

ローラーハース式連続焼準炉（SN2 炉）の導入

Installation of Roller Hearth-Type Continuous Normalizing Furnace (SN2 Furnace)

三木 公輔*

MIKI Kosuke

1. はじめに

カーボンニュートラルへの対応が求められる中、鉄鋼業ではエネルギー効率の向上や生産プロセスの見直しが重要なテーマとなっている。当社でも、環境負荷の低減と生産性向上を両立させるため、設備更新を含む生産構造改革を進めている。その中でも熱処理工程はエネルギー消費・CO₂排出量が多いことから、省エネルギー化において、改善の余地があった。

このような背景を踏まえ、2024年10月にローラーハース式連続焼準炉（日本ロザイ工業製。社内呼称：SN2炉）を導入した。

本稿では、本設備の概要と導入による主な効果について紹介する。

2. 導入目的

当社では、熱処理工程の1つである焼ならし（㊦処理：Normalizing）を、1961年6月の設備導入以来、約60年間にわたり同じ焼準処理用炉（SN炉）を用いて行ってきた。SN炉は炉の構造が煉瓦を多用した煉瓦炉であり、近年主流となっているセラミックファイバー炉と比べ炉体への蓄熱量、断熱性の違いから、燃料原単位が劣る状態であった。また、SN炉は炉内搬送方式がウォーキングビーム方式であり、処理長さが炉幅による制限（処理長さ5,000mm以下）となっていた。その為、処理長さが5,000mm超えの対象については、外注での熱処理を行っていた。

そこで、老朽更新と合わせて脱炭素技術の採用及び搬送方式をローラーハース方式の採用、処理温度拡大を行ったSN2炉を導入することとした。その目的は大きく2点ある。

(1) 脱炭素技術採用による燃料原単位向上

- ①炉体のセラミックファイバー化による放熱低減
- ②レキュペレーター設置による燃焼効率の向上

(2) 搬送方式変更及び処理温度拡大による外注熱処理材の内製化

- ①搬送方式をローラーハース方式に変更し、処理長さの拡大による長尺材の内製化

②処理温度上限の拡大による高温処理対象の内製化

3. 設備概要

SN2炉の主な設備仕様を表1に、全体設備レイアウトを図1に外観写真を図2に示す。

表1 SN2 炉の主な設備仕様

	既設SN炉	新設SN2炉
処理材	棒鋼、鋼管	棒鋼、鋼管
稼働年月	1961年6月	2024年10月
メーカー	中外炉工業	ロザイ工業
型式	ウォーキングビーム式連続炉	ローラーハース式連続炉
バーナー	噴流バーナー	噴流バーナー
熱交換器	無し	レキュペレーター
炉体構造	耐火煉瓦	セラミックファイバー
使用燃料	LNG	LNG
処理寸法	φ15～190mm	φ15～150mm
処理長さ	3,000～5,000mm	3,000～7,000mm
最大処理温度	900℃	1,200℃



図1 SN2 炉の設備レイアウト



図2 SN2 炉の外観写真

* 条鋼製造部 条鋼処理課

4. 設備能力の確認

(1) 昇温能力の確認

熱処理炉では処理材を適正な処理温度まで昇温し、炉内温度を均一に保持することが求められる。

そのためSN2炉立上げに際して、炉内の温度分布及び実態温度の確認を行った。狙い温度は950℃とした。

図3に実態温度測定時の熱電対配置、図4に115角を用いた材料昇温時の炉内での温度推移（進行方向に向かって、左右炉壁部及びローラー中央部）の確認結果を示す。

なお、熱電対①③⑤は表面から深さ10mm（表層近傍）、②④⑥は深さ60mm（中心近傍）になるよう鋼材に穴を開け挿入した。また各深さ水準で炉に入るタイミングが同じになるようにした。

