

4. 以上の実験の結果、ペレット装入に伴う炉中心部の通気性の劣化を改良する方法として、ベル径を大きくすることによりペレットを炉周辺部へ落下運動エネルギーの小さな状態で装入するとともに、装入物が直接装入面に当たらず V 型分布とすることが好ましいがこれだけでは十分とは言えない。さらにコークスの安息角がペレットより小さくなるよう装入レベルを下げるのが有効であり特に後者の効果は、他の報告⁴⁾をも合わせ、大きいものと推定される。

文 献

- 1) 児玉, 重見, 斧, 彼島: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1596
- 2) 児玉, 斧, 彼島: 鉄と鋼, 51 (1965) 4, p. 593
- 3) R. BAAKE: Stal, (1959) 10, p. 729
- 4) Hans DICHGANS and Herbert W. KÖHLER: Stahl u. Eisen, 17 (1961) 8, p. 1106

(33) 高炉模型による装入物分布試験とその実際高炉への適用

日本鋼管, 川崎製鉄所

小林 正・〇里見弘次・斎藤 汎

Charge Distribution in Blast Furnace: A Model Experiment and its Application.

Tadashi KOBAYASHI, Koji SATOMI and Hiroshi SAITO.

1. 緒 言

高炉々頂における装入物の分布は、炉内の通気性および装入物の降下状況に影響をおよぼし、高炉の能率ひいては経済性を大きく左右するものである。川崎 No. 3, 4, 5BF で採用しているようなシングルコーン式の装入装置は、ダブルベル式のそれと比較して装入物の分布が劣ることが一般に知られている。このシングルコーン式の装入装置を継続使用して長期間操業すると内部操業となつて壁付が生ずるので、その対策の1つとして装入物分配装置を使用しているが、この装置のみではシングルコーン式の欠陥を十分に補うことができない。川崎 4BF の改修にあたり、諸般の事情から再度シングルコーン式の装入装置を採用せざるをえなくなり、この装入装置の欠陥を改善する方法を模型高炉を用いて調査した。その結果ダブルベル式に匹敵する装入物分布が得られるセルフライニング型のディストリビューターを考案採用し、操業成績も火入れ以来好調を続けているので報告する。

2. 試験装置および試験条件

試験装置は Fig. 1 に示すごとく川崎第3次 4BF (内容積 895 m³) の 1/40 模型を用いた。装入物の降下が均一に行なわれるように炉底中央部には炉芯に相当する円錐をつけ、その周辺部には 8 個の孔を設けて装入物を降下させた。装置の半割した面には装入物分布状態を観察できるようにガラス板を設けた。

試験用装入原料としてコークス: 8~16メッシュ 60%, 16~32メッシュ 40%, 鉱石(ゴア): 16~32メッシュ 80%, -32メッシュ 20% を用い、コークス比を 500 kg /

t として実際高炉の Ore/Coke の容積比を計算すると 0.85 となるので、この試験においても容積比がこの値になるようにした。

装入物分布に影響をおよぼす大きな要因として、(1) 装入物の性状 (鉱石, コークスなどの粒度構成, 物理的性質), (2) 装入装置 (シングルコーン式, ダブルベル式), (3) 装入方法, (4) 装入単位置 (Ore/Coke, コークベース) などが考えられるが、今回の試験では特に装入装置に重点をおき、シングルコーン式の装入装置による装入物分布をダブルベル式のそれに近づけるための試験を行ない。炉の中心部, 中間部, 周辺部における鉱石, コークスの層厚を調べた。

試験条件は Table 1 に示す通りであり、まずシングルコーン式とダブルベル式の比較を行ない、前者は後者と比較して劣ることを確認した。これら 2 つの装入装置における装入物分布の差違におよぼす因子として

- (1) 装入物がコーンまたは大ベルから落下するときの落下速度。
- (2) コーンまたは大ベルの降下速度。
- (3) シングルコーン式におけるディストリビューターの斜面の長さ, および斜面における反発係数。
- (4) ディストリビューターの径または大ベルの径と炉口径との比。
- (5) ストックライン。

