

リジェネバーナー式連続加熱炉の導入

羽賀 優亮*1 石橋 直弥*2

HAGA Yusuke and ISHIBASHI Naoya

1. はじめに

近年、カーボンニュートラル社会の実現に向け製品や部品の小型化・軽量化が進行している。特殊鋼棒鋼に対しては「小径化」のニーズが高まっている。さらに各需要業界は少量多品種の生産が一般化し、鋼材発注量の「小ロット化」への対応強化がより一層求められるようになっている。

こうした社会・需要構造の変化（小径化・小ロット化のニーズ）は今後さらに加速することを見据え、当社では大規模な生産構造改革を進めている。さらに当社は温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指しており、当社第二棒線工場においても様々な取り組みを進めている。

本稿では、その一環として2021年1月に導入し更新したリジェネバーナー式連続加熱炉（中外炉株式会社製）の設備概略、特徴、その効果について紹介する。

2. 導入目的

リジェネバーナー式加熱炉は、蓄熱器を搭載しており、蓄熱器内の蓄熱体を利用した高効率な熱交換を行う加熱炉であり、その導入目的は大きく2点である。

- 1) 加熱能力増強および鋼片抽出制御自動化による生産性向上
 - ①バーナー容量UP
 - ②自動抽出間ピッチ制御
- 2) 高効率な燃焼による燃料原単位削減
 - ①生産能力向上
 - ②リジェネバーナー化
 - ③放熱ロス低減

3. 新加熱炉の設備概要

新加熱炉の主な設備仕様を表1に、外観写真を図1に

示す。従来の廃熱回収機構であるレキュペレータ方式からリジェネバーナー方式へ変更した。バーナー容量についても従来比1.6倍の能力増強を行った。

表1 加熱炉の主な設備仕様

メーカー	中外炉工業
バーナー方式	リジェネ式サイドバーナー
バーナー容量	従来比1.6倍
廃熱回収	リジェネバーナー方式
搬送方式	ウォーキングビーム方式



図1 加熱炉の外観

4. 新加熱炉導入の効果

新加熱炉の導入によって認められた効果をここで説明する。各種効果は従来の実績および導入前を100として指数化し、導入後の効果を評価した。各指数の定義を以下に示す。

- ・鋼片表面温度指数：
鋼片中央と各長さ位置の温度差を指数化
- ・生産能力指数：
稼働時間当たりの製品圧延量を指数化
- ・燃料原単位指数：
製品圧延量当たりのガス使用量を指数化
- ・炉圧指数：
加熱炉内の内圧を指数化

*1 条鋼製造部 中小形圧延課

*2 条鋼製造部 中小形圧延課長

1) 生産性向上の効果

①バーナー容量 UP

従来の加熱炉では鋼片の炉内在炉時間が短くなると燃焼能力不足により、鋼片長手方向での温度差が発生していた。鋼片低温部は表面疵の発生リスクや圧延機への負荷が増大する。また鋼片長手方向の温度ばらつきは製品寸法ばらつき等に影響を及ぼす。

新たに導入したリジェネバーナーは従来比 1.6 倍のバーナー容量であり、導入以後の鋼片表面温度指数のばらつきは低減した（図 2）。鋼片表面温度指数が改善されたことで生産調整が必要なくなり、生産能力指数が従来比 3.4% 向上した。さらに鋼片表面温度指数が小さくなったことで、寸法精度の品質向上が確認された。

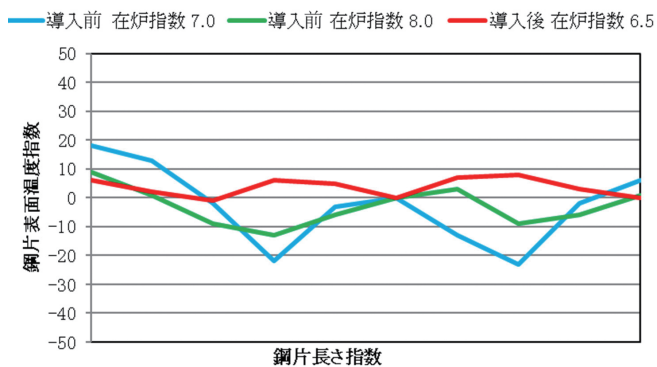


図2 鋼片長手方向での鋼片表面温度指数

②自動抽出間ピッチ制御

棒線工場は連続圧延ラインであり、加熱炉から鋼片を所定の間隔で抽出し圧延している。生産性を向上させるには、間ピッチ（図 3）が機器制限内で最短となる抽出を行う必要がある。

鋼片を抽出するタイミングは材料径や圧延速度、ロール径などの情報から逆算する必要がある。間ピッチの最適化は作業者が手動で行っていたため、間ピッチを自動で最適化することが課題であった。

新たに導入した加熱炉では、圧延情報や圧延機の変数から間ピッチを自動制御するシステムを構築し導入した。圧延機速度など情報から自動計算し、鋼片 1 本毎に間ピッチの制御が可能である。この自動間ピッチ制御による生産能力指数は約 2% の向上を確認した。

