

669.183.218.5:658.511

傾向は圧延比の大きくなるにつれて顕著になるようである。

3. 結 言

垂直型鋼連続铸造機の pilot plant を用いて、110 mm 角断面の軸受鋼の連铸条件と铸片品質の関係について調査し、連铸条件、特に 1/kg of steel で表示した二次冷却水量の铸片の割れ、二次収縮孔、マクロ組織および圧延品のマクロ組織におよぼす影響を明かにした。

文 献

- 1) 鈴木, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1702.
- 2) 井上, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 447.

(114) 平炉溶解期の要因解析

(平炉溶製作業のモデル化—I)

八幡製鉄所, 製鋼部 山田 清太・杉野 導人
 中川 一・磯 平一郎
 ○吉井 等・岩下 治男

Factorial Experiments of Melting Period in the Open Hearth Furnace.

(Standardization of open hearth furnace practice—I)

Seita YAMADA, Michito SUGINO,
 Hajime NAKAGAWA, Heichiro ISO, Hitoshi YOSHII
 and Haruo IWASHITA.

1. 結 言

平炉の溶製作業は主として経験に頼ることが大でありその結果必然的に製鋼作業のバラッキが大きい。最近、近代的管理方式が導入されるにいたって総合的システムの一環として製鋼工程においても科学的管理が必要とされるようになった。マクロ的に見た場合の製鋼工程のモデル化についてはすでに報告している。¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

しかしこれを実地に適用して効果を上げるためには平炉の溶製作業も十分なる管理状態に維持されねばならない。平炉の溶製作業もコンピューター導入が検討されるようになって直線回帰などの解析が行なわれてきた⁵⁾が過去のデータであることの制約があり工程の管理をさらに十分なものにするために溶製過程の要因効果をより精度よく求める必要が生じた。このため当所平炉工場にお

いて溶解期と精錬期の要因効果を調べるために工場実験を行なった。今回は第四製鋼工場で行なった溶解期の要因効果の試験結果を報告する。

2. 試 験 方 法

工場実験は公称 120 t 塩基性平炉で行なわれた。当炉は重油専焼炉であり酸素は 3/4" ランスパイプにより装入ドアから吹込まれる。酸素の使用圧力は 6.5~7.5 kg/cm² である。試験を行なった期別の入熱量は 1200~1700×10⁴ kcal/hr 程度である。酸素は受銹後ランスパイプ 5 本によつて吹込まれ燃焼は燃焼基準によつて管理されている。

工場実験の特性値としては吹止 [C] と吹止温度をとり上げた。吹止 [C] は所定の酸素量を吹止めて 5 min 後鋼浴から採取した試料で決定し、吹止温度は同様に吹止後 7 min 経過してイマージョンピロメーターで測定した鋼浴温度である。酸素の吹止時期は通常の溶落附近になるように実験の水準を選択した。

吹止 [C] および吹止温度に対する要因としては溶銹比、型銹比、装入鉱石量、プレス屑配合比、装入石灰石、溶解期酸素使用量、前溶解時間、溶解期排滓量、および炉況の 9 因子をとり上げた。燃焼関係については現行の基準にしたがって実験を行なった。溶解期の排滓量については実秤が困難なため可能最大限と最小限の水準をとった。実験は工場の日常作業を乱さないため混銹比 70~80% の範囲で行なう必要があつたため溶銹比は 50~65%、型銹比は 25~10%、溶解期酸素使用量は、3500~2500 Nm³ の範囲で行なわれた。平炉作業においてはこれらの要因はそれぞれ関係を有しているためランダムに変えることは困難であるので L₁₆ による直和実験を行なうこととした。Table 1 に工場実験にとり上げた要因と水準、および実験のわりつけを示す。

3. 試 験 結 果

工場実験は L₁₆ によつて 3 回行なった。各回ともに繰返しは行なわず計 48 ヒートの実験となつた。この試験ヒートより吹止 [C]、吹止温度の両特性値について解析した結果を Table 2 および Table 3 に示す。

吹止 [C] については、型銹比、溶解期排滓量が 5% 有意となり溶解期酸素使用量が 1% 有意となり寄与率は全体で約 70% を示し実験にとり上げなかつたその他の要因の効果が約 30% 程度であると考えられる。

