

Fig. 1. Change of C, O during carburization period in case of crucible A and crucible B.

一般の MgO ルツボを時々補修(粘結剤は水ガラス)して 1650°C でポイルした場合の侵入 Si が, 脱酸末期で 0.01~0.04% であつたことは前報¹⁾に報告した。また同じルツボにおける侵入 Al については前報¹⁾に引きつづき分析したがいずれも 0.004% 以下で問題にならなかつた。

しかし前報¹⁾においては, とくに Si, Al の侵入に注意をはらつたわけではなかつたので, その侵入経路には不明の点が多かつた。そこで今回はルツボの初溶解より注意した結果, SiO₂, Al₂O₃ ともに 0.05% 以下という今回の MgO ルツボ(低 SiO₂)でも, ルツボの使用回数 1~5 回までの C 脱酸においては, Si, Al ともに 0.01% 程度の侵入の恐れがあることがわかつた。

その後このルツボを繰返し使用して, C 脱酸試験を行なつたが, もはや Si, Al ともに侵入が認められなくなつた。これはおそらくはルツボ内面の溶鋼と接触する部分の SiO₂, Al₂O₃ が脱酸用の C により還元しつくされたと考えるべきであらう。またこの傾向は一般の MgO ルツボについても同様であらうと考えられるので, 前報¹⁾の侵入 Si は炉修用の粘結剤として使用した水ガラスに帰因する可能性が多分にある。

以上の点より今回の試験においては, MgO ルツボ(低 SiO₂)を使用したほか, 炉修用の粘結剤には苦汁を使用して, Table 4 に示すように Si の侵入をほとんどおさえることができた。

補修用の MgO にも低 SiO₂ のものを使用すればさらに 0.001% 程度の純度の向上は可能かも知れない。また若干の O 増加を許すならば C を 0.001% におさえることも可能であらう。

4. 結 言

MgO ルツボ(低 SiO₂)を使用した 20 kg 溶解による C 脱酸試験の結果, O-0.003%, C-0.003%, Si-0.003%

%, Al-0.004% 程度の純鉄を安定して溶製しうる見通しを得た。

(1) C 脱酸中のポイルは C, O 量のみならず気孔率その他のルツボの諸条件に影響される。今回の試験において使用した MgO ルツボ(低 SiO₂)においては, 前報の場合と異なり, 1650°C の脱酸処理ではポイルしなかつた。しかし脱酸, 脱炭ともに十分進行したので, ポイルが必ずしも脱酸に不可欠な条件ではないと考えられる。

(2) 添加 C 量については, 0.10% で十分でありこれより多くても少くとも不都合であつた。またこれを前報¹⁾のポイルのあつた場合の 0.13% と比較すると, ポイルのあつたほうがむしろルツボ材の無駄な還元を C を多く消費していることを示すものと考えられる。

(3) 今回の試験に使用した MgO ルツボ(低 SiO₂)の場合, 脱炭期における脱炭がきわめてゆるやかに進行したので, 前報¹⁾に比較して脱炭時間が若干延長された。しかしこの間の O 増加が僅少であつたので, かえつて純度, 作業性の両面から好都合であつた。これはおそらくはルツボ材 MgO の分解がきわめてゆるやかであつたためと考えられる。

(4) MgO ルツボ(低 SiO₂)を使用し, また炉修用の粘結剤として苦汁を使用して, さらにあらかじめルツボの内面の SiO₂, Al₂O₃ を十分還元洗滌することにより, Si, Al の侵入をほとんどおさえることができた。

(5) C 添加時(溶落時)の O 量を均一にすることができれば, これに見合った量の C を常に添加することができる。ところが電解鉄の O にはかなりの変動があり, われわれの試験結果によると溶落時で 0.03~0.12% におよんだ。この解決のための一方法として, 電解鉄をはじめ 100 kg 真空溶解用の炉体を使用し, 溶解混合して O 量の均一なインゴットをつくり, これをルツボの径にあわせて丸棒に鍛造, 皮むきをして 20 kg に切断したメルティング, ストックをつくり, これを再溶解するという方法を検討中である。

文 献

- 1) 中村, 田知本, 栗山, 恒久, 福井: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 401

(140) エレクトロスラグ溶解法によるアルミ鉄合金の製造

理研ピストンリング 真 殿 統
理研ピストンリング研究所

虎石龍雄・鈴木賢造・〇脇 脩・吉川 甫
Making of Al-Fe Alloys by an Electroslag Melting Process.

Osamu MADONO, Tatsu TORAISHI, Kenzo SUZUKI,
Osamu WAKI and Hazime KIKKAWA.

1. 緒 言

エレクトロスラグ溶解法は脱硫, 非金属介在物の減少など, すぐれた品質の鋼を得る方法として最近とくに注目を集めているが, 当研究所においてはすでにほぼ10年

Table 1. The melting conditions.

