

酸素バーナー導入による燃料原単位の改善

Improvement of Ladle Preheating Fuel Consumption by Oxygen Enrichment Burner Installation



阿部 裕貴
Yuuki Abe



立岡 雅之
Masayuki Tateoka



生方 貴
Takashi Ubukata



鈴木 忠
Tadashi Suzuki

要 旨

近年の国際的なエネルギー需要の拡大に伴うエネルギー単価の上昇により更なる省エネルギー化が求められている。これまで製鋼工場では電気炉にコーヒーレントバーナーを導入し、電力原単位と生産性の改善を図ってきたが、次のステップとして取鍋予熱装置の原単位改善を対象に取り上げた。取鍋予熱に使用している Air バーナーは燃料原単位が悪く、取鍋内温度が設定温度に到達しない予熱不良が度々生じることが課題であった。そこで希釈・拡散酸素燃焼バーナー（DOC：Dilute Oxygen Combustion）式取鍋予熱装置を導入し、燃料原単位の改善を図った。DOC バーナーは LNG と O₂ を別々のノズルより噴射し拡散燃焼状態とすることで、加熱対象の鍋内が均一に昇温し炉壁温度のバラツキが低減される。また従来の Air バーナーでは多くの熱エネルギーが排ガス損失となったが、DOC バーナーの場合は排ガス損失が少なく熱効率がよいという特徴を有する。この DOC バーナー導入に加えて燃焼パターンの最適化によって、CO₂ 排出及び NO_x 発生の削減となり環境に配慮した上で、エネルギー原単位の大幅な改善を達成することが出来た。

— Synopsis —

Recent increases in energy cost due to increase of global demand for energy requires energy savings for industries. We had installed coherent burner lances in an electric arc furnace to improve its electric power consumption rate and productivity. Improvement of fuel consumption rates in ladle preheating systems were taken up in the next step. The air burners used in the ladle preheating had problems such as modest fuel consumption rate and poor preheating performance. Therefore Dilute Oxygen Combustion (DOC) burner was installed for improving the fuel consumption rate in the ladle preheating system. The DOC burner separately injects LNG and oxygen from different nozzles and it forms diffusion combustion. The diffusion combustion enables to make uniform temperature distribution in the ladles. Also the DOC burner has the distinctive features of low heat loss by its exhaust gas and good thermal efficiency. Significant reduction of energy cost was achieved with reduction of CO₂ emission and NO_x generation owing to optimization of the combustion pattern in addition to the DOC burner installation.

1. 緒 言

室蘭製作所では、インゴット casting (IC : Ingot Casting) により、多鋼種、多製品の鍛鋼品を少量生産体制で製造している。製鋼工場ではこれら製品に必要な鋼塊を電気炉 1 基、LF4 基にて溶解精錬し、75ton 以上の鋼塊は真

空 casting、60ton 以下の鋼塊は下注 casting にて製造している。

近年の国際的なエネルギー需要の拡大に伴うエネルギー単価の上昇により更なる省エネルギー化が求められている。これまで製鋼工場では電気炉にコーヒーレントバーナーを導入し、電力原単位と生産性の改善を図ってきた。次のステップとして取鍋予熱装置の原単位改善を対象に

取り上げた。

取鍋予熱に使用している Air バーナーは燃料原単位が悪く、取鍋内温度が設定温度に到達しない予熱不良が度々生じることが課題であった。この課題を解決するために新たに希釈・拡散酸素燃焼式取鍋予熱装置(DOC：Dilute Oxygen Combustion, 以下 DOC バーナー)を導入し、燃料原単位の改善を図ったので以下に報告する。

2. 取鍋予熱装置

当社製鋼工場の取鍋は、電気炉出鋼から精錬工程を経て casting もしくは casting が終了するまで長時間連続して使用しており、耐火物への抜熱による溶鋼温度の低下に伴う操業遅延を未然に防ぐため、図1のように予め取鍋予熱装置を用いて受鋼直前まで予熱を行っている。また操業内容に応じて複数の取鍋を予熱する必要があるため、2,000Mcal/Hr の Air バーナー式取鍋予熱装置を3台設置しているが、取鍋内の予熱状況にバラツキがあり予熱不足と判断されることが度々ある上に排ガス損失が大きく燃料原単位も悪いことが課題であった。

