

新型高効率空気予熱器の導入によるキュポラの省エネ事例紹介

Introduction of the Latest High Efficiency Recuperator for the Energy Saving on the Cupola

鈴木 登志男* 吉永泰治* 池田哲哉*

Toshio Suzuki,

Yasuharu Yoshinaga,

Tetsuya Ikeda

弊社堺工場では熱風キュポラによる溶解を行っている。その熱風発生装置である空気予熱器の老朽化に伴い、更新することとした。更新計画を進めるにおいて設備のメンテナンス性および省エネルギー性を最重要視し、新型の高効率空気予熱器を採用した。その事例を紹介する。

Hot blasting cupola operates in Sakai plant. Recuperator which generates hot blast with exhaust gas from the cupola has been renewed due to its superannuation. On the planning for renewal of the recuperator, the performance of its maintenance and energy saving is especially considered. The latest high efficiency recuperator is installed.

1. はじめに

弊社堺工場では熱風キュポラを利用し、銑鉄やスクラップの溶解を行っている。その熱風発生装置である空気予熱器は従来より鋼製チューブタイプの縦型多管式金属空気予熱器を用いていた。しかし、この方式の空気予熱器は、耐久性やメンテナンス性に大きな問題があり、設備寿命も短く、堺工場でも6～7年毎の更新を余儀なくされていた。

今回採用した空気予熱器は、近年欧米で急速に普及している新型の熱交換器で、設備のメンテナンス性に優れ、また、高効率の熱交換により600℃以上の熱風を発生させることができるものである。

2. キュポラシステム

堺工場のキュポラ排ガスフローは、図1に示すように、キュポラ本体と、熱風発生装置、廃熱回収装置、排ガス冷却装置、集塵装置から構成されている。キュポラ内でコークス燃焼により発生した排ガスは、キュポラ上部より吸引され燃焼炉に入る。燃焼炉では排ガスに燃焼空気を吹き込みながら燃焼させ、高温の排ガスとする。次いで空気予熱器に入った排ガスは、熱交換を行い、送風空気の予熱に利用される。その後、回収されなかった廃熱は、さらに廃熱回収装置である廃熱ボイラにて蒸気発生に利用している。廃熱ボイラを出た排ガスは、排ガス冷却装置により約120℃程度まで冷却され集塵装置に入る。

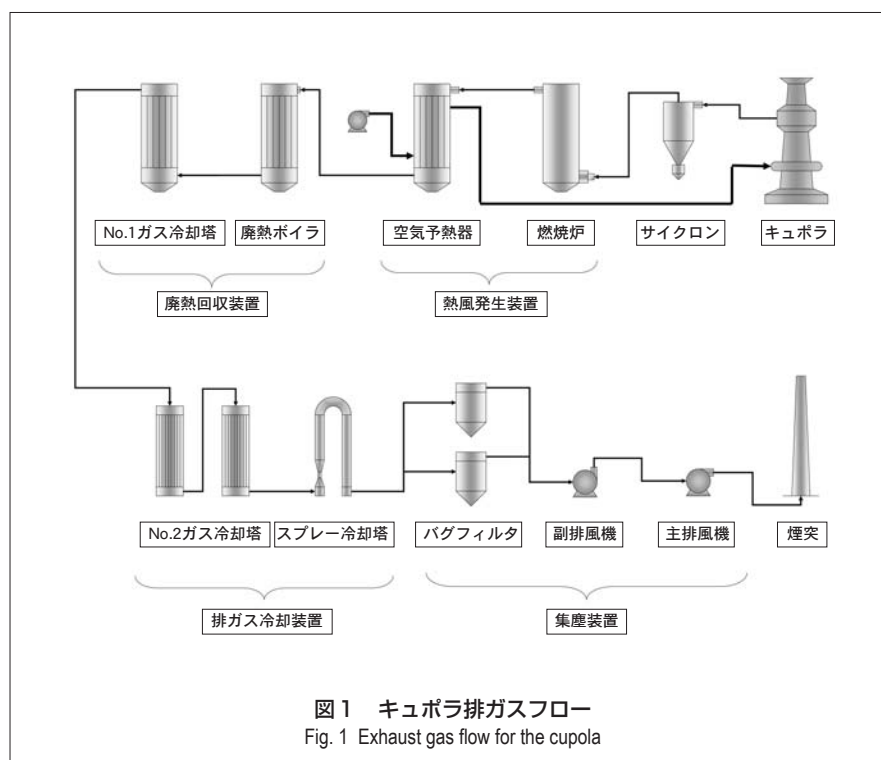
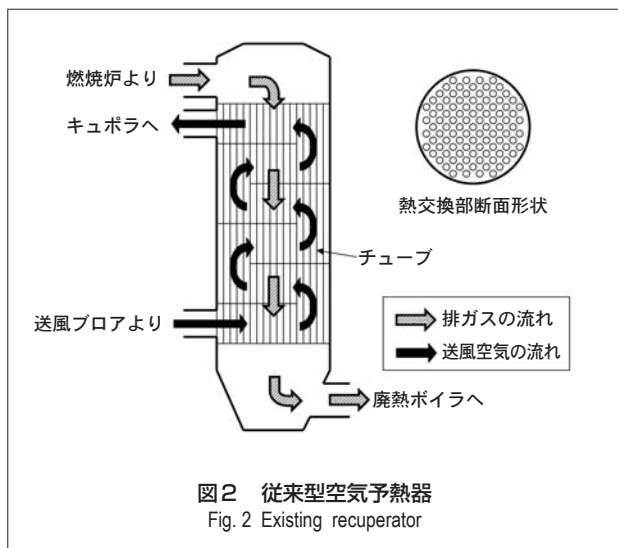