No.	Charge elements (%)		Cross section of ingot (mm)	Cross section of electrode (mm)	Electrical condition V×kA	Ingot weight (kg)	Melting time (hr)	Unit power (kWh/kg)	Rising rate of ingot (mm/min)
	Al	Si							
1	2.4	1.0	100×200	40×100	40×6.0	308	1.57	1.54	23.9
2	2.4	1.0	180×850	65×300	40×14.0	4470	10.57	1.66	6.0
3	2.75	0.92	360×750	100×230	40×14.0	3700	12.90	2.28	2.5

Table 2. Chemical analysis of the ingots.

No.	C	Mn	P	S	Si	Al	N	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	FeO	ΣO
1	0.005	0.25	0.013	0.006	1.03	2.07	0.0031	0.0036	0.0226	nil	0.0059	0.0134
2	0.004	0.24	0.014	0.002	0.97	1.96	0.0015	0.0015	0.0112	nil	0.0051	0.0075
3	0.004	0.27	0.014	0.002	0.95	2.34	0.0009	0.0018	0.0094	nil	0.0024	0.0057

以前より独自に開発研究を続け現在では鋼塊断面 350 mm×800 mm の鋼塊製造を可能にしている。

著者らはエレクトロスラグ溶解法をもちいてアルミ鉄合金による電磁鉄板、耐熱鋼などの研究をおこなってきた。電磁鉄板の磁性を向上させるには不純物の除去をとくに必要とするがエレクトロスラグ溶解法によつて得られた結果はみるべきものがあるので、ここにその内容の一部を報告する。

2. 溶解法

通常のエレクトロスラグ溶解法は、あらかじめ1次溶解して造られた合金を電極として再溶解する方式であるが、著者らは極低炭素鋼より電極を作り溶解時に Al その他の合金成分を添加する方法を用いてきた。

溶解装置は最大出力 600kVA の直流電源を用い、電極を負、ルツボを正として電極への通電は銅製のロールを用いておこなっている。この方式においては電極への通電を良くするため電極側面をできるだけ平滑にする必要があるが、反面電極先端をクランプして通電する方式と異なり大容量の鋼塊溶解の場合には溶解中に一定長さの電極を次々に継装できる利点を持ち、電極支持装置も簡単である。ルツボはスラブ状または矩形状断面の大容量鋼塊の場合、4側面を簡単に分離できる組合せ方式となつており、冷却は銅板側面に対して冷水を噴射するスプレー方式である。

3. 溶解結果

Table 1 はエレクトロスラグ溶解により Al および Si を含んだ鉄合金を溶解せる結果の一例である。Table 2 はその化学分析の結果である。溶剤は CaF₂-Al₂O₃ 系スラグを用い、CaF₂ 90~80%、Al₂O₃ 10%~20% の組成である。

鋼塊鑄肌は手入をせず直接熱間圧延に供することができる。なお鋼塊形状がスラブ状の場合は分塊圧延が省略される。Photo. 1 は断面サイズ 180 mm×850 mm 鋼塊の縦断面のマクロ組織であり、完全な柱状晶を呈している柱状晶の傾きは鋼浴深さと対応しており 100 mm×200 mm 断面の鋼塊を用いて溶解中に FeS を投じサルファープリントにより鋼浴の形状と柱状晶の角度との関係を調べた結果、鋼浴の深さは柱状晶の傾きから推測できる。

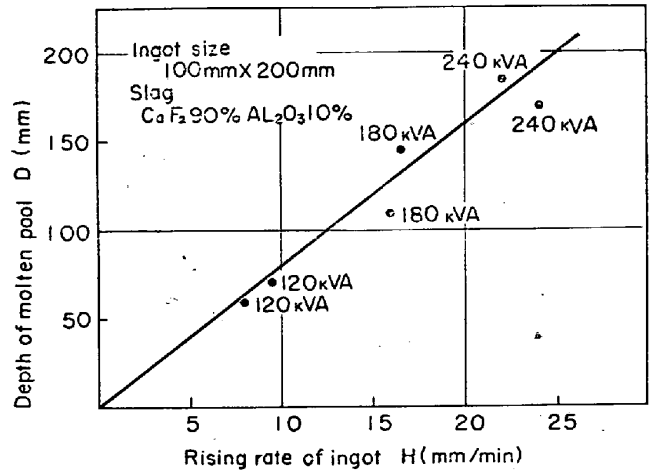


Fig. 1. Relationship between depth of molten pool and rising rate of ingot (1).

