

鑄鋼の流動性に関する研究*

高尾善一郎**・荒木逸夫***・有川正康†・下瀬高明††

STUDIES ON FLUIDITY OF CAST STEEL

Zenichirō Takao, Ituo Araki, Masayasu Arikawa and Takaaki Shimose

Synopsis:

This paper treats results of studying simple and accurate measuring method of fluidity for the purpose of establishing standard melting practice of electric cast steel and effect of oxygen content in molten steel for fluidity.

Results obtained are summarized as follows:

- 1) Simple and accurate measuring method of fluidity of cast steel has established.
- 2) Casting temperature has distinct relation to fluidity of cast steel, but other factors have more clear relation.
- 3) Oxygen content in molten steel has no distinct relation to fluidity according to our investigation.
- 4) Fluidity of over-deoxidized or over-oxidized molten steel is poor, referring to relation between $[O]_{FeO}/[O]_{total}$, $[O]_{FeO}+[O]_{MnO}$ and fluidity.
- 5) Fluidity increases as MnO content in molten steel increases.
- 6) Proper range of Al addition in ladle exists.
- 7) Silicate inclusion must be removed during steel making process, as silicate inclusion lowers fluidity of cast steel.
- 8) Inclusion such as SiO_2 , Al_2O_3 has high melting point and disturbs super-cooling of molten steel by the action of nucleus, existence of such inclusion lowers fluidity of cast steel.
- 9) Al_2O_3 content in molten steel has no clear relation to fluidity.

I. 結 言

塩基性電気炉溶製は従来鋼塊を主として取扱う場合について多く論議されて一応合理的な標準溶解作業案もできているが鑄鋼の場合はほとんどその例をみない。鑄鋼の場合は当然鍛鋼の場合と異なり鑄鋼独自の見地から標準溶解作業案が確立されるべきはいうをまたない。その一つの目標として流動性が考えられる。流動性の良好な湯を低温度で鑄込めば当然鑄引け、鑄割れ、湯廻り不良あるいは焼着等の欠陥を減少することができるはずである。従来われわれは現場作業において温度がほぼ同様の湯でも流動性が非常に良好の場合としからざる場合があることをしばしば経験している。本報告は当所の電気炉鑄鋼標準溶解作業案を決定するために行つた鑄鋼の流動性測定法ならびに流動性におよぼす溶鋼中酸素の影響を検討した結果をまとめたものである。

II. 従 来 の 研 究

(i) 従来の流動性測定方法¹⁾

流動性測定方法は種々あるがいずれも一定の形状を有す

る型に鑄込み溶湯の流動長を測定する方法が採用されている。これを型の材質の点から分類すると

1. 不良導体型……砂型・イソライト型・石膏型・硝子型等

2. 良導体型……金型

となる。さらに型の形状の点から分類すると

1. 直線状のもの…断面：正三角形・正方形・矩形・楔形・倒立梯形等

2. 曲線状のもの…渦巻型断面：円形・倒立梯形・矩形
円型断面：矩形・倒立梯形・円形

となろう。1898年 Thomas D. West²⁾ は水平楔状砂型にて流動性を測定しこの方法は1904年 Ledebur によりふたたび採用された。渦巻状の型は齋藤・林両氏³⁾ が1919年使用したものが最初である。すなわち同氏等は砂型断面 10mm×7mm の矩形状長さ 5000mm

* 昭和 25 年 4 月本会講演大会にて講演

** 神戸製鋼所研究部長

*** 〃 熔接棒部 理博

† 〃 同高砂工場

†† 〃 同研究部

のものを使用した。これに対して M. A. Courty⁴⁾ は 1935年渦巻状金型を採用している。さらに沢村・森田両氏⁵⁾は断面が一辺 7mm の倒立正三角形の直線状金型を使用した。九大の堀氏による型は流動性・凝固収縮・鑄造歪および機械的性質を同時に測定できるとく工夫されている。その他 W. Ruff⁶⁾ は 1936 年直線状砂型を用いこれは F. Eisenmann⁷⁾ により賞用されている。また H. F. Taylor, E. A. Rominski, C. W. Briggs⁸⁾ の三氏は Bureau of Standards の渦巻鑄型にならつた渦巻砂型を用い良好なる結果をえている。

(ii) 流動性に関する従来の考え方

(1) 流動性におよぼす各種元素の影響：鑄鋼の流動性におよぼす C, Mn, Si 等の影響についてはすでに H. F. Taylor, E. A. Rominski, C. W. Briggs⁹⁾; E. Lips¹⁰⁾; J. H. Andrew¹¹⁾; W. Ruff¹²⁾ 等が詳細な研究結果を報告している。これらによると普通鑄鋼の成分範囲では C, Mn 量の増減による流動性の変化はほとんどなくただわずかに Si 量の増加による流動性の改善が考えられている。さらに H. F. Taylor, E. A. Rominski, C. W. Briggs¹³⁾¹⁴⁾ の三氏は溶鋼中 [FeO] 含有量と流動性の間には密接な関係があり [FeO] 含有量がリムド鋼の場合のごとくあまり多すぎてもまた電気炉の two-slag 溶解の場合のごとくあまり少なすぎても流動性が不良となるとしている。したがつて過脱酸の場合は鑄込直前に溶湯にスケールを投入すれば流動性は良好となる。[FeO] 含有量の量的限界について同氏らは触れていないが電気炉鑄鋼に比較し平炉鑄鋼の流動性が良好であるということ はわれわれがしばしば耳にする所であり同氏らの報告を参照し興味ある所であつて鑄鋼溶製は鍛鋼と区別して行う必要のあることを示唆するものといえよう。