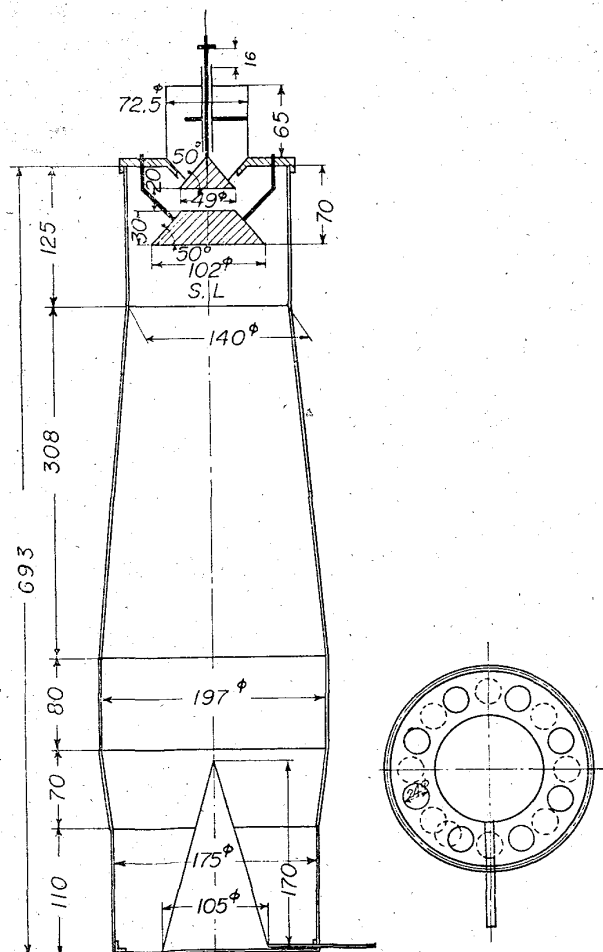


Fig. 1. Model apparatus.

Table 1. Experimental condition.

	Charging apparatus of the top	Throat dia.	Large bell or distributor dia.	Coke base	Charging sequence	Stockline
a	Mckye type double bell	5,600	4,080	5,500	COCO	-1, (-2, -3)
b	Bucket type single cone	〃	〃	〃	COCO 2B1Ch	〃
c	〃	〃	〃	3,000	C/OC/O 1B1Ch	〃
d	〃 (distributing plate used)	〃	〃	〃	〃	〃
e	〃 stahler	〃	3,910	5,500	COCO 2B1Ch	〃
f	〃 small size distributor	〃	3,580	〃	〃	〃
g	〃	〃	3,080	〃	〃	〃
h	〃	〃	〃	〃	〃	〃
i	〃 (distributor removed)	〃	—	3,000	C/OC/O 1B1Ch	〃
j	〃	〃	〃	5,500	COCO 2B1Ch	〃
k	〃 self lining distributor (I)	〃	4,080	〃	〃	〃
l	〃 (II)	〃	3,800	〃	〃	〃
l	〃 (III)	〃	3,900	〃	〃	〃

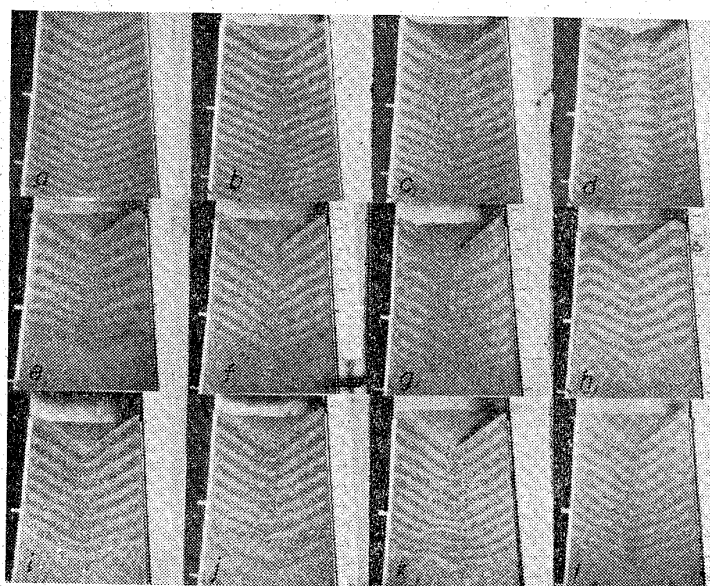


Photo. 1. Distributions of burdens.

