

Fig. 2. Sulphur print of the 25 t ingot. Fig. 3. Sulphur print of the 75 t ingot.

に調査した結果では、偏析線にともなつて存在する、cavity, loose structure, ザクなどが激減している。9 t および 25 t 鋼塊では縦断面全体について直径 1mm 以下のものが数個程度であり、また 75 t 鋼塊でもさきに報告した鋼塊に比べて格段の減少である。この点もまた、真空鑄造鋼塊で作つた製品の超音波探傷試験成績の優秀性の原因の一つと思われる。

2. 各種化学成分の偏析

全体の傾向は大気中鑄込の在来鋼塊と大差はないが、偏析の程度は減少しており、とくに逆偏析部がほとんど認められない(75 t 鋼塊)のが注目される。

3. 各種ガス成分

水素は普通鋼塊の場合の 1/3 程度で減少し、軸心部の最大濃度部でも 1.5 ppm 前後である (Fig. 4)。酸素も充分の減少を示しているが、この場合はさらに最外周部から軸心部へと漸減する。窒素の偏析はほとんど認められない。

4. サンドおよび非金属介在物

SiO<sub>2</sub> および Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の分布を Fig. 5 に示す。この 75 t 鋼塊のサンドは Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を主成分としているが、両者とも絶対量は少く、真空処理による造塊時の溶鋼の酸化防止、および低圧時の炭素による脱酸が有効であることを示しているものと思われる。

顕微鏡試験では A 系介在物は普通造塊鋼塊と大差な

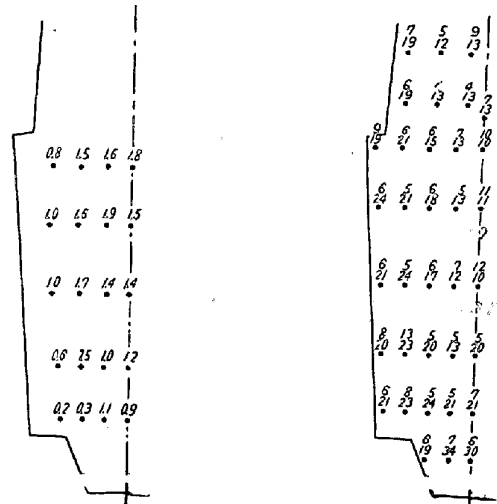


Fig. 4. Distribution of hydrogen in the 75 t ingot: figures in ppm. Fig. 5. Distribution of SiO<sub>2</sub> (above) and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (below) in the 75 t ingot: figures in ppm.

く、他方 C 系介在物が普通鑄込のものよりもはなはだ少く、酸素あるいはサンドの分析結果と軌を一にしている。

V. 結 言

真空鑄込した 9 t, 25 t および 75 t 鋼塊を切断調査して、真空鑄造が大型鋼塊の内部性状におよぼす影響を明らかにした。これらの鋼塊では、期待通りに、酸化物系非金属介在物、水素、酸素の激減が示されたほか、マクロ偏析の低減(とくに V 偏析と逆 V 偏析の低減)と偏析線にともなう cavity のいちじるしい改善が確認された。この偏析部の改善は超音波探傷成績あるいは中心孔検査成績の向上の主因の一つと推認される。

文 献

1) 川口, 小野寺, 中川, 本間: 鉄と鋼, 46 (1960), No. 3, p. 296.

(87) 消耗電極式真空アーク溶解の研究 (鋼塊の性状)

日本製鋼所室蘭製作所研究所

理博 前川静弥・理博○中川義隆・鈴木是明

Study of Vacuum Arc Melting with a Consumable Electrode (On the Nature of Ingots.)

Dr. Shizuya MAEKAWA, Dr. Yoshitaka NAKAGAWA and Koreaki SUZUKI.

