

造塊での鋼塊肌状況は、低炭ではリムド鋼よりもスプラッシュが多く発生しているが懸念されたワレには有意差がない。中炭ではとくにフラット鑄型にヨコワレが目立つが、同じフルート付の比較では、中炭キャップド鋼に多くのワレ発生が懸念されたが鋼塊がより大型なのにもかかわらず低炭キャップド鋼と大差がない。分塊圧延時の疵発生状況では低炭の場合、リムド鋼よりもヘゲ疵の発生が多いようである。いずれにしても現状作業の範囲では懸念されたワレは問題でない。スラブ冷却後、全数観察により手入がなされるが、このときのより多くの手入を要するスラブのしめる割合は、リムド鋼よりも約 20% 多い。この内訳を見ると鋼塊スプラッシュに起因するヘゲ疵がおもな要因となっており、注入方法、鑄型持続回数などと相関があるようである。鑄型手入、注入方法の改善などによりこれが解決を計らなければならない。

b) 歩留

低炭キャップド鋼と低炭リムド鋼の分塊歩留および成品までの総合歩留を Table 2 に示す。分塊歩留で 2~3%，総合歩留でも 4~6% キャップド鋼の方が良い。

Table 2. Comparison of the yield between capped steel and rimmed steel.

Type of steel	Slab		Hot-rolled sheet	
	No. of ingots	Yields	No. of coils	Yields
Capped	40	91.1	80	78.2
Rimmed	4253	88.8	7632	72.2

分塊歩留の良好な理由としては鋼塊形状に基づくメカニカルパイプの少ないこと、さらには濃厚偏析部が鋼塊下部へ移行する傾向、ないしは有害スカムの生成の少ないことなどが挙げられる。

中炭キャップド鋼についても同様なことがいえるが、フルート付とフラット鑄型の差については明らかな差が認められない。

前述のごとく、キャップド鋼では、スラブ表面性状が悪いが、それにもかかわらず成品までの総合歩留は良好であり、これは若干のスラブ手入工数の増大により充分カバーできることを示していて、このこともキャップド鋼のもつ大きな有利性といえよう。

c) 材 質

成品各位置別に行なつた引張試験結果によると、リム部ではリムド鋼よりも若干硬目であり、逆にコア部では軟目である。全体として、均一性に富み試験値はリムド鋼と大差ないが若干硬目となつていようである。この理由としては周知のように[C]の残留、そのほか 2, 3

の原因が挙げられよう。化学分析結果および S-print の結果によつてもまた、内質の均一性が確認される。

IV. 要 約

適正成品性状を得るため、キャップド鋼塊の特性要因として重要な蓋打時間を調査検討し、さらに鋼塊、鋼片、熱延成品と一連の工程について調査した。結果はつぎのごとく要約される。

(1) キャップド鋼の重要な特性要因である蓋打時間の調節のためにはとくに鋼塊注入高さが大きく影響し、少ない取鍋投入 A1 量で容易に現場的な管理を行なうことができるということが判り、ほかの作業条件とともに適切な基準を設定した。

(2) 鋼塊から熱延成品までの一連の工程での調査によりつぎのようなことが判つた。

a) 分塊歩留は 2~3%，成品までの総合歩留で 4~6% リムド鋼より良い。

b) リムド鋼よりもスラブ表面性状は悪いが、歩留の面で充分カバーできる。

c) 成品材質はリムド鋼と大差がなく、とくに均一性が優れているという点で鋼塊の大型化にさいし有利となる。

文 献

- 1) 加藤, 他: 鉄と鋼, 45 (1959), 10 p. 1139~1144
- 2) " " " 45 (1959), 11 p. 1261~1269
- 3) 北島, 他: " 45 (1959), 3 p. 261~263

(74) 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—II)

神戸製鋼所中央研究所

○下瀬高明・成田貴一・森 憲二・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—II)

Takaaki Simose, Kiichi Narita,
Kenji Mori and Atsusi Miyamoto.