などが考えられるので、これらの因子を考慮して種々条件を変えて試験を行なった。

3. 試験結果および考察

Photo. 1 にこれらの装入物分布の状態を示す。これらの結果から

(1) ダブルベル式装入装置の装入物分布は(a)に示すように、鉄石コークスの層厚が全断面にわたって極めて均一である。ストックラインが深くなるにつれて装入物の山の位置が中心部に移行し、中心部のコークス量が増す傾向にあるが、その傾向はシングルコーン式に比較すればずっと良好であり、望ましい分布をしている。

(2) シングルコーン式で従来のディストリビューターを使用した場合の装入物分布は(b)(c)に示すように2B1Ch, 1B1Ch いずれも炉中心部にコークスが集積し、ストックラインが深くなるにつれてこの傾向は一層激しくなり、一方炉周辺部のコークス層が薄くなり、ガスの均一な通風性が悪くなることが推察される。

(3) 1B1Ch で分配板を使用した場合の装入物分布は(d)に示すように炉周辺部のコークス層は厚くなるが、中心部のコークス層が極めて薄くなり、中心部と周辺部のアンバランスが著しい。

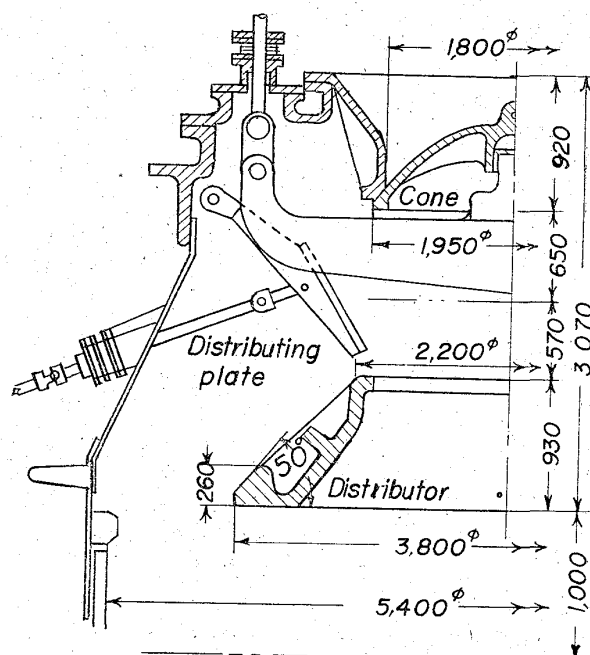


Fig. 2. Charging apparatus of the top at Kawasaki No. 4 B. F.

従来のディストリビューターは截頭円錐環状をなしていたにすぎないため、シングルコーン式の場合炉口から装入された鉄石コークス類などの装入物は上記ディストリビューターの外周面に当たって強くはね返り、炉の内壁に衝突して(炉口径に対するディストリビューター径の比が大きいため)炉内に落下していた。このため反発力の大きい、大きな鉄石またはコークスは炉の中心部にたまり、これに対して比較的小さい鉄石などは炉の周辺部に堆積することにより、炉全体が不均一なものとなる。このような分布状態での操業では、炉の中心部を通過する還元ガスの割合が増加して炉況不調の原因となると考えられる。そしてこのような状態で長い期間操業すると壁付が生成すると考えられる。

(4) ステーラー型装入装置での装入物分布は(e)に示すようにM型分布が得られたが、鉄石は周辺部に厚くコークスは中心部に厚くなり、期待したほどの効果は得られなかった。

Table 2. Operational data.

		1964 12	1965 1	2	3
Productivity	(t/day)	1451	1312	1519	1431
Corrected productivity	(t/day)	1475	1500	1519	1471
Coke rate	(kg/t)	474	473	470	477
Tar rate	(kg/t)	40	38	39	39
Fuel rate	(kg/t)	514	511	509	516
Blast volume	(Nm ³ /min)	1331	1269	1357	1331
Blast volume/Blast pressure	(Nm ³ /min/g/cm ²)	1.47	1.38	1.38	1.33
Blast temperature	(°C)	988	960	982	975
Blast humidity	(g/Nm ³)	5.5	4.0	3.8	4.3
Slag volume	(kg/t)	332	316	301	314
Slag basicity	(—)	1.23	1.22	1.24	1.24
[Si] content in metal	(%)	0.64	0.64	0.58	0.65
[S] content in metal	(%)	0.037	0.041	0.035	0.037
Sr percentage in burden	(%)	59.2	60.9	59.4	55.3
Dust	(kg/t)	11	10	14	15
Top gas analysis	CO ₂	19.2	19.4	19.5	19.2
"	CO	23.2	22.7	22.8	23.0
"	H ₂	2.0	1.9	1.7	2.0
Hanging	(Times/month)	1	6	0	5
Slip	(Times/month)	19	24	13	19

