(株)神戸製鋼所加古川製鉄所殿向 冷延水処理排水脱塩設備の納入事例

The Reclamation Plant of Cold Mill Wastewater Installed for Kakogawa Works of KOBE STEEL, LTD.



塩田憲明*
Noriaki Shiota
農学博士

当社は、㈱神戸製鋼所加古川製鉄所殿向けに冷延水処理排水脱塩設備を納入した。本設備では、排水中からおもに無機塩類を除去して工業用水レベルの水を回収するために MF 膜と RO 膜が適用された。納入後1年にわたる運転で、脱塩率97%以上、処理水導電率は平均2.4 mS/m にまで処理されている。本設備は、鉄鋼排水回収を目的とした膜処理設備としては国内でも最大規模である。

This paper describes the operating results of a newly installed wastewater reclamation plant for Kakogawa Works of KOBE STEEL LTD., Japan. Reverse osmosis (RO) as well as micro filtration (MF) technologies are introduced in the plant. In this system, the purified water with the level of process water quality is recovered by separation from the cold mill wastewater containing high concentration of salt. The plant has been operated for more than one year. The salt rejection rate is more than 97 %, resulting that the electric conductivity of permeate shows 2.4 mS/m in average. This facility has the largest scale in wastewater reclamation plants with MF & RO separation system for steel works in Japan.

Key Words:

排	水	口	収	Wastewater reclamation
製	鉄		所	Steel works
精	密	ろ	過	Micro filtration
逆	浸		透	Reverse osmosis

【セールスポイント】

当社の持つ排水回収再利用技術を様々な業種に展開します。

まえがき

製鉄・鉄鋼業における水の用途は製品や機器の冷却に使われるものがほとんどであり、その他洗浄水や集塵水にも使われている。最近の製鉄所の排水の循環再利用率は非常に高く、放流水として捨てられる水は塩類濃縮を防ぐためのブロー水、もしくは再

利用するには高度な排水処理技術を要する水質レベルの水であると言える。都市圏の事業所では、生産能力を増強するために製造ラインを増設するにも、放流水量枠や水質総量規制によって工業用水購入量を増やすことができないなど、水の再利用率を極限まで高める必要がある場合も考えられる。また、地

域によっては渇水期に必要量の工業用水を確保できない事例も見られる。

(株神戸製鋼所加古川製鉄所では、これまでイオン交換式排水脱塩設備を使って冷間圧延(冷延)工場の総合廃水が回収再利用されてきた。冷延廃水は、生産工程および排水処理の過程で各種薬品の添加により塩類濃度が上昇しているので、そのまま循環再利用すると製品の発錆等により品質不良を引き起こす。また、排水には微量の有機物、シリカなども含まれており、再利用するためにはこれらを効率よく除去する必要がある。

今回、既設老朽化に伴う設備更新に際して、当社が新たに膜方式の排水脱塩設備を提案し採用されるに至った。新しい排水脱塩設備は、除濁用の精密ろ過(MF)装置、逆浸透膜(RO)装置から構成されており、塩類濃度の高い原水を脱塩して工業用水レベルの水質を有する回収水を得るには、建設費、運転費ともにイオン交換方式に比べて安価となった。本設備は、鉄鋼排水回収を目的とした膜処理設備としては国内でも最大規模である。

本稿では,現在稼働中の排水脱塩設備の概要と運転状況について報告する。

1. 設備概要

1.1 設備の構成と特徴

冷延廃水には、工場からの酸洗・アルカリ廃水、 含油廃水、メッキ廃水などが含まれる。これら総合 廃水を中和処理、浮上分離、沈降分離、およびろ過 した処理水を本設備の原水として受け入れている。 図1に本設備のフローシートを,写真1に設備の全景を示す。設備は、中心となる膜処理設備に加えて,洗浄設備,薬注設備,廃液処理設備から構成されている。

対象原水を全量脱塩原水槽に受け入れ、そのうちの一部が冷却塔経由で膜処理設備に供給され、残りは脱塩原水槽からのオーバーフローで放流される。膜処理設備では、MF装置により原水中の懸濁成分が除去され、RO装置により原水中の塩類や溶解性有機物が除去される。RO処理水が回収水として所内工業用水本管に圧入されている。またRO濃縮水とMF逆洗排水は、脱塩原水槽からオーバーフローした原水とともに放流される。