(2) 流動性に影響をおよぼす諸因子：粘性 μ なる溶湯が半径 r , 長さ l の円筒形の管内を一定温度で P なる圧力の下に流動する場合流動量 V は

$$V = \pi r^4 t / 8\mu \cdot P / l \dots\dots\dots (1)$$

で示される。(1) 式から明らかなるごとく流動量 V は粘性 μ に支配され μ は温度, 不純物その他の因子によつて決定される。また静水圧が溶湯の流動性に大きな影響を与える。溶湯内の不純物は溶湯の粘性および結晶核発生に対して影響をおよぼしたがつて流動性に対する一因子となろう。鑄込温度と流動長との間には一般に直線関係が認められるが過熱しすぎるとこの直線関係から偏倚することが観察されている。溶湯の条件としては大体以上のごとき諸点が考えられるが鑄型の条件としては温度と型の性状が考えられる。いま溶湯の熱伝導率を α ,

温度を T_1 , 鑄型との接触面積を F , 鑄型の温度を T_2 , 溶湯の厚さを $2d$ とし両面で鑄型に接触している場合について考えると t 時間内に鑄型によつて奪はれる熱量は

$$Q = \alpha \cdot F \cdot t (T_1 - T_2) / d \dots\dots\dots (2)$$

すなわち鑄型の温度を一定にしなければならない。また鑄型の性質としてはその熱伝導度と熱容量およびその表面の性質が考慮されねばならない。さらに Portevin, Bastien 両氏¹⁵⁾は 1932 年流動性に対する実験式として次式を提唱した。

$$V = Kd \{C(T - F) + L\} / (F - t) \dots\dots (3)$$

ここに V : 流動長, K : 常数, T : 鑄込温度, t : 鑄型温度, F : 凝固温度, d : 密度, C : 比熱, L : 溶融潜熱

である。上式はもちろん理想的な溶融条件に対する実験式であつて酸化, ガス吸収等があれば問題は別である。

III. 鑄鋼の流動性測定方法

I 章でのべた諸点を考慮して簡易にしてしかも正確なる流動性測定方法を確立するため検討を行つた。まず Fig. 1 a, b に示すごとく測定装置を Fig. 2 に示すごとく組合せて試験した。すなわち前述の H. F. Taylor, E. A. Rominski, C. W. Briggs 三氏¹⁶⁾の使用した砂の組成は

SiO₂ 92%, ベントナイト 5%, 水分 3%

のごときもので性状としては

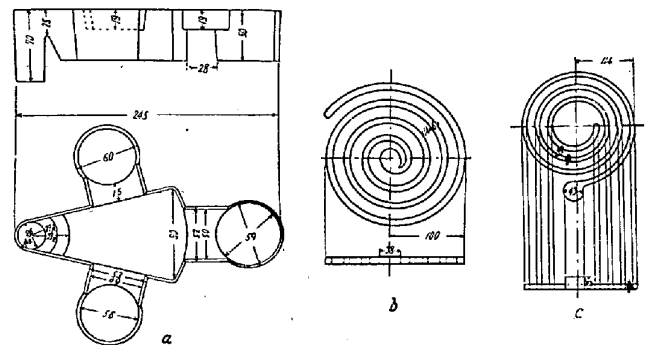


Fig. 1

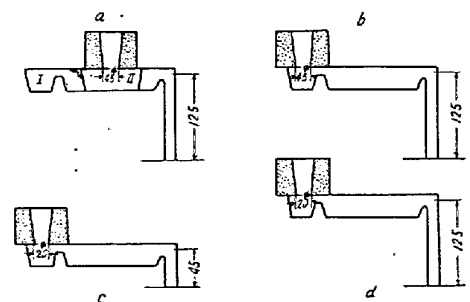


Fig. 2. Combination of pouring cap, basin and sprue.

	Moisture content (%)	Compressive str. (lb/in ²)	Permeability	Fineness No. (A.F.S.)
Facing sand	2.9~3.1	5.5	112	63
Backing sand	2.9~3.3	5.0	115	63

であつたが当所で鑄鋼に使用している 三号砂を使用した。三号砂の組成および性質はつきのごとくである。

組成 SiO₂ 78.1%, 粘度 14.3%, 水分 7.6%

性質 通気度 160, 抗圧力 76 (kg/50mmφ), 横折力 143(g)・搗固度 70~80

上記のごとき搗固度にて型込めせる生型測定装置にて普通鑄鋼, 13% Cr 鋼, Cr-Mn 鋼につき再現性を試験せる結果を Table 1 に示す。ここに流動性は渦巻基部より先端部までの中心線を実測せる値である。再現性ある測定方法を見出すのに目標をおいたので溶湯条件はこの場合検討しなかつた。溶湯は取鍋より Fig. 2 に示

Table 1. Results of 1st fluidity test.

