

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1,000 t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3,500 t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 (充填後のマットガン押し時間の短縮)
  - (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、耐火度の一例を 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	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	CaO	MgO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	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 <sup>1/2</sup>
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

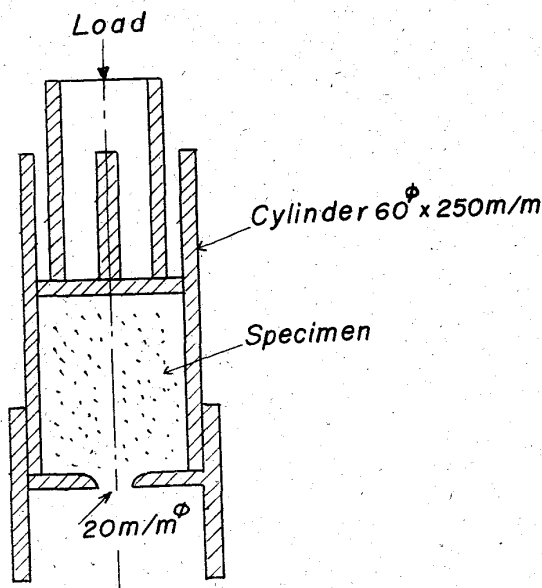


Fig. 1. Test apparatus of workability.

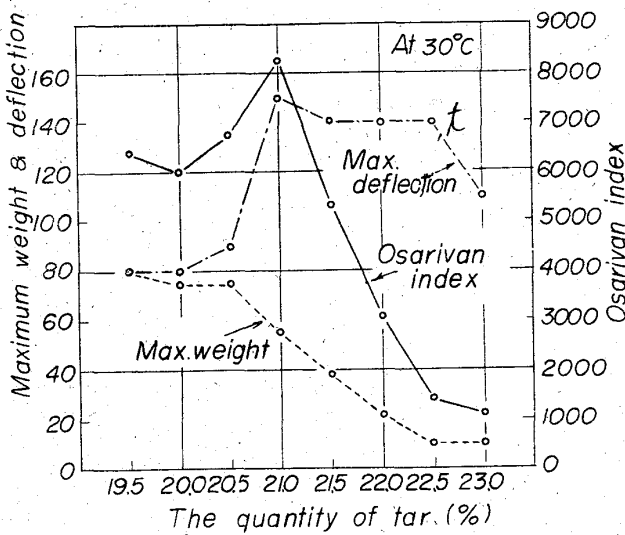


Fig. 2. Effect of tar content on workability.

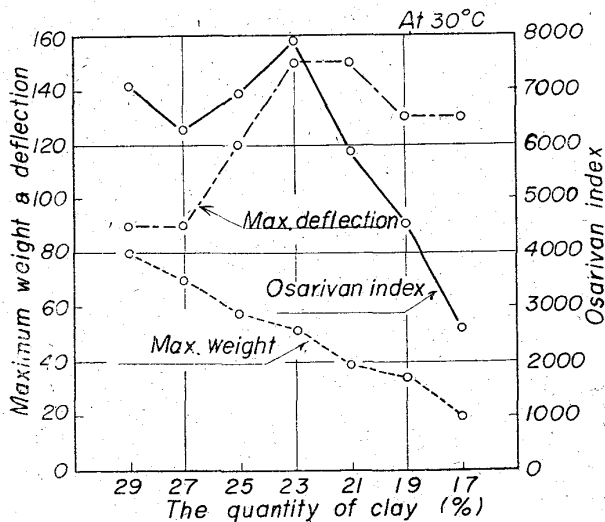


Fig. 3. Effect of clay content on workability.

