

不活性雰囲気造塊について*

(鋼中非金属介在物とくに砂疵に関する研究—II)

高尾善一郎**・成田貴一***・神田一男****・宮本 醇*****

On the Teeming in the Protective Atmosphere.

(Studies on nonmetallic inclusions, especially sand marks in steel—II)

Zenichiro TAKAO, Kiichi NARITA, Kazuo KANDA and Atsusi MIYAMOTO

An apparatus of the teeming in protective atmosphere that can simulate the practical operation was made in trial, then the teeming in air and in protective atmosphere was carried out. In both methods, the rate of oxidation of molten steel in air, which had effect on the occurrence tendency of the sand marks, the amount of oxide inclusions and the recovery of aluminum acting as the deoxidizer and the austenite grain refining etc., were compared each other and studied.

Results were summarized as follows;

1. The occurrence tendency of the sand marks was more remarkable in the teeming in air than in that in protective atmosphere. In the case of the teeming in air, the occurrence tendency of the sand marks depended on the kind of steel; that is, more remarkable with low-carbon chromium-molybdenum steel No.21 than with medium-carbon steel SAE 1030 and 1040. In the teeming in protective atmosphere, however, no difference on it was recognized between the kind of steel.

2. The amount of oxide inclusions and the oxygen content was found more in the former teeming than in the latter one, and also was found more at the top and bottom parts of the ingot than at the middle part of it on both cases.

3. A strong tendency of the occurrence of the sand marks was found with forged or rolled steel having much oxide inclusions and much oxygen in comparison with that having less oxide inclusions and oxygen.

4. The recovery of aluminum was higher in the teeming in protective atmosphere than in that in air. Judging from results obtained, it was really recognized that the rate of oxidation of molten steel in air had a remarkable effect on the occurrence tendency of the sand marks, the amount of oxide inclusions and the recovery of aluminum.

This undesired oxidation of molten steel could be prevented by use of argon or nitrogen gas in the teeming in a protective atmosphere. Argon gas, however, was rather expensive so that nitrogen had better be used in practical operation from the economical point of view.

I. 緒 言

造塊過程における溶鋼の大気酸化は鋼材の砂疵発生傾向ならびに非金属介在物とくに酸化物に質的にも量的にもすこぶるいちじるしい影響をおよぼす。また溶鋼の大気酸化は結晶粒度調整剤あるいは合金元素として添加した諸元素を酸化消耗し、それらの元素の歩留変動の大きな原因でもある。そこで鋼中非金属介在物に関する研究の一環として、10t塩基性電気炉を使用し、大気中造塊とアルゴンまたは窒素を使用する不活性雰囲気造塊とを実施し、(1)砂疵発生傾向、(2)非金属介在物とくに酸化物、(3)ガス成分ならびに(4)仕上脱酸剤および結晶粒度調整剤として添加したAlの歩留などにおよぼ

す造塊雰囲気の影響を比較検討した。本報ではかんたんにその実験結果を報告する。

II. 不活性雰囲気造塊装置

1. 出鋼樋

エルー式 10t 塩基性電気炉の出鋼樋上に Fig. 1 に示したように不活性ガス噴射管を設置した。噴射管は内径 18.4mm, 外径 30.0mm の鋼管であり、これに径

* 昭和 35 年 10 月本会講演大会にて講演

** 株式会社神戸製鋼所中央研究所長 工博

*** 株式会社神戸製鋼所中央研究所 工博

**** 株式会社神戸製鋼所門司工場

***** 株式会社神戸製鋼所中央研究所

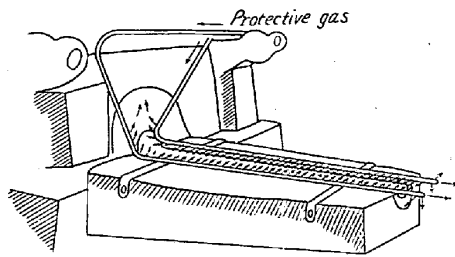


Fig. 1. The ejection tube for protective gas, set up to spout.

