

bottom 部にもつとも多く、つぎに top 部に多く、middle 部は比較的少ない傾向がある。同様の傾向は真空溶融法によつて定量した酸素の鋼塊内における分布にも認められる。

4. 砂疵発生傾向とサンドとの関係

段割り肉眼試験による砂疵の検出傾向とサンドとの関係を示すと Fig. 5 (省略, 会場掲示) のとおりである。すなわち砂疵発生傾向の顕著な供試材中のサンド量は、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サンド量よりもやや多い傾向がある。

5. 砂疵およびサンド発生傾向と造塊条件との関係

上注と下注との造塊法自体の差異を除外すれば、上注と下注の実験におけるもつとも大きな造塊条件の相違はノズル径である。Table 1 に示したようにノズルは、上注造塊では7チャージ中5チャージが径 28mm であり、2チャージが径 50mm である。ところが下注造塊では7チャージとも径 50mm である。ノズル径が 28mm と 50mm との場合について、鑄込時大気に接触する溶鋼の表面積を比較すると、28mm の場合は 50mm の場合の 1.78 倍すなわち約 2 倍となる。したがつて鑄込時における溶鋼酸化の影響もノズル径 28mm の上注造塊の場合の方が顕著であろうと考えられる。このことは上注鋼塊におけるサンド量と砂疵発生傾向が下注鋼塊に比較してやや多いという前記実験結果に矛盾しない。

IV. 結 言

本研究結果によれば、仕上脱酸剤ならびに結晶粒度調整剤としてアルミニウムを用いた場合、砂疵防止対策上の見地から現行の下注造塊法を上注造塊法に置き換えるべき特別の理由は見出されなかつた。しかしながら、まずサンドの少ない鋼の溶製法を確立することが砂疵防止対策上の重要な問題解決の手懸りであり、それには脱酸、結晶粒度調整、造塊雰囲気、耐火材ならびに造塊条件などに関する基礎的な研究が必要である。これらの点に関しては、すでに検討を実施中であり、その詳細な別の機会に報告する予定である。

(75) 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—Ⅲ)

神戸製鋼所中央研究所○成 田 貴 一

〃 岩屋工場 神 田 一 男

〃 中央研究所 宮 本 醇

On the Teeming in the Protective Atmosphere.

(Studies on the non-metallic inclusions, especially sand marks in steel—Ⅲ)

Kiichi Narita, Kazuo Kanda and Atsusi Miyamoto.

I. 緒 言

造塊過程中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サンド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サンド、(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アルミニウム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。以下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

エール式 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 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。

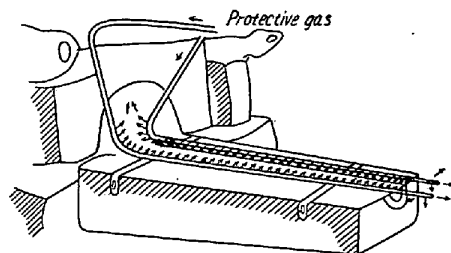


Fig. 1. The ejection tube for protective gas, set up to spout.

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. 2 に示す。湯道の注入口上に内径 18・4mm, 外径 30・0mm 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 間隔に明け, 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出させる。一方鑄型には Fig. 2 に示したように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。

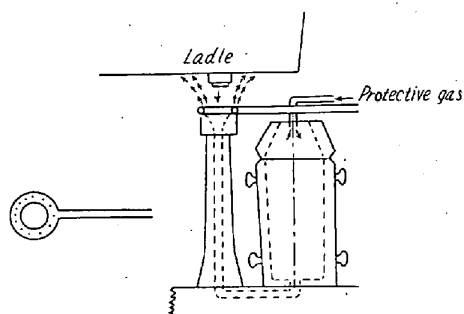


Fig. 2. Assembly of bottom teeming in the protective atmosphere.