図1 キュポラ排ガスフロー
Fig. 1 Exhaust gas flow for the cupola

* 鉄管事業部 堺工場 製造部

3. 空気予熱器

燃焼において空気を予熱することは、燃焼温度を上昇させるとともに、燃焼効率を高め、一方では排ガス損失の低減にもつながる省エネルギー対策の重要なポイントであると言える。また、その熱源として排ガス顕熱を利用することでさらに省エネルギーに大きく寄与することができる。従来型空気予熱器の概略図を図2に示す。



従来より空気予熱器は、図1で説明したようにキューボラ排ガスフロー内に位置して排ガスの顕熱を利用している。熱交換部はチューブと呼ばれる鋼管を熱媒体としているタイプであり、排ガスとの熱交換によりキューボラ炉内に吹き込む送風空気の予熱を行っている。

送風空気を予熱して用いる熱風キューボラは、冷風キューボラと比較して、以下のような様々な利点が上げられる。

- (1) コークス使用量の低減
- (2) 溶湯温度の高温化
- (3) シリコン歩留まりの向上
- (4) 吸炭量の増加
- (5) CO発生量の減少

このような利点は、熱風温度を上昇させることでさらに効果が期待できる。そのため今回の計画では、送風温度の上昇も重要課題とした。

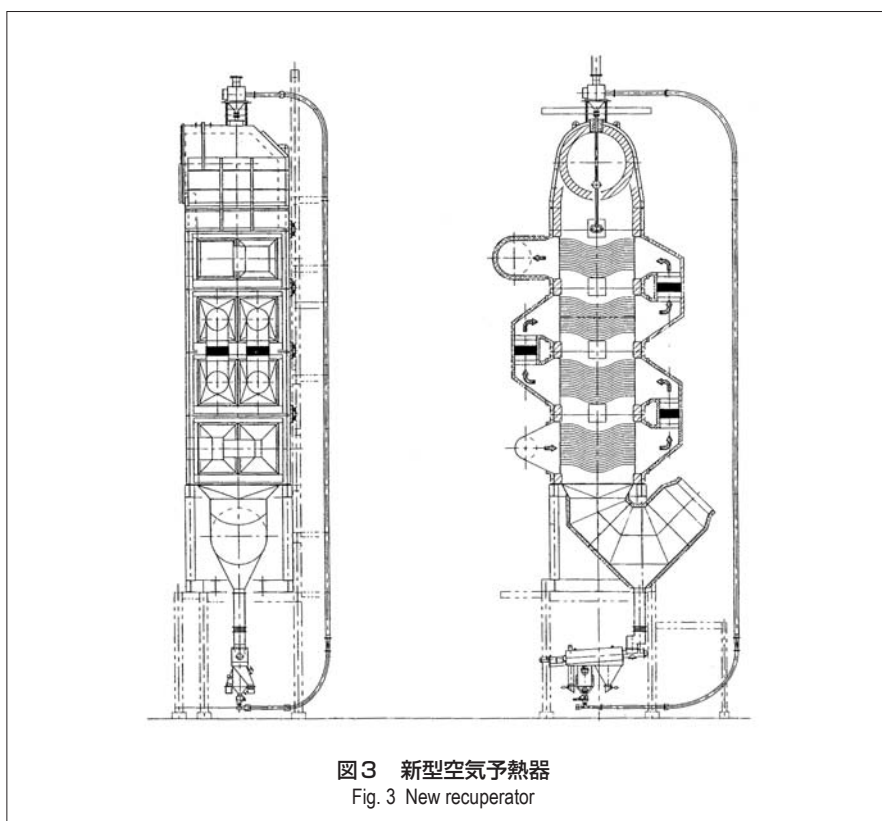
4. 新型空気予熱器と従来型空気予熱器との比較

4.1 構造上の比較

従来の空気予熱器はチューブが何本も垂直に配置されており、チューブの内側を高温の排ガスが流れ、チューブの外側を送風空気が流れながら熱交換を行っている。しかしながらチューブが非常に長尺であるために熱膨張による影響が大きく、設備の耐久性に問題があった。