2.5mm のガス噴射孔を 40mm 間隔にあけた。溶鋼表面にガスを直接吹きつけると、溶鋼の温度低下をきたすので、Fig. 1 に示した方向にガスが噴射されるように孔をあけた。

2. 注入口および鑄型

下注法の場合における不活性ガス噴射管の配置を Fig.

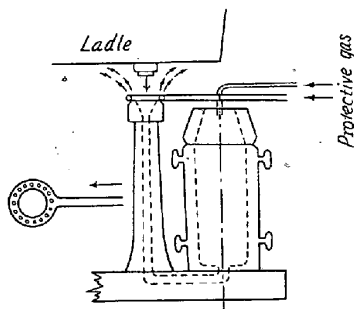


Fig. 2. Assembly of bottom-teeming in the protective atmosphere.

2 に示す。湯道の注入口の上に内径 18.4 mm, 外径 30.0 mm の鋼管で作製した環状管を設置し、上部に径 2.5mm の噴射孔を 20mm 間隔にあけ、Fig. 2 に示したように不活性ガスを上方、取鍋底部に向けて噴射させる。

一方鑄型には Fig. 2 に示したように不活性ガス導入管を設置し、あらかじめ不活性ガスをその先端より噴出させて鑄型内の空気を不活性ガスで置換し、つぎにガスの噴出速度を減じて、溶鋼注入中は上昇する溶鋼表面を不活性ガスで被覆する程度にする。

3. 不活性ガスおよびガス回路の現場配置

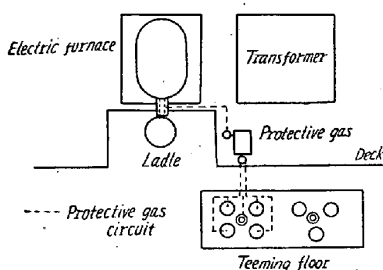


Fig. 3. Spot arrangement of protective gas circuit.

(a) 不活性ガス：不活性ガスとしては帝国酸素 KK 製ボンベ入り溶接用アルゴンおよび純窒素を入荷状態のままの純度で使用した。

(b) 不活性ガス回路の現場配置：不

活性ガス回路の現場配置の概略を Fig. 3 に示す。

III. 操 業

脱酸検定、出鋼温度測定後、不活性ガスボンベ置場に

設置したメイン・バルブを操作調節し、出鋼直前に圧力計および流速計を用いて $6\sim 7\text{ m}^3/\text{mn}$ の速度でガスを噴出させ、噴射ガス壁で大気を遮断しながら溶鋼を取鍋内に注入する。出鋼後、仕上脱酸剤およびオーステナイト結晶粒度調整剤として Al を添加（突込法）し鎮静する。この間ふたび圧力計および流速計を用いながらバルブを操作し湯道および鑄型内の空気を不活性ガスで置換する。鎮静後取鍋をクレーンで移動させて湯道の注入管上に配置し、つぎに不活性ガスの流速を $5\sim 6\text{ m}^3/\text{mn}$ に高め、噴射ガス壁で大気を遮断しながら不活性雰囲気中で鑄込む。このさい鑄型の押湯部に設置した導入管よりのガス噴出はただ単に鑄型内を上昇する溶鋼表面を不活性ガスでおおい、大気による酸化を防止する程度で充分である。

IV. 実 験 結 果

中炭素鋼鍛鋼 SAE 1030, 1040 および Cr-Mo 鋼 21 種 (SCM 21) について、大気中ならびにアルゴンまたは窒素雰囲気造塊を実施し、砂疵発生傾向、非金属介在物とくに酸化物、ガス成分、脱酸およびオーステナイト結晶粒度調整用 Al の歩留などにおよぼす造塊雰囲気の影響を比較検討した結果をのべる。