Testing No.	Measuring No.	Casting methods	Kinds of steel	Measuring results (mm)
1	1	a	13%-Cr steel	179
	2	"	"	267
2	3	b	AB 25 (Cast steel)	110
	4	"	"	110
3	5	c	Cr-Mn steel	200
	6	"	"	112
4	7	d	AS 28 (Cast steel)	267
	8	"	"	211

したるときワッパーにて勢力を殺ぎ I, II へ入る。この湯溜は静圧調節作用をなす。溢流は Fig. 1 a に示した湯溜の左右に附せる溢流受けで受ける。この溢流受により渦巻型への溶湯の鑄込速度を一定に保つようにした。Table 1.において 1, 2 は Fig. 2 a のごとき鑄込方法を採用したが II における溶湯の運動が激きため静圧の調節不可能なるを知り 3, 4 には同図 b のごとき鑄込方法を採用した。その結果は同表に示すごとく良好なる再現性をうる事ができた。ついで 5, 6, 7, 8 にはそれぞれ同図 c, d に示すごとき鑄込方法を採用したが思はしい結果はえられなかつた。以上の結果より Fig. 2 b のごとき鑄込方法が最良なるを知りこの方法でふた

たび再現性試験を 5 回試みた。なお c, d に示すごとき鑄込方法をそれぞれ 2 回宛検討した結果を Table 2 に示す。同表より再現性の不十分なることが判つた。その原因は測定に使用した渦巻の断面が鑄鋼用としては狭小にすぎると考えられるので Fig. 1 c に示すごとき渦巻を採用して Fig. 2 b のごとき組合せにて再現性試験を続行した。その結果を Table 3 に示す。なお Table 3 以降の流動性測定に際しては酸素, 水素の分析試

Table 2. Results of 2nd fluidity test.

Testing No.	Measuring No.	Casting methods	Kinds of steel	Measuring results (mm)
5	9	c	AB 25 (Cast steel)	155
	10	"	"	113
6	11	"	"	159
	12	"	"	134
7	13	d	"	290
	14	"	"	171
8	15	"	"	105
	16	"	"	105
9	17	b	High speed steel	75
	18	"	"	62
10	19	"	AB 25 (Cast steel)	127
	20	"	"	122
11	21	"	"	77
	22	"	"	115
12	23	"	High speed steel	150
	24	"	"	75
13	25	"	CS ₂ (Cast steel)	176
	26	"	"	160

料を採取するとともに測温を行つた。同表から流動性測定においては鑄込方法の重要なことおよび低温の溶湯の場合は生型にても再現性良好なるも (33, 34; 35, 36; 43, 44; 45, 46) 高温の溶湯の場合はキラヒを生じて再現性不良となる (37, 38; 43, 44) ことが分る。したがつて Fig. 2 b の型を乾燥炉にて乾燥し焼型について試験を続行した。その結果を Table 4 に示す。

Table 4 から焼型によれば極めて再現性の良好なることを知つた。これらの結果をみても明らかなるごとく流動性は単に温度のみでなく溶湯の性状に関連のあることが推測される。

Table 3. Results of 3rd fluidity test.

Testing No.	Measuring No.	Kinds of steel	Melting condition	Casting condition	Measuring results (mm)
14	27	AB25(Cast steel)	1520°C strong carbide	good	342
	28	〃	〃	bad	248
15	29	SC60	1525°C	good	483
	30	〃	〃	bad	340
16	31	AB25(Cast steel)	1520°C weak carbide	good	490
	32	〃	〃	bad	282
17	33	〃	strong carbide	good	530
	34	〃	〃	good	555
18	35	〃	〃	good	205
	36	〃	〃	good	200
19	37	CS ₂ (Cast steel)	1530°C weak carbide	fairly good	140
	38	〃	〃	good	182
20	39	〃	1525°C weak carbide	fairly good	141
	40	〃	〃	good	253
21	41	〃	1515°C weak carbide	bad	94
	42	〃	〃	bad	90
22	43	CS ₃ (Cast steel)	1515°C strong carbide	good	198
	44	〃	〃	good	200
23	45	AB26(Cast steel)	—	good	410
	46	〃	—	good	400
24	47	CS ₂ (Cast steel)	weak carbide	good	189
	48	〃	〃	good	181
	49	〃	〃	good	211
25	50	〃	〃	good	130
	51	〃	〃	good	121

Table 4. Results of 4th fluidity test.

