

連続測温法によつて鑄込温度を管理する場合でも、「高過ぎる鑄込温度」を避け得るのみで「低過ぎる場合」には全く無力である。このような限界があるにもかかわらず、現況では取鍋内での測温を行わずに出鋼温度から直接鑄込温度を推定することが無理であることを示すいくつかの実験結果に徴すれば、従来製鋼作業において最も管理状態から遠かつた造塊作業にとつては、本方法はなおかなり有力な手段としての工業的意義を持つものであるといえよう。

V. 結 言

取鍋内鋼浴温度の連続測定法について検討し、浸漬温度計法により出鋼後鑄込終了直前までの取鍋内深部の鋼浴の温度を連続的に測定できる方式を考案した。

さらに、この方式により若干の予備的測定を行ない、これを日常作業に折込める段階に到達した。

また現在までの測定の結果

(1) ストッパーヘッド(熱電対保護管の外殻耐火材としての)の先端から石英シースの突出長さは50mmとするのがよい。

(2) 一般に、取鍋容量が大きいほど、取鍋内鋼浴の温度降下速度は小さい。

(3) 65t取鍋における出鋼後鑄込開始にいたる間の温度降下量のバラツキは25t取鍋におけるそれよりも小さい。このことには炉内における鋼浴の温度偏析が原

因している。

(4) 取鍋内鋼浴温度は、上層ほど高温であり、鑄型への注入流の温度もそのため鑄込開始時よりも終了直前の方が高い。

(5) 取鍋内の鋼浴温度の変化およびバラツキに徴して、鑄込温度の持つ意義が再検討されなければならない。などが明らかになった。これらのことは、いずれも従来からばくぜん指摘されていたものであるが、本測定法の確立によつてそれが定量的に確認されたと考えるべきである。

終りに、この試験を指示され、かつ結果の発表を許可された株式会社日本製鋼所室蘭製作所長、常務取締役皆川孝光氏ならびに同社取締役近藤八三氏に深甚なる敬意を表すると共に、終始御指導をいただいた同所研究所長下田秀夫博士ならびに製鋼課主任池見恒夫氏に深く感謝する。また現場での測定に従事された製鋼課ならびに研究所第1部の関係各位に心から御礼申し上げる。

(和和 36 年 4 月寄稿)

文 献

- 1) 例えば木下孝之, 他: 鉄と鋼, 45 (1959) 3, p. 249
- 2) N. L. SAMWAYS and T. E. DANCY: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 194 (1960), p. 331
- 3) 日本学術振興会製鋼第19委編: 高温測定と溶鋼温度, 日刊工業新聞社刊, (1960), p. 166
- 4) 小林佐三郎: 学振資料, 19委 6043 (1960)
- 5) JIS. C 1602 (1954)

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—III)

高尾善一郎**・下瀬高明***・成田貴一***・宮本 醇****

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

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

Zenichiro TAKAO, Takaaki SIMOSE, Kiichi NARITA and Atsusi MIYAMOTO

Synopsis:

With the chromium-molybdenum steel No. 21 containing aluminum acting as the deoxidizer and the austenite grain refiner, the authors examined into the top- and bottom-teeming procedures for ingot making, which had some effects on the occurrence tendency of the sand marks.

* 昭和35年10月本会講演大会にて発表

** 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中央研究所

The results are as follows:

1. The occurrence tendency of the sand marks is a little more remarkable in the top-teeming than in the bottom-teeming.
2. Sand marks of the complicated, the crystalline and the amorphous types are found in the examined steel. The rate of the occurrence of the sand marks is 60 to 70% for the complicated type, 26 to 30% for the crystalline type and 8 to 10% for the amorphous type.
3. No difference between top - and bottom-teeming procedures in the type of the sand marks and in the nonmetallic inclusions which constitute them has been found.
4. Oxide inclusions in the examined steel mainly consist of Al_2O_3 and, in general, the top-teemed ingot has a little more oxide inclusions than bottom-teemed one. In the top-teemed ingot, oxide inclusions are rich in the top part of the ingot and relatively poor in the middle and the bottom parts of it. In the bottom-teemed ingot, on the other hand, they are the richest in the bottom part and the next in the top parts in quantity, and relatively poor in the middle part.
5. There is a correlation between the occurrence tendency of the sand marks and the quantities of oxide inclusions. Namely forged or rolled steel containing many oxide inclusions has a great possibility of the occurrence of the sand marks in comparison with forged or rolled steel which has less oxide inclusions.

I. 緒 言

前報¹⁾²⁾に引き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 (SCM21) 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, などの影響について検討をおこなったが、本報においては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アルミニウムを使用した場合について、砂疵発生傾向におよぼす上注および下注造塊法の影響ならびに砂疵と非金属介在物とくに酸化物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 (SCM21)
2. 溶解: 10 t 塩基性電気炉
3. 造塊条件: 本研究においては砂疵発生傾向ならびに非金属介在物とくに酸化物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、仕上げ脱酸剤およびオーステナイト結晶粒度調整剤としてアルミニウム 270 g/t を取鍋内溶鋼中に突込み法によつて添加し、3.5 t 鑄型 3 本 (一定盤) 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 80mm 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約 57 であり、その一般化学成分組成を示す