写真 1 排水脱塩設備全景

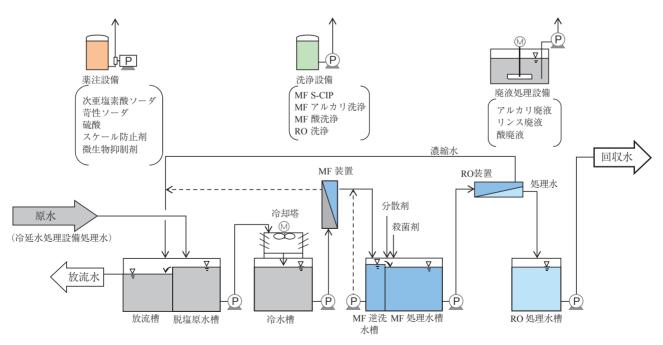


図1 排水脱塩設備フローシート

洗浄設備は、膜を薬品洗浄するための設備であり、薬注設備はその薬品を供給するための設備である。廃液処理設備では、薬品洗浄後の廃液が中和と塩素還元されたのち既設の排水処理設備へと送られる。

1.2 設計条件

本設備の計画受入水量は19 500 m³/d であり、それを処理して得られる計画回収水量は12 000 m³/d である。表1に本設備の設計水質を示す。原水の性状として、酸・アルカリ成分とその中和処理に伴う多量の無機塩類が含まれており、また油分や鋼板の表面処理剤に由来する少量の有機物、コロイド状のシリカや鉄などの濁質が含まれる。また、水温が比較的高く、膜の耐熱温度以下に保つためには冷却が必要となる。

表 1 設計水質

項目	単位	原水(設計値)	回収水(保証値)
· 久 · L	+ III.	最 大	平 均	
pН	_	7.0 - 8.0		6.1 - 8.6
SS	mg/L	6	2	≦6
導電率	mS/m	270	152	≦22
TDS	mg/L	2 360	1 192	_
TOC	mg/L	11	3.9	_
$\mathrm{COD}_{\mathrm{Mn}}$	mg/L	13	7.9	_
塩化物イオン	mg/L	485	232	_
Ca 硬度	mgCaCO ₃ /L	700	356	_
水温	$^{\circ}$	25 – 45		≦35

表2 MF装置およびRO装置の仕様

装 置 名	機器	名 称	主			
	原水	ド ン プ	3台(うち1台予備)			
	ストレ	ー ナ ー	バケット式 2基 (うち1基予備)			
		膜 材 質	ポリフッ化ビニリデン(PVDF)			
		膜 形 状 外圧型中空糸 膜 面 積 50 m²/ 本				
M F 装 置		ユニット数	7系列(うち1系列予備)			
M F 衣 但	MF 膜ユニット	ろ過方式	クロスフロー			
		運転制御	定流量制御			
		洗浄方法・頻度	逆圧水・空気同時洗浄・30分間隔			
		九伊万仏 一類反	次亜塩素酸ソーダによる短時間浸漬洗浄・数日間隔			
		薬 品 洗 浄 次亜塩素酸ソーダ、苛性ソーダ、硫酸				
		回 収 率	90 %			
	原水	ド ン プ	7台(うち1台予備)			
		膜 材 質	芳香族系ポリアミド			
		膜 形 状	8インチ・低圧スパイラル			
		膜 面 積	37 m^2 / $ imes$			
回収 RO 装置		ユニット数	7系列(うち1系列予備)			
四状 KU 衣但	RO 膜ユニット	ろ過方式	クロスフロー			
		運転制御	定流量定回収率制御			
		薬品注入・頻度	微生物抑制剤、スケール防止剤・常時			
		薬 品 洗 浄	苛性ソーダ、硫酸			
		回 収 率	70 %			



a) MF 装置



b) RO 装置

写真2 装置外観

1.3 設備仕様

表2にMF装置とRO装置の機器仕様を,写真2にMFおよびRO装置の外観を示す。MF装置は数十本の膜モジュールと自動弁を含むユニット構造としており,薬品洗浄予備1系列を含む7系列が設置されている。MF装置は以下の特長を有している。

- ① 耐薬品性に優れた PVDF 製中空糸膜を採用
- ② ろ過安定性の高い外圧型加圧ろ過方式
- ③ 次亜塩素酸ソーダによる S-CIP (Short Chemical Cleaning in Placement) の実施
- ④ 膜の破断を検知するメンブレンテスト機構 一方、RO装置は、数本の膜エレメントをベッセルと呼ばれる圧力容器に収めたものを多数本ツリー状に並べて配管接続するとともに、自動弁を組み込んだユニット構造となっている。並列配置されたベッセルを上下流2段に構成させており、1段目を1stバンク、2段目を2ndバンクと称する。薬品洗浄予備1系列を含む7系列が設置されているRO装置は以下の特徴を有している。
 - ① ローファウリング低圧 RO 膜を採用
 - ② ファウリング対策として酸ショック (酸注入 による殺菌処理) を採用