Testing No.	Measuring No.	Kinds of steel	melting condition	Casting condition	Measuring results (mm)
26	52	AB25(Cast steel)	1525°C weak carbide	good	820
	53	〃	〃	good	780
	54	〃	〃	bad	594
27	55	AB26(Cast steel)	1540°C weak carbide	good	572
	56	〃	〃	fairly good	400
	57	〃	〃	bad	264
28	58	〃	1530°C weak carbide	good	660
	59	〃	〃	good	695
	60	〃	〃	good	725
29	61	CS ₂ (Cast steel)	1530°/35°C middle carbide	good	790
	62	〃	〃	good	800
30	63	AB26(Cast steel)	1525°C middle carbide	good	214
	64	〃	〃	good	248
	65	〃	〃	good	255
31	66	CS ₂ (Cast steel)	1540°/45°C strong carbide	fairly good	605
	67	〃	〃	fairly good	632
	68	〃	〃	good	730

32	69	AB25 (Cast steel)	1530°C	good	686
	70	〃	〃	good	660
	71	〃	〃	good	660
33	72	CS ₂ (Cast steel)	1540°C	good	590
	73	〃	〃	fairly good	490
	74	〃	〃	good	578
34	75	AB25 (Cast steel)	1520°C	good	195
	76	〃	〃	good	195

IV. 鑄鋼の流動性におよぼす
溶鋼中酸素の影響について

I章で説明せるごとく鑄鋼の流動性には種々の因子が影響する。これらの因子の中とくに溶鋼中酸素の影響をIII章で説明せるごとき簡易にしてしかも正確な流動性測定法を応用して検討した結果について以下のべたい。

(i) 試験方法

(1) 供試材：供試材の溶解番号および一般化学成分を示すと Table 5 のごとくであり溶解法はいずれも塩基性電気炉にて強酸化精錬を行う学振標準法に似たものである。

II章においても触れたごとくかかる普通鑄鋼の成分範囲では C, Mn 量の増減による流動性の変化はほとんどなくただわずかに Si 量の増加による流動性の改善が考えられるので厳密には Si 量の変化に対する補正を行わねばならないが数値的に補正が困難であるので補正を行はなかつた。

(2) 流動性試験方法：上記の溶湯に出鋼時 200g/t の Al を樋添加し鍋下で III章に説明せるごとき流動性測定装置を3組用いて流動性試験を行いさらに鉄棒の先端に針金で緊縛せる Al を取鍋上部より溶鋼中に浸漬することにより 200g/t の Al を追加し他の鑄型に約 1t の溶湯を注入してから第2回目の流動性試験を行いさらに同様同量の Al を追加し他の鑄型に約 1t の溶湯を注入してから第3回目の流動性試験を行つた。以上のようにして Al の添加量を次第に変化させて流動性試験を行つ

た。

(1) 鑄込温度測定法：光高温計(北辰製作所)を使用し輝度温度を記録した。なお流動性測定毎に測温したが3回ともそれぞれ同一温度を示した。

(2) 溶鋼中酸素定量法：溶鋼中の酸素の結合状態を明らかにするため流動性測定と同時に分析試料を銅金型(10φ×80mm)に鑄込み表面を電解研磨せる後直流(陽極液 15% 拘櫛酸曹達+KI+KBr, 陰極液 10% Cu Br₂, D_K=0.04 A/dm², 2000 r.p.m. 隔膜電解)で表面層を電解し電解残渣を 50% 沃度の沃化加里溶液で処理して carbide, sulphide, nitride を分解し FeO, MnO, SiO₂, Al₂O₃ を Pulfich photometer により比色定量した。

(3) 酸化介在物定量結果：酸化介在物定量値および流動性試験結果を Table 6 に示す。

(ii) 試験結果

(1) 鑄込温度と流動性との関係：本実験を含み 40~50 溶解につき鑄込温度と流動性との関係を図示すると Fig. 3 のごとくなり同一鑄込温度(輝度温度)でも流動長は大きく変動している。なおこの図の一つの点は流動性測定装置を同時に3組使用して決定したもので鑄込温度 1440~1470°C の範囲のものをそれぞれの温度において平均すれば図中の AB 線のごとくほとんど直線的関係がえられる。この直線の傾斜は 100mm/10°C であるからこの関係を使用して Table 6 に示した流動長に補正を加えたものが Table 6 中の「鑄込温度 1450°C に換算せる流動長」である。したがって以下のべるところで

Table 5. Chemical composition & melting processes of test charges.

Charge No.	Kinds of steel	Chemical composition (%)					Melting methods
		C	Mn	Si	P	S	
SE 991	AB25	0.25	0.64	0.26	0.018	0.008	Original Gakusin process
SE 1006	〃	0.30	0.72	0.16	0.021	0.005	Gakusin A process
OD 2227	〃	0.26	0.66	0.27	0.023	0.007	Original Gakusin process
SE 1062	〃	0.22	0.69	0.31	0.028	0.015	〃
SE 1285	CS1	0.16	0.66	0.38	0.024	0.008	Single slag process.
SE 1289	〃	0.21	0.64	0.49	0.027	0.006	〃
SE 1011	AB25	0.27	0.67	0.29	0.014	0.007	Original Gakusin process