I. 結 言

消耗電極式真空アーク溶解法を鋼の精錬に応用すると

とにより、きわめて優秀な性状を附与せしめ得ることおよびコストの低減になることが知られている。

本法の特殊鋼への応用を企むため、筆者らは、消耗電極式真空アーク溶解した約 50 kg 鋼塊の性状を試験したので、その結果を報告する。

## II. 試験要領

試験材として、高炭素 Cr-Mo 鋼 (No. 1), 低 Si-Mn-Cr-Mo 鋼 (No. 2), Ni-Mo-V 鋼 (No. 3), 高炭素 Cr-Mo-V-Co 鋼 (No. 4) の 4 鋼種を使用した。これらを大気中で溶解し、それぞれ鍛造後、電極材 (110mm φ × 900mm) として消耗電極式真空アーク溶解し、190mm φ、長さ約 230mm の鋼塊を得た。その化学成分を Table 1 に示す。

鋼塊は 850°C で 5 時間焼鈍後、中心面を残して縦断し、内部状況を調査後、鋼塊中心部の頭部、上方中間部、下方中間部、底部の各位置について、各種化学成分

の偏析、顕微鏡的非金属介在物、サンド、酸素、窒素などの分布状況を電極材と比較しながら調査した。

## III. 試験結果および考察

### (1) 鋼塊内部の状況

縦断した鋼塊面について、サルファープリントおよびマクロ組織を調べた結果、普通の鋼塊に比して、偏析は非常に少ない。マクロ組織は、Photo. 1 に示すように、微細緻密であつて、鋼塊頭部の cavity 以外は微細な空隙などは存在しない。

### (2) 各種化学成分の偏析

各種化学成分の偏析は、Table 2 に示すように、Mn は 20% 前後減少し、C は頭部に、S は底部に高値を示し、Ni, Cr も電極材に比して減少している。しかしながら、全体的には、普通の鋼塊より化学成分の偏析はかなり少ない。

### (3) ガス含有量の分布

Table 1. Chemical composition of materials tested. (%).

Classification	Kind of materials	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Co
No. 1	Electrode Top of the ingot	0.84	0.21	0.30	0.015	0.010	0.21	1.97	0.25	0.03	
		0.82	0.21	0.23	0.013	0.010	0.16	1.93	0.23	0.03	
No. 2	Electrode Top of the ingot	0.35	0.01	0.16	0.012	0.014	0.40	1.07	1.22	0.41	
		0.36	0.01	0.11	0.011	0.014	0.39	1.01	1.20	0.41	
No. 3	Electrode Top of the ingot	0.33	0.32	0.55	0.016	0.019	3.10	0.09		0.11	
		0.31	0.31	0.47	0.016	0.022	3.04	0.09	0.39	0.14	
No. 4	Electrode Top of the ingot	1.59	0.26	0.33	0.023	0.014	0.19	1.14	0.71	0.53	0.57
		1.53	0.26	0.22	0.023	0.017	0.16	1.05	0.66	0.51	0.58

Table 2. Distribution of chemical composition.

Classification	Location	Chemical composition (%)										
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Co	M-Al
No. 1	Top.	0.86	0.22	0.23	0.015	0.010	0.16	1.94	0.24	0.03		0.004
	Upper middle.	0.82	0.21	0.23	0.013	0.024	0.16	1.95	0.22	0.03		0.004
	Lower middle.	0.83	0.22	0.23	0.013	0.010	0.16	1.95	0.22	0.03		0.004
	Bottom.	0.81	0.22	0.23	0.013	0.009	0.17	1.94	0.22	0.03		0.004
No. 2	Top.	0.38	0.01	0.10	0.013	0.016	0.37	1.07	1.21	0.44		0.006
	Upper middle.	0.38	0.01	0.07	0.011	0.016	0.37	1.04	1.19	0.43		0.005
	Lower middle.	0.37	0.01	0.14	0.012	0.014	0.36	1.07	1.19	0.43		0.006
	Bottom.	0.35	tr.	0.16	0.011	0.013	0.035	1.06	1.16	0.41		0.007
No. 3	Top.	0.42	0.35	0.47	0.022	0.029	3.14	0.09	0.42	0.17		0.005
	Upper middle.	0.34	0.32	0.46	0.016	0.023	3.04	0.08	0.39	0.14		0.005
	Lower middle.	0.34	0.33	0.46	0.016	0.024	3.04	0.09	0.36	0.14		0.007
	Bottom.	0.33	0.32	0.51	0.015	0.023	3.04	0.09	0.38	0.14		0.004
No. 4	Top.	1.53	0.26	0.20	0.022	0.018	0.16	1.05	0.68	0.54	0.57	0.006
	Upper middle.	1.50	0.26	0.21	0.022	0.018	0.16	1.07	0.67	0.57	0.57	0.006
	Lower middle.	1.49	0.26	0.22	0.023	0.018	0.16	1.08	0.65	0.57	0.57	0.007
	Bottom.	1.49	0.25	0.22	0.023	0.018	0.16	1.09	0.66	0.57	0.57	0.006