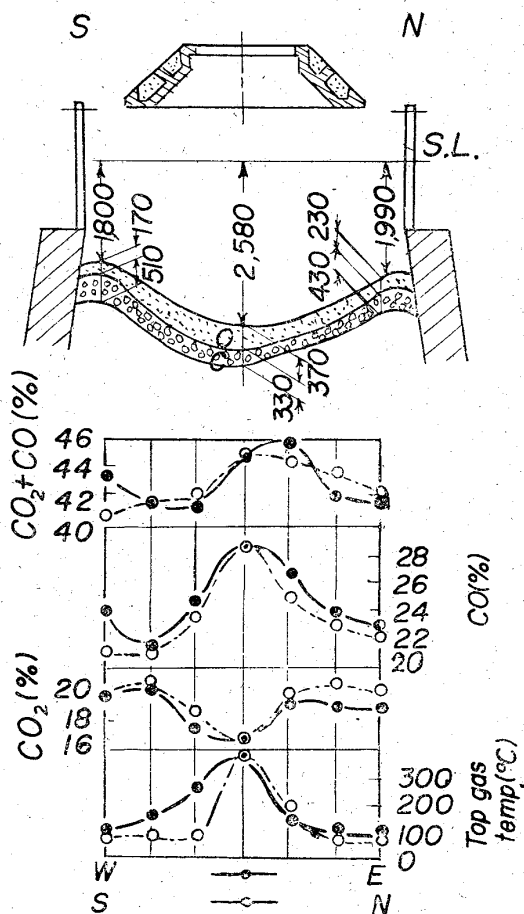


Fig. 3. Distributions of materials, gases and top gas temperature.

(5) 従来のディストリビューターの底部を切つて外径を小さくした場合の試験結果は(f), (g), (h)に示すごとく従来の大きさのものを使用した場合に比して著しく改善されており、鉄石コークスの層厚が均一化してダブル式のそれに近い分布が得られた。分布が改善され

た理由として、①外径の縮小により炉口部金物に衝突せず中心部に落下する鉄石の割合が増加したこと。②ディストリビューターの斜面の長さが短くなったので、装入物特に鉄石がディストリビューターを離れる際のスピードが低下し周辺部に達する装入物が減少したことがあげられる。

(6) ディストリビューターを使用しないシングルコーン式の場合は(i)に示すごとく、鉄石コークスの層厚はかなり均一化しており分布はM型である。(i)はコーンの大きさが従来通りであるが、コーンの大きさを適当にすれば相当によい分布が得られるだろうと推定される。

(7) セルフライニング型ディストリビューターを用いた場合の分布は(j), (k), (l)に示すごとく(j), (k)はあまりよい分布をしていないが(l)はきわめてよい分布を示しておりダブルベル式の分布に近い。セルフライニング型ディストリビューターは Fig. 2 に示すごとく外周部に数個の凹部をもうけ、この凹部に粉状装入物などを貯えることによつて緩衝作用をおこさせるため装入物のはね返りが小さくなり、落下速度が小さくつてダブルベル式に近い良好な分布が得られると考えられる。

4. 模型試験の実際高炉への適用

第4次4BF(内容積922m³)では先の試験の結果からセルフライニング型ディストリビューターを採用した。1964. 2. 1. の火入れ以来、きわめて順調に推移し良好な炉況を持続して好成績をあげている。Table 2にその成績を示すが、好成績の理由はセルフライニング型ディストリビューターの採用により良好な装入物分布が得られ、通風性がきわめて安定しているためと考えられる。同高炉のストックラインにおける装入物分布の実測結果およびガス分布、温度分布の一例を Fig. 3 に示す。

5. 結 言

1. 高炉模型を使用して装入物分布試験を行なつた結果、セルフライニング型ディストリビューターを考案した。

2. 川崎第4次4BFに採用したところ、良好な装入物分布が得られ通風性が安定し、きわめてよい操業成績をあげている。

(34) 高炉出銑口充填材の特性

黒崎窯業, 技術研究所 宮武和海・○高田一郎
The Properties of Blast Furnace Tap-hole Refractories.

Kazumi MIYATAKE and Ichirō TAKATA.

