

© 1983 ISIJ

ソーダスラグからの Na_2CO_3 回収についての パイロットプラント操業試験結果

松尾 輝夫*・横大路照男*・吉田 誠*
山本 誠二*³・山本 里見*⁴・福田 昭一*⁴

Pilot Plant Test on Recovery of Na_2CO_3 from the Sodium Containing Slag

Teruo MATSUO, Teruo YOKOŌJI, Makoto YOSHIDA
Seiji YAMAMOTO, Satomi YAMAMOTO, and Shoichi FUKUDA

Synopsis :

Recovery of Na_2CO_3 from the sodium containing slag was studied. The experimental plant process consisted of several unit operations, such as dissolving of the slag in the aqueous solution, removal of Si and P from the solution, separation of the precipitate and the residue from the solution, crystallizing of Na_2CO_3 hydrate from the solution and drying the Na_2CO_3 hydrate. The plant could process the slag and produce Na_2CO_3 at the rate of 120 kg/h and 80 kg/h, respectively. The slag obtained in the continuous refining of hot metal with Na_2CO_3 was used as the raw material. By examining for more than ten days, the following results were obtained. 1) Small particles (1.3 mm dia.) of Na_2CO_3 were obtained and the yield was 82.5%. The contents of impurities (P, Si, and S) in the recovered Na_2CO_3 were lower than the ranges which were unfavorable for the refining of hot metal. 2) The plant was operated without difficulties and treatment of the byproducts such as insoluble material and precipitate of dephosphorization presented no problem.

1. 緒 言

鋼材品質の高級化にともない、多段製鋼法の研究がすすめられている。溶銑脱りん・脱硫のための副材料としてソーダ灰 (Na_2CO_3) を用いると、副材料を循環使用する製鋼システムが考えられる¹⁾²⁾。同システムをとると、鋼材の低りん・低硫化、製鋼コストの低減などの利点のほかに、i) スラグなどの系外への廃棄物が減少する。ii) Na_2CO_3 を回収、再利用することにより、副材料コストの低減、共存有価元素：りん(P)、バナジウム(V)の回収ができる。などの利点も得られると考えられる。

ソーダスラグ(以後、スラグとする)からのナトリウム(Na)回収工程について、実用規模³⁾およびパイロットプラント規模⁴⁾での操業および実験結果の概要が報告されている。筆者らは、 Na_2CO_3 の循環使用を前提とした多段製鋼法の研究をすすめており⁵⁾⁶⁾、その一環としてスラグからの Na_2CO_3 回収についても研究をおこなった。

Na 回収系ではスラグを水に溶解したのち、不溶解残渣、P、シリコン(Si)など Na_2CO_3 との共存が望ましくない成分を除去し、Na化合物を析出させ回収する。スラグ水溶液中のイオン種および同溶液からのP、Si、硫黄(S)およびVなどの除去反応について、前報⁷⁾で報告した。本報では、前報での実験結果をもとに組立てた一貫工程について、その操業特性、設備仕様を検討するために行つたパイロットプラント操業試験結果の一部を報告する。

2. 試験設備および試験条件

2-1 パイロットプラントの規模と構成

パイロットプラント(以後、プラントとする)はスラグ粉碎から Na_2CO_3 回収、工程液循環までを含む全工程の調査を目的に建設された。

プラントの標準仕様を、スラグ処理量 120 kg/h、系内処理液量 500 l/h、 Na_2CO_3 回収量 80 kg/h とした。これらの仕様は次項から決定した。i) Na_2CO_3 による溶

昭和 57 年 8 月 9 日受付 (Received Aug. 9, 1982)

* 新日本製鉄(株)基礎研究所 (Fundamental Research Laboratories, Nippon Steel Corp.)

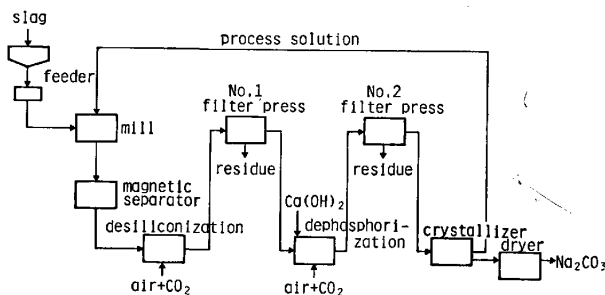
*² 新日本製鉄(株)八幡製鉄所 (Yawata Works, Nippon Steel Corp.)