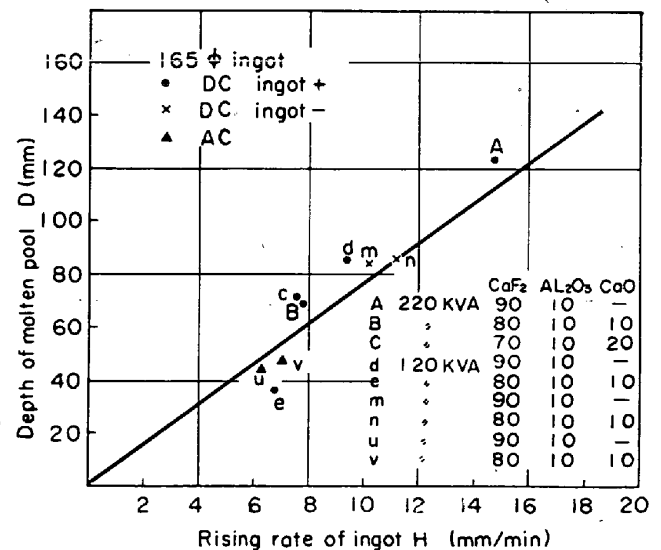


Fig. 2. Relationship between depth of molten pool and rising rate of ingot (2).



Photo. 1. Macrostructure of 180mm×850mm ingot. (×1/4)

Table 3. Cross section of ingots and corresponding D/H.

Cross section of ingots (mm)	D/H (min)
100×100	3
165φ	7.6
100×200	7.9
150×400	13.5
150×750	24
290×290	30
180×850	40
300×600	62

鋼浴の深さおよび鋼塊生成速度（湯面上昇速度）は電気条件，鋼塊断面，スラグ組成の溶解条件によつて左右される。Fig. 1は投入電力を変化させた場合の湯面上昇速度と鋼浴の深さとの関係を示したものであり，投入電力が増大すると湯面上昇速度の増大に比例し鋼浴深さが増大し両者の関係はほぼ直線的関係になる。Fig. 2はスラグ組成，電気条件を変えた場合の湯面上昇速度と鋼浴深さとの関係を示したものである。この場合にもやはり両者の関係はほぼ直線的関係になる。すなわち湯面上昇速度に対する鋼浴深さの比はいかなる場合も同一鋼塊サイズにおいてはほぼ一定であると云える。

鋼浴深さD(mm)に対する湯面上昇速度H(mm/min)の比 D/H(min)を，かりに鋼浴凝固時間として表わすと，この値は電気条件，スラグ組成に関係なくほぼ鋼塊断面サイズにより一義的に定まる。

各種断面サイズの鋼塊を切断し柱状晶の傾きから鋼浴深さを推測し，D/Hの値を求めると，Table 3に示すごとくになる。

4. 鋼塊の化学分析

Alは酸化減耗があるので目標成分に対してはこの分だけ余分に配合する必要がある。SiはAlが合金成分として加わっている場合にはほとんど減耗はない。合金成分の偏析は鋼塊の長さ方向，および横断面内で特定の傾向はみられない。Alはほぼ±1%以内，Siはほぼ±0.05%以内でランダムにばらついている。SiO₂を含有しているスラグを用いた場合にはインゴット底部においてSiが増大し，Alが減少する傾向があるが，SiO₂の少ないスラグを用いれば改善される。

アルミ鉄合金におけるエレクトロスラグ溶解の精錬効果はΣO，SおよびNを低減させる。酸化物などの非金属

Table 4. Relationship between melting conditions and oxide inclusions.

Cross sections of ingots (mm)	Electrical conditions		Rising rate of ingot H (mm/min)	Depth of molten pool D (mm)	D/H (min)	Oxide inclusions			
	(V)	(A)				Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	FeO (%)	ΣO (%)
165φ	40	5500	14.7	130	8.7	0.0242	0.0014	0.0013	0.0124
〃	40	3000	6.3	45	7.1	0.0287	0.0017	0.0012	0.0147
100×100	40	3000	7.9	63	8.0	0.0242	0.0010	0.0032	0.0120
〃	50	3600	16.0	95	5.9	0.0223	0.0009	0.0041	0.0117
〃	40	6000	21.9	183	8.4	0.0237	0.0020	0.0025	0.0125
〃	40	4500	16.4	154	9.4	0.0209	0.0006	0.0023	0.0107
180×850	40	14000	5.7	230	40.3	0.0117	0.0007	0.0038	0.0066
300×600	40	10000	2.3	140	60.9	0.0099	0.0015	0.0010	0.0056

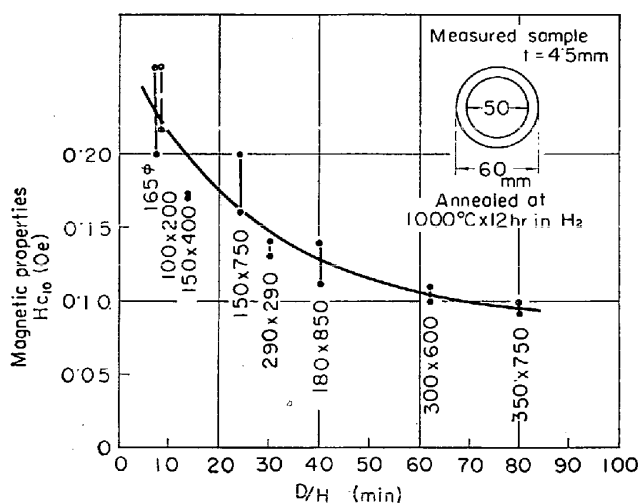


Fig. 3. Relationship between magnetic properties and D/H.