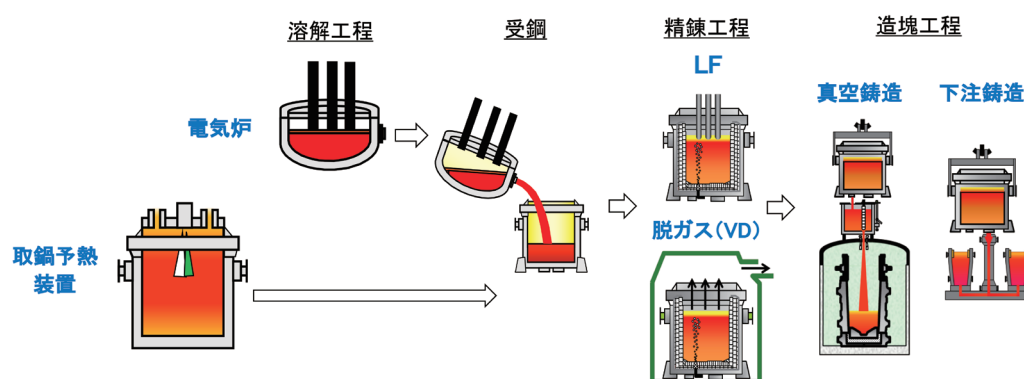


図1 製鋼工程の流れ

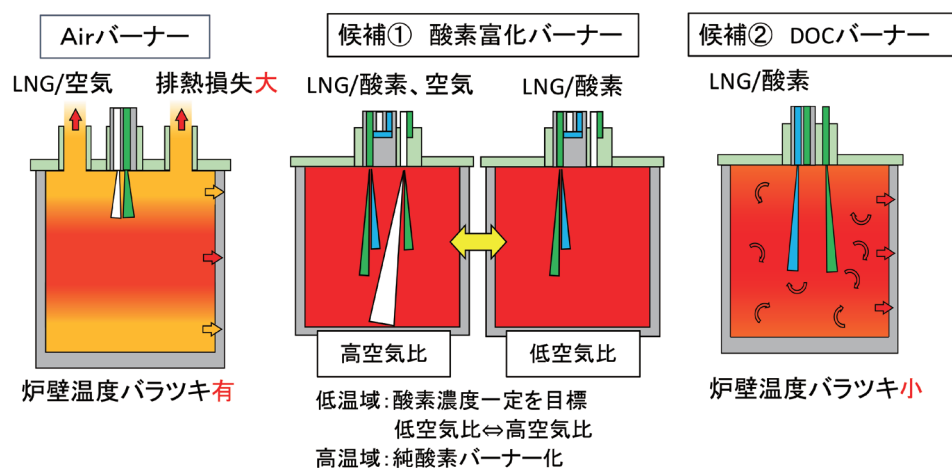


図2 バーナー構造・機能の比較

3. 新予熱装置の検討

3.1 バーナー構造・機能の比較

新予熱装置への要求は①使用エネルギー (LNG) 量の低減、②取鍋内耐火物の均一予熱、③排熱損失の低減の3項目であり、導入候補として図2の通り酸素富化バーナーと DOC バーナーが挙げられた。酸素富化バーナーは、低温度域では一定の酸素濃度を目標として低空気比と高空気比で交互に燃焼を繰り返し、温度上昇後は酸素と LNG のみの純酸素バーナーとして燃焼を行う。一方で DOC バーナーは酸素富化バーナー同様に設定温度で燃焼モードの切り替えを行い、設定温度以下では一つのバーナーから LNG と酸素を混合して燃焼し、設定温度以上となると LNG と酸素を取鍋内に別々のノズルから噴射し循環流を巻き込みながら拡散燃焼をする特徴を持つ。この拡散燃焼の効果によって鍋内が均熱化し炉壁温度のバラツキ低減されるため、精錬工程における熱収支の改善も見込むことが出来る。