*³ 新日本製鉄(株)大分製鉄所 (Oita Works, Nippon Steel Corp.)

*⁴ 新日本製鉄(株)生産技術研究所 (Process Technology R & D Laboratories, Nippon Steel Corp., 1-1-1 Edamitsu Yawatahigashi-ku Kitakyushu 805)

Table 1. Specifications of the pilot plant.

Unit operation	Installation	Specification
Slag handling and Size reduction	Hopper Feeder Vibrating-mill	feedrate : 200 kg/hr. drum capacity : 25 l×2
Reaction	Desilicization Dephosphorization	agitation with double propeller CO ₂ bottom injection
Filtration	No. 1 Filter press No. 2 Filter press	filter area : 16 m ² " : 2 m ²
Na ₂ CO ₃ Recovery	Crystallizer Dryer	direct cooling : 0.55 m. dia. fluidized dryer : 1.10 m. dia.

Fig. 1. Flow-sheet of Na₂CO₃ recovery process.

銑連続精錬炉が実用化された場合の規模は 300~600t・溶銑/h と考えられ、その際のスラグ生成量は 4~8t/h と想定される。本プラントに類する化学工業用設備は、経験的に 100 倍程度までスケールアップして設計が可能と考えられている。ii) スラリーを支障なく取り扱える配管径は 1.27 cm 以上が望ましく、またその管径で析出物沈降などのない液流速を確保するには、液量約 500 l/h 以上が必要である。

プラントはスラグ粉碎・溶解工程、炭酸化・脱けいと残渣分離工程、脱りんと残渣分離工程および Na₂CO₃ 析出工程からなり、そのフローシートを示すと Fig. 1 のようになる。Na₂CO₃ 回収後の低 Na 濃度溶液でスラグを溶解する閉回路の工程をとり、系外への排出物は製品 Na₂CO₃ のほかに不溶解残渣およびりん残渣があるのみである。

プラント主要設備の仕様を示すと Table 1 のようになる。同表に示した主要設備の他に、各工程で比較試験のために別仕様の設備も仮設した。含 Na₂CO₃ 水溶液からの Na₂CO₃ 回収工程として、旭硝子株式会社で開発された炭酸ソーダ水和物晶析および同融液の流動乾燥による粒状 Na₂CO₃ 製造技術を採用した。同技術は単純な工程であり、かつ操作が容易である。また、製鉄所内の廃熱利用も可能であり、省エネルギー面にも考慮がはらわれた優れた方式である。

2.2 試験法

試験に用いたスラグは Na₂CO₃ による溶銑の連続精

Table 2. Chemical composition of the slag.

	(%)							
	Na	Si	Fe	P	S	V	Mn	Na ₂ O/SiO ₂
\bar{x}	32.4	9.49	4.7	2.93	1.09	0.85	2.83	2.13
σ_{n-1}	2.1	0.80	3.1	0.58	0.20	0.09	1.03	0.13

錬実験で得られたもので、20 mm 以下に粗砕されて供給された。スラグ組成の平均値およびその変動状況を示すと Table 2 のようになる。

プラント全系を水で満たして所定温度に調整し、水を循環させながら Na₂CO₃ および NaOH を添加し Na 濃度を目標値まで高くしたのち、スラグの供給を始めた。スラグ供給開始後 24 h で脱りん反応槽入口の P 濃度が定常値となるので、それ以後を試験期間とした。試験は 10~30 日間連続して行われたが、その間操業に支障はなかつた。

試験の目的は各単位操作（粉碎・溶解・反応・ろ別など）の操業条件、制御法の検討、長期運転による物質収支調査などに分けられる。

本試験での各種分析法は前報⁷⁾と同一である。

3. 試験結果

3.1 粉碎・溶解工程

所定の速度で供給される 20 mm 径以下のスラグ小片を、粉碎しながら Na 回収後の低 Na 濃度溶液で溶解し可溶成分を抽出する工程である。

粉碎・溶解法として、プラント内でパイロミル、タワームルによる長期運転試験および別系統での流動溶解、溶融スラグを直接水中に投入・溶解する試験も行ったが、ここではパイロミルでの試験結果について述べる。

