

銑鉄とセメントと同時製造に関する研究 (1)*

森 棟 隆 弘**

高 畑 謙 治***

Study On Manufacturing Pig Iron and Portland Cement in Shaft Furnace (1)

Takahiro Morimune

Kenji Takahata

If we can get good portland cement as the byproduct of pig iron in blast furnace operation, it may be a favourable process in iron metallurgy.

Present slag cements of markets are heating blast furnace slag once more in rotary kiln, as cement industry, but in point of fuel consumptions, and heat economy it is not recommendable in future plants.

We tested to produce cement with one process, added CaO and gypsum to a molton slag, and we get a potlrand cement of good quality, that is high compressive strength of 3 days to 28 days.

I 緒 言

熔鋳炉のスラグが直ちにセメントに利用されれば、製鉄工場にとってはこれほど都合のよいことはない。従来の高炉セメントはスラグに石灰石を加えて、猶一度回転炉で加熱しているがこの操作を省略することが出来れば工業上極めて有利であることは言う迄もない。これについてはかなり以前からパツセー法⁽¹⁾があり吾国に於ても工業的試験⁽²⁾が行なわれたが、未だその学問的研究は報告されていないし、又その作業にも未完成の部分がある様にも考えられる。

本研究はこれらの理由から、この基礎的事項を調べるための研究であつてスラグに生石灰、石膏、又は熔融スラグに少量の生石灰⁽³⁾を加えてセメントを同時に造る場合⁽⁴⁾の条件を調べたものである。従来の鉄ポルトランドセメント⁽⁵⁾高炉セメント及び石膏スラグセメントは、共に早期強度即ち3日強度は小さいし、何れもスラグを主原料としているが、再加熱しているので副産セメントと言つてもかなり製造費用を要している。

本報告はこれ等の点について研究を行なつたものでスラグをして直ちに早期強度が従来より高いセメントとする為の基礎研究である。

II 実験方法

本実験に用いた鋳石は、日立硫酸焼鋳でその化学成分は第1表に示す様なもので、又使用した石灰石は親不知産でその化学成分は第2表に示す。

		表一 日立硫酸焼鋳化学成分				
TFe	Cu	SiO ₂	AlO ₂	CaO	MgO	S
57.07	0.29	8.50	1.79	0.50	0.20	1.29
		表二 親不知石灰石化学成分				
CaO		SiO ₂	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃			
55.00		2.02	3.12			

又製煉の際硫酸燒鈹が粉末のため石灰石を-40メツシュに砕いたものを用い、製煉はクリプトル炉を用いて黒鉛ルツボで行つた。又装入物計算は実用法を用いた。

以上の様にして出来たスラグを150~200メツシュに砕き、又スラグに対して20~40%の生石灰、及び3%の石膏を加えてセメントとして、これに砂(40~80メツシュ)及び水を加えて混合した。この割合は

セメント:砂:水:=1:3:1

としたモルタルを作り直径20mm高さ20mmの鋼管の内に入れ24時間経て鋼管を取りはずし、3日、7日、28日間の各々の耐圧試験を行つた。

一方熔融スラグにCaOを加えるものは、スラグを銑鉄と分けた後そのスラグに対して10~40%のCaOを加え1400~1500°Cに10分間保つ。その後スラグを取り出し冷却後150~200メツシュに砕き1~4%までの石膏を加えて、上記の様なモルタルを作り耐圧強度試験を行つた。

Ⅲ 実験結果

製煉によつて得たスラグの化学成分は第3表に示す如くである。

表-3 スラグの化学成分

試料番号	石灰石量(g)	スラグに対してCaO添加量(%)	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	FeO
1	18	30	39.32	28.24	6.10	1.51	21.32
2	19	"	40.22	28.44	5.37	1.32	20.04
3	20	"	35.47	29.42	5.44	1.50	19.57
4	22	"	30.98	29.65	5.26	2.32	18.97
5	23	"	28.10	30.14	5.84	1.42	17.59
6	25	"	25.05	32.21	3.71	1.49	16.72
7	28	"	25.42	40.01	4.21	1.47	15.01
8	35	20	26.64	42.64	3.95	1.50	14.45
9	40	"	25.44	46.77	3.80	1.54	12.35
10	46	"	25.34	53.32	3.72	1.53	10.11
11	48	"	25.44	55.91	3.65	1.52	8.67
12	50	"	25.00	56.35	3.64	1.52	6.19
13	55	"	25.05	59.47	3.71	1.49	5.67