一般的にこのような空気予熱器には、個々のチューブもしくは熱交換部本体に熱膨張を吸収するための伸縮構造が設けられているが、逆にその部位から空気漏れを起こしてしまう場合もある。その上、伸縮部分は複雑な構造となっているために補修が非常に困難である。このような熱影響による問題点は、堺工場のように毎日操業～停止を繰り返すシステムにおいて特に顕著である。

また、チューブ内面への排ガスダスト付着が多く、脱塵装置が付いているにもかかわらず熱交換率の低下が著しい。最悪の場合ダストによるチューブの閉塞が発生



し、伝熱面積の減少だけでなく排ガス吸引の圧力損失増大にもつながってしまう。

新型空気予熱器も型式分類すると従来同様の多管式金属空気予熱器に位置するが、その構造は従来型の問題点を大幅に改良したものとなっている。

新型は、熱交換部に短いチューブを採用しているため熱影響が少なく、曲管とすることで複雑な伸縮構造を不要としている。このことは、チューブの延命効果に大きく影響している。

また、送風空気がチューブ内を流れ、排ガスがチューブ外を流れるのでダストによるチューブ閉塞が無く、効果的な脱塵が可能で、常に安定した熱交換が行える。図3に新型空気予熱器を示す。

4.2 設備更新時の利点

空気予熱器の寿命を決定づけるチューブの損傷（空気漏れ）については、有効な補修方法が無かった。腐食により穴が開き、空気漏れを起こしたチューブは、両端を閉止処理するか、1サイズ細いチューブを内側に通して空気漏れを抑制するしか方法がなかった。そのような補修を繰り返すうちに最終的には、要求される温度の熱風が得られなくなり、設備の全体更新が必要となる。

新型空気予熱器では、まず熱影響が少なくなったことによりチューブが長寿命化していることが特筆される。そして、更新時期となった場合でも、チューブが1ユニットごとにカートリッジ交換できるようになっているので、熱交換部の更新費用を非常に安く抑えることができる。また、空気漏れは、チューブの高温領域に集中して発生するので、高温領域にあたる熱交換ユニットだけを更新すればよいことになる。図4に熱交換ユニット写真を示す。