パイロミル内の固液比を一定にし、スラグ供給速度を変えた場合のスラグ中 Na の溶解率（以後、Na 溶解率とする。）を示すと Fig. 2 のようになり[†]、90% 前

[†] 工程液でスラグを溶解するが、工程液の Na 濃度は必ずしも一定ではない。このためスラグ溶解後の Na 濃度ではなく Na 濃度上昇分で比較しなければならない。

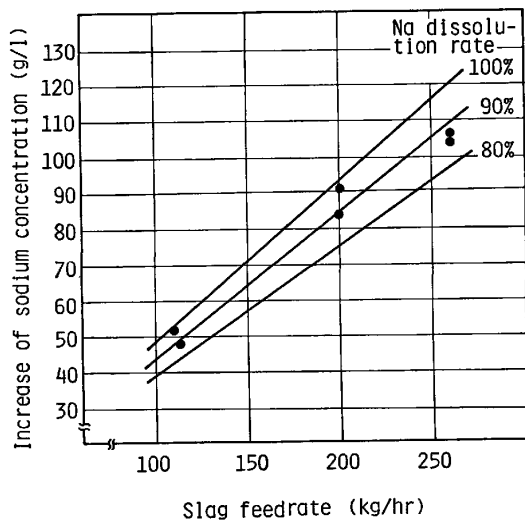


Fig. 2. Relation between increase of sodium concentration in aqueous solution by slag feed and slag feedrate. (solid/solution=0.3~0.4)

Table 3. An example of chemical composition of the aqueous solution.

Na	Si	P	pH
98.2*	10.6*	7.6*	13.0

*: (g/l)

後の値となつているのがわかる。一定容量の粉碎室に供給速度を変えて装入するので、同室への滞留時間が異なる。滞留時間(平均)が4.0~9.0 minと変動しても、Na溶解率が一定値を示すことから湿式粉碎でのスラグ溶解速度は大きいと考えられる。1.5h 攪拌した溶解試験でのNa溶解率が90%前後である⁷⁾ことから、この溶解で可溶Naはほぼ溶解していると判断できる。

スラグ中Si, Pの溶解率も約40および95%となり、実験室での実験結果⁷⁾と同程度になつており、スラグ水溶液の組成の一例を示すとTable 3のようになる。

バイプロミル振幅を4.5~6.5 mm、供給スラグ固液比(スラグと溶媒との重量比)を0.18~0.44と変更したが、Na溶解率に差はみられなかつた。しかし、固液比が大きいとスラリー粘度およびNa濃度が大きくなり、PなどのNa塩の析出・堆積がおこるおそれがあるので⁷⁾、固液比は0.3前後が適切と考えられる。

3.2 炭酸化・脱けい工程

水溶液中にNaOH態として存在するNa(全Na量の約30%)を Na_2CO_3 態とするとともに、共存する SiO_3^{2-} を加水分解させ除去する工程である。

反応槽の形式として、3室分割角型攪拌槽、スプレー塔および気泡塔の3者を取り試験したが、ここでは3室分割角型攪拌槽での試験結果を述べる。

Table 4. Relation between carbonate ratio and pH in the aqueous solution.

pH	Carbonate ratio
13.4 $\sigma=0.2$	0.69 $\sigma=0.04^*$
11.3 $\sigma=0.3$	0.99 $\sigma=0.03^{**}$

* at the entrance of the chamber
** at the outlet of the chamber

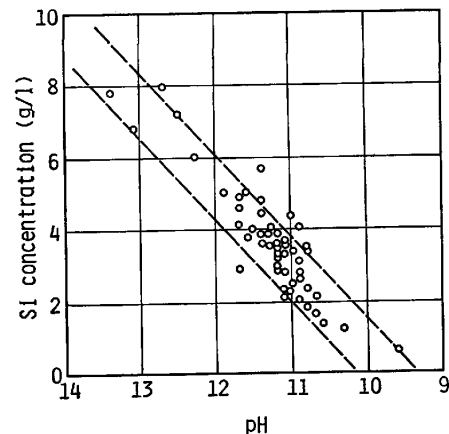


Fig. 3. Relation between pH and Si concentration in the aqueous solution.