加えて本設備の運用面では,工場からの日間排水量の変動に応じて回収水量を任意に変えられる自動制御プログラムを採用している。

2. 運転状況

本設備は、当初 MF 装置および RO 装置各 3 系列 のみ膜を装填して実排水による試運転に引き続いて 操業運転を開始した。残る 4 系列はその半年後より 試運転に引き続いて操業運転を開始し、最終的に最大能力による性能確認を行い、設備引渡しに至った。

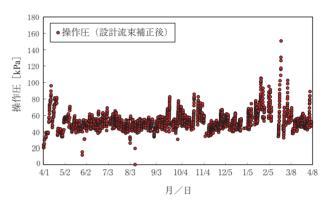
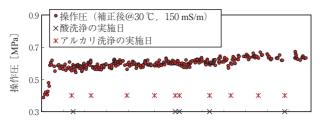
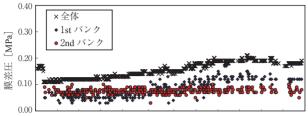


図2 MF 装置の運転状況

図2に MF 装置の運転データを示す。操作圧力 (膜間差圧) は運転開始から1年を経過して $50\,\mathrm{kPa}$ 前後で推移しており、まだ差圧上昇の傾向は見られていない。 $1\sim2$ 日おきの差圧ピークは S-CIP によって回復しており、また月単位での大きな差圧ピークは酸・アルカリによる薬品洗浄によって回復していることがわかる。MF 処理水の濁度は0.1前後、Fouling Index(FI値)は4.0以下の水質が得られている。

図3にRO装置の運転データを示す。回収率70%の定流量・定回収率運転を行っていることから,冬期は水温の影響で同じ処理水量を得るための操作圧力が上昇し、それに合わせて膜差圧(圧損)も若干上昇している。運用開始後8カ月経過して膜差圧は0.12 MPa から0.18 MPa にまで徐々に上昇しており,特に1st バンクの上昇傾向が見られた。原因として,マンガンやアルミの酸化物と思われる異物が1st バンクモジュール端部(入口)で閉塞していることを確認した。MF装置二次側での酸化物発





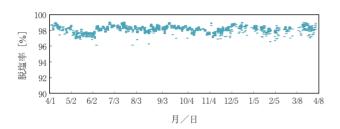


図3 RO装置の運転状況

生抑制と洗浄条件変更などの対策を講じた結果,12月以降膜差圧はほぼ一定となっており,現在その推移を監視しているところである。導電率ベースの脱塩率では97%以上と安定した性能を発揮している。表3に回収水の水質データを示す。回収水の水質は,工業用水と比べてはるかに良好な水質で,導電率は平均2.4 mS/m,最大6.5 mS/mであった。

本設備の運転費を評価するにあたって、週単位で 回収水 1 m³ 当りの原単価(電力費 + 薬品費)を算 出している。膜交換費を除いて回収水量当りの原単 価は年平均34円 /m³ で運用されている。今後は、膜 のファウリングを抑えて交換寿命を延ばし、トータ ルの運用コストを下げるための改善提案を行う。

む す び

(株神戸製鋼所加古川製鉄所殿に納入した排水脱塩

表3 回収水の水質

項目	単位	回耳	又水	備考
項目		保証値	実測値	加多
SS	mg/L	≦6	≦1	濁度≦0.3
導電率	mS/m	≦22	≤ 6.5	
脱塩率	%	_	≥97	導電率ベース
TDS	mg/L	_	≦30	
塩化物イオン	mg/L	_	≦13	
Ca 硬度	mgCaCO ₃ /L	_	≦2	

設備について、その設備概要と運転状況を報告した。 日本では工業用水単価に比べて、本方式の造水単価(膜交換費、設備償却を含む)がまだ高いというのが技術的課題であるが、海外では水源の不足により良質で安価な工業用水を入手できない地域も多いため、そのような国では排水処理設備とパッケージで提案することになると思われる。また、小規模でも放流先が下水道である場合には、回収再利用することで経済メリットが出る場合がある。今後は技術の進歩と相まって造水単価が下がり、排水の回収再利用の需要が広がってゆくものと期待される。

当社では、すでに液晶パネル工場や半導体工場での排水回収システム 1)、あるいは下水二次処理水の再利用技術 2 として膜処理設備の納入実績を有している。これら実績の運用ノウハウを活用して、最適なアドバイスを提示することが可能である。

最後に、本設備の建設、試運転に多大なご協力を いただいた㈱神戸製鋼所加古川製鉄所 動力技術室 ならびに用水室の関係各位に深く感謝の意を表しま す。

[参考文献]

- 1) 西澤昭彦, 秋吉栄宏:神鋼パンテツク技報, Vol.46, No.2 (2003), p.18-22.
- 2) 細谷仁人, 池田進吾:神鋼環境ソリューション技報, Vol.7, No.1 (2010), p.16-22.

^{*}水処理事業部 技術部技術室