

う。

その他、現在までの結果をまとめるとつぎのようになる。

(1) 硫化物系介在物

明るい灰色をしている伸びた介在物は、軟く、発振することなく抽出可能。マトリックスとの密着性は比較的良好。抽出後の粉末は割合に大きい。電子線は透過しやすい。

(2) アルミナ系介在物

暗い灰色をしていて、非常に硬く、抽出のさいには摩擦により青白い光を発するのが見られた。抽出した粉末は割合に細かいが、電子線はやや透過しにくい。この介在物のマトリックスとの密着性は、抽出のさい介在物が飛び散ることがあるところから、あまり良くないと思われる。

(3) 酸化物系介在物

シリカのような介在物は、抽出のさいにやはり青白い光を発し、粉末は比較的角状をなしている。電子線は透過しにくい。これは、その結晶構造によるものか、表面状態に左右されるものと思われる。鉄、マンガンおよびチタンの酸化物は割合に抽出しやすい。

なお、抽出可能な介在物の大きさは、介在物の種類、形状および針のさきの太さなどにより異なるが、数 $\mu$ 程度ならば容易である。しかし、その解析にはまだ多分に問題があり、電子回折は 100kV 以上が望まれる。X線回折も実施したが、抽出した量が少ないために、満足な結果は得られていない。地キズの抽出には好適と思われる。

介在物をそのままの形で抽出することは、不可能ではないが、マトリックスが混入することなどの点から、技術的に複雑である。

## (153) 上注および下注造塊法と砂疵との関係について

(鋼中非金属介在物とくに砂疵に関する研究—Ⅳ)

神戸製鋼所中央研究所

工博 高尾善一郎・工博 下瀬 高明

工博○成田貴一・宮本 醇

### On the Relation between the Sand Marks and Top- and Bottom-Teeming Procedures.

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

Dr. Zenichiro TAKAO, Dr. Takaaki SIMOSE,

Dr. Kiichi NARITA and Atsushi MIYAMOTO.

#### I. 緒 言

前報<sup>1)~3)</sup>に引続き鋼中非金属介在物とくに砂疵に関する研究の一環として、塩基性電気炉溶製のクロム・モリブデン鋼 21 種を対象とし、砂疵発生傾向におよぼす(1)造塊法すなわち上注と下注造塊法、(2)脱酸剤および結晶粒度調整剤、(3)溶鋼の大気酸化、などの影響を見きわめ、かつ(4)砂疵の現出状態におよぼす加工の影響を調査し、(5)製鋼上防止し得る砂疵と防止し得ない砂疵との限界などについて検討中であるが、本報においては脱酸剤としてカルシウム・シリサイドを用い、結晶粒度調整剤としてバナジウムを添加した場合について、サンド量ならびに砂疵発生傾向と上注および下注造塊法との関係について検討をおこなった結果を述べる。

#### II. 供 試 材

1. 鋼種: クロム・モリブデン鋼21種 (SCM 21)
2. 溶解: 10t 塩基性電気炉
3. バナジウム添加: バナジウム 0.1%を炉中添加した。
4. 造塊条件: 本研究においてはサンドならびに砂疵発生傾向におよぼす上注および下注造塊法の影響を比較するため、上注および下注造塊各5チャージを実施し、可及的に造塊条件を一定に保つため、出鋼温度を 1620~1630°C の範囲に統一した。造塊条件の詳細を示すと Table 1 のとおりである。
5. 供試材採取要領: Table 2 (省略) に示した寸法の圧延材より鋼塊の top, middle, bottom 部に相当する部分を切断して供試材とした。

#### III. 実 験 結 果

1. 段削り肉眼試験

Table 1. Details of top-and bottom-teemings.