1. 供試材の造塊条件および一般化学成分組成

本実験供試材の造塊条件ならびに一般化学成分組成を示すと Table 1 および Table 2 のとおりである。

2. 砂疵発生傾向

125mm 角鍛造材より $d_I=120\text{mm}$, $d_{II}=80\text{mm}$, $d_{III}=60\text{mm}$ の段削り試験材を切り出して、砂疵の肉眼試験 (JIS, G0556, 1956) をおこなった結果を Table 3 に示す。本実験結果によれば大気中造塊の場合、砂疵発生傾向は Cr-Mo 鋼 21 種 (SCM 21) 材の方が中炭素鋼 SAE 1030 および 1040 材よりもやや多い傾向が認められる。またいずれの鋼種においても砂疵発生傾向は大気中造塊材の方が不活性雰囲気造塊材よりも顕著である。

3. 砂疵構成成分

前報りに詳述した方法によつて、脱酸剤およびオーステナイト結晶粒度調整剤として Al を添加した本実験供試材に認められた砂疵の光学顕微鏡的形態ならびに性状を観察し、砂疵構成成分の認定を試みた結果を示すと Table 4 のとおりである。すなわちいずれの鋼種においても大気中造塊材と不活性雰囲気造塊材とに現出する砂疵は、光学顕微鏡的形態、性状ならびに構成成分上、ほぼ同様な種類の砂疵であり、本実験の範囲内において造塊雰囲気による差異は認められない。

Table 1. Details of ingot-making by bottom-teeming procedure.

steel	Charge No.	Teeming	Tapping temp. (°C)	Tapping time (mn)	Al addition in ladle (g/t)	Killing time (mn)	Diameter of nozzles (mm)	Ingot	Teeming temp. (°C)	Teeming time
SAE 1030	L F 2035	In air	1615	~2	200	5	50	2.5 t × 4	1540~1535	4'16"
SAE 1030	S D 3508	In nitrogen	1615	~2	200	5	50	"	1539~1535	4'06"
SAE 1040	L F 1972	In air	1620	~2	170	5	50	"	1543~1538	4'30"
SAE 1040	S D 3482	In argon	1620	~2	170	5	50	"	1545~1536	5'50"
SCM 21	K E 1363	In air	1630	~2	270	6	60	3.0 t × 4	1568~1562	4'50"
SCM 21	S D 3532	In argon	1625	~2	270	5	60	3.5 t × 3	1555~1550	4'40"

Table 2. Chemical composition of specimens. (%)

steel	Charge No.	Teeming	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Forging ratio
SAE 1030	L F 2035	In air	0.28	0.64	0.26	0.020	0.018	0.20	0.15	0.12	—	14.5
SAE 1030	S D 3508	In nitrogen	0.30	0.70	0.27	0.023	0.014	0.18	0.08	0.09	—	14.5
SAE 1040	L F 1972	In air	0.36	0.60	0.32	0.026	0.025	0.21	0.13	0.08	—	14.5
SAE 1040	S D 3482	In argon	0.35	0.56	0.28	0.014	0.011	0.22	0.06	0.15	—	14.5
SCM 21	K E 1363	In air	0.18	0.69	0.35	0.014	0.026	0.20	0.18	1.05	0.22	16.8
SCM 21	S D 3532	In argon	0.17	0.64	0.30	0.012	0.014	0.21	0.14	1.07	0.22	18.5

Table 3. Results of macroscopical inspection of sand marks.

Steel	Charge No.	Teeming	Top part of the steel ingot			Middle part of the steel ingot			Bottom part of the steel ingot		
			1 st step	2 nd step	3 rd step	1 st step	2 nd step	3 rd step	1 st step	2 nd step	3 rd step
SAE 1030	L F 2035	In air	2.0(2)	0	0	0	0	0	3.5(3)	1.5(1)	0
SAE 1030	S D 3508	In nitrogen	0	0	0	0	0	0	3.0(2)	0	0
SAE 1040	L F 1972	In air	1.5(2)	2.5(2)	0	0	0	0	1.0(1)	2.0(2)	0
SAE 1040	S D 3482	In argon	1.5(1)	0	0	0	0	0	0	0	0
SCM 21	K E 1363	In air	2.0(1)	0	0	0	0	0	8.0(6)	1.0(2)	0
SCM 21	S D 3532	In argon	2.0(2)	0	0	0	0	0	0	0	0

Note. The figures given in the table are an indication of the total length (mm) of sand marks detected in accordance with the JIS G 0556 inspection method, and the figures in parentheses are, the number of sand marks.