反応槽前後での水溶液pHと炭酸化率(全Na量に対する Na_2CO_3 としてのNa量の比)との関係を示すとTable 4のようになり、水溶液pHを特性値とすることにより炭酸化率を制御できるという前報⁷⁾の結果が、プラント試験でも確かめられた。また、水溶液Si濃度とpHとの関係を示すとFig. 3のようになり、炭酸化率:1(pH=11.3)を目標にするとSi濃度は3~4 g/l以下となる。

これらの試験での CO_2 吸収効率は47%となつており、さらに攪拌強度を大きくすると同効率が60%前後にまで向上することを確かめた。

脱けい反応の速度を調査するために、3室反応槽のうちで CO_2 供給を特定の槽のみとして各槽出口でのSi濃度を分析した。各室内の水溶液量は440 lであり、650 l/hの給液速度から平均滞留時間は約40 minとなる。 CO_2 を供給した槽でのSi濃度変化から、40 minの反応時間で脱けい反応が終了していることがわかつた。

3.3 第1ろ過工程

前工程で粉碎・溶解および炭酸化処理されたスラグスラリーを、水に溶解しない不溶解分(以後、残渣とする)と清澄な溶液とに分離するとともに、残渣に付着するNaを洗浄、回収する工程である。湿式粉碎後の残渣は粒径5 μ 以下の微細な粒がその40~60%を占め、その沈降速度はきわめて小さいのでろ過により分離しなければならない。

Table 5. An example of chemical composition of residue (in dry).

(%)						
Na	Fe	Si	Mn	S	P	Al
13.5	9.1	15.8	4.5	0.94	0.44	2.6

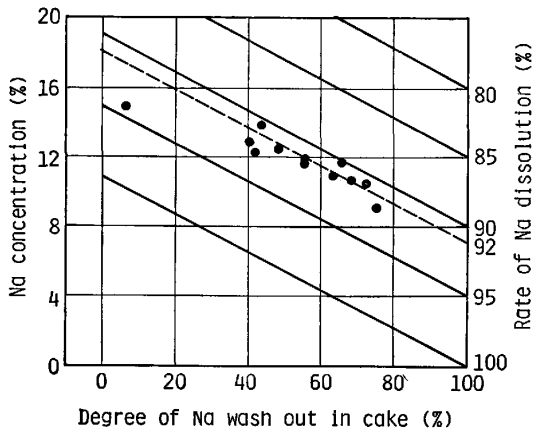


Fig. 4. Relation between Na concentration in residue and degree of Na wash out in cake.

残渣は黒色でその量は原料スラグ組成に依存し、 $(Na_2O) / (SiO_2) = 2$ の組成をもつスラグの場合でスラグ重量の約 50% (乾量基準) であつた。フィルタープレスでろ別したケーキ (汙滓) の組成例を示すと Table 5 のようになる。その主成分は、Fe, Mn, Al および Si の酸化物, Na 塩と推定される。ケーキ洗浄の水量を大きくすると、残渣の Na, および P 含有率が低下することから、その大半は付着る液によると考えられる。

Na 損失を低減するために、フィルタープレス内のケーキ洗浄試験を行つた。重量比で 20 倍の水で洗浄すると、ケーキの Na 含有率が 15% から 5~7% にまで低下することを確かめた。溶解・ろ過工程での Na 物質収支からスラグ Na の溶解率を算定して示すと Fig. 4 のようになり、Na 溶解率は 92% と推定できる。

3.4 脱りん工程

Na_2CO_3 への P 混入を避けるために、Na 回収にさきだち水溶液の脱りんを行う工程で、P を高濃度なりん化合物として回収するために独立した工程にしている。

$Ca(OH)_2$ を添加すると水溶液 P 濃度を低減でき、しかもスラリー状で添加すると粉末の場合よりも高い脱りん率が得られることが確かめられている⁷⁾。しかしながらプラントでの試験では、 $Ca(OH)_2$ をスラリー、粉末のいずれかで添加しても脱りん後 P 濃度に差はなく (Fig. 5), $Ca(OH)_2$ 添加量 0.7 当量^{†2}, 反応温度 60°C 以上, 反応時間 40 min 以上の条件で、P 濃度 5 g/l 以下