表-4 モルタル耐圧強度

試料番号	スラグに対してCaO添加%	耐圧強度 kg/cm ²		
		3日	7日	28日
1	30	71.52	181.92	327.12
1A	40	84.18	218.64	358.52
2	30	71.04	175.26	322.86
2A	40	83.70	230.84	362.90
3	30	70.86	174.72	324.06
3A	40	82.26	210.84	367.26
4	30	72.06	184.32	325.96
5	30	75.36	183.16	325.26
6	30	76.26	183.54	332.64
7	30	84.12	205.98	348.06
8	20	49.50	169.62	300.60
8A	30	104.82	223.44	377.52
8B	40	133.92	297.36	480.84
9	20	54.42	195.90	322.86
9A	30	108.12	234.84	396.78
10	20	55.86	178.26	321.66
10A	30	111.18	242.70	448.92
11	20	57.72	178.98	324.06
11A	30	117.12	260.58	454.44
12	20	65.12	189.78	322.26
12A	30	115.62	252.78	460.86
13	20	182.70	315.78	505.32

上記の第3表のスラグを粉末にして砂と水を混合してモルタルを作り、それを各々の日数でその耐圧強度を測定したものを第4表に示す。

試料番号1~9まではスラグの塩基度は2以下であり、この時のモルタル強度は普通ポルトランドセメントに比較してその強度は小さい。試料番号8~11まではCaO3%を加えれば、3日間強度は少し小さいが普通ポルトランドセメントはほぼ同様なものになる。試料番号12A及び13は28日強度において普通ポルトランドセメントより少し強度が強くなっている。しかし試料番号12Aの3日強度は普通ポルトランドセメントよりは強度が小さく、7日強度はだいたい近い値を示している。試料番号13は普通ポルトランドセメントと同様な値を示している。スラグの塩基度2以下に於ては、

CaO を40%まで加えても強度は普通ポルトランドセメントより強度は小さい。

次に CaO をスラグの冷却後に加えなくて熔融スラグ中に加えた時の実験を行なった。その時のスラグの化学成分を第5表に示す。熔融スラグに CaO を加える前に銑鉄を取り出し CaO を加えてから炉中に5分間保ち、よく攪拌を行なった。

表-5 熔融スラグにCaOを加えた時のスラグの化学成分

試料番号	スラグに対してCaO添加%	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	FeO
14	20	25.58	53.58	4.52	1.82	8.20
15	20	26.06	53.30	4.42	1.64	7.48
16	20	25.37	58.96	3.83	1.40	4.90
17	20	24.53	66.13	3.69	0.34	1.56
18	20	26.14	68.68	3.65	0.15	1.20
19	20	23.27	71.06	3.42	—	1.05
20	20	22.88	72.55	3.27	—	1.05

表-6 モルタル耐圧強度

試料番号	スラグに対してCaO添加%	耐圧強度 kg/cm ²		
		3日	7日	28日
14	20	35.72	255.3	374.9
15	20	36.40	257.7	412.8
16	20	37.50	260.8	467.6
17	20	38.32	262.5	465.1
18	20	40.10	266.5	481.5
19	20	40.96	356.3	532.7
20	20	41.26	386.1	570.8

第5表の成分のスラグを150~200メツシュに粉碎し石膏1%を加えてセメントとしこの時のモルタル強度を第6表に示す。

第6表の熔融スラグにCaOを加えたものの3日強度はスラグの冷却後にCaOを加えたものより小さい。これについては熔融スラグにCaOを加えたものはセメントにする時に1%しか石膏を加えなかつた為と思われる。この強度をポルトランドセメントと比較すると3日強度は劣るが、28日強度になるとポルトランドセメントよりも強度が大きいものが出てくる。即ち時間が経過するにしたがつてモルタル強度が増加するのは、ポルトランドセメントの化学組成に次第に近づくものと思われる。しかし3日強度が小さいのは1%石膏しか加えないのでセメントに刺戟を与えなかつた為と思われる。そこで次に第7表の様なスラグを用いて石膏1~3%まで加えた実験を行なった。