4. 非金属介在物

非金属介在物とくに温硝酸法²⁾³⁾によつて定量した酸化物と造塊雰囲気との関係を示すと Table 5 および Fig. 4 のとおりである。すなわち

(a) 酸化物と造塊雰囲気との関係

仕上脱酸剤およびオーステナイト結晶粒度調整剤として Al を添加した本実験供試材中に認められる酸化物は Al_2O_3 が主成分であり、酸化物または Al_2O_3 量は大気中造塊材の方が不活性雰囲気造塊材よりも一般にやや多い傾向がある。

(b) 鋼塊内における酸化物の分布

本実験供試材はいずれも下注鋼塊であり、鋼塊内における酸化物の分布は SD 3482 中炭素鋼 SAE 1040 材は例外であるが、一般に鋼塊の top 部および bottom 部に多く、middle 部は比較的少ない。この傾向は後報において述べる下注鋼塊内における酸化物の一般的分

布傾向と一致している。

(c) 砂疵発生傾向と酸化物との関係

Table 3, Table 5 および Fig. 4 に示した実験結果によれば、砂疵発生傾向の顕著な供試材中の酸化物量は砂疵発生傾向の少ない供試材または砂疵の認められない供試材中の酸化物量よりも一般にやや多い傾向がある。

(d) 清浄度

Table 5 に示したように、供試材の清浄度(旧学振法²⁾)と造塊雰囲気との間には明瞭な関係は認められないが、鋼種と清浄度との間にはつぎのような関係がある。すなわち、中炭素鋼 SAE 1040 材の清浄度がもつともすぐれており、Cr-Mo 鋼 21 種 (SCM 21) 材の清浄度は中炭素鋼 SAE 1030 および 1040 材に比較してやや劣る。

5. ガス成分

供試材中のガス成分におよぼす造塊雰囲気の影響を示

Table 4. Appearance of sand marks and identification of non-metallic inclusions that constitute sand marks.

Steel	Al addition in ladle (g/t)	Type of sand marks	Detected frequency of sand marks		Appearance of sand marks	Identification of inclusions
			Teeming in air	Teeming in protective atmosphere		
Medium carbon steel (SAE1030)	200	Cry-stalline	4	1	Greyish white~grey crystals form strings stretched along the direction of forging.	Al_2O_3 $MO \cdot Al_2O_3$, (M:Fe, Mn) alumino-silicates
		Com-plicated	1	—	Grey undeformed crystals are included in grey~dark grey glassy inclusions elongated plastically along the longitudinal direction during forging.	Undeformed crystals: Al_2O_3 , $MO \cdot Al_2O_3$, (M:Fe, Mn) alumino-silicates. Elongated inclusions: SiO_2 , iron-, mangano-silicates.
		Amor-phous	1	1	Grey glassy inclusions elongated plastically along the longitudinal direction during forging.	SiO_2 , iron-, mangano-silicates.
Medium carbon steel (SAE1040)	170	Cry-stalline	5	1	Greyish white~grey crystals form strings stretched along the direction of forging.	Al_2O_3 $MO \cdot Al_2O_3$, (M:Fe, Mn) alumino-silicates
		Com-plicated	1	—	Greyish white~grey undeformed crystals are included in dark grey~blackish grey inclusions elongated plastically along the longitudinal direction during forging.	Undeformed crystals: Al_2O_3 , $MO \cdot Al_2O_3$, (M:Fe, Mn) alumino-silicates. Elongated inclusions: SiO_2 iron-, mangano-silicates.
		Amor-phous	1	—	Light grey glassy inclusions elongated plastically along the longitudinal direction during forging.	SiO_2 , iron-, mangano-silicates, rarely (Fe, Mn)S
Cr-Mo steel No.21 (SCM21)	270	Cry-stalline	3	—	Greyish white, rarely yellowish grey crystals form strings stretched along the direction of forging.	Al_2O_3 , $MO \cdot Al_2O_3$, (M:Fe, Mn) alumino-silicates.
		Com-plicated	5	2	Greyish white~grey undeformed crystals are included in dark grey~blackish grey inclusions elongated plastically along the longitudinal direction during forging.	Undeformed crystals: Al_2O_3 , $MO \cdot Al_2O_3$, (M:Fe, Mn) alumino-silicates. Elongated inclusions: SiO_2 , iron-, mangano-silicates.
		Amor-phous	1	—	Light grey~blackish grey glassy inclusions elongated plastically along the longitudinal direction during forging.	SiO_2 , iron-, mangano-silicates.