50mmの鉄製円筒中に試料を500g充填し、上部より一定の荷重を加え、一定時間内に孔より押出される量を測定した。

作業性試験結果の一例を Table 2 に示す。温度によってオサリバン指数が異なるのはタールの粘性や軟化の度合の変化によるものである。一般に最大荷重が大きければ流出を開始する荷重は大きくなる。

4.1.2 タール量による作業性の変動

Table 2 に示した例2の、現在の大型高炉に使用されている出銑口充填材を標準として検討を加えてみる。タール添加量による作業性の変動を Fig. 2 に示す。タール添加量は作業性に大きく影響する。タールを規定通り加えても原料の秤量が不正確であればタールの相対的な量は変わることになる。したがって、原料およびタールの添加量の適正な管理を行なうことが、安定した出銑口充填材を製造するための第1条件である。

4.1.3 使用原料の粉末度と作業性の関係

使用原料の中で微粉として使用されている粘土の添加量と作業性の関係を Fig. 3 に示す。Fig. 3 から、タール添加量は同じであっても、使用する原料の粉末度の相

Table 2. Test result of workability.

	Temp. (°C)	Max. weight	Max. deflection	Osarivan index	Pushing test	
					Load kg/cm <sup>2</sup>	g/sec
Ex. 1	30	68	140	9520	5.5	1.16
	40	65	110	7150	5.5	1.19
	50	62	100	6200	5.5	1.25
Ex. 2	30	55	150	8250	4.2	1.32
	40	51	120	6120	4.2	1.45
	50	40	100	4000	4.2	1.73
Ex. 3	30	38	150	5700	2.8	1.25
	40	34	140	4760	2.8	1.31
	50	29	120	3480	2.8	1.39

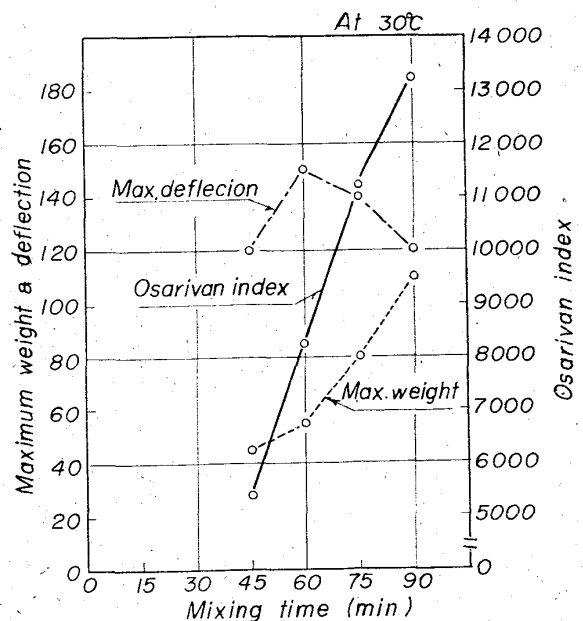


Fig. 4. Effect of mixing time on workability.

違によつて作業性は変化することがわかる。

#### 4.1.4 混練時間による作業性の変動

Fig. 4 からわかるように、混練時間もまた出銑口充填材の作業性を変える要因のひとつである。なお使用原料を加熱して混練すると混練時間は短縮できる。

#### 4.1.5 考察

出銑口充填材の作業性を左右する要因として、タール粘度、タール添加量、混練時間および使用原料の粉末度が考えられる。マッドガンの充填力などを加味して、適当な作業性を持つ出銑口充填材の form を定める場合には、上記のような要因も考慮しなければならない。また安定した出銑口充填材を製造するためにも上記の要因について適正な管理を行なう必要がある。

#### 4.2 一般性状について

##### 4.2.1 試験方法

試料を、抜出口径 30mm の小型 auger machine によつて抜き出した後、鉄型を用い 160×27×27mm<sup>3</sup> に造形し、一般性状試験の試料とした。その試料を 300, 800 および 1450°C の各温度で還元焼成したものについて、曲げ強さ、圧縮強さ、容積変化、嵩比重などを検討

Table 3. General qualities.

