスケールピットに戻る。仕上ミル系は、仕上圧延機の大部分をカバーするスケールスルースにて仕上返送ピットに戻る。粗ミルと仕上ミルとは戻り水に水質の差があるので、2系統に分け、異なる処理方式とした。

粗ミル系は、スケールピットによる粗スケールの除去を行った後、横流沈殿方式により固液分離を行い、冷却塔にて冷却処理する。

仕上ミル系は、粗ミル系に比べ粗スケールが少ないかわりに微細スケールの比率が高く、油分も多く含まれた戻り水である。仕上返送ピットからは全量横流沈殿池に返送さ

れ中粗スケールを固液分離した後、圧力式高速単層ろ過器にてろ過処理—冷却が行われる。

それぞれの冷却塔により冷却した循環水は、冷水槽にて混合し、給水ポンプにより工場に直接送水される。

各沈殿池に浮上した油分は、フロートポンプにて一箇所に集め、加圧浮上処理により油分を浮上濃縮スカムとして回収した。

一方、沈殿したスケールとろ過器の逆洗排水はスラッジシクナーで凝集・沈殿・濃縮し、別途設置した脱水センターに移送し脱水処理される。

各間接系循環水のブロー水は直接系ミル循環水の補給水としてカスケード利用され、熱間圧延工場の最終ブロー水

は、一括してミル系よりブロー水処理設備に移送される。このブローと工水補給にて循環水系内の塩類の濃縮防止を図っている。

2. 1. 5 ROT循環水(直接系: 21 500 m³/h)

ROT (Run out table) 循環水は、熱間圧延設備の循環水の中で最も多量の水を循環使用する系統であり、仕上圧延機の最終ロールから圧延された鋼板の冷却調質に用いる。また、ROT 循環水の一部はコイラーの設備にも利用される。ROT 戻り水は、スケールスルースにより ROT ピットに返水され、その一部を部分冷却・部分ろ過し、所定の水温・水質とし給水ポンプにより ROT 設備に送水される。

2. 2 設備レイアウト

一般に熱間圧延工場は鋼片(スラブ)を鋼板(ストリップ)にするために直線距離の長い工場となる。当工場は、東西約600 m、南北約300 mのエリアに建設されている。主な循環水設備は、そのエリアの中間に位置し170 m×120 mの範囲に配置されている。

各設備の配置は、次のような事項を考慮し、決定された。

1) 経済的な配置

循環水量は最大44 000 m³/hにもなり、その送水のための配管物量は膨大なものとなる。建設コストに大きく影響する配管物量を最小限にするために、各水処理装置間にはメンテナンススペースを確保し可能な限り隣接させた。また大容量の動力を必要とする送水ポンプ類は集約し、電気室を接近させ動力配線距離の低減化を図った。

2) 配管上の配慮

循環水設備の連絡配管口径は、2 000 mmを最大に1 000 mm前後のサイズにて十数本となる。これらはいずれも地下埋設配管であり掘削土量・継手類の減少に配慮しなければならない。平面上で交差させる事は極力避ける事が必要であり、配置を決定する上で最大の配慮をした。また配管径は最適経済設計となるよう検討した。

3) 直接系スケールピット

圧延ロールの冷却、スケール除去に使用された直接系循環水は、工場内の地下に設けられたスケールスルースを経てスケールピットに自然流下する。その勾配は、2/100~4/100であり、最終端は最も深いスケールピットで地下11 mにもなる。そのため、その位置決定には土木工事費と配管工事費を考慮した最適経済性の検討がなされた。

3. 主要水処理設備

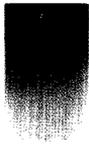
次に、循環水設備の主要な水処理設備の仕様、構造等について説明する。

3. 1 加熱炉純水循環設備

純水冷却の目的は、被冷却面へのスケールによる伝熱効率低下防止と腐食防止である。純水についての腐食テストの試験写真を写真1に示す。N₂ パージしながら純水を使用するだけでは防食は完全でなく、適切な防食剤処理により高レベルの防食が可能となる。加熱炉からの高温戻り水は、純水タンクに受け入れる前に熱交換器にて冷却し低温受水した。純水タンクの容量は、初期通水時の水位低下を考慮して、系内保有水量以上とした。