Table 6. Chemical composition of oxide inclusion & results of fluidity test

Charge No.	Measuring No.	Fluidity mm	Casting temp. (bright-casting ness) °C	Converting fluidity for temp. 1450°C (mm)	Oxide inclusion				Total inclusion	[O] total
					(FeO) % (FeO) (O)FeO	(MnO) % (MnO) (O)MnO	(SiO ₂) % (SiO ₂) (O)SiO ₂	(Al ₂ O ₃) % (Al ₂ O ₃) (O)Al ₂ O ₃		
SE991 ○	1	467	1440	567	0.0234 30.7 0.0095	0.0069 9.0 0.0016	0.0254 33.3 0.0133	0.0206 27.0 0.0097	0.0763	0.0299
	2	250	"	350	0.0200 24.8 0.0045	tr. 0 tr.	0.0100 12.4 0.0052	0.0506 62.8 0.0268	0.0806	0.0365
	3	100	"	200	0.0095 17.3 0.0021	tr. 0 tr.	0.0174 31.7 0.0091	0.0280 51.0 0.0132	0.0549	0.0244
SE1006 ◎	1	890	1470	690	0.0230 32.7 0.0052	0.0088 12.5 0.0021	0.0185 26.3 0.0097	0.0120 28.5 0.0095	0.0704	0.0265
	2	762	"	562	0.0265 37.1 0.0060	0.0084 11.7 0.0020	0.0207 29.0 0.0108	0.0159 22.2 0.0075	0.0715	0.0263
	3	747	"	547	0.0196 34.2 0.0049	0.0043 7.5 0.0010	0.0158 27.5 0.0083	0.0176 30.8 0.0083	0.0573	0.0225
OD2227 ●	1	950	1450	950	0.0301 38.4 0.0067	0.0078 9.6 0.0018	0.0136 17.8 0.0071	0.0268 34.2 0.0126	0.0783	0.0282
	2	686	"	686	0.0213 26.6 0.0048	0.0034 4.2 0.0008	0.0306 38.3 0.0159	0.0247 30.9 0.0116	0.0800	0.0332
	3	656	"	656	0.0200 25.5 0.0045	0.0023 2.9 0.0006	0.0220 28.0 0.0115	0.0343 43.6 0.0162	0.0786	0.0327
SE1062 ⊙	1	632	"	632	0.0177 24.5 0.0040	0.0021 2.9 0.0005	0.0293 40.5 0.0153	0.0232 32.1 0.0110	0.0723	0.0308
	2	428	"	428	0.0429 48.6 0.0092	0.0039 4.4 0.0009	0.0278 31.4 0.0145	0.0138 15.6 0.0065	0.0884	0.0311
	3	228	"	228	0.0155 21.8 0.0035	0.0022 3.1 0.0005	0.0283 39.9 0.0148	0.0250 35.2 0.0121	0.0710	0.0308
SE1258 + ₁	1	805	1450	805	0.0210 37.8 0.0047	0.0007 1.0 0.0002	0.0180 32.4 0.0096	0.0160 28.8 0.0076	0.0557	0.0220
SE1289 + ₂	1	830	"	830	0.0248 32.8 0.0053	0.0076 10.0 0.0017	0.0122 16.2 0.0065	0.0310 41.0 0.0146	0.0756	0.0283
SE1011 + ₃	1	436	1440	436	0.0176 47.0 0.0039	0.0053 1.2 0.0012	0.0108 28.8 0.0058	0.0086 23.0 0.0041	0.0375	0.0139

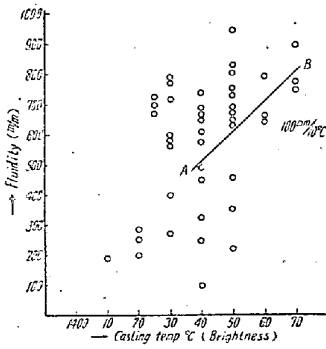


Fig. 3. Relation between casting temperature and fluidity.

はこの補正せる流動長を使用することとする。Fig. 3からも明らかなごとく鋳鋼の流動性に対しては鋳込温度は相当大きな因子ではあるがさらに鋳込温度以外に流動性を大きく支配する因子のあることも明瞭に窺はれる。

(ロ) 溶鋼中全酸素量と流動性との関係: Table 6 に示せる酸化介在物量より換算せる溶鋼中全酸素量と流動性との関係を求めると Fig. 4a のごとくなんらみるべき傾向は認められない。

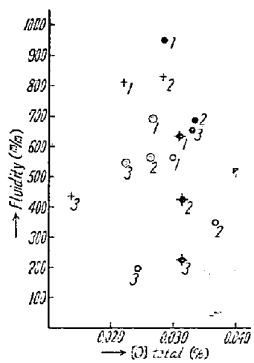


Fig. 4a Relation between [O] total and fluidity.

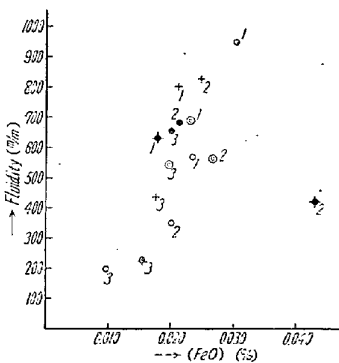


Fig. 4b Relation between (FeO) and fluidity.

