

Table 2. The effect of magnetic circulation and inner pressure in the furnace on the chemical composition of low carbon case-hardening steel melted in consumable electrode melting furnace (Magnetic circulation has no effect where as Mn, O, H, N decrease when inner pressure decreases to 10<sup>-2</sup>mmHg)

Magnetic field (Gauss)		0			30			50		
Ar pressure (mmHg)		780	50	10 <sup>-2</sup>	780	50	10 <sup>-2</sup>	780	50	10 <sup>-2</sup>
Element	C	0.17	0.18	0.17	0.18	0.17	0.17	0.18	0.18	0.19
	Mn	0.47	0.46	0.30	0.47	0.46	0.29	0.56	0.54	0.35
	Si	0.22	0.22	0.23	0.22	0.23	0.23	0.24	0.23	0.19
	P	0.021	0.021	0.022	0.022	0.022	0.021	0.015	0.015	0.019
	S	0.026	0.026	0.023	0.022	0.025	0.023	0.033	0.033	0.028
	O	0.0026	0.0017	0.0012	0.0017	0.0021	<0.0010	0.0052	0.0046	0.0019
	H	0.0003	0.0002	0.00015	0.0003	0.0002	trace	0.0001	0.0002	trace
	N	0.0058	0.0058	0.0045	0.0059	0.0053	0.0045	0.0053	0.0053	0.0042

(unit: wt%)

Table 1 には概ね旧学振法に準拠して測定した清浄度を示した。Table 2 には各場合の熔製インゴットから採取した試料につき行つた分析試験の結果を示した。炉内圧力が減少する程 N, O, H, Mn が減少している。

IV. 結 言

低炭素肌焼鋼を消耗電極熔解する時、るつばの外側にコイルを巻いてアークおよびプールに磁場を作用せしめるとインゴットの性質がいかに変化するかを検討した。磁場を加えることによりプールの深さが深くなり、またインゴットの中心軸附近にSの偏析が起つた。また磁場の強さを一定とする時は炉内圧力が高い程プールが深くなることを確認した。清浄度、ガス分析、化学分析の結果磁場を加えてもこれらには影響をおよぼさぬことを確認した。

(6) 消耗電極熔解法に依る鋼の熔解に関する研究 (III)

マルテンサイト系不銹鋼及びダイス鋼並びにオーステナイト系不銹鋼の熔解

Studies on the Application of Consumable Electrode Method to Steel Melting (III)

(Melting of Austenite Stainless Steel, Dies Steel and Martensite Stainless Steel)

T. Yukawa, et alii.

神戸製鋼所, 研究部

高尾善一郎・草道 英武・○湯河 透

I. 緒 言

第1報及び第2報において低炭素肌焼鋼の消耗電極熔解について報告しこの熔解法は偏析の少い健全インゴッ

トを作るのに適することおよび減圧熔解を行う時ガス成分が著しく減じた清浄度が向上することを述べた。またるつば外側にコイルを巻いて磁場を形成せしめアークおよびプールを攪拌せしめるとプール深さを著しく深くすることができることを報告した。第3報においてはマルテンサイト系不銹鋼およびダイス鋼ならびにオーステナイト系不銹鋼につき減圧下に消耗電極熔解した実験につき述べる。

II. 実 験 方 法

前報に報告せるものとまったく同様の方法によつたので省略する。ただし実験の目的を清浄度の向上に置いたために熔解条件は磁場を加えることなくまた炉内圧力はアルゴン圧力を 50mmHg および 10<sup>-2</sup>mmHg とした。

III. 実 験 結 果

a) マルテンサイト系不銹鋼およびダイス鋼

炭素を 0.3% および 1.5% 含む 13 Cr 鋼を選びこれを炉内圧 50mmHg および 10<sup>-2</sup>mmHg にて熔製した。Fig. 1 には 0.3% 炭素を含む 13 Cr 鋼の熔製インゴットの頂部表面の実物写真を示した。黒い斑点は絞り出された非金属介在物を示す。

Fig. 2 には 1.5% 炭素を含む 13 Cr 鋼の非金属介在物の写真を示した。また Table 1 には同じく 1.5% 炭素を含む 13 Cr 鋼の清浄度の測定結果を示す。測定法は概ね旧学振法の第 II 法(標準図比較)によつた。