上記の結果より、両深さ水準において炉内の左右炉壁部およびローラー中央部で同様の熱履歴が得られており、炉内が均一に昇温できることを確認した。

次に実処理寸法材（φ16～φ150）の材料中心実態温度測定結果を図5、6に示す。

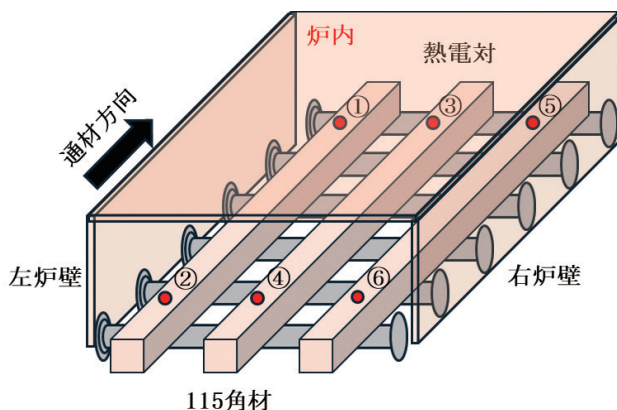


図3 有効加熱帯測定における熱電対配置

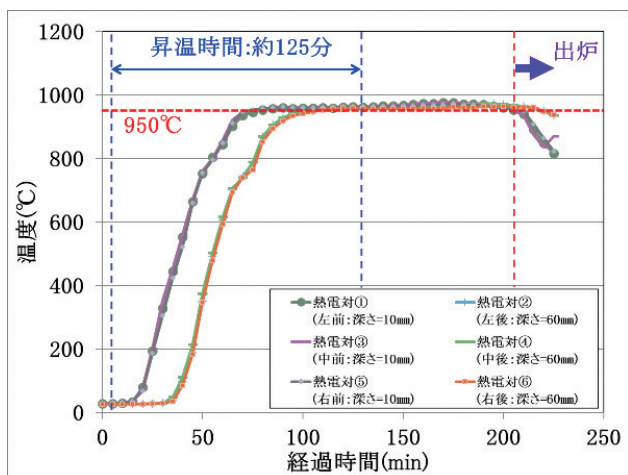


図4 115角による有効加熱帯確認

処理最大・最小寸法（φ16・φ150）において、所定の昇温時間内に狙いの950℃まで問題なく昇温出来ることを確認した。

(2) 既設SN炉処理材との内質比較確認

ミクロ組織、硬さ、脱炭深さ、結晶粒度について鋼材4種、鋼管1種に対し、長手方向と炉内位置の各組合わせて試験片を6本採取し、確認した。その結果、表2に示す通り全確認項目において、規格要求事項を満足し、且つ既設SN炉の品質と同等であることが確認できた。

5. 導入の効果

(1) SN2炉導入による燃料原単位の向上

炉体のセラミックファイバー化による放熱低減及びレキュベレーター設置による燃焼効率の向上により、既設

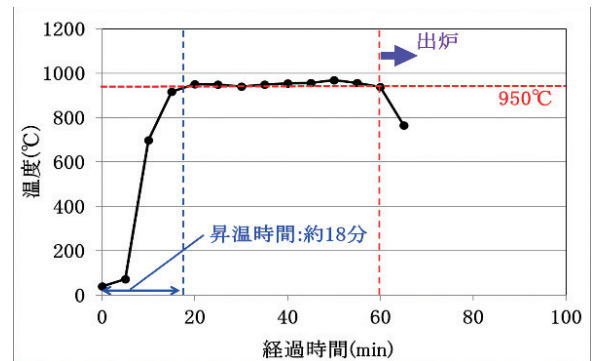


図5 φ16 実態温度測定結果

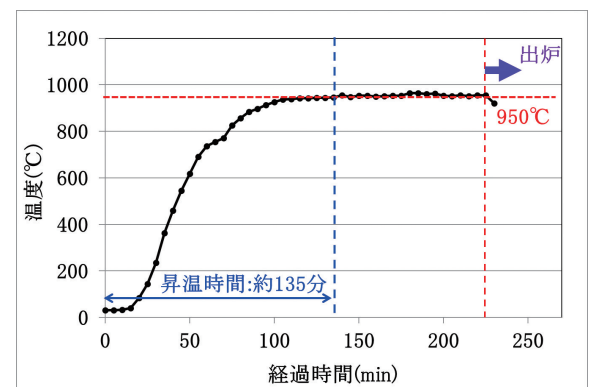


図6 φ150 実態温度測定結果

表2 既設SN炉との比較確認結果

鋼種	寸法	確認結果				試験片採取位置
		ミクロ	硬さ	脱炭	粒度	
SCM420	φ25	○	○	○	○	(先端、中央、後端)×(炉壁、炉中央)
SCM420	φ50	○	○	○	○	
SCM415	φ100	○	○	○	○	
SCM420	φ140	○	○	○	○	
SCR415	φ150.6 ×13.15	○	○	○	○	