I. 緒 言

前報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その実験結果を報告する。

II. 供 試 材

1. 鋼種: クロム・モリブデン鋼 21 種 (SCM21)
2. 溶解: 10 t 塩基性電気炉
3. 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 7 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、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 270 g/t 使用し、3.5 t 鑄型 3 本 (1 定盤) に鑄込んだ。その造塊条件の詳細を Table 1 に示す。

4. 供試材採取要領: 3.5 t 鋼塊を 80 mm ϕ 棒に鍛造し、各鍛造材より鋼塊の top, middle, bottom 部に相当する部分を切断して供試材とした。供試材の鍛造比はいずれも 57 である。

III. 実 験 結 果

1. 段削り肉眼試験

80 mm ϕ 鍛造材について行なつた段削り肉眼試験 (J I S, Go 556) の結果を示すと Table 2 のとおりである。すなわち本実験結果によれば、砂疵の発生傾向は上

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

Charge No.	Teeming	Killing time (mn)	Diameter of nozzles (mm)	Temperature of ingot cases (°C)	1st ingot		2nd ingot		3rd ingot	
					Teeming temp.(°C)	Teeming time	Teeming temp.(°C)	Teeming time	Teeming temp.(°C)	Teeming time
KE 1031	Top	7	28	100 120	1562	3'02"	1552	1'37"	1550	2'10"
KE 1032		5	28	100 120	1563	2'40"	1558	1'50"	1553	2'20"
KE 1051		5	50	100 120	1573	4'07"	1565	3'51"	1555	3'00"
LF 1612		5	28	100 120	1558	2'45"	1553	2'20"	1548	3'33"
LF 1626		7	28	100 120	1567	3'27"	1562	3'12"	1550	4'29"
LF 1628		6	28	100 120	1553	2'50"	1558	2'39"	1550	4'34"
SD 3259		5	50	100 120	1563	3'20"	1558	4'26"	1553	2'42"
KE 1052	Bottom	5	50	100 120	Teeming temp.	Initial	1557°C	Finale	1552°C	Teeming time
KE 1057		4	50	100 120			1560°C		1555°C	
KE 1060		5	50	100 120			1565°C		1558°C	
KE 1072		5	50	100 120			1565°C		1558°C	
SD 3265		5	50	100 120			1565°C		1553°C	
SD 3266		5	50	100 120			1568°C		1563°C	
SD 3274		5	50	100 120			1562°C		1557°C	

Table 2. Detected frequency of sand marks.

Charge No.	Teeming	1st ingot			2nd ingot			3rd ingot		
		Top	Middle	Bottom	Top	Middle	Bottom	Top	Middle	Bottom
KE 1031	Top	0	0	1.0(1)	0	0	0	0	0	0
KE 1032		0	0	0	15.5(8)	2.0(1)	0	2.9(1)	0	6.6(5)
KE 1051		0	0	0	0	7.5(2)	0	0	0	0
LF 1612		0	4.5(3)	0	0	0	0	0	0	0
LF 1626		18.7(3)	0	10.2(9)	0	0	18.9(3)	0	0	0
LF 1628		0	4.1(1)	3.0(1)	4.3(2)	1.3(1)	2.2(1)	0	0	0
SD 3259		0	0	0	0	0	0	0	0	0
KE 1052	Bottom	0	0	0	6.3(2)	0	0	0	0	0
KE 1057		1.2(1)	0.8(1)	0	0	0	0	0	0	0
KE 1060		0	0	0	0	0	0	2.8(1)	1.0(1)	1.2(1)
KE 1072		0	5.5(2)	0	0	1.0(1)	0	0	0	0
SD 3265		0	0	15.6(4)	0	0	0	0	0	0
SD 3266		0	0	0	0	0	0	0	0	0
SD 3274		0	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, and the figures in parentheses are, the number of sand marks.

Table 3. Classification and composition of sand marks in chromium-molybdenum steel No. 21 containing aluminum.