吹止温度については溶解期酸素使用量と前溶解時間が 1% 有意となつたが寄与率は全体で約 45% 程度であり

Table 1. Factor and level of experiment.

factor	level of factor						col. of orthogonal array (L ₁₆)
	1 st run		2 nd run		3 rd run		
	1	2	1	2	1	2	
A: hot metal rate (%)	50	55	55	60	60	65	1
B: cold pig rate (%)	25	20	20	15	15	10	2
C: charging ore (t)	1.5	3.0	3.0	4.5	4.5	5.5	4
D: press scrap rate (%)	0	13	0	13	—	—	6
E: charging lime stone (t)	3.5	4.8	3.5	4.8	3.5	4.8	7 and 6*
F: oxygen consumption (Nm ³)	3500	3000	3000	2500	2500	2500	8
G: charge finish to hot metal (min)	20	40	20	40	20	40	11
H: flush slag	Max.	Min.	Max.	Min.	—	—	13
I: furnace conditions	New	Old	New	Old	New	Old	15

* 3rd run

Table 2. Analysis variance for the melt down Temperature.

factor	S. S.	df	m. S.	ρ (%)
R	34659.05	2	17329.53**	23.4
C	4443.37	3	1481.12	—
D	7409.12	2	3704.56 ^A	3.8
F	14291.62	2	7145.56**	8.7
G	17302.62	3	5767.54**	10.7
H	4539.12	2	2269.56	—
I	8782.12	3	2927.37	—
A × B	6464.12	3	2154.71	—
A × C	7775.37	3	2591.79	—
B × F	5409.12	2	2704.56	—
C × F	5720.62	2	2860.31	—
residual	22029.85	10	1101.49	—
total	138825.6	47		46.0

Table 3. Analysis of variance for the melt down carbon.

factor	S. S.	df	m. S.	ρ (%)
R	26333.17	2	13166.59**	37.3
A	1546.25	3	515.42	—
B	5660.25	3	1886.75*	6.5
C	3469.50	3	1156.50 ^A	3.3
D	601.25	2	300.63	—
E	1584.50	3	528.17	—
F	7923.25	2	3961.63**	10.4
G	3144.50	3	1048.17 ^A	3.1
H	4358.25	2	2179.13*	5.2
I	2227.25	3	742.42	—
A × B	1625.25	3	541.75	—
A × C	1402.50	3	467.50	—
B × F	3081.25	2	1540.63 ^A	3.3
residual	5382.75	13	414.06	—
total	68339.92	47		65.8

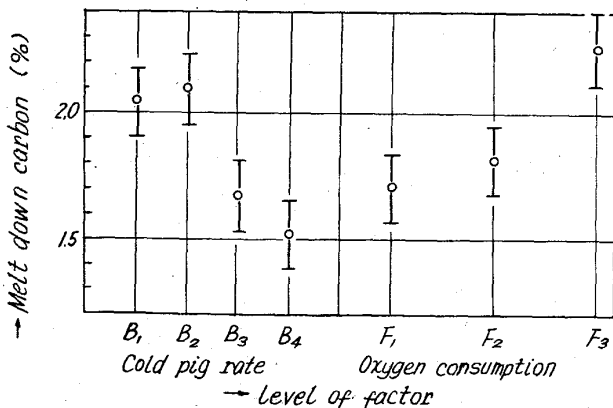


Fig. 1. Effect of cold pig rate and oxygen consumption for the melt down carbon.