^{†2} 水溶液中 P 全量を Ca_3PO_4 とする化学量論的 $(CaOH)_2$ 量を 1 当量とした

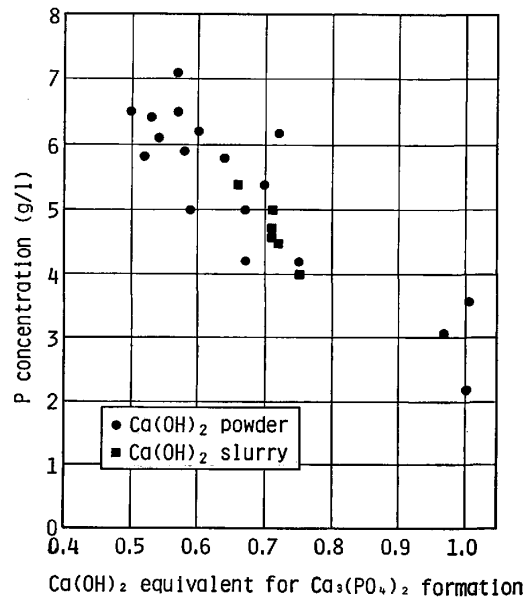


Fig. 5. Relation between P concentration in the aqueous solution and charged amount of $Ca(OH)_2$.

まで低減できることがわかつた。実験室での実験と異なりスラリー添加の効果がみられないのは、脱りん反応槽滞留時間が 120 min と長いために推定される。

$Ca(OH)_2$ を添加すると水溶液 pH が変動する。脱りん後水溶液の pH は平均 13.0, 炭酸化率は 0.91 となり、3.2 項で示した液組成と異なっている。脱りん時の pH 変動をも考慮して、炭酸化率 (pH) の目標を設定する必要がある。

3.5 第 2 ろ過工程

前工程でつくられた脱りん反応生成物スラリーを、反応生成物 (以後、りん残渣とする。) と清澄液とに分離するとともに、ケーキに付着した Na を回収する工程である。りん残渣は 5~350 μ 径の粒子がその 70% 以上を占めているため沈降速度が大きく、シクナーでの濃縮排出も可能であつたが、Na 回収率を高くするためフィルタープレスでのろ過試験を行つた。

りん残渣は $Ca_5(OH)(PO_4)_3$, $CaCO_3 \cdot 2H_2O$ および $CaNaPO_4$ が主成分の白色沈澱であり、その組成例を示すと Table 6 のようになる。その生成量はスラグ P 濃度に依存し、スラグ重量の 17~27% (乾量基準) 程度となつた。

りん残渣には Na が 11% 程度含有されているが、ろ液の付着によるものがその半量程度と推定され、残部は

Table 6. An example of chemical composition of P residue (in dry).

(%)		
Na	Ca	P
0.6	34.5	12.6

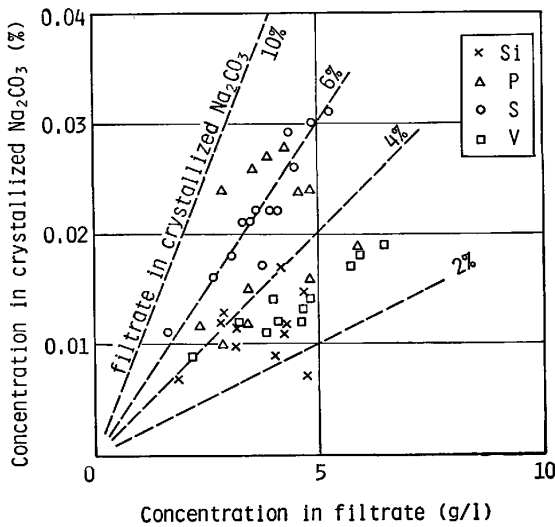


Fig. 6. Relation between Si, P, S, and V concentration in crystallized Na_2CO_3 and that in filtrate.