1) 設計条件

熱負荷: 21 600×10³ Kcal/h

Test No.	1	2
Chemical	N ₂ purge only	1000ppm
Acid treatment before		
Acid treatment after		
mdd	3.8	0.3

Test water :Demineralized water
Material :SPPC
Size :30mm×50mm×1mm
Temperature :40℃
Term :30days

写真 1 腐食テスト

Photo. 1 Test of corrosion.

純水側: 720 m³/h 40℃→70℃

2) 設備仕様

純水タンク

型式: 鋼製円筒型

寸法: 5 000 mmφ×8 000 mmH (有効容量120 m³)

熱交換器

型式: プレート式

材質: SUS316

面積: 240 m²×2台

冷却塔

型式: クロスフローフィルム型(2セル)

材質: 鋼製(亜鉛メッキ)/FRP(ファン)

3. 2 サイドフィルター

間接冷却系は、冷却塔の集塵効果により大気中のダストが系内に取り込まれる。補給水中のSSも濃縮されるため循環水中のSS濃度が上昇する。SSの上昇は種々のトラブルの要因となる。

循環水量の数パーセントを部分ろ過すれば系内のSSを5 mg/ℓ以下とすることができる。写真2に圧力式複層サイドフィルターと主機循環水冷却塔(3セル)及び熱交系循環水冷却塔(2セル)からなる主機循環水設備を示す。

3. 3 沈殿池

戻り水に含まれるスケールの真比重は、およそ4.2であり沈降し易い。粗スケールピット、仕上返送ピットより移送された戻り水は、無薬注で横流沈殿方式によりスケールの除去を行う。沈殿池の表面負荷は、戻り水中に含まれる粒子の推定粒径分布にて決定した。

沈殿池の底部に沈殿したスケールの排出は、走行する台車に水中ポンプを設置した水中ポンプ走行型排泥装置を採用した。水中ポンプの型式は攪乱型水中ポンプであり連続運転している。台車走行の始点(上流点)及び終点(下流点)で水中ポンプは約1 m自動的に横移動し、櫛状に運行させ全面排泥を行う。沈殿物の多い上流部を効率的に排泥したい時は、走行の終点をタイマで検知し任意の回数上流部のみ排泥し、その後全長走行させることも可能である。

当社の水中ポンプ走行型排泥装置の特長を次に述べる。

① ミーダ式やチェーンフライト式のように機械部品が

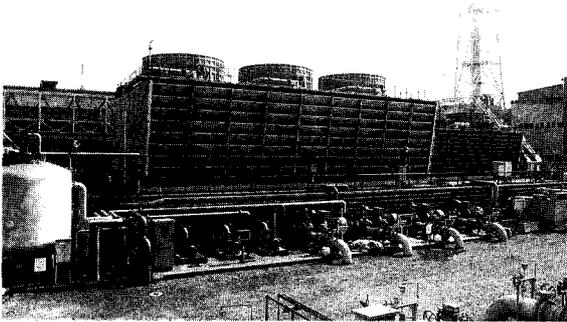


写真 2 主機循環水設備
Photo. 2 Water circulating system for main motor.

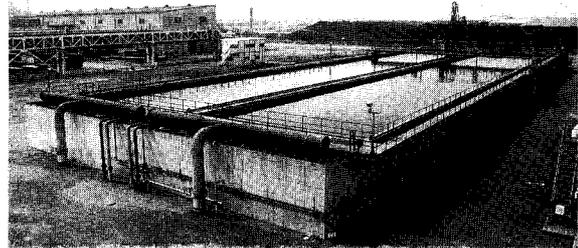


写真 3 粗ミル沈殿池と水中ポンプ走行型排泥装置
Photo. 3 Roughing mill settling basin and traveling sludge collector.