(イ) 溶鋼中 [FeO] と流動性との関係: Table 6 に示せる溶鋼中 (FeO) と流動性との関係を求めると Fig. 4b のごとくなる。すなわち (FeO) が減少するにしたがって流動性が悪くなる傾向を示しておりいわゆる過脱酸の溶湯の流動性が悪いことが窺はれるようである。

(ロ) 溶鋼中 (O)FeO/[O]total と流動性との関係: 全酸素中に占める (O)FeO の組成 (O)FeO/[O]total と流動性との関係を求めると Fig. 5a のごとくなる。すなわち (O)FeO/[O]total が高くてもまた低くても流動性に悪影響をおよぼすのであつていわゆる過脱酸あるいは過酸化の溶湯の流動性がいずれも悪いことを意味する。

(ハ) 溶鋼中 (MnO) と流動性との関係: 溶鋼中 (MnO)

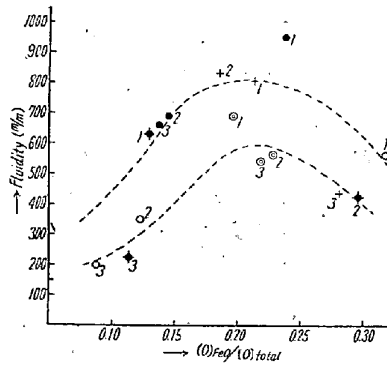


Fig. 5 a. Relation between (O)FeO/[O]total and fluidity.

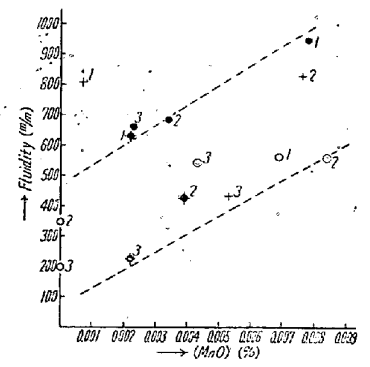


Fig. 5 b. Relation between (MnO) and fluidity.

と流動性との関係を求めると Fig. 5b のごとく (MnO) が増すほど流動性はよくなる傾向を示している。このことは溶鋼中の Mn の作用とも関連して極めて興味がある。

(ニ) 溶鋼中 (MnO)/(SiO₂) と流動性との関係: 溶鋼中の珪酸塩介在物の液状化に最も関係がある (MnO)/(SiO₂) と流動性との関係を求めると Fig. 6a のごとく (MnO)/(SiO₂) の比が大きければ大きいほどすなわち珪酸塩介在物の液状化が進めば進むほど流動性は良好となる。

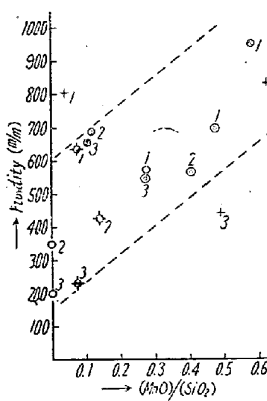


Fig. 6. a Relation between (MnO)/(SiO₂) and fluidity.

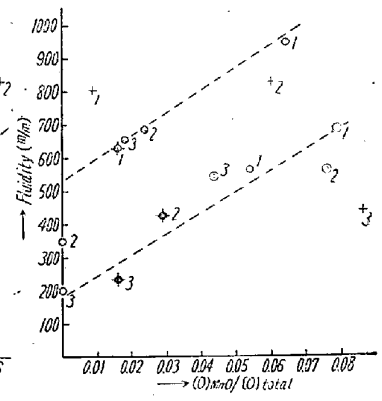


Fig. 6. b Relation between (O)MnO/[O]total and fluidity.

(ホ) 溶鋼中 (O)MnO/[O]total と流動性との関係: 全酸素中に占める (O)MnO の組成 (O)MnO/[O]total と流動性との関係を求めると Fig. 6b のごとくなる。すなわち (O)MnO/[O]total が高ければ高いほど溶鋼の流動性がよくなる。

(ヘ) 溶鋼中 (FeO)+(MnO) と流動性との関係: 溶鋼中 (FeO)+(MnO) と流動性との関係を求めると Fig. 5a とよく似た傾向を示す。(図省略)

(ト) 溶鋼中 (O)FeO+(O)MnO と流動性との関係:

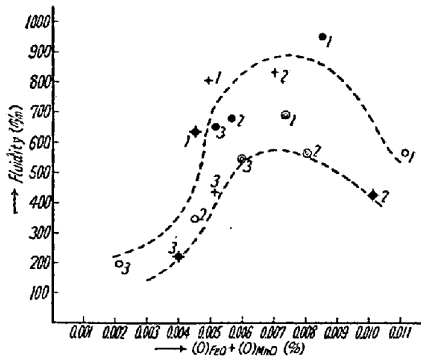


Fig. 7 a. Relation between (O)FeO+(O)MnO and fluidity.