すと Table 5 および Fig. 4 のとおりである。酸素は真空溶融法により、窒素は Kjeldahl 法によつて定量した。供試材中の酸素量におよぼす造塊雰囲気の影響は、酸素の絶対量の差が少なく本実験では結論し得ないが、鋼塊内における酸素の分布にはつぎの関係が認められる。すなわち

(i) SD 3482 中炭素 SAE 1040 材は例外であるが酸素は一般に鋼塊の top 部および bottom 部に多く、middle 部には比較的少ない。この分布傾向は前記鋼

塊内における酸化物の分布傾向と一致している。

(ii) 砂疵発生傾向の顕著な供試材中の酸素量は砂疵発生傾向の少ない供試材または砂疵の認められない供試材中の酸素量よりも一般にやや多い。

一方供試材中の窒素量は明らかにアルゴン雰囲気造塊材の方が大気中または窒素雰囲気造塊材よりも少ない傾向がある。このことは溶鉄または溶鋼中の窒素の溶解度とその分圧 P_{N_2} との間に A. Sieverts 則が成立するという事実と一致しているが、大気中造塊材と窒素雰囲気

Table 5. Effects of teeming atmosphere on the recovery of aluminum which had been added as the deoxidizer and the austenite grain refiner, the amounts of oxide inclusions and gas, the cleanliness and the austenite grain size.

Charge No. steel	Teeming	Part of specimen in steel ingot	Al addition in ladle (g/t)	Σ Al (%)	Recovery of aluminum (%)	Oxide inclusions (%)	
						Al ₂ O ₃	SiO ₂
L F 2035 (S A E 1030)	In air	Top	200	0.015	75.0	0.0118	0.0002
		Middle		0.015	75.0	0.0116	0.0002
		Bottom		0.013	65.0	0.0124	0.0002
S D 3508 (S A E 1030)	In nitrogen	Top	200	0.017	85.0	0.0110	0.0002
		Middle		0.016	80.0	0.0098	0.0000
		Bottom		0.019	95.0	0.0120	0.0000
L F 1972 (S A E 1040)	In air	Top	170	0.013	76.5	0.0120	0.0002
		Middle		0.013	76.5	0.0115	0.0000
		Bottom		0.016	94.2	0.0125	0.0002
S D 3482 (S A E 1040)	In argon	Top	170	0.015	88.3	0.0110	0.0000
		Middle		0.015	88.3	0.0106	0.0000
		Bottom		0.016	94.2	0.0092	0.0000
K E 1363 (S C M 21)	In air	Top	270	0.017	63.0	0.0122	0.0002
		Middle		0.015	55.6	0.0110	0.0000
		Bottom		0.018	66.7	0.0140	0.0005
S D 3532 (S C M 21)	In argon	Top	270	0.019	70.4	0.0126	0.0002
		Middle		0.017	63.0	0.0109	0.0000
		Bottom		0.019	70.4	0.0118	0.0000