3.2 バーナーの仕様と選定

各バーナーの燃焼容量は既設 Air バーナーと同一の 2,000Mcal/Hr である。酸素富化バーナーは空気と O_2 を併用しているのに対し、DOC バーナーは O_2 のみを使用するのでプロアは不要となるが代わりに多量の酸素を必要とする。DOC バーナーの課題としては表 1 の通り導入コストが高いことが挙げられたが、図 3 のようにランニングコストを比較した結果、DOC バーナーの方が酸素富化バーナーよりランニングコストは低く、導入コストの差額を一定期間で回収可能であると算出された。また図 4 に示す通り CO_2 の排出量も低い。

以上よりコストメリットと環境性に優れた DOC バーナーの導入を決定した。設備外観は図 5 の通りであり、導入直後の燃焼テストにおいて図 6 のように取鍋内部が均一に予熱されていることが確認できている。



図 5 DOC バーナー 装置外観



図 6 取鍋鍋内予熱後状況

表 1 各取鍋予熱装置の比較

予熱方式	初期コスト	天然ガス 使用量	酸素 使用量	排ガス 熱損失	CO_2 排出量	ランニング コスト	トータル 評価
DOCバーナー	×	◎	◎	◎	◎	◎	◎
酸素富化バーナー	○	○	○	○	○	○	○

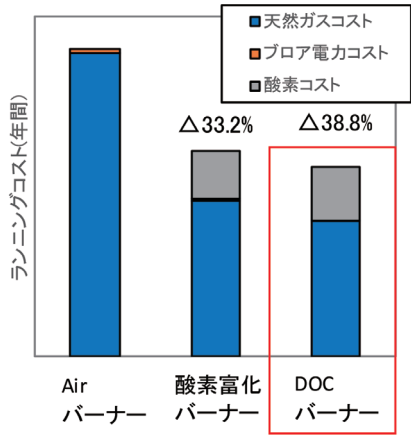


図 3 ランニングコスト比較

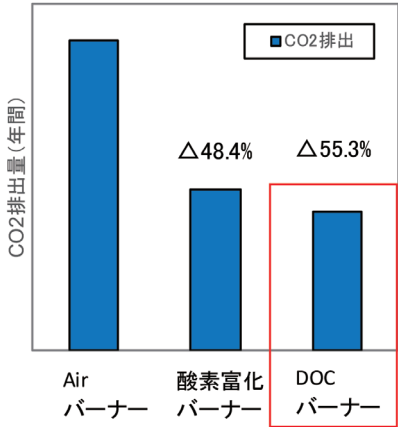


図 4 CO_2 排出量の比較

4. DOC バーナー導入による効果

4.1 取鍋内温度に対する影響

DOC バーナーの評価のために電気炉出鋼時に取鍋内の側壁瓦 3 箇所の温度を測定し Air バーナーとの比較を行った。その結果、図 7 のように予熱時間と取鍋内温度の関係から DOC バーナー適用品は Air バーナー適用品と比較して、予熱時間は 19.6% 低下しているがバラツキは小さく、予熱完了時の取鍋内平均温度は 12.0% 上昇したことがわかった。これは DOC バーナーが循環流を巻き込みながら拡散燃焼することで、取鍋内が均一に予熱された効果と考える。