Charge No.	Teeming procedure	Ingots	Killing time (mn)	Diameter of nozzles (mm)	Temperature of ingot cases (°C)	1st ingot.		2nd ingot.		3rd ingot.		4th ingot.	
						Teeming temp. (°C)	Teeming time	Teeming temp. (°C)	Teeming time	Teeming temp. (°C)	Teeming time	Teeming temp. (°C)	Teeming time
KE 1161	Top	3 t × 4	5	28	~120	1560	1'40''	1558	1'55''	1558	2'10''	1555	2'25''
KE 1162		3 t × 4	4	28	~120	1559	1'40''	1553	1'50''	1552	1'50''	1550	2'20''
LF 1505		3.5 t × 3	3	28	~120	1550	2'20''	1546	2'55''	1542	2'27''		
LF 1504		3.5 t × 1	5	28	~120	1553	2'23''						
LF 1456		3.5 t × 1	3	28	~120	1547	2'15''						
KE 1163	Bottom	3 t × 4	6	60	~120	Teeming temp. 1556~1550°C		1556~1550°C		Teeming time 3'40''			
KE 1185		3 t × 4	4	60	~120	1554~1550°C		1554~1550°C		time 5'10''			
KE 1187		3 t × 4	6	60	~120	1554~1550°C		1554~1550°C		4'20''			
LF 1504		3.5 t × 2	5	28	~120	1550~1545°C		1550~1545°C		3'40''			
LF 1456		3.5 t × 2	3	28	~120	1543~1540°C		1543~1540°C		4'10''			

Table 3. Detected frequency of sand marks.

Charge No.	Teeming procedure	1st ingot			2nd ingot			3rd ingot			4th ingot			
		Top	Middle	Bottom	Top	Middle	Bottom	Top	Middle	Bottom	Top	Middle	Bottom	
KE 1161	Top	1.2(1)	0	0	2.2(2)	0	0	2.0(2)	0	0	1.8(2)	0	0	1.1(1)
KE 1162		0	2.4(2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LF 1505		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LF 1504		0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
LF 1456		0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
KE 1163	Bottom	0	0	2.0(2)	2.8(3)	0	0	0	0	0	0	2.3(2)	1.6(2)	
KE 1185		1.8(2)	0	0	0	0	0	0	0	0	3.0(3)	0.5(1)	0	
KE 1187		1.7(2)	0.8(1)	2.2(2)	0	0	3.5(4)	2.0(2)	0.5(1)	0	1.0(1)	0	1.0(1)	
LF 1504		—	—	—	0	0	0	0	0	0.5(1)	—	—	—	
LF 1456		—	—	—	0	0	0	1.5(2)	0	2.0(3)	—	—	—	

Note: The figures given in the table are an indication of the total length (mm) of sand marks detected, and the figures in parentheses are the number of sand marks.

各圧延材について段削り肉眼試験 (JIS, GO 556) を実施した結果を Table 3 に示す。本実験結果によれば砂疵発生傾向は下注鋼塊の方が上注鋼塊よりもやや大きいことが認められる。

## 2. 砂疵の形態および構成成分

上記段削り肉眼試験によつて検出された砂疵部を切り出して光学顕微鏡的観察をおこない、本研究第1報において詳述した砂疵構成成分判定法に準拠し、砂疵の分類と成分判定を試みた結果を Table 4 に示す。光学顕微鏡的観察にさき立ち研磨をおこなう関係上、段削り試験材上に検出された砂疵の一部は研磨により消失することがあり、また研磨中に新たな砂疵部が露出し、判定の対象に供せられることもある。したがつて砂疵成分の判定に供した砂疵とその個数は、本実験の性格上段削り肉眼試験によつて検出された砂疵とその個数とに必ずしも一致しない。

オーステナイト結晶粒度調整剤としてバナジウムを約0.1% 添加したクロム・モリブデン鋼 21 種圧延材に認

められる砂疵の代表的な光学顕微鏡写真(省略)に示す。Table 4 に示した実験結果ならびに写真からも明らかのように

(1) 砂疵の形態と構成成分におよぼす造塊法、すなわち上注と下注造塊とによる本質的な差異は認められない。

(2) バナジウムを添加したクロム・モリブデン鋼21種圧延材に認められる砂疵は混在型砂疵と不定形型砂疵であり、砂疵部のマトリックスはいずれも軟化温度が低く可塑性の大きい鉄、マンガノ珪酸塩であり、混在型砂疵ではそのような珪酸塩マトリックス中にコランダム ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ )あるいは柱状または針状のムライト ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ )、カイヤナイト ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ )、アングラサイト ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ )などのアルミノ珪酸塩が析出している。

## 3. 鋼塊内におけるサンドの分布

上注と下注造塊法とについて、鋼塊内におけるサンド  $\{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + (\text{MnO})_{\text{compl.}} + (\text{FeO})_{\text{compl.}}\}$  量とサンド成分すなわち  $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, (\text{MnO})_{\text{compl.}}, (\text{FeO})_{\text{compl.}}$

Table 4. Classification and composition of sand marks in chromium-molybdenum steel No.21 containing vanadium.