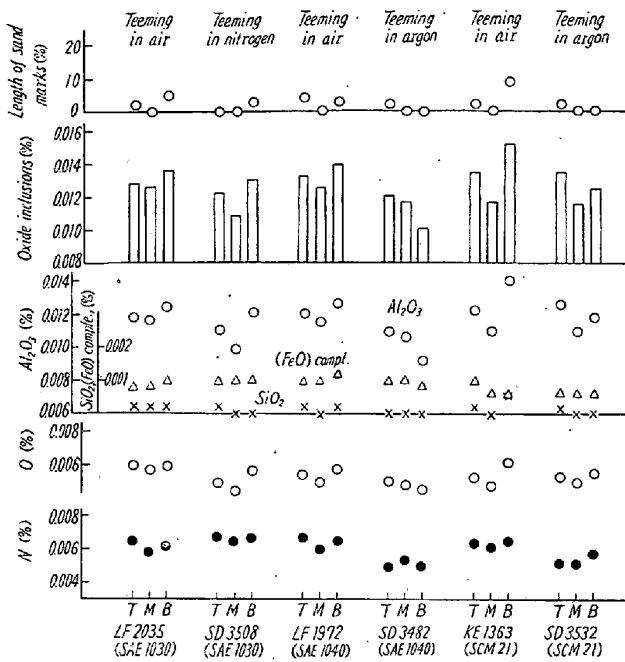
Charge No. steel	Oxide inclusions (%)			Gas (%)		Cleanliness	Austenite grain size No. (925°C, 6 h)
	(FeO) _{compl}	(MnO) _{compl}	Cr ₂ O ₃	O	N		
L F 2035 (S A E 1030)	0.0008	0.0000	0.000	0.0060	0.0065	B3~4, ~6μ A1, 3μ	7.4
	0.0008	0.0000	0.000	0.0057	0.0058		7.2
	0.0010	0.0000	0.000	0.0060	0.0062		7.1
S D 3508 (S A E 1030)	0.0010	0.0000	0.000	0.0050	0.0068	B3, 3μ A1, ≤3μ	7.0
	0.0010	0.0000	0.000	0.0045	0.0065		6.8
	0.0010	0.0000	0.000	0.0057	0.0067		7.4
L F 1972 (S A E 1040)	0.0010	0.0000	0.000	0.0055	0.0067	B2, ≤3μ A1, ≤3μ	6.9
	0.0010	0.0000	0.000	0.0050	0.0060		6.3
	0.0012	0.0000	0.000	0.0058	0.0065		6.7
S D 3482 (S A E 1040)	0.0010	0.0000	0.000	0.0051	0.0050	B1~2, ≤3μ A1, ≤3μ	6.9
	0.0010	0.0000	0.000	0.0049	0.0054		6.7
	0.0008	0.0000	0.000	0.0046	0.0050		6.6
K E 1363 (S C M 21)	0.0010	0.0000	0.000	0.0053	0.0064	B4, 3~6μ A1, ≤3μ	7.3
	0.0006	0.0000	0.000	0.0048	0.0062		7.0
	0.0006	0.0000	0.000	0.0062	0.0065		7.1
S D 3532 (S C M 21)	0.0006	0.0000	0.000	0.0054	0.0052	B4, ≤6μ A1, ≤3μ	7.4
	0.0006	0.0000	0.000	0.0050	0.0052		7.4
	0.0006	0.0000	0.000	0.0056	0.0058		7.2

気造塊材については分析誤差の範囲内で差は認められなかつた。またいずれの場合においても、鋼塊内における窒素の分布は酸素の場合とほぼ同様であり、top 部および bottom 部に多く、middle 部には比較的少ない。