	Temp. and hours	Ex. 1	Ex. 2	Ex. 3
	°C hrs.			
Bulk density	110×24	1.61	1.59	1.59
	300×2	1.53	1.52	1.51
	800×2	1.37	1.37	1.38
	1450×2	1.34	1.35	1.35
Flexural strength (kg/cm <sup>2</sup> )	110×24	41.3	38.6	33.6
	300×2	10.8	13.1	9.4
	800×2	7.3	6.0	6.5
	1450×2	8.6	6.1	7.2
Compressive strength (kg/cm <sup>2</sup> )	110×24	153	157	136
	300×2	39	40	52
	800×2	31	28	28
	1450×2	33	36	36
Linear change (%)	110×24	1.02	1.15	1.13
	300×2	0.88	0.91	0.93
	800×2	1.32	1.21	1.16
	1450×2	2.13	2.05	2.42

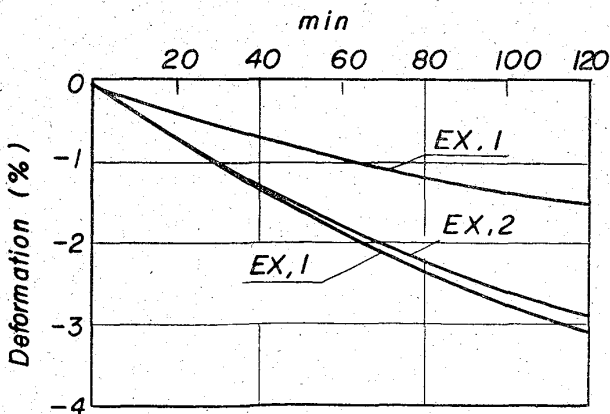


Fig. 5. Creep test result  
Loaded 2 kg/cm<sup>2</sup> from 1450°C, and kept 2 hr.

した。なお焼成時の昇温速度は 200°C/hr で、保持時間は高炉の状況にあわせる意味で 2 hr とした。さらに出銑口充填材の熱間における性状の検討にはクリープ試験を適用した。

#### 4.2.2 試験結果および考察

Table 3 は一般性状試験の結果であり、Fig. 5 はクリープ試験結果の 1 例を示したものである。出銑口充填材の線変化率が大きければ、耐火煉瓦面との空隙の生成、あるいはまた充填体の亀裂、切断などを生じ、溶銑の差込みあるいは流出をひきおこすことが考えられるため、容積変化の小さいほど好都合である。B. W. BANKS や H. M. RICHARDSON<sup>2)</sup> は、“各工場により出銑口充填材の組成は異なるが、重要なことは乾燥収縮が少ないことである”と述べている。出銑口充填材の「硬さ」を代表する曲げ強さは、高温処理後に極度に低下して脆くなり、開口し易くなることを示すが、実際には熱間でドリリングされるためクリープ性状と併考されるべきであろう。

クリープ試験は、カーボンボンド体における酸性原料の融液生成量とその粘性特性を示すもので、変形率の差はタール中の固定炭素の量や酸性耐火原料の特性の相違により生じるものである。例 2 は例 1 に比べて固定炭素の量は少なく酸性耐火原料の耐火度は高い。したがって相殺された形となり、ほとんど同様の変形率を示したものである。例 3 は例 2 と固定炭素量は同じであるが、酸性原料の耐火度が高いために、変形率は小さい。酸性耐火原料の耐火度が極端に高い場合とか低い場合には、出銑時の孔形の偏在損耗、孔径の異常拡大あるいは穿孔時作業の困難などの支障を招くことが考えられるので、適当な耐火度の範囲で使用されなければならない。実際には S. K. 29~31 の範囲内に使用され、熱効果の大きい大型高炉ほど高耐火性のものであるのうなづける。

#### 5. 結 言

以上出銑口充填材について概略を述べたが、これらの特性値は各高炉に応じた出銑口充填材を追求する有効な手段として活用できるものであると考える。しかしこれらの特性値はいかにも実験室的数字であることは否めない。さらにより直接的な実験方法の検討が今後の課題であり、熱間ドリリングの直接測定法の実施を予定している。

#### 文 献

- 1) G. R. EUSNER & J. T. SNAPLAND: Blast Furnace, Coke Oven Proceeding 1960 & Raw Materials
- 2) B. W. BANKS & H. M. RICHARDSON: J. I. S. I., 178 (1954), p. 138