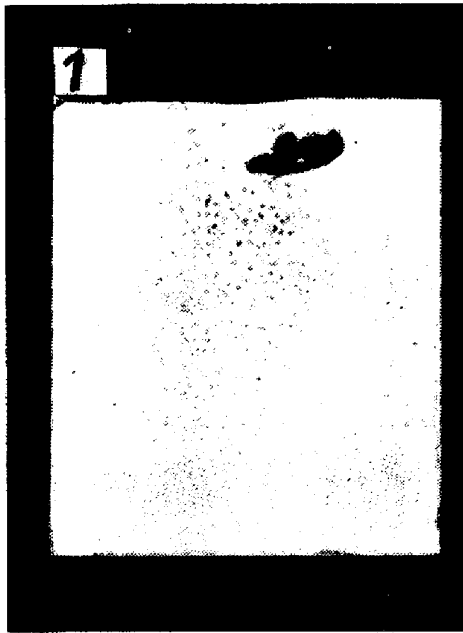


Photo. 1. Macrostructure of an ingot made by a consumable-electrode and vacuum arc melted and cast.

電極材と鋼塊内部のガス含有量の比較を Table 3 に示す。

各鋼種とも、電極材に比して、 $O_2$  量はいちじるしく

減少しているが、 $N_2$  量はほとんど変化がない。

鋼塊内部の  $O_2$  量の分布は、頭部に若干高値の傾向が認められる。

#### (4) 顕微鏡的非金属介在物の判定

顕微鏡的非金属介在物を、学振第 3 法の点算法により、判定した結果を Table 3 に示す。

各鋼種とも A 系介在物は電極材よりも減少し、No. 1, 2 は C 系介在物も減少している。また各鋼種とも、鋼塊内部の偏析はほとんど認められない。

#### (5) サンド量の分布

鋼塊内部の各位置のサンド量を電極材と比較した結果を Table 4 に示す。

各鋼種ともサンド量の偏析傾向は認められないが、電極材料に比して、非常に減少し、特に  $SiO_2$  の減少がいちじるしい。酸素量の減少は低圧下における C の脱酸限の低下に原因し、 $SiO_2$ ,  $MnO$ ,  $FeO$  などの酸化物の C による還元反応によるものである。

### IV. 結 言

消耗電極式真空アーク溶解方式によつて、溶製した 4 鋼種について、その内部性状を調査した。その結果、次の結論を得た。

1) マクロ組織、およびサルファープリントは、普通

Table 3. Distribution of gas content and non metallic inclusions.