3. 不活性ガスおよびガス回路の現場配置

(1) 不活性ガス: 不活性ガスとしては, 帝国酸素 K 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。

(2) 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 (省略) 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, 仕上脱酸剤および結晶粒度調整剤としてアルミニウムを添加(突込法)し鎮静する。この間, ふた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ほい, 大気による酸化を防止する程度で充分である。

IV. 試 験 結 果

中炭素鋼 (SAE1030, 1040) およびクロム・モリブ

デン鋼 21 種について, 大気中ならびにアルゴンまたは窒素雰囲気中造塊を実施し, 砂疵発生傾向, 非金属介在物とくにサンド, ガス, 脱酸および結晶粒度調整用アルミニウム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。その実験結果を要約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, 砂疵発生傾向はクロム・モリブデン鋼 21 種材の方が中炭素鋼材よりも顕著である。不活性雰囲気造塊の場合は鋼種による砂疵発生傾向の差はほとんど認められない。

2. 脱酸剤および結晶粒度調整剤としてアルミニウム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特性を示すと Table 1 のとおりである。なお大気中造塊材と不活性雰囲気造塊材に発生する砂疵の形態ならびに特性には, 本質的な差異は認められない。

3. 非金属介在物とくにサンドは大気中造塊材の方が不活性雰囲気造塊材よりも多い。いずれの場合もサンドは鋼塊の top 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, サンドの多い鋼材はサンドの少ない鋼材に比較して砂疵発生傾向が大きい。

5. 学振法による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かったが, 鋼材の清浄度と鋼種との間には若干の傾向が認められる。すなわちクロム・モリブデン鋼 21 種材の清浄度は中炭素鋼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た。すなわち (1) 酸素は鋼塊の top 部, bottom 部に多く, middle 部には比較的少ない。 (2) この分布傾向はサンドの分布傾向と一致している。 (3) 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または窒素雰囲気造塊材よりも少ない傾向がある。

8. 脱酸剤および結晶粒度調整剤として添加したアルミニウムの歩留は, 不活性雰囲気造塊の方が大気中造塊よりも良好である。

すなわち以上の実験結果より, 大気による溶鋼酸化の砂疵発生傾向, 非金属介在物とくにサンド, 添加合金元素の歩留におよぼす影響が比較的顕著であることが確認された。これらの好ましくない溶鋼酸化の影響はアルゴ

Table 1. Appearance of sand marks and identification of nonmetallic inclusions that constitute sand marks.

Steel	Al addition 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 (SAE 1030)	200	Crystalline	4	1	Greyish white-grey crystals form strings stretched along the direction of forging	Al_2O_3 $\text{MO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ alumino-silicates
		Complicated	1	—	Grey-dark grey undeformed crystals are included in grey glassy inclusion elongated plastically along longitudinal direction during forging	Undeformed crystals : Al_2O_3 , $\text{MO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ alumino-silicates elongated inclusions : (Fe, Mn)O silicates
		Amorphous	1	1	Grey glassy inclusion elongated plastically along longitudinal direction during forging	Silicates rarely (Fe, Mn)S
Medium carbon steel (SAE 1040)	170	Crystalline	5	1	Greyish white-grey crystals form strings stretched along the direction of forging	Al_2O_3 $\text{MO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ alumino-silicates
		Complicated	—	—	Greyish white-grey undeformed crystals are included in dark-blackish grey inclusions elongated plastically along longitudinal direction during forging	Undeformed crystals : Al_2O_3 , $\text{MO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ alumino-silicates elongated inclusions : (Fe, Mn)O, silicates
		Amorphous	2	—	Greyish white-rarely light purple-glassy inclusions elongated plastically along longitudinal direction during forging	Silicates rarely (Fe, Mn)S
Cr-Mo steel No. 21 (SCM21)	270	Crystalline	2	—	Greyish white-rarely yellowish grey-crystals form strings stretched along the direction of forging	Al_2O_3 $\text{MO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ alumino-silicates
		Complicated	5	2	Greyish white-grey undeformed crystals are included in dark-blackish grey inclusions elongated plastically along longitudinal direction during forging	Undeformed crystals : Al_2O_3 , $\text{MO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ alumino-silicates elongated inclusion : (Fe, Mn)O, (Fe, Mn)S silicates
		Amorphous	1	—	Greyish white-blackish grey glassy inclusions elongated plastically along longitudinal direction during forging	(Fe, Mn)O (Fe, Mn)S silicates

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低減することが可能である。しかしながらアルゴンは比較的高価であり、鋼塊価格が 1,500~2,000円/tほど高くつくので、現場操業には窒素を使用すべきである。窒素を使用した場合の所要ガス費用は 220~300円/tである。

V. 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、鋳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。