君津製鐵所におけるダストリサイクル技術

Dust recycling technology in Kimitsu Works

織田 博史*・茨城 哲治*

Hiroshi ODA and Tetsuharu IBARAKI

(Received January 21, 2008)

Dust recycling technology by the rotary hearth furnace has been applied at Nippon Steel's Kimitsu Works since 2000. The dust and sludge with iron oxide and carbon are agglomerated into shaped articles and the iron oxide is reduced in a high temperature atmosphere. Zinc and other impurities in the dust and sludge are expelled and exhausted into off gas. The DRI pellets made from the dust and sludge have 70% metallization and are strong enough for being recycled to the blast furnaces.

No.1 plant, which was constructed in May 2000 and has an agglomeration method of pelletizing, recycles mainly dry dusts. No.2 plant, which was constructed in December 2002 and has an agglomeration method of extrusion, recycles mainly sludge. The combination of the two plants is a solution for recycling various kinds of dusts and sludge emitted in a large scale steel works as Kimitsu Works

Key Words: Dust Recycling, Rotary Hearth Furnace, DRI Pellets

1. 緒 言

君津製鐵所においては、以前より所内で発生する鉄分含有ダストの多くを焼結等で再利用しているが、高炉での亜鉛装入量制約等により発生ダストを全量再利用することは困難であり、相当量の余剰ダストについて埋め立て等の処分を行っていた。

ダスト中の主要成分は鉄分及び炭素分であり、これら資源のリサイクル活用は投棄量削減、資源有効活用、省エネルギーといった近年の循環型社会形成推進の観点からも極めて重要な課題であった。そこで、ダストの脱亜鉛処理による再資源化のためのプロセス開発及び実用化を推進してきた。この結果、回転炉床炉（RHF）を応用したダスト還元処理プロセスにより高品質な高炉原料を製造する、ダストの再資源化技術を世界で始めて開発した^{1,2)}。

その後さらに、従来技術面、経済面にて処理の困難であった高水分スラジ類について、RHFで直接処理する、これも世界初の事前処理技術を開発した³⁾。これにより、製鉄所内で発生するほとんど全ての鉄系ダスト・スラジ類の高炉原料としての再資源化が可能となった⁴⁾。

今回、これら RHF による乾式および湿式処理を組み合わせた最適なダスト・スラジ処理技術について述べる。

2. 君津製鐵所の従来のダスト処理課題

所内で発生する鉄分含有ダストは、以前より可能な限り焼結原料あるいはコールドペレット原料として再利用しており、高炉への再資源化を図っている。一方、高炉においては、高炉に装入されるトータル亜鉛量が増加すると、高炉炉内において、亜鉛の付着物が生成し、高炉操業に支障を来すという問題があるため、原料中の亜鉛装入量制限を設けている。

焼結あるいはコールドペレット・プロセスにおいては、原料中の亜鉛がほぼそのまま製品に残るため、前記の高炉への亜鉛装入量制約により、高亜鉛含有ダストを原料として使用できず、投棄に回されていた (Fig. 1)。

亜鉛制約による余剰ダストの総量は年間約 30 万トンに上り、この中に含まれる鉄分約 15 万トン、炭素分約 3 万トン相当が無駄な資源となっていた。

今回、前述の RHF を応用したダストリサイクル設備の実機化により、従来投棄に回っていたダスト中の亜鉛を除去することで、ほぼ全銘柄のダスト・スラジ類を再資源化することが可能となった (Fig. 2)。

3. 基本プロセスの検討

今回のダスト類再資源化に必要なプロセス機能は前述の通り脱亜鉛であり、脱亜鉛率としては全体ダストバランス

* 新日本製鐵株式会社君津製鐵所 (〒 299-1141 千葉県君津市君津 1)
Nippon Steel Corporation Kimitsu Works (1 Kimitsu, Kimitsu-City, Ciba 299-1141 Japan)

から 90% 程度の能力が必要であった。還元脱亜鉛処理の可能な種々の既存プロセスの中で、処理能力、脱亜鉛率、設備費、ランニングコスト等を考慮し、今回のダスト処理に最適なプロセスとして RHF を選定した（Table 1）。

ダストの製鉄原料としての再資源化には使用先において制約条件がある。再使用先として高炉、転炉、電気炉等が挙げられるが、高炉使用においては低い亜鉛含有率と強度、

また転炉、電気炉での使用では、硫黄の含有率や金属化率が大きなポイントとなっている。

君津製鐵所においては、RHF を応用することにより、低亜鉛含有率で後述の高強度還元ペレットを製造する技術の開発により、高炉への再資源化が可能となったことで、硫黄除去や高金属化を行うことなく、経済的にダストを再資源化することを可能とした。