6. 脱酸およびオーステナイト結晶粒度調整剤の歩留

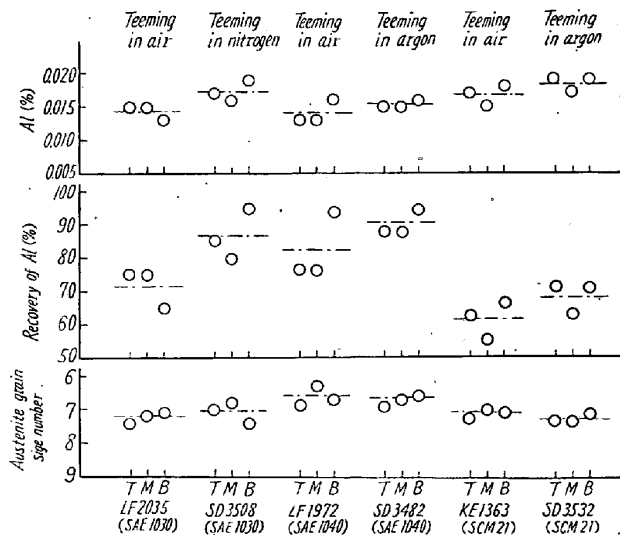
脱酸およびオーステナイト結晶粒度調整剤として添加した Al の歩留におよぼす造塊雰囲気の影響を示すと Table 5 および Fig. 5 に併記したとおりである。すなわち

(a) Al の歩留と造塊雰囲気との関係



Note: T, M and B denote the top, the middle and the bottom parts of steel ingots respectively.

Fig. 4. Effects of teeming atmosphere on the occurrence tendency of sand marks and the amounts of oxide inclusions and gas.



Note: T, M and B denote the top, the middle and the bottom parts of steel ingots, respectively.

Fig. 5. Effects of teeming atmosphere on the recovery of aluminum which had been added as the deoxidizer and the austenite grain refiner, and the austenite grain size.

いずれの鋼種においても、Alの歩留は不活性雰囲気造塊の方が大気中造塊の場合よりも良好である。

(b) Alの歩留と鋼種との関係

本実験の範囲内では、中炭素鋼 SAE 1040 材にお

Table 6. Expenditure of the teeming in protective atmosphere.

Protective atmosphere	Gas capacity for use (per 10t molten steels)	Expenditure (per 1t steel)
Argon	30~40 m ³	1500~2000 yen
Nitrogen	30~40 m ³	240~320 "

る Alの歩留がもつとも良好であり、Cr-Mo 鋼 21 種 (SCM21) 材における Alの歩留はやや低い。

(c) オーステナイト結晶粒度

本実験の範囲内では、供試材のオーステナイト結晶粒度 (JIS, G0551, 1956) は G6~7を呈し、いずれも整粒組織の細粒鋼であり、鋼種および造塊雰囲気による差は認められなかった。

V. 不活性雰囲気造塊の費用

不活性雰囲気造塊費用は使用する不活性ガスの価格とその使用量によつて左右される。不活性ガスとしてアルゴンを使用した場合と窒素を使用した場合とについて、経費を計算すると Table 6 に示したとおりである。窒素を使用した場合、鋼材中の窒素量はやや多くなる傾向はあるが、他の諸点においてはアルゴンを使用した場合とさして変わらない。とくにオーステナイト結晶粒の微細化調整機構が窒化アルミニウム AlN の析出に依存する点より考えれば、むしろ窒素量のやや多い方が望ましい。したがつて不活性雰囲気造塊用のガスとしては、少なくとも本実験鋼種を対象とした場合、窒素の方が経済的であり、とくにアルゴンを使用する理由は見出されない。

VI. 総 括

現場操業に対処した不活性雰囲気造塊装置を試作し、大気中造塊と不活性雰囲気造塊とを実施し、砂疵発生傾向、非金属介在物とくに酸化物、合金元素とくに脱酸剤およびオーステナイト結晶粒度調整剤として添加したアルミニウムの歩留などにおよぼす溶鋼の大気酸化の影響を比較検討した。その結果を総括するとつぎのとおりである。

