技術資料

Technical Paper

電炉スラグの粒化处理

麴盛征徳^{*1}, 根本勝幸^{*1}, 福岡屋俊郎^{*2},
内田親司朗^{*2}, 松本弘繁^{*2}, 森 正^{*2}

Construction of New Slag Granulating Equipment

Masanori Kojimori, Katuyuki Nemoto, Toshiro Fukuokaya,
Shinjiro Uchida, Hiroshige Matumoto, and Tadashi Mori

Synopsis

Recently, the improvement of working environment for treating electric arc furnace slag and the expansion of uses for treated slag as the product have become an important issue in Japan. To solve these problems, OJI Steel Co., Ltd. has introduced the new slag granulating equipment developed by Nippon Steel Corporation and Hamada Heavy Industries, Ltd. which has the following features.

- (1) The combination of mechanical crushing in a two-stage rotating drum and quick cooling by water spraying enables to direct production of granulated slag as the product from molten slag with low energy consumption.
- (2) The product is small spherical particles which promise wider applications due to their physical properties.
- (3) Compared to the conventional slag treatment which involves slow cooling in a pit and mechanical crushing of solid slag, the working environment is improved and plant space is economized.

The manufacturing technology of slag particles with mixing the oxidation slag and the reduction slag has been established by Oji Steel though operation wise improvement for stable slag granulation after its start-up in May 2000.

1 . 緒 言

環境問題やリサイクルに対する社会的関心が高まる中、電気炉メーカーにおいても各製造工程で発生する廃棄物・副産物のリサイクルへの取り組みが活発になってきた。これらの中で最も発生量の多いものがスラグである。日本において電気炉スラグは年間 350 万トン発生しており、ほとんどリサイクルされているものの、路盤材や埋め戻し材などの低級な用途向けに再利用もしくは埋め立てされているのが実状である。こうした中、埋め立て場所の枯渇や廃コンクリートの路盤材市場への大量流入が現実の問題となりつつあり、電気炉スラグの新たな用途展開とその実現のための処理方法を模索する動きが出ている。

また、スラグ処理プロセスの観点では、Fig.1 に示すように、これまで製鋼工程から発生する酸化スラグと還元スラグを各々徐冷し、凝固後粉碎し粒度調整後数ヶ月のエー

ジング処理を行う徐冷スラグ処理が行なわれてきた。その結果、作業環境が劣悪となり、多くのプロセスが存在するため物流が複雑かつ非効率であり、重機や破碎機の運転に多くの作業員が必要となるなどの課題があった。

王子製鉄(株)群馬工場（以下、当社）でも製鋼過程で発生する月間 1,800 トンのスラグを同様に徐冷方式にて処理してきた。しかし、新製鋼工場建設に当り、新たなスラグ処理プロセスを模索する中、新日鐵(株)と濱田重工(株)により開発されたスラグ処理設備に注目し、その設備を 2000 年 4 月に導入した。このスラグ処理設備は、熔融状態から直接製品となる細かい球状の粒（以下粒化スラグと称す）を製造でき、従来の徐冷方式に比べ、作業環境の改善、著しい省人・省力化、物流の効率化、製品の高付加価値化を可能とした。

本報では新スラグ処理プロセスの概要とそれにより製造される粒化スラグの特性について報告する。

2002 年 10 月 3 日受付

* 1 王子製鉄(株)群馬工場 (Gumma Works, Oji Steel Co., Ltd.)

* 2 新日本製鐵(株)プラント事業部 (Steel Plant Engineering Div., Nippon Steel Co.)

2. 新スラグ処理プロセスの概要

2.1 プロセスおよび設備概要

当社が新たに導入したスラグ処理プロセスを Fig.2 に示す。プロセスは、連続鋳造にて鋳込みの終了した取鍋に残った還元スラグを鋳滓鍋に排滓し、次に同一の鋳滓鍋に電気炉で発生した酸化スラグを排滓し両者を混合する。この混合スラグを溶融状態のままスラグ処理設備に流し込

み粒化処理を行う。

このスラグ処理設備の概要を Fig.3 に示すが、鋳滓鍋の傾動装置、溶融スラグを受けるシュート、二段粒化ドラム、ミストスプレー、ロータリーフードから成り、溶融スラグは鋳滓鍋からシュートを通り回転中の粒化ドラムに供給され、後段のロータリーフード内に跳ね飛ばされて球状の粒化スラグとなる。粒化スラグはロータリーフード内でミストスプレーにより急冷された後、フードから排

Fig.1. Conventional slag treatment process.

Fig.2. New slag treatment process.