4. 今回開発したダストリサイクル技術

4.1 RHF 炉内の処理概要

RHF による炉内でのペレットの還元について Fig. 3 に示す。

装入装置から投入した原料ペレットは、炉床の回転進行に従って加熱され、還元ゾーンにて 1100℃ 以上の反応温度に達し、酸化亜鉛や酸化鉄の含有炭素による還元反応が進行する。ここで、亜鉛は気化しペレットから分離することで、脱亜鉛反応が進行する。また、余剰の CO ガスは 2 次燃焼により熱エネルギーとして活用される。燃焼および反応ガスは炉床進行に対し対向流となって、排ガス系へと流れる。

還元されたペレットは排出装置にて炉外に排出され、クーラにて冷却し、高炉へと輸送する。

4.2 高強度還元製品製造技術の開発

還元ペレット製品の高炉での直接使用においては、前述の通り高炉原料として具備すべき品質を確保する必要がある。特に炭材内装ペレットが強度発現し難いという従来知見に対し、今回の還元製品の強度発現が可能か否かの事前

Fig. 1 Dust balance before construction of dust recycling plants

Fig. 2 Dust balance after construction of dust recycling plants

Fig. 3 Removal of zinc in rotary hearth

Table 1 Comparison of dust processing processes

	Rotary hearth furnace (RHF)	Waelz kiln	Smelting type kiln	Electric furnace	Shaft furnace
De-zinc ratio	90-97%	75-90%	99%	99%	99%
Designed maximum treatment capacity	400,000-500,000t/y	80,000t/y	60,000t/y	30,000-50,000t/y	50,000-80,000t/y
Equipment cost	Low	Middle	Middle	High	Middle
Running cost	Low	Middle	Middle	High	High
Overall evaluation	○	△	△	△	△

※ Relative value when the RHF is 1

Fig. 4 Relationship between reaction index and de-zinc ratio

検討を入念に行った。

ダスト配合条件及び還元条件を種々調整した実験を行い詳細に検討した結果、高炉装入に耐え得る高強度を有する還元ペレットの製造が可能であることを見出し、高炉原料としての再資源化に踏み切った。回転炉床法による処理製品の高炉原料としての直接使用は世界初の技術である。

4.3 RHF 炉内反応処理条件の最適化

回転炉床での還元脱亜鉛処理において、処理後製品の反応率及び強度を確保し得る最低限の反応温度・時間について、検討を詳細に実施した。実験炉において昇温中のペレットの温度履歴を測定し、温度の時間積分形である反応指標の式を作成した。この反応指標と反応率（脱亜鉛率等）との関係を解析した結果、目標の反応率に達する最低限の反応指標が求められることを確認した。この所定の反応指標となる最適な反応温度及び時間にてダスト処理することにより、最小のエネルギーにて望ましい還元製品性状が得られる技術を確認した (Fig. 4)。

4.4 RHF に供給するダスト事前処理技術の開発

この RHF のダスト処理による高品質還元製品製造の重要技術の一つとして、ダストの事前処理における RHF 投入成形体性状の適性化が挙げられる。

対象原料のダスト、スラジ類は、粒子径としてはサブミクロンから数ミリ程度、水分としては 0 から 98% という広範囲のものであり、これら広範囲の物性に対する適正な処理が必要となる。さらに各ダスト銘柄においても、その性状が発生元の操業状況により変化するものであり、これを原料として量及び質の安定した成形体を供給することは、検討当初より最重要課題として開発に取り組んできた。

この結果、重点技術項目として、①成形性に優れた基本配合パターンの確定 ②各ダストの日常的な性状及び発生

Fig. 5 Flowchart of No.1 plant

Fig. 6 Flowchart of No.2 plant

量変動に応じた配合の最適調整要領の構築 を達成し、最適基本配合及び配合調整要領を確立した。

5. ダストリサイクル設備の概要

Table 2 Specification of the plants

	No.1 RHF	No.2 RHF
Agglomerate	Pellet (Disc Pelletizer)	Wet Processing (Compactor)
Hearth Diameter (at Hearth Center)	20 m	20 m
Hearth Area	230 m ²	230 m ²
Processing Capacity (Green Pellet Base(dry))	22 t/h 15,000 t/M	17 t/h 10,000 t/M
Green Pellet Diameter	5-20mm	5-30mm
Processing Temp.	1,250 - 1,300 °C	1,250 - 1,300 °C
Retain Time	10 - 20 min	15 - 30 min
Off-gas System	Boiler, Air heater, Bag house	Boiler, Air heater, Bag house

Fig. 7 Crushing strength of reduced pellet

Fig. 8 -5mm fine ratio in rotary strength test

今回導入した、RHFによる2基のダストリサイクル設備のプロセスフローをFig. 5、6に示す。

また、Table 2にそれぞれの設備の主仕様を示す。

No.1設備では、事前処理装置としてディスク型のペレタイザーを使用している。

各ホッパーに貯蔵されたダスト銘柄を所定の配合で切出し、ボールミルで混合、ディスク型のペレタイザーで生ペレットを製造する。この生ペレットを事前乾燥した後、RHFへ投入する。