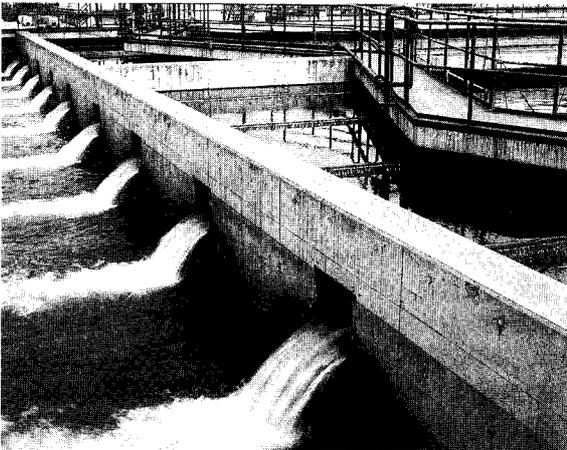


写真 4 粗ミル沈殿池集水トラフ
Photo. 4 Collecting water trough of roughing mill settling basin.

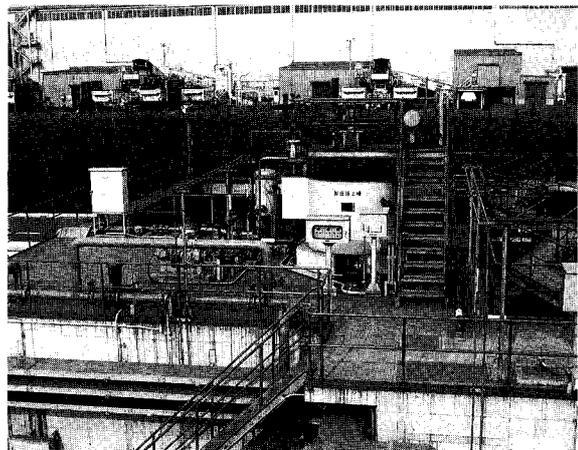


写真 5 油回収設備
Photo. 5 Oil recovery system.

水中になく、故障が少なく安全な排泥装置である。

- ② 設備の保守管理が容易である。
- ③ スケールの推積量に応じて、走行スケジュールが簡単に変更出来る。
- ④ ポンプの吊り下げ高さが任意に調整出来る。
- ⑤ 汲み上げたスケールはオープントラフに排出されるので濃度確認が容易である。

写真 3 に粗ミル沈殿池とその水中ポンプ走行型排泥装置を示し、写真 4 に粗ミル沈殿池後方集水トラフ部を示す。

3. 4 油回収設備

従来沈殿池に浮上する油分の処理方式としては、浮上油をパイプスキマーにて集油し、その後、自然浮上あるいは吸着マットを利用したオイルベルトスキマーが一般的であった。

しかし、実運転においては有効に機能しないケースも多く、回収した油分には水分が多く含まれ、廃却コストの増加原因ともなっていた。当設備には浮上した油分をフロートポンプで吸引し、その後油分を浮上スカム化し、濃縮する目的で加圧浮上装置を設置した。(写真 5 参照)

1) 設備仕様

処 理 量 : 15 m³/h
(粗ミル系 : 6 m³/h, 仕上ミル系 : 9 m³/h)
寸 法 : 1900 mmφ × 1530 mmSH

浮上速度 : 7.5 m/h

滞 留 槽 : 500 mmφ × 900 mmSH (約 0.2 m³)

3. 5 仕上ろ過器

比較的スケール粒子が大きく沈殿容易な粗ミル系は沈殿処理のみとし、スケール粒子径が小さく沈殿処理だけではスケール除去が困難な仕上ミル系のみろ過処理をした。両系統を冷却後に混合することにより直接系給水 SS を 10 mg/l 以下にする合理的な設計とした。