1. 緒 言

従来出銑口充填材は特に取上げて研究されておらず、使用現場において検討されてきた程度のものである。また文献にも具体的な報告はきわめて少ない。したがって出銑口充填材については伝承的であり、基礎資料に乏しく、企画、研究、使用実績の総合性に欠ける。高炉の生産性の向上に付随して発達してきたものといえる。

出銑口充填材の変遷を見ると、小型高炉の域を出なかつた頃は、出銑口の問題もあまりなく、シャモットおよび粘土と水の混合物で一応十分であつたようである。出銑量が1,000tを超すにいたつて必然的にその改良が必要になり、 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ 系に変わつている。アメリカにおいては、1940年頃 U. S. Steel の Gary Steel Works を始め数工場において、カーボン系充填材について研究が行なわれており、1950年には Colorado Fuel & Iron Corp. でカーボン系材料の使用を開始している。わが国でも1950年頃からタールが使用されるようになり現在にいたつているが、他の高炉々材の活発な進歩改良に引き替え、出銑口充填材はひとり取り残された感がある。しかしながら最近の高炉の出銑量の増大は著しいものがあり、装入物の改良、熱風温度の上昇などによつて公称能力3,500t高炉も出現するにいたり、同時に出銑口充填材にかけられる使命も一段と大きくなつてきているのが現状である。そこで出銑口充填材の具備すべき条件として考えられるのはおおむね下記のごときのものであろう。

- (1) マットガンによる押出しおよび充填の容易確実なこと (作業性)
 - (2) 充填材の焼結が迅速であること (充填後のマッドガン押え時間の短縮)
 - (3) 開口作業の容易なこと (熱間開口作業性)
 - (4) 恒速出銑に良くマッチする充填材の損耗すなわち適正な口径の拡大と孔型のあり方 (過剰速度出銑および飛散出銑などの防止)
- この出銑口充填材の重要性にかんがみ品質試験方法に

関する研究を行なつてきたので、ここにその一端を報告する。

2. 出銑口充填材の概略

出銑口充填材は一般に、適当に粒度調整された酸性耐火原料およびコークス粉をタールで混練したものであり、マッドガンにて出銑口を充填するに適した作業性を有している。出銑口充填材は各社各高炉によつてその組成を異にしているが、高炉の capacity, 操業法, 出銑口の数, マッドガンの充填能力によつて変わつていようである。

3. 使用原料について

3.1 酸性耐火原料

出銑口充填材に使用されている酸性耐火原料の化学成分、耐火度の一列を Table 1 に示す。

3.2 コークス粉およびタール

コークス粉: 固定炭素85%程度のものが使用される。コークス粉は出銑口充填材の耐侵食性を向上させるが、強度発現を阻害するので自らその量は制限される。

タール: エングラー粘度(50/20°C) 14~55の範囲のタールが使用されているようである。タールはマッドガンにて出銑口を充填するに適した作業性の賦与に役立つ。熱処理を受けることによつてタール中の固定炭素はコークス化してカーボンボンドを形成し、熱間強度、耐侵食性をも向上させる。したがって出銑口充填材に使用するタールは粘性と固定炭素の量が肝要である。

4. 試験方法と結果ならびに考察

4.1 作業性について

出銑口充填材は可塑性を有する混合物であり、かかる混合体に加えられる圧力が一定の臨界値すなわち降伏値をこえると塑性流動をおこす。ゆえに短時間に能率良く出銑口に充填するためには、降伏値がある程度小さい充填材が理想的であると考えられる。無論作業性のみから考えた場合のことであり、また各高炉によつて備えられたマッドガンの充填力も異なるため、一概には断言できない。以上の観点に立つて、出銑口充填材の作業性についてはオサリバン指数の測定と押出法による試験方法を採用した。

4.1.1 作業性の試験方法と結果

(1) 沢井式プラストメータによるオサリバン指数の測定

沢井式プラストメータを用いて出銑口充填材の振り試験を行ない、最大荷重(Maximum weight)と最大変形角(Maximum deflection)を測定し、その相乗積をオサリバン指数とした。

(2) 押出法による作業性試験

Fig. 1のごとく、底に直径20mmの孔のあいた直径

Table 1. Chemical composition and refractoriness of raw materials.

		Ig. loss	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SK
Clay	A	10.59	56.73	1.27	26.67	3.13	tr.	0.13	0.47	0.48	0.69	29
	B	10.63	62.71	1.12	21.68	1.64	tr.	0.07	1.10	0.14	1.40	28 ^{1/2}
Grog	A	0.17	58.26	1.76	34.76	2.70	tr.	tr.	0.47	0.62	0.86	32
	B	0.96	60.82	1.36	31.26	2.74	tr.	0.36	0.79	0.36	0.91	30