(1) 砂疵発生傾向は大気中造塊材の方が不活性雰囲気造塊材よりも顕著である。大気中造塊の場合、砂疵発生傾向は低炭素クロム・モリブデン鋼 21 種 (SCM21) 材の方が中炭素鋼 SAE 1030, 1040 材よりも顕著である。不活性雰囲気造塊の場合、鋼種による砂疵発生傾向の差異は認められない。

(2) 脱酸およびオーステナイト結晶粒度調整剤とし

て Al を添加した鋼材に認められる砂疵の光学顕微鏡的形態ならびに性状を要約すると前記 Table 4 のとおりである。大気中造塊材と不活性雰囲気造塊材とに現出する砂疵は、光学顕微鏡的形態、性状ならびに構成成分上ほぼ同様な砂疵であり、造塊雰囲気による差異は認められない。

(3) 非金属介在物とくに酸化物は大気中造塊材の方が不活性雰囲気造塊材よりも多い。いずれの場合も酸化物は鋼塊の top 部および bottom 部に多く、middle 部には比較的少ない。

(4) いずれの鋼種においても、酸化物の多い鋼材は酸化物の少ない鋼材に比較して砂疵発生傾向は大きい。

(5) 鋼材の清浄度と造塊雰囲気との間には明瞭な関係は認められないが、鋼材の清浄度と鋼種との間には若干の相関性が認められる。すなわち低炭素クロム・モリブデン鋼 21 種 (SCM 21) 材の清浄度は中炭素鋼 SAE 1030 および 1040 材に比較してやや劣る。

(6) 鋼材中の酸素の絶対量におよぼす造塊雰囲気の影響は本実験結果では明白でないが、鋼塊内における酸素の分布にはつぎの関係が認められる。すなわち (i) 酸素は鋼塊の top 部および bottom 部に多く、middle 部には比較的少ない。(ii) この分布傾向は鋼塊内における酸化物の分布傾向とほぼ一致している。(iii) 砂疵発生傾向の顕著な鋼材中の酸素量は砂疵発生傾向の少ない鋼材または砂疵の認められない鋼材中の酸素量よりも一般にやや多い。

(7) 鋼材中の窒素量は、アルゴン雰囲気造塊材の方が大気中造塊材または窒素雰囲気造塊材よりもやや少ない傾向がある。

(8) 脱酸およびオーステナイト結晶粒度調整剤として添加した Al の歩留は、不活性雰囲気造塊の方が大気中造塊の場合よりも良好である。

すなわち以上の実験結果より、砂疵発生傾向、非金属介在物とくに酸化物、添加合金元素の歩留におよぼす溶鋼の大気酸化の影響が比較的に大きいことが確認された。このような好ましくない溶鋼酸化の影響はアルゴンまたは窒素を使用する不活性雰囲気造塊によつてある程度防止することが可能である。しかしながらアルゴンは比較的が高価であり、鋼塊価格が 1500~2000円/t ほど高くつくので、現場操業に対処しては窒素を使用すべきである。窒素を使用した場合の操業費用は 240~320円/t である。

VII. 結 言

不活性雰囲気造塊を実施して溶鋼の大気酸化の影響を低減することは、砂疵防止対策上からも、また清浄鋼の溶製、結晶粒度調整剤ならびに合金元素の歩留向上を計る点からも有意義である。本研究においては現場作業の都合上、取鍋内雰囲気調整は実施しなかつたが、鑄型に適用したと同様の方法によつて取鍋内大気の大部分を不活性ガスで置換し、大気による過度の溶鋼酸化を防止することができる。(昭和36年2月寄稿)

文 献

- 1) 高尾善一郎, 下瀬高明, 成田貴一, 宮本醇:
鉄と鋼, 47, (1960), 7, 907~918
- 2) 日本学術振興会: “鉄鋼化学分析全書” 下巻,
(1952), 日刊工業新聞社
- 3) 日本学術振興会: “鉄鋼迅速分析法” (1956),
丸善株式会社