鉄鋼向圧力式高速ろ過器のろ層構成は、一般的に上層に比重が砂よりも小さく粒径の大きいアンストラサイトを、下層に比重がアンストラサイトより大きく粒径の小さい砂を充填した複層式と、砂のみの単層式の 2 種類がある。

本設備では油潤滑圧延による油分の増加を考慮し、ろ層構成は砂の単層式とし、逆洗方式は水と空気の同時洗浄方式とした。下部集水装置は有孔ブロック式とし、空気と水の併用洗浄が可能な当社製の A/W 式レオポルドブロック (FRP 製) を採用した。

1) 設計条件

全処理量 : 9700 m³/h

2) 設備仕様

型 式 : 全自動圧力式単層型
寸 法 : 5500 mmφ × 3500 mmSH
基 数 : 11基

保守による1基停止と洗浄のラップ時を考慮して基数は11基とした。写真6に全景を示す。

3.6 省エネルギー設備

循環水設備において送水ポンプと冷却塔ファンが電力消費量の大部分をしめる。このため、省エネルギー対策として冷却塔のファン制御に、セル数の多い直接系冷却塔には、送水温度によるON-OFF制御を採用した。一方、過冷却防止及び一定水温を要求する間接系冷却塔にはVVVFによる連続制御を採用した。これらのファン制御による循環水の冷却温度制御により、冷却塔の省エネルギー運転が可能となった。

工場送水ポンプにおいても、鋼種による給水量の変動時に、VVVFによる吐出圧力一定制御を行い電力消費量の低減を図った。

3.7 監視・運転

循環水設備の故障表示はもとより、必要な計測値は全て操業側の管制室に集約される。従来は圧延ラインの運転と循環水設備の運転は分離して行われるのが一般的であった。しかし、本設備では、循環水送水ポンプの運転操作も圧延ライン操業の運転員にて実施される。そのため、送水ポンプ以降の循環水設備は全て自動制御となり、冷却塔、ろ過器の運転、予備機の切替えも管制室からの指令とした。これで循環水設備の運転が圧延ライン操業側に移管され、工程監視の集中化と労働生産性の向上が可能となった。

むすび

大規模な熱間圧延工場の新設は、おそらく日本では今世紀最後の建設と思われる。連続圧延技術を世界に先駆けて導入すると共に、工程監視の集中化、自動化を推進するこ

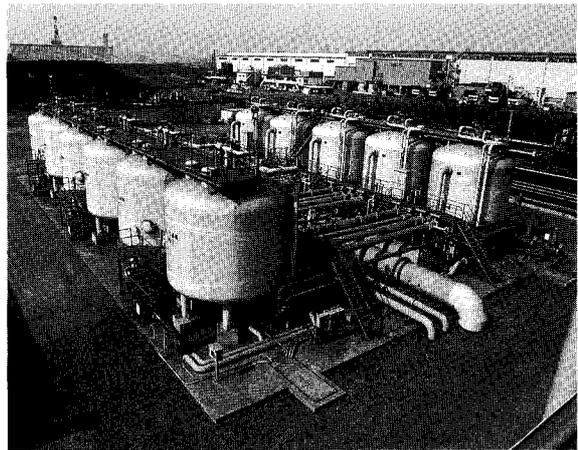


写真6 仕上ろ過器(単層式)

Photo.6 Direct filter for water circulation for finishing mill.

とにより大幅な労働生産性向上を果たした最新鋭熱間圧延工場に、当社の水処理技術の粋を集めた循環水設備を納入でき、安定した運転が続けられていることは大きな喜びである。本稿では設備の概要について説明したが、詳しい技術要件や運転状況については次の機会に紹介したい。

最後に、計画段階から実負荷運転までの長期にわたり、多大な御指導をいただいた、川崎製鉄(株)千葉製鉄所エネルギー技術室平井課長殿ならびに西工場新設備建設班殿にこの紙面を借りて深く御礼申し上げます。