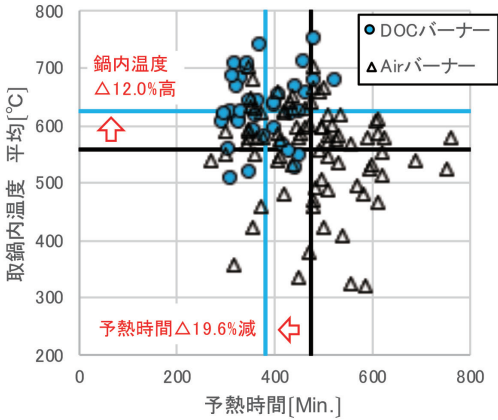


図 7 予熱温度と取鍋内温度の関係

4.2 精錬工程における熱収支計算結果

取鍋予熱装置変更の影響を評価するため、Air バーナー適用品と DOC バーナー適用品について、それぞれ熱収支の計算を行った結果を図8に示す。計算は条件を揃えるため、同一の鋼種・出鋼方式、且つ比較的溶鋼の重量が近い条件の実績を選び、精錬工程の電力等の実績値を平均して使用した。その結果、溶鋼の保有熱量及び排ガスの持ち去る熱量に差があるものの取鍋の耐火物等からの放散熱量を含むその他の損失熱量を4.5%低減できたことが明らかになった。詳細については細分化による評価が必要であるが、DOC バーナーの適用により予熱後の取鍋内温度が高温化したため、精錬工程において放散熱量の低減ができたと考えられる。

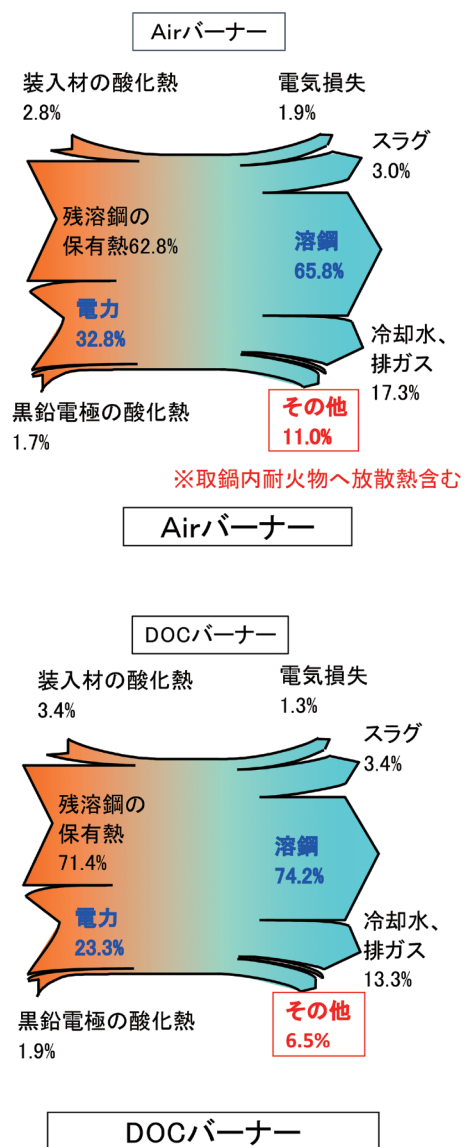


図8 各バーナーの熱収支

4.3 燃料原単位の改善効果

Air バーナーと DOC バーナーの試算時と実績の燃料原単位を比較した結果を図9に示す。DOC バーナーの導入後は、燃料原単位は Air バーナー適用品に対し44.4%低減できていることがわかる。但し、コスト試算時の燃料消費量の低減率には未達であり、更に燃焼条件の最適化を図る必要があった。

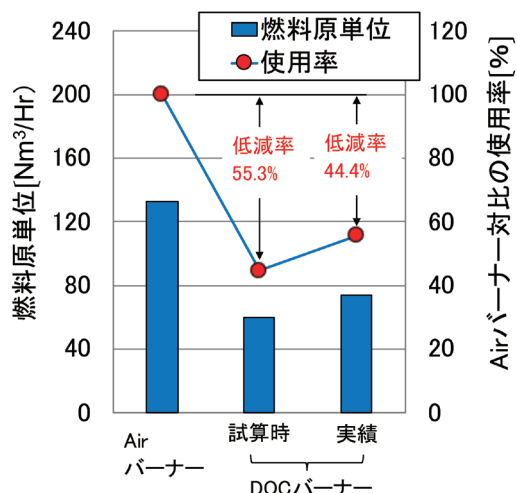


図9 バーナー別燃料原単位の比較 (DOC バーナー導入直後)