No.2設備では、スラリー配管輸送およびバキューム、トラック等で搬入されたスラジ類主体の原料を各ピットにて一旦貯留する。各スラジを混合槽で所定割合に混合し、脱水機にて脱水、押出し成形機にて生ペレットを成形した後、RHFに投入する。

RHFを1周して還元脱亜鉛されたペレットは冷却し製品ホッパーに貯留し高炉へと輸送する。

亜鉛を含む排ガスはボイラー、レキュベレータにて熱交

換した後、集塵機にて亜鉛の濃縮した2次ダストを捕集する。

6. 還元製品性状

高炉での一般的な原料である焼結鉱との強度比較をFig. 7、8に示す。

特に回転磨耗試験において粉率の極めて低い高品質のものが得られていることが判る

還元ペレットの外観、及び断面写真をFig. 9に示す。還元ペレットが緻密な金属化により高い強度を有していることが判る。

7. 高炉での還元ペレット使用効果

前述のような性状の還元ペレットの高炉使用により、高炉側の効果として以下のような効果が期待される。

- ・還元製品使用による高炉還元材比低減
- ・ダスト鉄源使用による主原料原単位低減

Fig. 9 Outlook and cross section of reduced pellet

Fig. 10 Relationship between reduced pellets ratio and reducing agent rate in the blast

Fig. 11 Material flow of dust and sludge in Kimitsu Works

・高強度ペレット使用による高炉操業改善

高炉での還元製品使用原単位と高炉還元材比との関係を解析した結果を Fig. 10 に示す。

高炉での還元ペレット 30kg 装入につき約 7kg の還元材比低減効果となっており、高炉操業改善効果により、還元エネルギー相当分以上の還元材比低減効果が得られていることが確認された。

なお、今回のダストの再資源化による炭素分、鉄分の有効利用等により年間総計 1400TJ、原油換算で約 3 万 5 千キロワットの省エネルギー効果を得た。

8. RHF を適用したダストリサイクルシステム

今回のダスト再資源化のトータルシステムにおけるダストの分配について Fig. 11 に示す。

まず、低水分かつ亜鉛や塩素、アルカリの低いダストとして、スケール、焼結ダスト、高炉環境集塵ダスト及び若干亜鉛の高い高炉ガス灰があり、これらは、焼結にて使用している。

次に、水分や亜鉛は低い、塩素、アルカリ等の若干高いものとして焼結の電気集塵ダストがある。これは焼結には戻せないためコールドペレットとして高炉にて使用している。

さらに、高亜鉛で乾燥品または低水分であるものとして、転炉環境集塵ダストや転炉スラジ、高炉シックナー灰の脱水品があり、これらについては、脱亜鉛機能を有する No.1 RHF 設備で使用している。

最後に、水分の高い未脱水の高炉シックナー灰や転炉、圧延等での浚渫スラジ等については、No.2 RHF 設備にて処

理している。

このようにダスト性状に合わせた各処理工程への最適な分配を行うと共に、各ダストの補間の使用も含め、適宜最適な分配を行うことで、多種多様なダスト・スラジ類の再資源化を達成した。

9. 結言

君津製鐵所において RHF 設備を 2 基設置し、現在順調に稼働しており、さらに 3 基目も 2008 年に稼働予定である。

RHF 設備の適用において、ダスト原料の造粒・成形、反応条件制御、排ガス処理等の安定操業技術の確立および、高炉用の高強度還元ペレット製造技術を確立し、RHF では世界初の高炉での再資源化に成功した。このような、RHF、

コールドペレット等の組み合わせを行うことにより、製鐵所にて多種多様に発生する全てのダスト、スラジ類の再

資源化を可能とする新たなダストリサイクルシステムを構築した。現在、海外にも本技術による RHF ダスト再資源化設備の適用が広がりつつあり、今後さらに世界的な省資源、省エネルギーに展開していきたい。

引用文献

- 1) 高橋政治、織田博史、茨城哲治、大塚一、高島俊治、野々山誠二：“君津ダストリサイクルプロセスの設備と操業”、CAMP-ISIJ. 14, (149) 2001
- 2) 織田博史、茨城哲治、高橋政治：“回転炉床法によるダストリサイクル技術”、新日鐵技法、第 376 号、平成 14 年 3 月、p.28
- 3) 織田博史、茨城哲治：“RHF による高水分スラジ再資源化設備”、CAMP-ISIJ. 17, (857) 2004
- 4) 織田博史、茨城哲治：“君津製鐵所での新ダストリサイクルシステムの構築”、CAMP-ISIJ. 17, (856) 2004