出される。

2.2 新プロセス導入の成果

従来の徐冷スラグ処理では鋳滓鍋の運搬や凝固したスラグの破碎に使用する重機や破碎機の運転に多くの作業員が必要であったが、新プロセスでは作業員1～2名で運転可能となった。また、熔融したスラグを直接細粒化するため、重機による破碎よりも省エネルギーで高速細粒化が図れた。さらにミストスプレー冷却により均一な急速冷却が可能で、安定した物性の製品が得られるようになった。

作業環境の点でも、ロータリーフード後端のダクトにて蒸気や粉塵を吸引するため、従来处理の問題であった粉塵の飛散を解決した。

さらに、当社の新スラグ処理設備に要する面積は1,200 m² (40m × 30m) に納まり、従来处理に必要な面積の1/4以下となった。このため、製鋼工場近傍の屋内に設置可能で、物流の効率化に貢献した。

また、これまで粉化が問題となっていた還元スラグも、

今回のプロセスを導入し、酸化スラグと混合することにより物性上安定した処理が可能となり、粉化や膨張無しに製品として扱えるようになった。

以上の如く、当社は新スラグ処理プロセスの導入により、作業要員の削減、処理時間の大幅な短縮、作業環境の改善、処理スペースの削減と物流の効率化、スラグ製品の物性安定化、還元スラグの製品化、を実現できた。これらの効果により、スラグ処理コストは従来対比、約40%以上の低減が可能となった。

3. 粒化スラグの物性および材料特性

3.1 粒化スラグの物性

この新プロセスにて製造した粒化スラグの物性を、化学成分、X線解析、ミクロ組織にて調査した。

化学成分をTable 1に示すが、酸化スラグおよび酸化スラグと還元スラグを混合した混合スラグ共、CaO/SiO₂で

Fig.3. Schematic diagram of slag granulating equipment.

Table 1. Chemical composition of EAF slag (wt%).

	The oxidation slag	The mixed slag
SiO ₂	12.95	16.20
CaO	24.69	29.87
Basicity (SiO ₂ /CaO)	1.90	1.84
Al ₂ O ₃	4.70	6.55
MgO	4.01	5.37
MnO	6.58	5.63
T.Fe	32.55	25.48
P ₂ O ₅	0.80	0.60

表わされる塩基度が1.8～1.9あり、またT.Feが25～33%と多く含まれる特徴がある。

次に結晶生成物の調査のためにX線解析を行った。結果をFig.4に示す。酸化スラグは主にMagnetiteにて構成され、その他Hematite、Wustite、Calcium Silicateにて構成されている。これを反射顕微鏡にて観察すると、Fig.5に示すようにMagnetiteが SiO_2 およびCaOの非晶質に囲まれていることが分かる。

3.2 材料特性

従来方式により処理されたスラグは40mm以下の塊であり路盤材などの低級な用途に使用されるのに対し、粒化スラグは平均径1mmの粒であり、より高級な用途である砂

の代替として有望である。そこで、砂の代替品としてコンクリート細骨材への適用の観点で調査を実施した。調査として、粒度試験、材料特性試験、水浸膨張試験、突き固めによる土の締め固め試験、を実施した。

粒度試験の結果をFig.6に示すが、粒化スラグの粒度は日本土木学会の粒度標準を満足しており、その中でも細粒・粗粒の少ない傾向が認められた。材料特性試験結果をTable 2に示すが、いずれの項目も基準値を満足している。また、水浸膨張試験結果もTable 3に示すとおり、JISの基準を十分満足しており、エージング処理をしなくても十分膨張の少ないことが分かった。一方、土の締め固め試験では、酸化・混合両スラグ共に球状であるため締め固まら

Fig.4. X-ray diffraction results of the mixed slag and the oxidation slag.

Fig.5. Reflection microscope photograph of the oxidation slag.

Table 2. Results of the material characteristics test.

		Slag particles	Standards (JIS A 5005)
Density in saturated surface-dry condition	g/cm ³	3.62	More than 2.5 at density in oven-dry condition
Bulk density	g/cm ³	3.57	
Apparent density	g/cm ³	3.75	
Absorption	%	1.35	Less or equal 7.0
Test for amount of material passing sieve 75 μ m in aggregates	%	0.75	Less or equal 3.0
Total moisture content	%	1.57	-
Specific weight	g/cm ³	2.26	-

Table 3. Results of the water-submerged expansion test.

	The percentage of the water-submerged expansion	Standards
The oxidation slag	0.038	< 1.5% (the slag for road-bed material)
The mixed slag	0.032	

Test method : based on JIS A5015

Test condition : temperature = 80 , dipping term = 10days

Measurement of total moisture condition : based on JIS A1203

Fig.6. Results of the grading test.

ず、従来の用途である路盤材への適用は難しいとの結果が得られた。

4 . 粒化スラグの用途

粒化スラグの特徴としては、前述の調査などより、主要直径 0.6 ~ 1.2mm の黒色球状の粒、鉄分が多く、比重が大きい、エージング処理無しでも膨張が少ない、コンクリート細骨材の材料特性を満足する、ということが挙げられる。これらの特徴を活かし、現在は透水性ブロック骨材やバランスウエイト材が主要用途となっているが、さらに、コンクリート細骨材・研掃材・人工芝用砂などに拡大が可能と考えられる。

5 . 結 論

当社は新スラグ処理プロセスを導入し、操業の最適化により、品質の安定した粒化スラグの製造技術確立し、以下の成果を達成した。

- (1) 省人・省エネルギー化
- (2) 粉塵削減による作業環境の改善
- (4) 物流の効率化・処理工程の省略
- (5) スラグ製品の高付加価値化