4.4 予熱条件の変更と改善効果

燃焼原単位の最適化を図るため、図10のように①モード切替温度を変更し低温域から拡散燃焼化を図ることに加え、過剰な放散熱の抑制を狙い②設定温度の低温化、③昇温速度の低速化、④保持時間の短時間化といった予熱条件の変更を実施した。予熱条件を変更した結果、図11に示すように条件変更前よりも取鍋内温度は高温化した。また燃料原単位は図12に示すように Air バーナー適用品に対し55.1%低減しておりコスト試算時と同程度まで改善することが出来た。

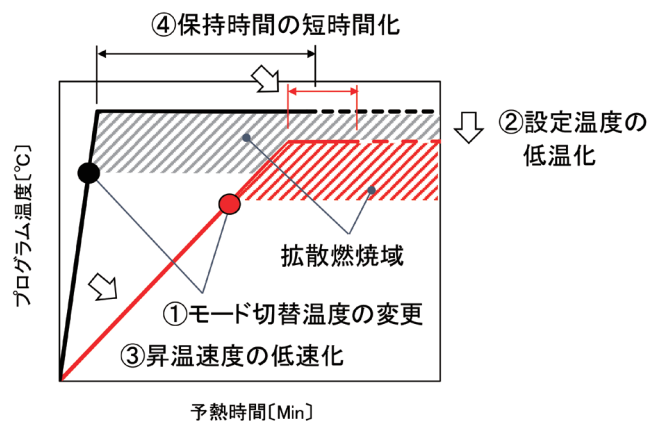


図10 予熱条件の変更点

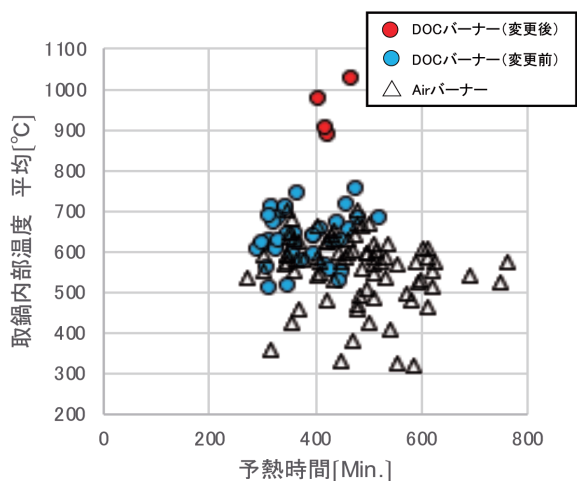


図 11 予熱温度と取鍋内温度 (変更後)

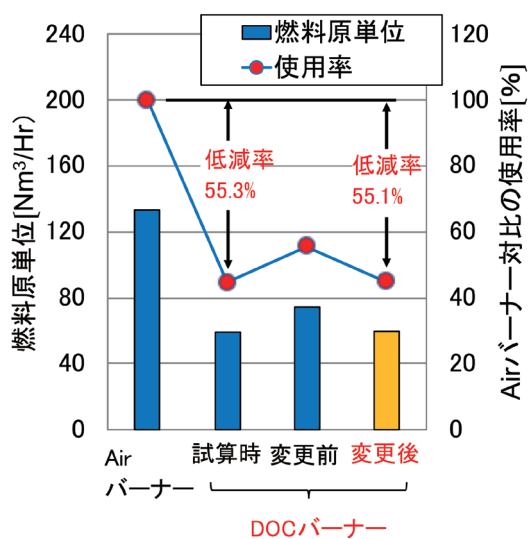


図 12 バーナー別燃料原単位の比較
(予熱条件変更後)

5. 結 言

燃料原単位改善のために DOC バーナーを導入したところ以下の改善効果が得られた。

- ・取鍋内温度は予熱条件変更前で12.0%の上昇が確認された。また各種予熱条件の変更により条件変更前よりも更に高温することができた。
- ・精錬工程の熱収支を計算した結果、取鍋の耐火物からの放散熱量等を 4.5% 低減できていることが明らかとなった。
- ・燃料原単位はコスト試算時と同程度の 55.1% の改善を達成することができた。

参 考 文 献

- (1) JIS G 0703, アーク炉の熱勘定方式