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ などの複塩として存在すると考えられる。付着 Na は洗浄で回収できるが、複塩は高温水による長時間洗浄⁷⁾か、ケーキを洗浄水中に再分散させ洗浄する(リバルブ洗浄)必要がある。洗浄水量が限定される場合またはケーキの Na 含有量をより低くする必要のある場合には、リバルブ洗浄がより有効であるが、単なる洗浄によつてもりん残渣中 Na 濃度が 10% から 6% に低下し、それにともない P_2O_5 濃度が 21% から 28% に上昇することを確認した。

3.6 Na 析出工程

Na_2CO_3 溶液から Na_2CO_3 を回収する工程である。

製品 Na_2CO_3 は嵩比重 1.3 以上で 1.2~1.4 mm 径の球形であつた。製品 Na_2CO_3 は P および S などの不

純物を含むが、これは晶析工程でのケーキへのろ液付着による。ろ過 Na_2CO_3 水和物とろ液の不純物濃度の関係を示すと Fig. 6 のようになり、同一ろ液でも元素別に付着状況が異なる。ケーキへのろ液付着率に換算すると、P, S は Si, V の約 2 倍大きい値になっているが、この差の原因はあきらかでない。

製品 Na_2CO_3 の許容不純物量は、溶銑の精錬効果に対する影響から決定される。V は精錬反応への影響は小さく、S については考察の項で述べるので、ここでは P, Si について検討する。溶銑精錬時の Na_2CO_3 原単位を 20 kg/t, HM とし、 Na_2CO_3 から混入する不純物量が精錬時に除去される量⁸⁾ ($[\text{P}] = 0.08\%$, $[\text{Si}] = 0.10\%$) の 5% 以下とすると、 Na_2CO_3 への許容限界はそれぞれ $\text{P} = 0.20\%$, $\text{Si} = 0.25\%$ となる。本試験条件で、不純物が許容限以下の製品を製造できることが Fig. 6 からわかる。

4. 考 察

各工程での試験から各々の適正操業条件があきらかとなつたので、これを組合せた工程液循環系としての長期間連続操業結果を考察として述べる。

4.1 Na 物質収支

スラグ Na 濃度を 33% とし、系内での発生物量(残渣およびりん残渣量はスラグ重量の 40, 27%) および組成, Na 溶解率などは試験で確かめられた数値を用いた。得られた Na 物質収支を示すと Fig. 7 のようになる。

Na 回収率は系に供給された全 Na 量を基準にすると 82.5%, 溶解した Na 量を基準にすると 89.8% とな

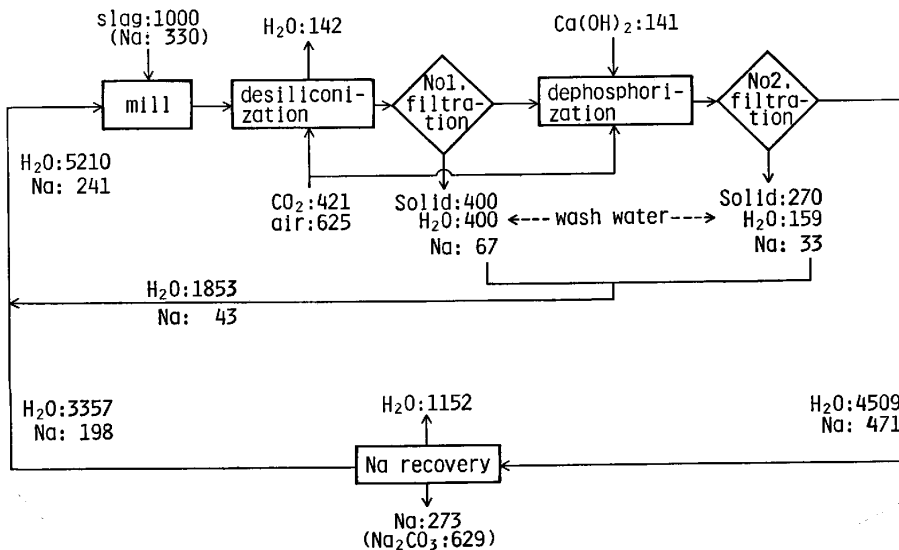


Fig. 7. Material balance in Na_2CO_3 recovery process. (kg)

る。小倉ら⁴⁾のパイロットプラントでの Na 回収率 82% と同一の値となつた。回収率をさらに向上させるには、残渣、りん残渣の洗浄を強化する必要があるが、それにはリパルプ洗浄まで考えなければならず、設備費増との得失を検討する必要がある。