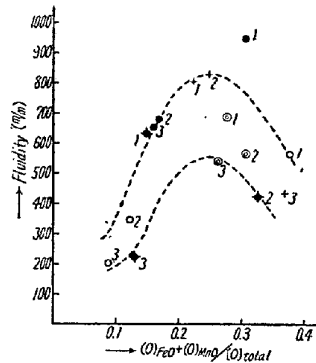


Fig. 7 b. Relation between $\{(O)FeO+(O)MnO\}/[O]_{total}$ and fluidity.

溶鋼中 (O)FeO+(O)MnO と流動性との関係を求めると Fig. 7 a のごとくなり Fig. 5 a とよく似た傾向を示す。

(x) 溶鋼中 $\{(O)FeO+(O)MnO\}/[O]_{total}$ と流動性との関係: 溶鋼中 $\{(O)FeO+(O)MnO\}/[O]_{total}$ と流動性との関係を求めると Fig. 7 b のごとくなりこの比が小さくてもあるいは大きくても流動性に悪影響をおよぼすことが分る。

(y) 溶鋼中 $\{(O)FeO+(O)MnO\}/(O)Al_2O_3$ と流動性との関係: IV (i) (ii) でのべたごとく鍋中で Al を順次追加したので Al による脱酸の程度と流動性との関係を検討するため $\{(O)FeO+(O)MnO\}/(O)Al_2O_3$ と流動性との関係を求めると Fig. 8 a のごとくなり Al による脱酸が過剰でも、あるいは不足でも流動性は不良となり、これは前掲の Fig. 5 a, 7 a, 7 b と傾向を一にしている点注目すべきである。

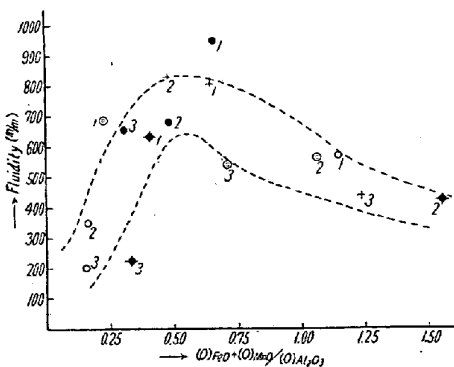


Fig. 8 a. Relation between $\{(O)FeO+(O)MnO\}/(O)Al_2O_3$ and fluidity.

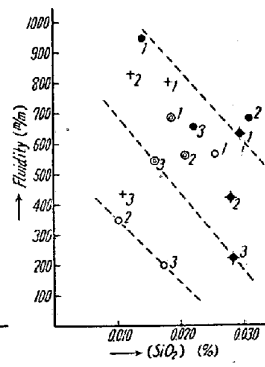


Fig. 8 b. Relation between (SiO₂) and fluidity.

(z) 溶鋼中 (SiO₂) と流動性との関係: 溶鋼中の (SiO₂) の量は珪酸系介在物の多寡を示すものであり流動性に対してはその量のみならず分布状況が大きく影響

することが想像されるのであるがここでは珪酸系介在物の多寡が溶鋼の流動性におよぼす影響を検討した。すなわち (SiO₂) と流動性との関係を求めると Fig. 8 b のごとくなり珪酸系介在物の量的増加とともに流動性は減少する傾向が認められる。

(w) 溶鋼中 (MnO)+(SiO₂) ならびに $\{(O)MnO+(O)SiO_2\}/[O]_{total}$ と流動性との関係: (MnO)あるいは(MnO)/(SiO₂)と流動性との関係についてはすでに説明したが (MnO)と (SiO₂)とは溶鋼中である程度結合してマンガン珪酸塩を形成していると考え (MnO)+(SiO₂)

ならびに $\{(O)MnO+(O)SiO_2\}/[O]_{total}$ と流動性との関係を求めると Fig. 9 a, b のごとくでありマンガン珪酸塩の形成が多ければ多いほど流動性に悪影響をおよぼすことが想像される。

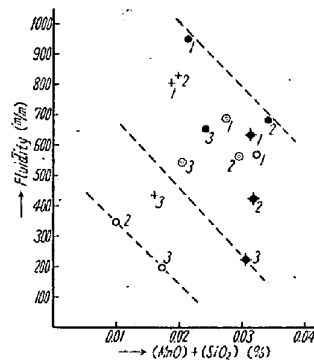


Fig. 9 a

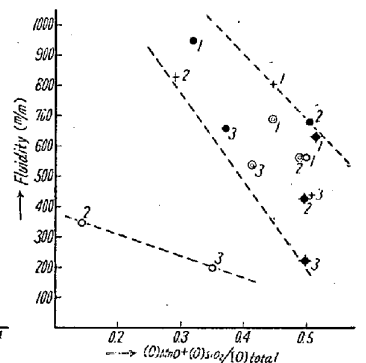


Fig. 9 b

Fig. 9 a. Relation between (MnO)+(SiO₂) and fluidity.

Fig. 9 b. Relation between $\{(O)MnO+(O)SiO_2\}/[O]_{total}$ and fluidity.