Charge No.	Teeming procedure	Count of sand marks detected	Classification of sand marks			Composition of sand marks		
			Count of crystal-line type	Count of complicated type	Count of amorphous type	Types	Appearance	Identified inclusions
KE1161	Top	6	0	5	1	Complicated	Dark grey undeformed crystals are included in grey~dark grey glassy inclusions elongated plastically along the direction of rolling.	Undeformed crystals: $Al_2O_3$ , aluminosilicates Elongated inclusions: iron-, manganese-silicates
KE1162		2	0	2	0			
LF1505		0	0	0	0			
LF1504		0	0	0	0			
LF1456		0	0	0	0			
KE1163	Bottom	6	0	5	1	Amorphous	Gray~dark gray glassy inclusions elongated along the direction of rolling.	Iron-, manganese-silicates
KE1185		4	0	4	0			
KE1187		8	0	6	2			
LF1504		0	0	0	0			
LF1456		4	0	4	0			

の分布状況を調べた結果を Table 5 および図(省略)に示す。すなわち、

(1) サンド成分: バナジウムを添加したクロム・モリブデン鋼21種中のサンドは  $SiO_2$  および  $(MnO)_{compl.}$  が主成分であり、 $Al_2O_3$ 、 $(FeO)_{compl.}$  は比較的になく、 $V_2O_5$  はほとんど認められない。

(2) サンド量: サンド量は下注鋼塊の方が上注鋼塊よりもやや多い傾向が認められる。

(3) 鋼塊間におけるサンド量の変動: 各鋼塊間におけるサンド量の変動は上注造塊の場合の方が下注造塊の場合よりもやや大きい。しかしながら、

(4) 鋼塊内におけるサンドの偏析: 鋼塊内におけるサンドの偏析は上注鋼塊の方が下注鋼塊よりも少ない。

(5) 鋼塊内におけるサンドの分布: 鋼塊内におけるサンドの分布は図(省略)に示したように上注鋼塊では鋼塊の top 部に比較的によく、middle 部、bottom 部はやや少なく、下注鋼塊では top 部および bottom 部に多く、middle 部は比較的になく。同様の傾向は(図省略)に示したように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発生傾向とサンドとの関係を示すと図(省略)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。

#### IV. 結 言

本研究第Ⅱ報~第Ⅳ報に述べた実験結果によれば、砂疵の発生傾向、現出形態、構成成分ならびに物理化学的特性は脱酸剤および結晶粒度調整剤として添加される元素、すなわちアルミニウム、バナジウム、コロンビウム

などによつて非常に異なり、また砂疵の発生傾向は造塊法の種類によつてもかなり異なる。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、その詳細は別の機会に報告する。

#### 文 献

- 1) 本研究第Ⅰ報昭和34年11月 日本金属学会講演会において発表
- 2) 成田, 他: 鉄と鋼, 46 (1960), 10, p. 1221
- 3) 成田, 他: 鉄と鋼, 46 (1960), 10, p. 1224

#### (154) 砂疵の生因に関する二、三の考察

(鋼中非金属介在物とくに砂疵に関する研究—V)

神戸製鋼所中央研究所

工博 高尾善一郎・工博 下瀬 高明

工博○成田貴一・宮本 醇

#### Consideration on the Origin of Sand Marks.

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

Dr. Zenichiro TAKAO, Dr. Takaaki SIMOSE,  
Dr. Kiichi NARITA and Atsushi MIYAMOTO.

#### I. 結 言

前報<sup>1)~3)</sup>に引続き鋼中非金属介在物とくに砂疵に関する研究の一環として、本報においては本研究第Ⅱ報~第