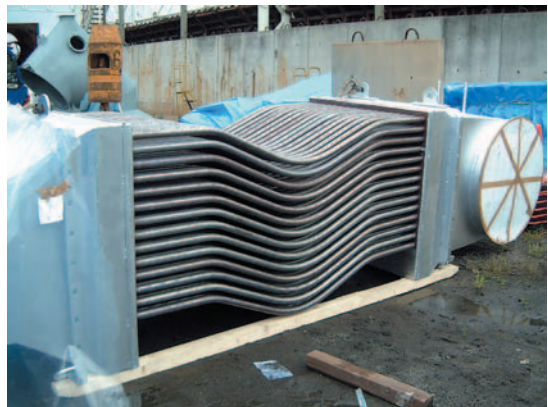


図4 熱交換ユニット
Fig. 4 Heat exchanging unit

5. 高効率な熱交換

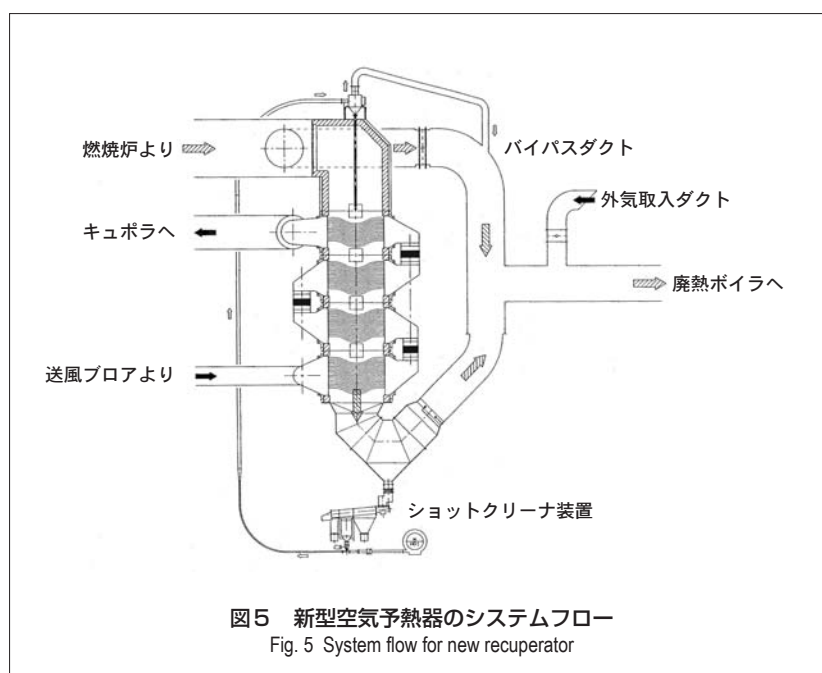
一般に多管式金属空気予熱器は、伝熱面チューブを密に取り付けることができるので、他の方式に比べて装置の設置空間を小さくできるという利点がある。

新型の空気予熱器も基本的には、同様の方式であるが、さらに高効率な熱交換が行えるように改良が加えられている。そのため、従来の空気予熱器と同じ設置スペースで、さらに高温の熱風を発生させることが可能である。従来型では、最高でも設置当初の500℃程度（更新直前では、約400℃程度まで低下していた。）であったものが、新型では、640℃の熱風が得られている。

6. 新型空気予熱器のシステムフロー

新型空気予熱器のシステムフローを図5に示す。

熱交換ユニットは、横に2列、上下に4段の計8ユ



ニットのカートリッジで構成されている。排ガスは、上から下へ、送風空気は、チューブ内を通り向流式4パスとしている。

燃焼炉から空気予熱器に入る排ガスは事前に希釈空気を入れることで温度制御を行っている。また、排ガスは、その全量を空気予熱器に通さず、バイパスダクトによって直接廃熱ボイラへ通すことも可能である。これは、熱風温度の制御を目的としているほかに空気予熱器や付帯設備である脱塵装置の保護や、排ガス吸引の圧力損失調整にも役立っている。

