

巡回燃烧方式向け超低 NO_x 石炭焚 M-PM バーナの開発

1. はじめに

石炭は埋蔵量が多く、偏在の少ないエネルギー資源であり、石炭焚ボイラの需要は今後も継続すると予想されている。一方、石炭はガスや油に比べて単位燃焼量当たりの CO₂ 排出量が多く、また高い燃料中窒素分により発生する NO_x 量も多いことから高効率および低環境負荷運用が求められる。さらに運用費低減のため、バーナ長寿命化等による補修費削減や、低 NO_x 燃焼による脱硝装置用のアンモニア消費量削減も求められている。三菱重工業(株) (以下、当社) ではこれらのお客様のニーズを満足する革新的低 NO_x 燃焼技術確立のために、高精度 CFD 技術と大規模燃焼試験の両方を用いて、巡回燃焼方式向け新バーナ (M-PM: Multiple Pollution Minimum バーナ) を開発・実用化し、世界最高レベルの低い火炉出口ガス中 NO_x 排出濃度及び灰中未燃分での運転を達成した。本稿では石炭焚き低 NO_x 燃焼の新たなコンセプト構築およびそれに基づき開発した新バーナの代表的な実機運転結果について報告する⁽¹⁾。

2. 低 NO_x 燃焼コンセプト

巡回燃焼方式において、従来の低 NO_x バーナは、ノズル外周と内周間で微粉炭を濃淡を付けて分離することによる濃淡燃焼を行ってきた。また、燃焼用空気をバーナ部と炉上部に分けて供給することでバーナ部を還元条件とし、発生した NO_x を炉全体で還元することで、NO_x 低減を図ってきた。このため、バーナでの安定着火が重要であり、二次空気ノズルに保炎機構を設け、炉内からの輻射を効率的に利用することで実現してきた。

一方、従来の低 NO_x バーナについて燃焼シミュレーションを行った結果、ノズル外周部で安定着火が起こることが確認された。しかし、火炎外周が高温となり、そこに二次空気が供給されるため、高温かつ高酸素濃度の領域が形成され、NO_x 発生⁽²⁾の要因となることが確認された。

そこで、保炎器を微粉炭流の内部(ノズル前部断面の内側)に設置するとともに、周囲の二次空気を直進流として外周に着火遅れをもたせることとした(図 1)。

着火部では、空気の供給は 1 次空気のみであり、低酸素領域において燃焼が開始するため、還元物質(揮発分、チャー)が多い火炎内部で有効に NO_x を還元させることが可能である。また、隣接ノズルからの Aux 空気(図 1)を最適位置に投入することにより、微粉炭流内部から外周への燃焼の進展に合わせて、石炭バーナの周囲からの二次空気が混合されるため、火炎外周の高温高酸素領域が低減され、バーナ周囲での NO_x 発生低減も可能となる。また、内部から広い着火面で着火させることで、燃え残りが懸念される火炎内部においても燃焼温度が高温に維持されるため、火炎内部でのチャー燃焼が従来より促進され、未燃分低減を図ることが可能となる。

3. 実機運用結果

上記コンセプトに基づき、当社内試験炉にて検証した M-PM バーナは、2012 年 11 月から順次、国内・海外 7 ユニットで運用を開始しており、非常に安定した燃焼が確認されている。また、全ユニットにて性能保証を満足し、ノズルへのクリンカ付着・焼損等の不適合もなく、順調に運用されている。

実機運転代表例として、事業用国内ユニット H5 (600MW) の運転結果を図 2 に示す。本ユニットでは、当社従来の低 NO_x バーナから M-PM バーナへ、バーナのみを取り替えを行った。中燃料比炭(固定炭素/揮発分)の石炭で運転を行った結果、NO_x 生成と背反となる灰中未燃分を同等に保ったまま、従来低 NO_x A-PM バーナから NO_x 濃度を 30% 低減したことを確認した。

4. おわりに

次世代に向けた石炭焚燃焼システムの新たなコンセプトをもとに M-PM バーナを開発、実用化し、今後のランニングコスト低減対策に有用であることが実証された。

三菱日立パワーシステムズ(株)では、当社総合研究所長崎内に燃料供給量で 500 kg/h、4 t/h の新型燃焼炉を有する実験設備を建設した(図 3)。新型炉では、最新鋭の火炎内計測機器を備え、燃焼シミュレーション技術のさらなる開発のため、実機規模でのバーナ燃焼試験における火炎内の燃焼

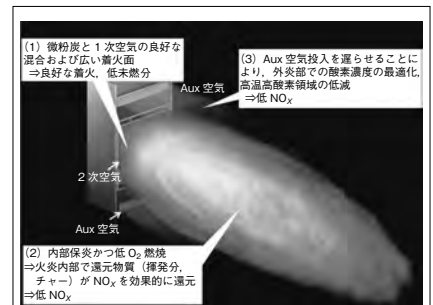


図 1 低 NO_x コンセプト

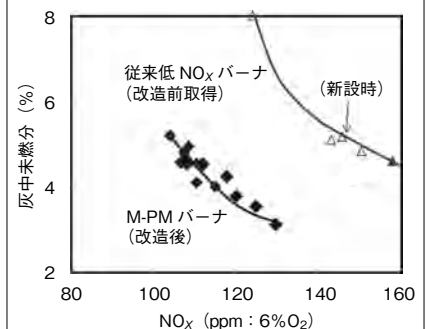


図 2 火炉出口ガス NO_x 濃度と灰中未燃分の関係 (国内ユニットの例)

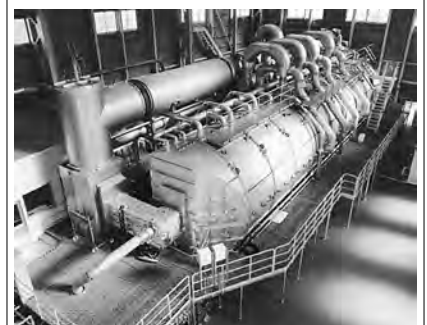


図 3 新型燃焼試験炉 (燃料供給量 4 t/h)

挙動観察が可能となっている。

本試験炉は、対向燃焼、巡回燃焼方式のいずれのバーナも試験可能であり、当社でラインナップしている微粉炭用低 NO_x バーナである NR シリーズ、PM シリーズバーナのさらなる高性能化を図る。また、^{れきせい}瀝青炭、垂瀝青炭、褐炭、バイオマス、重質油、残渣油、石油コークス等、幅広い燃料に対応できる燃焼技術を開発していく。

(原稿受付 2015 年 1 月 28 日)

[松本啓吾 三菱重工業(株)]

●文献

- (1) 堂本和宏・松本啓吾、平成 26 年度火力原子力大会論文集、(2015-3)、15-21。
- (2) 松本啓吾・堂本和宏・藤村皓太郎・阿部直文・平原悠智・葛西 潤、三菱重工技報、50-3 (2013)、18-23。