その他の要因の効果が過半数を占めかなり大きいことが推定される。Fig. 1 および Fig. 2 に有意となつた要因の要因効果を示す。

4. 試験結果の考察

今回の工場実験は規模も小さく水準のとり方に若干の問題があり実験としては予備試験的性格を帯びているとも考えられるが、実験の結果に対して若干の考察を加え

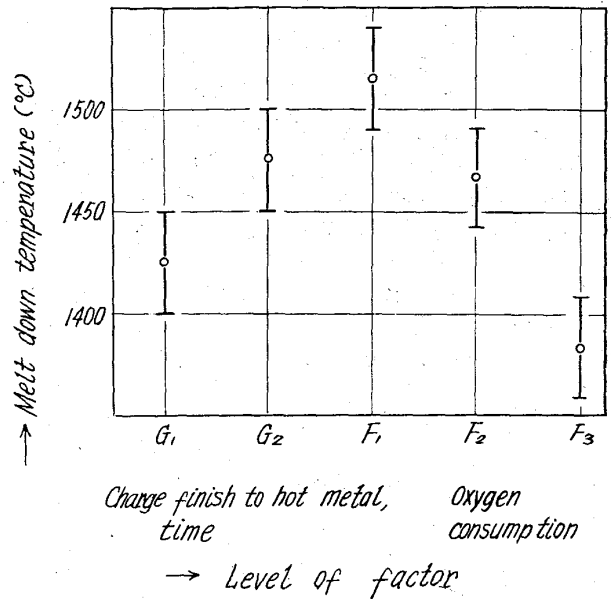


Fig. 2. Effect of charge to hot metal time and oxygen consumption for the melt down temperature.

る。

4.1 溶銑比の効果

技術的には溶銑比の効果が出るものと期待したが有意差が見られなかつた。これは溶銑比の水準範囲が 50~65% の巾であつたことによると考えられる。この点に関してはさらに広い巾で実験を行なつてみる必要がある。

4.2 溶解期酸素の効果

吹止 [C] および吹止温度の両特性値に対して酸素の効果はいずれも高度に有意であつた。これは当然なことであり酸素の効果の再現性の点から酸素吹込の管理が必要である。

4.3 交互作用

今回の実験では交互作用はいずれも有意とならなかつた。平炉の鋼浴の状態変化におよぼす要因間には加法性が成立するものと推定される。今回の結果のみで結論を下すのは早計であると考えられるので、今後確認する必要がある。

4.4 溶解期排滓量の効果

溶解期のスラグの影響をみる目的で排滓量を要因としてわりつけ 5% 有意となつたが実験間でバラッキがあり利材工長による目測にも差があまり認められなかつた。したがつて今回の実験から結論を下すことはさけて今後の検討を待つこととした。

4.5 工程平均の信頼限界

吹止 [C] に対しては工程平均の信頼限界 (95%) は $\pm 0.15 \sim \pm 0.25\%$ 程度であり吹止温度に対しては $\pm 20 \sim \pm 30^\circ\text{C}$ 程度になることが推定された。現場作業に適用する場合に管理図を併用してさらに精度の向上が期待される。

今回の実験結果よりみるとさらに要因および水準を変えて溶解の要因効果を明確にして、推定の精度を高める必要があるが、平炉においては把握の困難な要因があり、十分なる精度を期待するのはむずかしい点もあるの

で、むしろ溶解期と併行して精錬期における溶製作業もモデル化を推進して、溶製作業のコントロールを行なうのが得策であると考えられる。

5. 結 言

平炉の溶解作業をモデル化する目的で工場実験を行ない、溶落 [C] に対する型銑配合率および酸素使用量の効果と溶落温度に対する前溶解時間および酸素使用量の効果を明らかにした。今後さらに工場実験を推進して現場作業への適用を検討して行きたい。

文 献

- 1) 甲斐, 他: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1321.
- 2) 甲斐, 他: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 360.
- 3) 井上, 他: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 513.
- 4) 山田, 他: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1784.
- 5) 山田, 他: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 428.

(115) 平炉における低溶銑操業について

川崎製鉄, 千葉製鉄所 太田 豊彦・斎藤 達
飯田 義治・○大杉 賢三
On Low Hot-metal Ratio Operation of
Open Hearth Furnaces at Chiba Works.
Toyohiko ŌTA, Tōru SAITO, Yoshiharu IIDA
and Kenzō ŌSUGI.

1. 結 言

当社において第2高炉改修工事にともない、平炉工場に供給される溶銑の量が急激に低減し、低溶銑あるいは全冷銑操業を行なわざるを得なくなった。さらに、今後第3転炉の稼働、または他の高炉の改修工事にともなつて同様の事態になることは容易に予想されるので、その際の生産計画などの資料とするため、今回の低溶銑操業に関して若干の調査を行なつたので、その結果を報告する。

さらに、操業面においては冷銑の節減を目的として全冷銑操業で、バラコークスを添加する試験を行なつたので、その結果もあわせて報告する。

2. 能率に関する調査

2.1 調査方法

第2高炉改修期間中の操業データより、リムド、セミキルド鋼のチャージ単位の記録を基にして解析を行なつた。調査ヒートは410ヒート。特性値、要因として次のものを用い回帰分析を行なつた。