第7表のスラグは第5表と同じ様に熔融スラグにCaOを加えたもので、銑鉄はCaOを加える前に出しCaOを加えてからスラグを炉中に5分間保つたものである。

表-7 スラグの化学成分

試料番号	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	FaO
21	27.44	50.99	8.59	4.53	5.79
22	27.52	51.70	7.87	3.13	4.77
23	26.34	56.41	7.26	4.21	3.39

表-8 モルタル耐圧強度

試料番号	スラグに対してCaSO ₄ %	耐圧強度 kg/cm ²		
		3日	7日	28日
21	2	74.02	142.62	252.90
21A	3	158.42	217.68	331.04
22	2	64.59	146.82	269.89
22A	3	172.56	183.95	363.32
23	1	120.41	201.95	327.76
23A	2	176.49	208.64	330.23
23B	3	242.37	439.63	608.78

第7表のスラグを冷却した後150~200メツシュに粉碎し石膏量を1~3%まで変えた時のセメントのモルタル耐圧強度を第8表に示す。

第8表は石膏添加量とモルタル耐圧強度の関係を示したものである。第8表から考えられることは石膏3%加えることにより初期強度は大きく増

加する。即ち、試料番号23を例にとるならば、石膏1%では 120.41kg/cm^2 、2%では 176.49kg/cm^2 、3%では 242.37kg/cm^2 となり石膏量と共にその3日間モルタル耐圧強度が増加していることがわかる。そうして3%石膏では1%石膏の場合の約2倍もの耐圧強度を出している。しかし時間の経過にしたがってその差は小さくなっている。28日強度を見るに1%では 327.76kg/cm^2 、2%石膏では 608.78kg/cm^2 、となり3者の差は、3日耐圧強度の差より小さくなって来ている。この事は石膏量によつて初期強度は左右されるけれども時間の経過にしたがって石膏の影響は少なくなることがわかってくる。

試料番号23Aはポルトランドセメントとほぼ同様な強度を示し、試料番号23Bになると3日、7日、28日強度は共に、普通ポルトランドセメントより大きくなっている。試料番号21A及び22Aは、共にポルメランドセメントと同様な強度を示している。

以上の実験からスラグに石膏を添加することによりそのモルタル強度を大きくするが、その他にアルカリ刺戟を与えることにより硬化を助けて強度が大きくなる様に思われる。

以上の様なことから今後の実験としては、モルタル強度を大きくする石膏の、スラグに対する適当な量、及び熔融スラグ中にCaOの他にMgO、 Al_2O_3 、等を加えてモルタルの硬化時間を早めると共に強度を大きくすること、及びスラグの流動性を良くする事を行いたい。

IV 結 論

以上の実験を行つて次の結論を得た。

- 1) スラグの冷却後にCaOを多く加えたものは、初期強度は大きくなる。
- 2) 熔融スラグにCaOを加えたものは、初期強度がスラグの冷却後CaO加えた初期強度よりも小さいが、28日強度に於ては大きくなる。
- 3) セメントに加える石膏量によつてそのセメントのモルタル耐圧強度は異なる。即ち、石膏1%の3日強度は 120.41kg/cm^2 のものが、石膏3%の3日強度では 242.37kg/cm^2 となり3%石膏の強度は1%石膏の強度の約2倍になつてゐる。
- 4) セメントになり得るスラグの成分はスラグ中のCaO%が高い方が良いがCaO 53% SiO_2 21%ぐらいで、 CaSO_4 3%加えれば強度が大きい。
- 5) CaOをスラグの冷却後に加えるよりも、熔融スラグ中に加えた方がよい。

文 献

- 1) Basset : St, μ , E, 56 Nr, 9 (1936) 268~269
- 2) 井村 : バツセー回轉炉製銑
- 3) 永井 : セメント概論 263
- 4) 永井 : セメント概論 269
- 5) 近藤 : 窯業協会誌 Vol. 62 No. 702, 1954 697—702
- 6) " : " Vol. 62 No 703, 1954 741—749
- 7) 永井 : セメント概論 249
- 8) 近藤 : 窯業協会誌 Vol. 62 No. 703 1954 741

猶、本実験は文部省科学研究費によつたもので同省に対して謝意を表す。又本実験に協力下さつた川崎製鉄K.K.の土居技師に謝意を表す。