Fig. 7 には水の物質収支も併記してあり、系外への排水のない閉回路であることがわかる。

4.2 系内への S 濃縮

Na 回収系は水溶液中 Si および P を除去できるが、S は簡単な方法 (たとえば硫黄化合物分離など) では除去されない⁴⁾。本プラントは脱硫機能をもたないが、製品 Na_2CO_3 の S 濃度は原料スラグ S 濃度から想定される値より低い。S は製品 Na_2CO_3 および残渣類への付着分として系外に出るだけであり、一方循環使用した Na_2CO_3 は溶銑精錬時の脱硫反応により S を系内にもちこむ。このような循環をつづける場合でも、精錬後溶銑 [S] が異常に高くなるなどの支障がなければ、Na 回収系に積極的な脱硫機能をもたせなくてもよい。この点から、溶銑精錬および Na 回収系を含めたシステムでの定常状態で S 物質収支を検討した。

定常操業時の精錬後溶銑 [S] および Na 回収後水溶液 S 濃度はそれぞれ (1), (2) 式で示される。実験時の

$$1000[\text{S}]_{\text{HM}} = 1000[\text{S}] + W(\text{S}) + d(\text{S})_d - Y(\text{Soda S}) - d'(\text{S})_d \quad (1)$$

$$(C_s) = 10G \cdot (\text{S}) \cdot \alpha \cdot f / V \cdot (100 - f) \quad (2)$$

実績として製品 Na_2CO_3 の S 濃度は (3) 式で示され、(2), (3) 式からスラグ-製品 Na_2CO_3 間の S 分配比 K は (4) 式で示される。

$$(\text{Soda S}) = 0.0203 \cdot (C_s) \quad (3)$$

$$K = (\text{Soda S}) / (\text{S}) = 0.203 \cdot G \cdot \alpha \cdot f / V(100 - f) \quad (4)$$

溶銑精錬および Na 回収試験で得られた実績値を用い、さらに $d = d'$ とすると定常時の精錬後溶銑 [S] を算定できる。計算に用いた数値を末尾の記号説明項に併記した。

溶銑-スラグ間の S 分配比が 300, 400 の場合、0.030% [S] 溶銑はそれぞれ 0.0072, 0.0058% まで脱硫されると計算され、特別な脱硫機構をもたせなくても 0.010% [S] 以下の低硫銑を溶製できることがわかる。しかし、極低硫銑 (たとえば精錬後 [S] $\leq 0.005\%$) の精錬には循環 Na_2CO_3 を使用しない、または系に脱硫機能を付設するなどの対策が必要となる。

4.3 Na 回収系の評価

スラグから Na_2CO_3 を回収する系について、パイロットプラント規模で長時間安定して操業できること、さら

に回収した Na_2CO_3 は溶銑精錬に再使用しても支障のないことを確かめた。同試験で確かめられた諸原単位をもとに回収 Na_2CO_3 単価を試算すると、設備償却を含めて市価の 2/3 程度で回収できると推定された。同回収系が実用化されるには、系外に排出される物質が無害なことがさらに必要である。残渣、りん残渣および系内液の処理について検討した。

4.3.1 残渣の処理 環境庁告示の方法⁹⁾により溶出試験を行い、埋立てなどの廃棄処分を想定しても有害物に関する法規には全く触れないことを確かめた。

4.3.2 りん残渣の処理 P_2O_5 を 25~30% 含有しており、りん資源としての活用が考えられる。りん残渣中 P_2O_5 の 90% はく溶性を示すので、りん酸肥料としての可能性を検討した。りん残渣になんらの加工を加えなくても溶性りん肥と同等の肥効性をもつことが、全農業技術センターでの水稻を対象とした肥効試験で確かめられた。

4.3.3 系内液の処理 Na 回収系は原則として系外への排水はないが、なんらかの理由で系内液を排出する場合の対策として、同液の処理法を検討した。同液中には有害指定成分は含まれていないので、Table 7 に示した成分を処理すればよい。

i) pH: 酸を用いるか、もしくは酸中和用アルカリとして使用することで対処できる。

ii) COD: 水溶液中に $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ が含まれるため COD 値が高い。酸化剤として次亜塩素酸ソーダなどを用いることにより、COD の処理ができる。

iii) P: $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCl_2 および FeSO_4 などの添加で 100 ppm 前後まで除去できる。

これらの調査から系外への排出物は、産業公害の面から全く支障のないことが確かめられ、実用化に問題のないことをあきらかにした。

5. 結 言

溶銑を Na_2CO_3 で精錬したさいのスラグから Na_2CO_3 を回収する工程について、スラグ 120 kg/h の処理能力をもつパイロットプラントで長期操業を行い、次項があきらかになつた。