また Table 2 には 0.3% 炭素を含む 13 Cr 鋼の偏析試験結果を示した。

これを要するにマルテンサイト系不銹鋼およびダイス鋼は第1, 第2報に報告せる低炭素肌焼鋼の場合と同じく減圧消耗電極熔解を行うことにより清浄度の高い健全なインゴットを作ることができた。

b) オーステナイト系不銹鋼

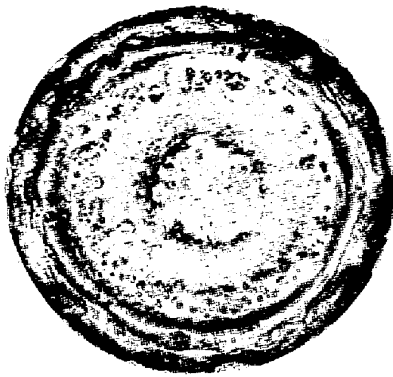
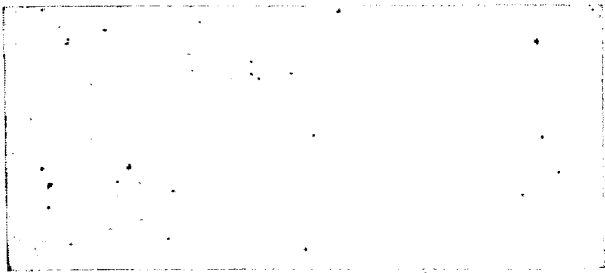


Fig. 1. Top surface of 13 Cr-steel containing 0.3% carbon melted in consumable electrode melting furnace. Black spots are non-metallic inclusions floated up from inner parts of ingot.



Row material    Ingot melted in 50mmHg A pressure    Ingot melted in 10<sup>-2</sup>mmHg A pressure

Fig. 2. Non-metallic inclusion of 13 Cr-steel containing 1.5% carbon melted in consumable electrode melting furnace. The lower the inner pressure, the less the inclusion.  $\times 100$  (2/3)

Table 1. Cleanliness of consumable melted 13 Cr-steel ingot containing 1.5% carbon. Cleanliness was measured at 6 parts of ingot by J.S.P.S. method\*.

Ar pressure	50 mmHg	10 <sup>-2</sup> mmHg	
Top 1 4 2 5 3 6 Bottom	1	1.5	1.3
	2	1.5	1.5
	3	1.5	1.6
	4	1.3	1.3
	5	1.5	1.3
	6	1.5	1.6
Average	1.47	1.43	
Raw material	3.7		

\* Japan Science Promoting Society.

炭素を 0.07% 含む 18-8 不銹鋼を炉内圧 50mmHg および 10<sup>-2</sup>mmHg のアルゴン雰囲気中にて消耗溶解し清浄度の向上を検討した。まづ Fig. 3 に縦割インゴットのマクロ組織を示した。第1報にも述べたごとくこの溶解法は準連続铸造であるから熔製インゴットのマクロ組織は熔製材の材質に関係なくすべて Fig. 3 のごと

Table 2. Chemical composition of seven parts of consumable melted 13 Cr-steel ingot containing 0.3% carbon.

(Segregation was not observed)

Element	C	Mn	Si	S	P	Cr	
	1	0.34	0.40	0.49	0.003	0.026	13.01
	2	0.32	0.42	0.50	0.007	0.026	13.66
	3	0.30	0.46	0.50	0.007	0.023	13.75
	4	0.28	0.45	0.49	0.007	0.024	13.66
	5	0.28	0.42	0.49	0.008	0.023	13.58
	6	0.29	0.44	0.49	0.008	0.027	13.63
	7	0.30	0.45	0.49	0.007	0.024	13.36
Average	0.30	0.43	0.49	0.008	0.025	13.66	
Raw material	0.36	0.62	0.48	0.009	0.024	13.91	

(Unit: wt %)

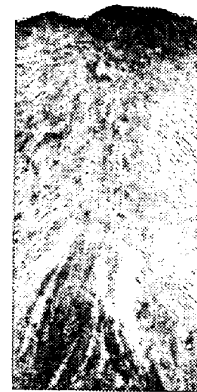


Fig. 3. Macro-structure of 18-8 stainless steel melted in consumable electrode melting furnace (Etchant: equa regia) The ingot is very sound and free from shrinkage pipe or pin hole.

くなる。すなわち側面から斜上方に向い柱状晶が発達し中心部におよんでいる。粒状晶はほとんど見られずわずかに中央附近に少量見出すことができる。なお Fig. 3 は 10<sup>-2</sup>mmHg の場合のマクロ組織である。炉内圧が高くなると若干異つたマクロ組織を呈するに到るがここには省略する。

Table 3. Gas component contained in 18-8 stainless steel melted in consumable electrode melting furnace. The analysis was conducted at 6 parts of ingot.

(The lower the inner pressure, the less the gas component)

Gas element	O <sub>2</sub>		H <sub>2</sub>		
	50	10 <sup>-2</sup>	50	10 <sup>-2</sup>	
Ar pressure(mmHg) Top 1 4 2 5 3 6 Bottom	1	0.0020	0.0011	0.0001	0.0004
	2	0.0018	0.0006	0.0001	0.0002
	3	0.0068	0.0018	0.0008	<0.0001
	4	0.0068	0.0009	0.0003	0.0004
	5	0.0048	0.0008	0.0003	<0.0001
	6	0.0066	0.0015	0.0001	trace
Average	0.0048	0.0011	0.0003	0.0001	
Raw material	0.012		0.0008		

(Unit: wt %)