(u) 溶鋼中 (Al₂O₃) ならびに (O)Al₂O₃/[O]_{total} と流動性との関係: Alによる脱酸の結果形成される Al₂O₃ と流動性との関係を検討するため (Al₂O₃) ならびに (O)Al₂O₃/[O]_{total} と流動性との関係を求めた。Fig. 10 a に (O)Al₂O₃/[O]_{total} と流動性との関係を示すが明瞭な傾向は認められない。(Al₂O₃) と流動性との関係については図省略)

(v) 溶鋼中 (SiO₂)+(Al₂O₃) と流動性との関係: (SiO₂)+(Al₂O₃) と流動性との関係を求めると Fig. 10 b のごとくであり SiO₂, Al₂O₃ が多いほど流動性に悪影響をおよぼすようである。これらの介在物はいずれも結晶核として作用し溶鋼の過冷現象を阻止するため上記のごとき関係が成立するのではないかと考えられる。

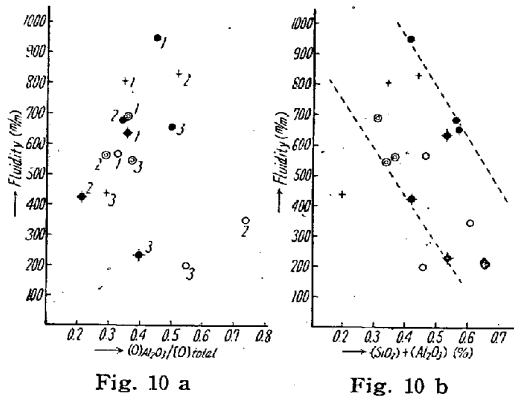


Fig. 10 a. Relation between $(O)Al_2O_3/[O]_{total}$ and fluidity.
 Fig. 10 b. Relation between $(SiO_2)+(Al_2O_3)$ and fluidity.

V. 結 言

電気炉鋳鋼標準溶解作業案を決定するため簡易にしても正確な流動性測定法を検討し引き続き流動性におよぼす諸因子の中とくに溶鋼中酸素含有量の影響について検討した結果

- (1) 鋳鋼の流動性に対して鋳込温度は相当大きな因子であるがそれ以外にも相当大きな影響をおよぼす他の因子のあることを立証した。
- (2) 本実験の範囲では溶鋼中の全酸素量は流動性に影響しないようである。
- (3) $(O)FeO/[O]_{total}$ あるいは $(O)FeO+(O)MnO$ と流動性との関係からいわゆる過脱酸あるいは過酸化の溶湯の流動性がいずれも不良なることが知られる。(本試験の例では過脱酸による流動性の悪化が多いようである。)
- (4) MnO は多ければ多いほど流動性が良好となる。
- (5) 取鋼中アルミニウム添加量には適当な範囲がある(17)(18)。
- (6) 珪酸系介在物の存在は流動性に悪影響をおよぼす。したがって珪酸系介在物の除去に努めねばならない(19)(20)(21)。
- (7) SiO_2, Al_2O_3 のごとき高溶融点の介在物の存在

は結晶核として作用し溶鋼の過冷現象を阻止するためか流動性に悪影響をおよぼす。

(8) アルミナ系介在物は流動性に影響しないようである。(昭和 31 年 6 月寄稿)

参 考 文 献

- 1) 柳原 正: 金属および合金熔湯の流動性について 日本金属学会 (1949)
- 2) T. D. West: Met. Ind., 47 (1935) p. 531
- 3) 斎藤大吉, 林狷之助: 京大工学部紀要 2 (1919) p. 83, 4 (1924) p. 165
- 4) M. A. Courty: Met. Ind., 47 (1935) p. 532
- 5) 沢村 宏, 森田志郎: 日本金属学会誌 4 (1940) p. 376, 6 (1942) p. 28
- 6) W. Ruff: Iron & Steel Inst., Carnegie Scholarship. Memoirs 25 (1936) p. 1
Iron & Steel Inst., 2nd Steel Casting Reports 1938
Iron & Steel Inst., 3rd Steel Casting Reports 1938
- 7) F. Eisenmann: St. u. Ei., 59 (1939) p. 857
- 8) H. F. Taylor, E. A. Rominski, C. W. Briggs: Trans. A.F.A. 49 (1941)
- 9) 前出 8)
- 10) E. Lips, H. Nipper: Giesserei 25(1938)S. 369
- 11) J. H. Andrew, R. T. Percival, G.T.C. Bottomley: Foundry Trade Jour., Oct 8, Nov 19 (1926)
- 12) 前出 6)
- 13) 前出 8)
- 14) C. W. Briggs: Metallurgy of Cast Steel (1947)
- 15) Portevin, Bastien: Compt.Rend.194 (1932) p. 850
- 16) 前出 8)
- 17) 神戸製鋼所研究部参資第 473 号: 脱酸剤としてのアルミニウム添加に関する文献輯録 (昭和 30 年 3 月関西鉄鋼技術研究会提出)
- 18) 神戸製鋼所研究部研報第 894 号: 鉄鋼中微量アルミニウムの研究 (第 5 報) 脱酸剤としてのアルミニウム添加に関する研究 (昭和 30 年 3 月)
- 19) W. Koch, F. Wever: St. u. Ei., 74 (1954) S. 264/71
- 20) 前出 16)
- 21) 前出 17)