属介在物は鋼浴の深さと関連性があり、鋼浴が深いほど残留量が増えるという報告もある。しかし著者らの実験では Table 4 に示すごとく鋼浴の深さと介在物の残留量との直接的な関連性を認めることができない。むしろ ΣO は鋼浴深さ D に対する湯面上昇速度 H の比 D/H によって変化しこの値の大なるほど少なくなる傾向がある。

脱硫は合金成分である Al の増大によって促進される。脱硫はスラグ中の CaO を増大すると促進されるという報告^{2,3)}もあるが、アルミ鉄合金においては CaO 添加スラグとそうでないものとの差はみられなかった。

アルミ鉄合金の溶解においては Table 2 に示すごとく N の減少が認められる。特に鋼塊サイズの大きなる場合に著しく減少する。

5. 磁氣的性質

このようにエレクトロスラグ溶解においては D/H の値を大きくすることにより、 ΣO , S, および N の値を著しく減少させることができ、これら非金属介在物の減少により磁氣的性質が改善される。Fig. 3 に各種断面サイズの鋼塊を熱間圧延して磁性を測定した結果を示す。これによると D/H の増大にしたがって磁性が改善される結果が認められる。

6. 結 言

エレクトロスラグ溶解により Al を含む鉄合金を各種断面サイズについて溶解した結果は

(1) 鋼浴深さ D に対する湯面上昇速度 H の比 D/H は電気条件、スラグ組成に関係なくほぼ鋼塊サイズにより一義的に定まる。

(2) D/H の値を大にすることにより ΣO , N を著しく減少させることができる。

(3) Al の添加により S の含有量は著しく減少する。

文 献

- 1) A. F. TREGUBENKO and S. A. LEIBENZON: エレクトロスラグ再溶解法, (昭 39-5) 日ソ通信社
- 2) A. C. WILLIAMS: J. Iron & Steel Inst.(U. K.), (1964) p. 581
- 3) 一安, 石川, 中村: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 1940

(147) リムド鋼塊の偏析パターンについて

(大型リムド鋼塊の偏析に関する研究—I)

富士製鉄, 広畑製鉄所

浅野 鋼一・○大橋 徹郎

On the Segregation Pattern of Rimming Steel Ingot.

(Study on segregation of large rimming steel ingot—I)

Koichi ASANO and Tetsuro OHASHI.

1. 緒 言

リムド鋼塊は高い分塊歩止りと清浄な表面を有するために冷延鋼板に広く用いられている。しかしながら、リムド鋼特有の濃厚偏析による成品の材質劣化、および管状気泡、表面気泡による表面疵の増加はリムド鋼塊製造上きわめて大きな問題となつていくとに前者については古くから多数の研究があるがいまだに不確かな点が多いそこで筆者らはリムド鋼塊の偏析におよぼす諸因子、たとえば鑄型形状、蓋置き時間、取鍋成分などの影響を調査し従来の諸結果と比較対照することにより、偏析に関する 2, 3 の知見を得た。

本報では、まず鑄型形状が変わった場合の代表的な偏析パターンについて調査し、偏析パターンがどのような変化をするかを示した。

2. 実験方法

転炉溶製リムド鋼を種々の形状の鑄型に注入して試験鋼塊を作成し、その 1/2 縦断面にて [S] のチェック分析をおこない偏析パターンを調査した。

試験リムド鋼塊の取鍋分析値および造塊条件を Table 1 に示す。使用した鑄型は 7 種類でその代表諸元を Table

Table 1. Chemical composition and other conditions.

Tap temperature (°C)	1580~1620
Ladle analysis (%)	C 0.08~0.10 Mn 0.30~0.40 S 0.15~0.20
Mold addition of Al(g/t)	20~100
Capping time (min)	15~30
Holding time (min)	200~300

Table 2. Mold dimensions and ingot weight.

Mold	Width (mm)	Thickness (mm)	Height (mm)	Ingot weight (t)
I	1030	875	2250	13.0
II	1200	880	2200	15.0
III	1430	880	2200	17.0
IV	1680	770	2200	18.0
V	1860	850	2200	22.0
VI	1032	780	2700	13.2
VII	1032	780	2300	11.8