※○は同等であることを示す。

SN炉より大幅に燃料原単位が改善された。表3に既設SN炉の原単位を100とした場合のSN2炉の原単位を示す。各サイズ範囲での更新目標LNG原単位を満足することを確認した。

(2) SN2炉導入による生産性確認

搬送方式がウォーキングビーム方式から、ローラーハース方式への変更による生産性への影響を確認した。表4に既設SN炉のサイズ範囲Aの目標生産性を100とした場合のSN2炉のサイズ範囲別生産性を示す。検証の結果、更新目標生産性を満足することを確認した。

また、炉更新計画時の既設炉生産性に対しSN2炉の生産性は、サイズ範囲平均で約15%改善している。これは、ウォーキングビーム方式からローラーハース方式へと変更したことにより、材料積込みが、本数単位からプレート単位（複数本の並列装入）へと変更となったことにより材間ロスが減少したことが大きな要因の一つである。

(3) 処理炉切り替え及び外注熱処理材の内製化状況

①既設SN炉からSN2炉への切り替え

SN2炉は既設SN炉の老朽更新として、立上げ、導入を行ったが、SN2炉での熱処理材については、客先での特性調査等が必要なことから、認証までの時間が必要であった。立上げ以降の処理炉切り替え状況について、表5に示す。9月以降完全切替えとなった。

②外注熱処理材の内製化状況

搬送方式変更による処理長さ拡大により、5,000mm超

えの外注熱処理材の内製化を行った。SN2炉立上げ当初は顧客認証材が少なく内製化量が少なかったが、2025年5月以降は顧客認証を得た5,000mm超えの熱処理材の内製化量が増加した。

6. おわりに

本稿ではローラーハース式連続焼準炉（SN2炉）の導入背景、設備概要、および導入効果について報告した。SN2炉は、炉体のセラミックファイバー化およびレキュペレーターの採用により従来のSN炉と比較して燃料原単位を大幅に改善し、熱処理工程における省エネルギー化およびCO₂排出量削減に寄与する設備であることを確認した。

また、搬送方式をローラーハース方式へ変更したことによる生産性の向上ならびに処理長さの拡大、設備仕様を変更したことによる処理温度範囲の拡大が可能となり、これまで外注していた製品の内製化を実現した。これによりコスト低減のみならず、生産計画の柔軟性向上および納期安定化といった面でも効果が得られている。

今後は、SN2炉の安定操業を継続するとともに、生産データの蓄積と活用を進めることでさらなるエネルギー効率向上および品質の作り込みを図り、多様化・高度化する顧客ニーズに対応していく。引き続き、品質・納期・コストの競争力強化に向け全社一丸となって取り組んでいく所存である。

表 3 既設 SN 炉との燃料原単位比較

サイズ 範囲	既設炉 ・ 処理 原単位	更新時目標 LNG 原単位	SN2炉 ⑩処理 LNG 原単位	燃料 原単位 判定
A	100	79	48.0~71.9	○
B		79	58.6~78.9	○
C		79	42.5~78.7	○
D		59	42.8~58.1	○
E		70	36.2~68.0	○
F		70	49.6~68.0	○
G		70	47.4	○
H		70	49.1~63.2	○
I		70	61.4	○
J		70	45.2	○
K		70	21.0~65.8	○
L		70	43.8	○
M		70	55.0	○
N		70	39.2	○

表 4 既設 SN 炉との生産性比較

サイズ 範囲	更新時 目標 生産性	SN2炉 ⑩処理 生産性	生産性 判定
A	100	112~114	○
B	118	127~159	○
C	138	139~213	○
D	155	165~186	○
E	158	168~180	○
F	161	164~184	○
G	167	188	○
H	151	175~182	○
I	173	206	○
J	171	192	○
K	162	180~186	○
L	176	198	○
M	152	170	○
N	164	193	○

表 5 処理炉切り替え状況

	2024年			2025年											
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
SN炉処理割合(%)	92	84	93	66	76	75	68	46	34	38	9	0	0	0	0
SN2炉処理割合(%)	8	16	7	34	24	25	32	54	66	62	91	100	100	100	100
切替状況	テスト操業			移行期間(客先認証等)								完全切替			