Table 3 は縦割インゴットの各部分から採取した試料につき行つたガス分析の結果である。これから明らかになどと使用電極材にくらべ酸素水素ともに激減しことに  $10^{-2}$  mmHg においては脱ガス効果が明瞭である。なお清浄度の向上も確認した。

#### IV. 結 言

マルテンサイト系不銹鋼およびダイス鋼ならびにオーステナイト系不銹鋼として 0.3% および 1.5% 炭素の 13 Cr 鋼ならびに 18-8 不銹鋼を消耗電極溶解しインゴットの性質を検討した。真空中にて溶解することによりガス成分を著しく減ずることができました非金属介在物も著しく減少した。偏析試験およびマクロ組織を検討した結果溶解インゴットは極めて健全なインゴットであることを確認した。これは前報の低炭素肌焼鋼につき得られたデータとよく一致した。

従来鉄鋼材料に非金属介在物は不可分のものとされこの介在物が機械的性質、耐蝕性等に有害な影響を与えることを知りつつもその除去方法については見るべきものがなかった。水冷銅をつぼを使用することによつて炉床材からの不純物の混入を防止し、減圧溶解によつて強制脱ガスを行いきらに浮揚精錬（第 1 報参照）によつて内在する介在物を絞り出すこの消耗電極溶解法は、高周波真空溶解法とともに今後の Ingot making の一つの方向を示すものと考えらる。

### (7) 鋼の脱酸と酸化介在物に関する研究 (I)

(Fe-O-Si-Mn 系について)

Deoxidation and Oxide Inclusions in Steel  
(Fe-O-Si-Mn System)

T. Tanoue.

住友金属工業、鋼管製造所

工 田 上 豊 助

#### I. 結 言

鋼の脱酸に関しては従来より幾多の研究が報告されており Fe-O-Mn, Fe-O-Si, Fe-O-Al, Fe-O-Cr, Fe-O-Ti 系など単一脱酸元素を含む基礎系については溶解成分相互間ならびに酸化介在物相との間の平衡論的解明が詳細に報告されている。

しかしながら多くの成品鋼種においては単一の脱酸元素のみを含む場合は少く、多くは 2 種またはそれ以上の脱酸元素を含んでおり各脱酸元素はその元素のみを含む

基礎系における場合と反応の進行を異にすることは当然考えられることである。かかる 2 種以上の脱酸元素が含まれる場合の所謂複合脱酸に関してはまだ研究は少く、古くは Körber & Ölsen が Fe-O-Si-Mn 系の  $\text{SiO}_2$  飽和領域について、最近においては Hilty & Crafts がその不飽和領域ならびに Fe-O-Al-Mn 系の一部についての研究を報告しているが、まだその全貌を理解するにはほど遠い現状である。

製鋼過程は鋼浴成分の連続的および非連続的变化の経緯であり、それに依じて平衡酸化物相も変化する。酸化精錬におけるある種鋼浴成分の減少、合金鉄、脱酸剤の添加や鋼滓還元による増加に対応する酸化物相の生成、変化を知ることは、非金属介在物のより少い鋼を製造するための製鋼方案決定の基礎となると考えられる。

本研究はかかる観点より 2 種以上の脱酸元素を含む熔鋼の成分とそれに平衡する酸化物相の組成ならびに性質との関係を明らかにする目的をもつてまづ Fe-O-Si-Mn 系について実験を行つた。

#### II. 実 験 方 法

マグネシヤ・ライニングの高周波電気炉（容量 50 kg）を用いて Si および Mn 含有量のそれぞれ異つた 15 溶解 ( $C < 0.04\%$ ) を熔製し、各溶解においては Mn および Si を添加した後鋼浴温度を約  $1600^\circ\text{C}$  に保持して自然酸化を行わせた。その間 3mn 毎に 2 kg の小型鋼塊に鑄込み、6 ないし 15 個の試料を採取した。鋼浴温度は光電管式記録計を附した Pt-PtRh 浸漬型熱電対によつて測定し、コンデンサータップを手動調節して  $1600^\circ\text{C} \pm 15^\circ\text{C}$  に保持した。炉床マグネシヤの鋼滓への混入による鋼浴成分の二次的变化を避けるため鋼滓はできるだけ除去した。

各鋼塊試料より Si, Mn の分析試料、鋼塊および鍛造比 4 の非金属介在物顕微鏡試験片、非金属介在物分析試料（酸溶解法、クリンガーコッホ法）および真空溶解法酸素分析試料を採取した。

#### III. 試 験 結 果

各試料鋼塊の Si, Mn 含有量ならびに酸化過程における鋼浴成分の変化を Fig. 1 に示す。図中の各点は Si, Mn 含有量を、点を結ぶ直線および曲線は同一溶解の酸化過程における Si, Mn 含有量の変化を示す。

図に見られるごとく Fe-Si-Mn 系は酸化過程の成分変化より見て三つの領域に区分することができる。すなわち図上において Si のみが酸化減少する成分範囲、Si と Mn が同時に減少する範囲および Mn のみが減少する範囲の三者である。前二者の境界は