Classification	Location	Gas content (ppm)			Inclusions (%)	
		$O_2$	Sol. $N_2$	Insol $N_2$	Type A	Type C
	Electrode	15	28	90	0.079	0.021
No. 1	Top.	15	8	79	0.025	0.004
	Upper middle.	11	11	63	0.021	0.008
	Lower middle.	9	13	66	0.013	0.013
	Bottom.	12	8	63	0.004	0.004
	Electrode	15	11	70	0.017	0.013
No. 2	Top.	15	10	70	0.008	0.008
	Upper middle.	7	11	69	0.013	0.000
	Lower middle.	10	13	73	0.008	0.013
	Bottom.	7	13	70	0.004	0.008
	Electrode	52	18	42	0.096	0.013
No. 3	Top.	8	10	59	0.091	0.013
	Upper middle.	9	11	46	0.075	0.017
	Lower middle.	7	8	45	0.066	0.017
	Bottom.	7	11	44	0.008	0.017
	Electrode	63	28	126	0.079	0.013
No. 4	Top.	16	28	118	0.053	0.017
	Upper middle.	16	24	118	0.025	0.013
	Lower middle.	16	25	115	0.075	0.008
	Bottom.	16	25	112	0.066	0.017

Table 4. Distribution of sand.

Classification	Location	Sand (ppm)				
		Total	SiO <sub>2</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
	Electrode	50	37	<1	10	<1
No. 1	Top	7	2	<1	4	<1
	Upper middle	7	2	<1	4	<1
	Lower middle	6	2	<1	3	<1
	Bottom	7	3	<1	3	<1
	Electrode	16	9	<1	6	<1
No. 2	Top	9	5	<1	3	<1
	Upper middle	8	4	<1	3	<1
	Lower middle	8	4	<1	3	<1
	Bottom	7	3	<1	3	<1
	Electrode	47	40	<1	4	<1
No. 3	Top	13	6	<1	6	<1
	Upper middle	10	4	<1	5	<1
	Lower middle	14	7	<1	5	<1
	Bottom	14	7	<1	5	<1

鋼塊に比較して、極めて良好である。

2) 本方式により、化学成分のうち、Mn が最も減少し、C, Cr, Ni も多少減少する。したがって Mn 量のコントロールには特に留意する必要がある。

3) C, S, P は鋼塊の頭部中心部に偏在し、他の成分の偏析は認められない。

4) O<sub>2</sub> 量の減少は一般にいちじるしい。特にサンド中の SiO<sub>2</sub> の減少が顕著である。N<sub>2</sub> 量はほとんど変化がない。

5) 顕微鏡的非金属介在物中、A<sub>1</sub> 系はほとんど変化なく、A<sub>2</sub> 系、C 系の酸化物系の介在物が減少している。

以上のごとく、消耗電極式真空アーク溶解せる鋼塊の性状はいちじるしく改良されるが、なお 2, 3 の溶解と各種材力試験を実施中なので、これについては後日報告する。

### (88) 大型火力発電所主蒸気管用鋼 (2<sup>1</sup>/<sub>4</sub>Cr-1Mo) への真空鑄造の応用

住友金属工業鋼管製造所

谷口千之・田上豊助・小谷良男

#### An Application of Vacuum Casting Process to the Steel (2<sup>1</sup>/<sub>4</sub>Cr-1Mo) for Main Steam Pipes of a Heat Power Station.

Chiyuki TANIGUCHI, Toyosuke TANOUÉ and Yoshio KOTANI.

#### I. 緒 言

当所における真空鑄造の目的は、大型火力発電所に使う主蒸気管鋼 (2<sup>1</sup>/<sub>4</sub>Cr-1Mo) の品質向上で、当所ではエルハルトプレス方式で製造しているが、この方式は、鋼塊部位別の鍛造比に大きな差があり、特に空隙などの欠陥の圧着にはきわめて不利でありかつまた、大型鋼塊特有の下部沈デン晶の問題などより脱酸剤としての Al の制約を受けるなどから、主として脱酸の促進を計ることにより品質の向上を得るべく真空鑄造を適用した。

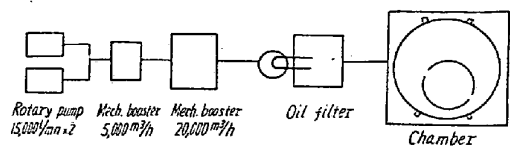


Fig. 1. Pumping system.