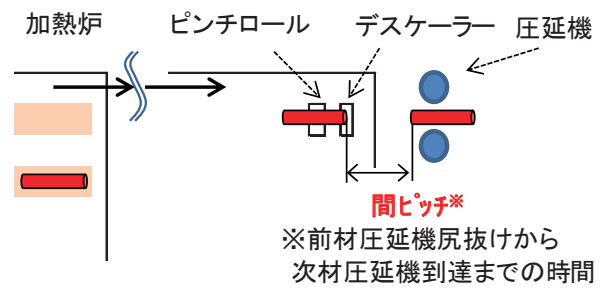


図3 間ピッチ

以上に述べた①バーナー容量 UP および、②自動抽出間ピッチ制御により、従来比 5.4% 生産能力指数の向上を確認した（図 4）。

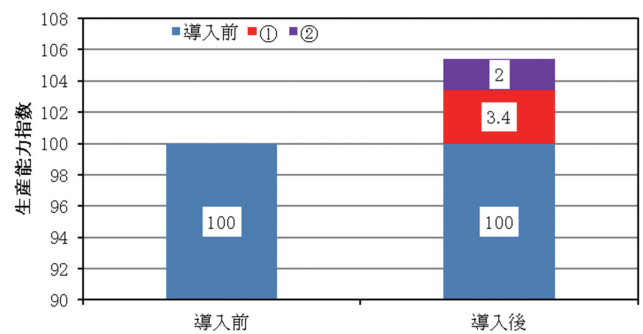


図4 新加熱炉導入による生産能力指数の向上効果

2) 燃料原単位削減の効果

①生産能力向上

前述の (1) ①バーナー容量 UP による生産能力向上および②自動抽出間ピッチ制御により生産能力が向上した。これらの生産能力向上にともない、燃料原単位は 0.6% 改善した。

②リジェネバーナー化

従来の加熱炉はレキュペレータ^{※1}による熱交換を行い、燃焼空気を予熱し燃焼に利用していた。

新たに導入したリジェネバーナー式加熱炉は、蓄熱器を搭載した 1 対 2 台のバーナーが交互燃焼を繰り返す。つまり一方のバーナーの燃焼中は他方のバーナー側から排気される。他方のバーナーからの排気はバーナー蓄熱器内の蓄熱体を加熱する。次サイクルの燃焼時（排気側だったバーナーが燃焼時）には、この蓄熱体で回収した熱が燃焼空気の昇温に利用することで燃焼効率を高めている。リジェネバーナー化により、廃熱回収率が大幅に向上した（図 5）。

図 6 に燃料原単位指数と生産能力指数の関係を示す。特に、生産能力指数 150 以上の範囲は燃料原単位指数の改善効果が大きいことが分かる。同時

にリジェネバーナーによる排熱回収効果が確認できた。

上述の通りトータル燃料原単位の改善効果は、リジェネバーナー化により9%の削減を確認した。

- ※ 1 配管の内側に燃焼空気、外側に排ガスを流し、排ガスの熱で燃焼空気を予熱する方式であり、対流伝熱を利用した熱交換設備。

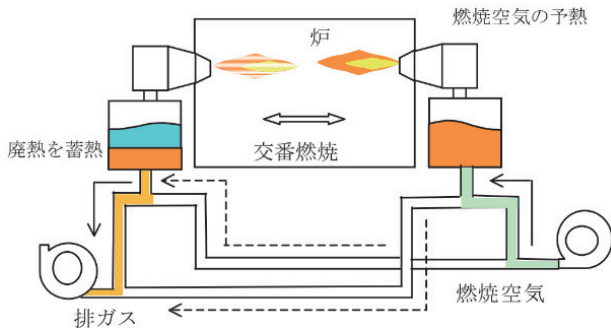


図5 リジェネバーナーの模式図¹⁾

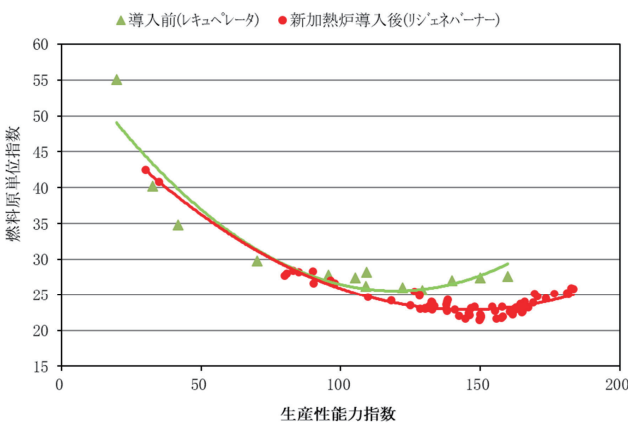


図6 燃料原単位指数と生産能力指数の関係

③放熱ロス低減

加熱炉から鋼片を抽出し圧延する際、加熱炉の抽出口の開閉による放熱ロスが発生する。特に高温加熱かつ生産性の高い操業状況では、鋼片在炉時間が短いため加熱に必要なLNGおよび燃焼空気が増加する。従来の加熱炉は排ガス吸引能力が小さく炉圧が高いため、抽出口からの放熱ロスが大きく燃料原単位を悪化させていた(図7)。