Charge No.	Teeming procedure	Count of sand marks detected	Classification of sand marks			Composition of sand marks		
			Count of complicated type	Count of crystalline type	Count of amorphous type	Type	Appearance	Identified inclusions
KE 1031	Top	0	0	0	0	Complicated	Grey undeformed crystals are included in blackish gray-black glassy inclusions elongated plastically along the direction of forging	Undeformed crystals: Al_2O_3 $\text{MO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ alumino-silicates elongated inclusions: (Fe, Mn)O, (Fe, Mn)S, silicates
KE 1032		6	5	1	0			
KE 1051		8	5	2	1			
LF 1612		2	2	0	0			
LF 1626		14	8	5	1			
LF 1628		10	4	4	2			
SD 3259		0	0	0	0			
KE 1052	Bottom	2	1	1	0	Crystalline	Grey crystals form strings stretched along the direction of forging	Al_2O_3 , $\text{MO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, alumino-silicates
KE 1057		2	2	0	0			
KE 1060		4	3	1	0			
KE 1072		7	4	2	1	Amorphous	Grayish white-blackish gray glassy inclusions elongated along the direction of forging	(Fe, Mn)O, (Fe, Mn)S, silicates
SD 3265		9	6	2	1			
SD 3266		2	2	0	0			
SD 3274		0	0	0	0			

注法の方が下注法によつて造塊した場合よりもやや大きい。

2. 砂疵の形態および組成

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行ない、本研究第1報において詳述した砂疵組成判定法に準拠し、砂疵の分類と組成判定を試みた結果を Table 3 に示す。光学顕微鏡的観察にさき立ち研磨を行なう関係上、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。したがつて砂疵組成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。

Table 3 に示した結果によれば、砂疵の形態と組成におよぼす造塊法の影響、すなわち上注法と下注法の影響には本質的な差異は認められず、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したクロム・モリブデン鋼 21 種鍛造材に発生する砂疵は、いずれの造塊法においても Table 3 に示したごとき組成の混在型、結晶型および不定形型砂疵であり、混在型砂疵の発生頻度をもつとも大きく 60~70% をしめており、結晶型砂疵は 26~30%、不定形型砂疵は 8~10% である。これらの砂疵の代表例を Photo. 1 に示す。

3. 鋼塊内におけるサンドの分布

上注と下注法について、鋼塊内におけるサンド $\{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + (\text{FeO})\text{compl.}\}$ 量とサンド成分すなわち Al_2O_3 , SiO_2 , $(\text{FeO})\text{compl.}$ の分布状況を調べた結果を Table

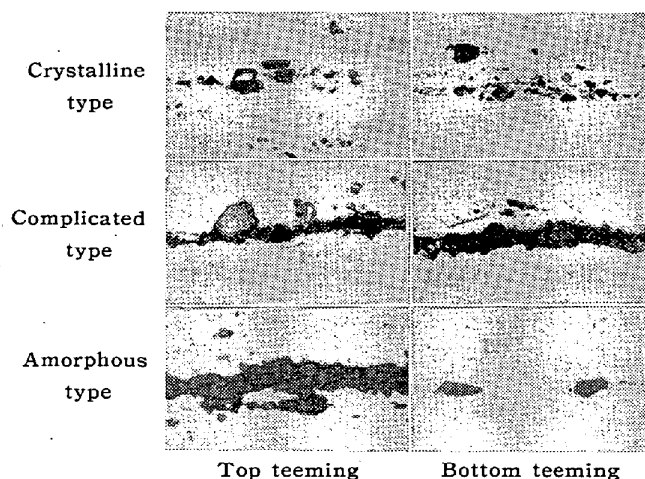


Photo. 1. Sand marks on the finishing surface of the chromium molybdenum steel No. 21 containing aluminum.

- 4 および Fig. 1~4(省略, 会場掲示)に示す。すなわち、
- (1) サンド成分: アルミニウムを添加したクロム・モリブデン鋼 21 種中のサンドは Al_2O_3 が主成分であり、 SiO_2 および $(\text{FeO})\text{compl.}$ は比較的少ない。
 - (2) サンド量: サンド量は上注鋼塊の方が下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法の場合の方が下注造塊法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上注鋼塊では鋼塊の top 部に比較的多く、middle 部、bottom 部はやや少なく、下注鋼塊では

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。

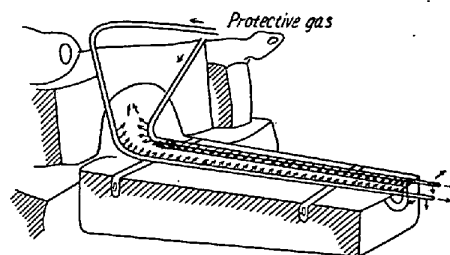


Fig. 1. The ejection tube for protective gas, set up to spout.