特 性 値

- y_1 : 製鋼時間 (min)
- y_2 : 製出鋼歩留 (%)
- y_3 : 熱量原単位 ($\times 10^3$ kcal/t)

要 因

- x_1 : 酸素使用量 ($\times 10^3$ Nm³/H基)
- x_2 : 溶銑配合率 (%)
- x_3 : 冷銑配合率 (%)

2.2 解析結果

2.2.1 製鋼時間と各要因の関係 (*, 1% 有意)

$$\begin{aligned} y_1 &= 218.24 - 70.73 x_1^{**} \\ y_1 &= 316.39 - 2.77 x_2^{**} \\ y_1 &= 227.80 + 1.21 x_3^{**} \\ y_1 &= 330.12 - 71.24 x_1 - 0.37 x_2 + 1.28 x_3 \end{aligned}$$

2.2.2 製出鋼歩留と各要因の関係

$$\begin{aligned} y_2 &= 90.83 - 0.73 x_1^{**} \\ y_2 &= 91.91 - 0.003 x_2 \\ y_2 &= 90.17 - 0.02 x_3^{**} \\ y_2 &= 96.09 - 0.61 x_1 - 0.03 x_2 - 0.04 x_3 \end{aligned}$$

2.2.3 熱量原単位と各要因の関係

$$\begin{aligned} y_3 &= 477.08 - 170.86 x_1^{**} \\ y_3 &= 710.86 - 7.85 x_2^{**} \\ y_3 &= 511.75 + 2.79 x_3^{**} \\ y_3 &= 930.64 - 161.43 x_1 - 4.64 x_2 + 0.74 x_3 \end{aligned}$$

2.3 考 察

従来、溶銑配合率が30~60%で操業を行なつている場合、各特性値は酸素使用、溶銑配合率の二要因に大きく左右されていたが、今回の低溶銑操業における単回帰分析の結果では、製出鋼歩留を除いて各特性値と諸要因の間には1%有意の関係を得たが、重回帰分析の結果によると各特性値とも酸素使用量の影響度が大きく、溶銑配合率、冷銑配合率の有意性はほとんど、|信頼区間| > 偏回帰係数となつて信頼がうすい。

低溶銑操業においては製鋼時間、熱量原単位などはほぼ酸素使用量によつて決まると考えられ、別の日間単位の記録に基づいた解析でも同様の結果を得ている。低溶銑操業を行なう場合、酸素吹込開始までに材料を焼くいわゆる待ち時間を要するが、この時間が Fig. 1 に示すごとく製鋼時間に大きく影響している。

今日のごとく大量酸素使用時における冷銑操業の経験は少なく、待ち時間に対する作業標準は経験を重ねながら確立されていつたわけであり、冷銑の配合率、酸素の需給バランスによつて変動させた。実際の酸素使用量と待ち時間の関係は Fig. 2 に示す通りである。

このように低溶銑操業の場合、製鋼時間が酸素使用量で決つてくるのは溶解~出鋼の時間はもちろん、待ち時間も酸素使用量に大きく影響されるためである。

次に、今回の解析結果と従来の解析結果の関連を製鋼

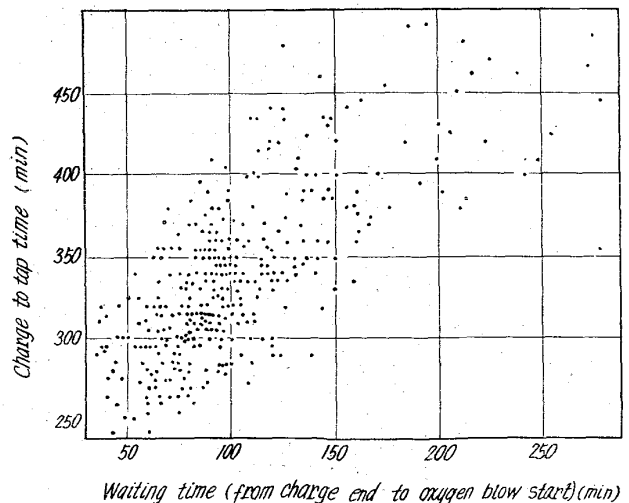


Fig. 1. Relation between waiting time and charge-to-tap time.