新加熱炉は、排ガス誘引ファンの吸引能力を増強し、排ガス吸引能力を向上させた。図7より炉圧指数を15まで低減させた操業が可能となり、抽出口からの放熱ロスを削減した。放熱ロスは従来と比較し0.1%の改善効果が確認された。

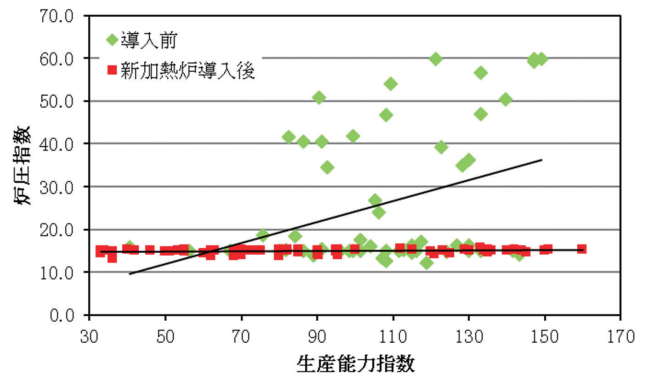


図7 炉圧指数と生産能力指数の関係

以上に述べた原単位改善は、①生産能力向上、②リジェネバーナー化、③放熱ロス低減等に加えて、④自動加熱制御による効果も確認し、図8に示す通り大幅な原単位の改善効果が得られた。

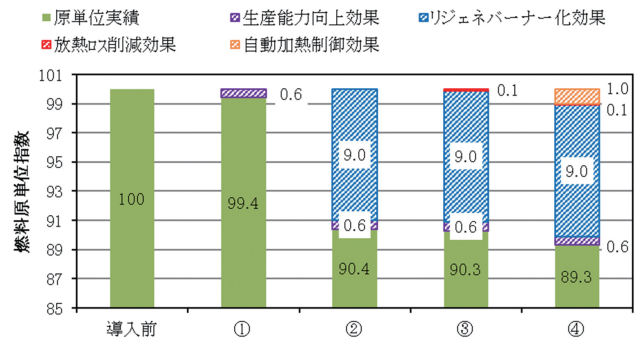


図8 原単位改善効果まとめ

5. その他投資を含めた効果

第二棒線工場では、これまで説明してきたリジェネバーナー式連続加熱炉のほかに、2019年7月にRSB圧延機導入、2020年1月に精整冷却床2面化を実施し、大幅に生産性を向上させている。

これらの投資によって生産能力指数は18.6%向上し(図9)、燃料原単位指数は12.7%改善した(図10)。

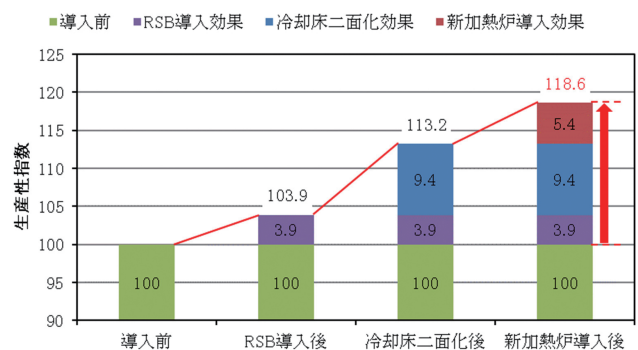


図9 各設備改造における生産性改善効果

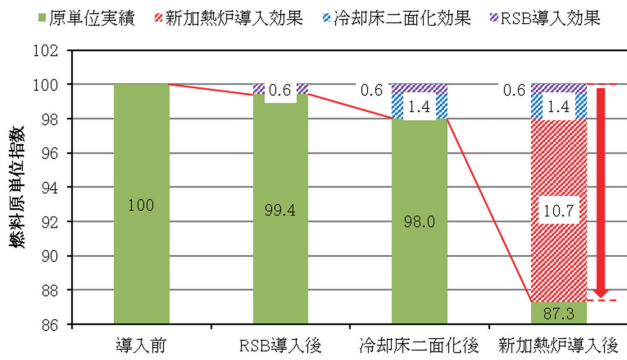


図10 各設備改造における燃料原単位改善効果

6. おわりに

これまで紹介してきた投資で、将来の需要構造変化に対応できる体制が整い、今後想定される鋼材の小径・小ロット化がさらに進展しても生産効率を落とさずに対応できるようになった。これらの設備はカーボンニュートラルに対しても大きく貢献する。

今後更なる品質・納期・コスト競争力向上、カーボンニュートラルの実現に向けて全社一丸となって取り組んで参ります。

参考文献

- 1) 高瀬知明, 中崎盛彦, 川崎公雄: 山陽特殊製鋼技報, 18 (2011) 1, 37.