チューブ外面に付着するダストの除去は、ショットクリーナ方式を採用しており、上部よりショット玉を投射することで脱塵を行っている。

7. 熱風ダクトの耐熱性向上と熱損失防止

今回の更新計画では、空気予熱器本体の工事に先立ち、熱風をキューボラ炉内まで輸送する熱風ダクトの更新を行った。既設のダクトは、すべてSS材を使用していたが、耐熱性向上の目的ですべてSU材に変更し、各バルブ類も更新した。また、保温対策も全経路にわたって強化することで熱風ダクト輸送中での熱損失を最小限に抑えた。図6に熱風ダクト更新工事写真を示す。



図6 熱風ダクト更新工事
Fig. 6 Renewal construction of the duct for hot blast

8. キュボラシステムにおける省エネ効果

今回の熱交換器更新で得られた省エネ効果について説明する。

また、数値については、すべて更新前の平均値を100として増減をパーセント表示している。

8.1 コークス使用量の低減

熱風温度が上昇したことにより燃焼効率が向上し、キューボラの燃料であるコークスの使用量が平均して約5.4%低減できた。

8.2 溶湯温度の上昇(低周波炉の電力量低減)

溶湯の出銑温度は、更新後約13℃上昇した。このことで特に大きな効果が出ているのが低周波炉の電力量で

ある。低周波炉は、キューボラから出銑された溶湯の成分調整を行いながら昇温または保持している電気炉であるが、出銑温度が上昇したことにより使用電力量が約16%低減された。

8.3 シリコンの歩留まり向上

Fe-Siの歩留まりは、更新後約6%向上され、Fe-Si材料費用の低減ができた。

8.4 吸炭量の増加

吸炭量も上昇し、更新前と比較して約3%向上した。

8.5 送風ブローアの電力量低減

送風温度が上昇したことにより、少ない送風量で出銑量をまかなえるようになった。また、チューブ損傷部からの空気漏れが無くなったため、送風ロスもゼロとなった。送風量として約30%以上少なくなったので、ブローアの電力量が約22%低減できた。

8.6 集塵用排風機の電力量低減

従来の空気予熱器では、チューブ内を排ガスが通っていたが、新型は、チューブ外を排ガスが通る構造としている。このことで空気予熱器本体の圧力損失が大幅に減少し、排風機に余力ができた。

また、温度制御値の変更により排ガス中への希釈空気吹き込み量が減少したことや、空気漏れを起こしていた分のロスが無くなったことなども影響し、全体として排風量で約20%以上、電力量では約13%が低減できた。

8.7 その他の電力量低減

その他のキューボラ付帯設備においても空気予熱器の更新における効果が現れている。排ガス処理設備のブローア関係で約12%、送風用除湿装置で約5%の電力量が低減できた。



図7 空気予熱器更新工事
Fig. 7 Renewal construction of the recuperator

9. まとめ

空気予熱器を更新したことで得られた効果は、予想以上であり、特に電力使用量に顕著な効果が確認できた。時間あたりの出銑量も約7%増加し、生産能力も向上した。

しかし、反面、溶湯温度が上昇したことによりキュボラなどの耐火物の溶損状態に影響が出ると思われ、耐火物の監視が必要である。また、熱風発生装置での熱回収率が向上したために廃熱回収装置での回収率が低下した。具体的には、廃熱ボイラの蒸気発生量が減少し、蒸気タービンなどでまかなっていた電力量の負担がわずかではあるが増加してしまった。

今後は、その増加分の電力量を補うべく、余力ができた排風機の制御をインバータ化し、さらに省エネルギーに取り組む計画である。



図8 新型空気予熱器
Fig. 8 New recuperator

10. おわりに

今回紹介した新型空気予熱器は、日本国内ではいまだ4～5例と実績が少ないものの、海外では実績、評価共に非常に高いものである。堺工場でも導入後、その性能の高さを実感することができた。

執筆者

鈴木 登志男

Toshio Suzuki

昭和44年入社

ダクタイル鋳鉄管の製造に従事



吉永泰治

Yasuhara Yoshinaga

平成元年入社

ダクタイル鋳鉄管の製造設備の
企画・設計に従事



池田哲哉

Tetsuya Ikeda

平成7年入社

ダクタイル鋳鉄管の製造設備の
企画・設計に従事