1) スラグ/溶液重量比を 0.18~0.44 と変えて湿式粉碎しても、Na 溶解率 92% が確保される。

Table 7. An example of chemical composition of the process solution.

pH	COD	V	P
11.3	3000*	8800*	3000*

*: ppm

2) CO_2 を吹き込み水溶液 pH を 11.3 に制御すると、水溶液 Si 濃度を 3~4 g/l まで低減でき水溶液中のアルカリ相当分の Na は Na_2CO_3 の形態となる。

3) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を 0.7 当量添加することにより、水溶液 P 濃度を 5 g/l 以下まで低減できる。りん残渣の Na 濃度は洗浄で低減でき、それにともない P_2O_5 含有量が 28% に上昇する。

4) 1.2~1.4 mm 径の Na_2CO_3 粒として、液中 Na の約 90% が回収された。 Na_2CO_3 に含有される Si および P などの量は母液 Si, P 濃度に依存するが、精錬に再使用するのに障害とならない量であることがわかった。

5) 系に S 除去機能はないが、一部の S が残渣への付着などで排出される。精錬に循環使用した場合の定常溶銹 [S] を操業実績をもとに推定すると 0.007% となり、通常の操業の支障にならないことがあきらかになった。

6) 長期間安定した操業ができること、系外への排出物(残渣類および系内液)は環境規成上問題にならないことを確かめたので、実用可能な工程と判断される。

本研究の遂行にあたり御協力いただいた中矢圭一氏をはじめとする旭硝子株式会社の方々に、深く感謝致します。

記号

[S]_{HM}: 脱硫前溶銹 S 濃度 (%) (0.030)

[S]: 脱硫後溶銹 S 濃度 (%)

W: スラグ生成量 (kg/t·HM) (13.0)

(S): スラグ S 濃度 (%)

d: ダスト生成量 (kg/t·HM)

(S)_d: ダスト S 濃度 (%)

Y: 循環 Na_2CO_3 量 (kg/t·HM) (8.6)

(Soda S): 循環 Na_2CO_3 S 濃度 (%)

d': 精錬炉に再装入するダスト量 (kg/t·HM)

G: Na 回収系へのスラグ装入量 (kg/t·HM) (1000)

α : スラグ中 S の溶出比 (-) (0.7)

f: 系内液の一循環での残留率 (%) (92.9)

V: スラグ溶解液量 (l/h) (3290)

文 献

- 1) 山本里見, 梶岡博幸: 鉄と鋼, 65 (1979), S 210
- 2) 丸川雄浄, 城田良康, 姉崎正治, 平原弘章: 鉄と鋼, 66 (1980), A 145
- 3) 丸川雄浄, 三沢輝起, 三戸猛義, 姉崎正治, 岡本節男, 橋本孝夫: 鉄と鋼, 65 (1979), S 733
丸川雄浄, 三沢輝起, 川良入紘, 小林昭彦, 藤田清美, 橋本孝夫: 鉄と鋼, 68 (1982), S 243
- 4) 加藤達雄, 田島一夫, 山下 申, 小倉英彦, 田口喜代美: 鉄と鋼, 68 (1982), S 241
小倉英彦, 半明正之, 田口喜代美, 山下 申, 加藤達夫, 深井美隆: 鉄と鋼, 68 (1982), S 242
- 5) 山本里見, 藤掛陽蔵, 坂口庄一, 藤浦正己, 梶岡博幸, 吉井正孝, 福岡正美: 鉄と鋼, 65 (1979), S 212
- 6) 山本里見, 石川英毅, 桑原正年, 小久保一郎, 中嶋睦生, 小菅俊洋: 鉄と鋼, 69 (1983), p. 611
- 7) 松尾輝夫, 横大路照男, 吉田 誠, 山本里見, 川村和郎: 鉄と鋼, 69 (1983), p. 929
- 8) 山本里見, 藤掛陽蔵, 坂口庄一: 鉄と鋼, 68 (1982), p. 1896
- 9) 産業廃棄物に含まれる有害物質の検定方法
昭和 48 年 2 月 17 日 環境庁告示第 13 号
改定 昭和 52 年 3 月 14 日 同第 4 号