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

Charge No.	Teeming procedure	Killing time (mn)	Diameter of nozzles (mm)	Temperature of ingot case (°C)	1 st ingot		2 nd ingot		3 rd ingot		
					Teeming temp.(°C)	Teeming time	Teeming temp.(°C)	Teeming time	Teeming temp.(°C)	Teeming time	
KE1031	Top	7	28	100~120	1562	3'02"	1552	1'37"	1550	2'10"	
KE1032		5	28	100~120	1563	2'40"	1558	1'50"	1553	2'20"	
KE1051		5	50	100~120	1573	4'07"	1565	3'51"	1555	3'00"	
LF1621		5	28	100~120	1558	2'45"	1553	2'20"	1548	3'33"	
LF1626		7	28	100~120	1567	3'27"	1562	3'12"	1550	4'29"	
LF1628		6	28	100~120	1563	2'50"	1558	2'39"	1550	4'34"	
SD3259		5	50	100~120	1563	3'20"	1558	4'26"	1553	2'42"	
KE1052		Bottom	5	50	100~120	Teeming initial temp.		1557°C	Final	1552°C	Teeming time
KE1057	4		50	100~120			1560°C		1555°C		4'16"
KE1060	5		50	100~120			1565°C		1558°C		4'40"
KE1072	5		50	100~120			1565°C		1558°C		5'45"
SD3265	5		50	100~120			1558°C		1553°C		3'50"
SD3266	5		50	100~120			1568°C		1563°C		4'15"
SD3274	5		50	100~120			1562°C		1557°C		5'10"

Table 2. Chemical composition of specimens (%).

Charge No.	Teeming procedure	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Sn
KE 1031	Top	0.17	0.65	0.22	0.016	0.007	0.11	0.13	0.99	0.25	0.018
KE 1032		0.19	0.66	0.21	0.023	0.008	0.17	0.27	0.95	0.25	0.034
KE 1051		0.16	0.65	0.30	0.028	0.008	0.18	0.15	1.00	0.24	0.027
LF 1612		0.16	0.66	0.23	0.016	0.011	0.12	0.08	1.11	0.26	0.021
LF 1626		0.16	0.70	0.22	0.014	0.011	0.10	0.05	1.10	0.25	0.023
LF 1628		0.16	0.70	0.26	0.016	0.012	0.14	0.10	1.07	0.27	0.037
SD 3259		0.16	0.71	0.29	0.017	0.018	0.16	0.08	1.08	0.24	0.026
KE 1052	Bottom	0.16	0.70	0.29	0.019	0.020	0.16	0.15	1.02	0.25	0.021
KE 1057		0.16	0.68	0.29	0.017	0.019	0.17	0.09	1.04	0.26	0.025
KE 1060		0.16	0.70	0.29	0.015	0.018	0.23	0.08	1.04	0.24	0.026
KE 1072		0.16	0.67	0.23	0.022	0.029	0.17	0.12	0.94	0.23	0.029
SD 3265		0.16	0.75	0.22	0.016	0.015	0.14	0.14	1.00	0.28	0.022
SD 3266		0.17	0.70	0.23	0.016	0.011	0.20	0.15	1.03	0.25	0.028
SD 3274		0.16	0.71	0.23	0.023	0.020	0.18	0.12	1.06	0.27	0.030

と Table 2 のとおりである。

III. 実験結果

1. 段削り肉眼試験

80mm φ 鍛造材についておこなった段削り肉眼試験 (JIS, G 0556, 1956) の結果を示すと Table 3 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。Table 3 に示した砂疵の大部分は段削り試験材 (4 段削り) の第 1 および第 2 段に検出された。

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出して光学顕微鏡的観察をおこない、本研究第 1 報¹⁾において詳述した砂疵構成成分認定法に準拠して、砂疵の分類と構成成分の認定を試みた結果を 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、認定の対象に供せられることもある。したがつて砂疵構成成分の認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かならずしも一致しない。

Table 4 に示した結果によれば、砂疵の形態と構成成分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、仕上脱酸剤およびオーステナイト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 種鍛造材に現出する砂疵は、いずれの造塊法においても Table 4 に示したような構成成分からなる混在型、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~

Table 3. Detected frequency of sand marks.

Charge No.	Teeming procedure	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	0	2.0(1)	0	2.9(1)	0	6.6(5)
KE 1051		0	0	0	15.0(8)	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 4. Classification and constituent of sand marks in Cr-Mo steel No.21 containing Al.

Charge No.	Teeming procedure	Count of sand marks detected	Classification of sand marks			Constituents 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 grey~black glassy inclusions elongated plastically along the direction of forging.	Undeformed crystals: Al_2O_3 , MA_2O_4 , (M·Fe, Mn) alumino-silicates Elongated inclusions: SiO_2 , iron-mangano-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 crystal form strings stretched along the direction of forging.	Al_2O_3 , MA_2O_4 , (M·Fe, Mn) alumino-silicates
KE 1057		2	2	0	0			
KE 1060		4	3	1	0			
KE 1072		7	4	2	1			
SD 3265		9	6	2	1			
SD 3266		2	2	0	0			
SD 3274		0	0	0	0			

70% を占めており、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的な例を Photo. 1 に示す。

3. 鋼塊内における酸化物の分布

上注と下注法について、温硝酸法⁹⁾によつて定量した鋼塊内における酸化物すなわち $\{Al_2O_3 + SiO_2 + (FeO)_{comp.}\}$ 量と酸化物成分すなわち Al_2O_3 , SiO_2 , $(FeO)_{comp.}$ の分布状況を調べた結果を Fig. 1~3 に示す。すなわち、

(1) 酸化物成分: アルミニウムを添加したクロム・モリブデン鋼 21 種鍛造材中の酸化物は Al_2O_3 が主成分であり、 SiO_2 および $(FeO)_{comp.}$ は比較的少ない。

(2) 酸化物量: 酸化物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) 鋼塊間における酸化物量の変動: 各鋼塊間における酸化物量の変動は上注法の場合の方が下注法の場合よりもやや大きい。しかしながら、

(4) 鋼塊内における酸化物の偏析: 鋼塊内における酸化物の偏析は上注鋼塊の方が下注鋼塊よりも少ない。

(5) 鋼塊内における酸化物の分布: 鋼塊内における

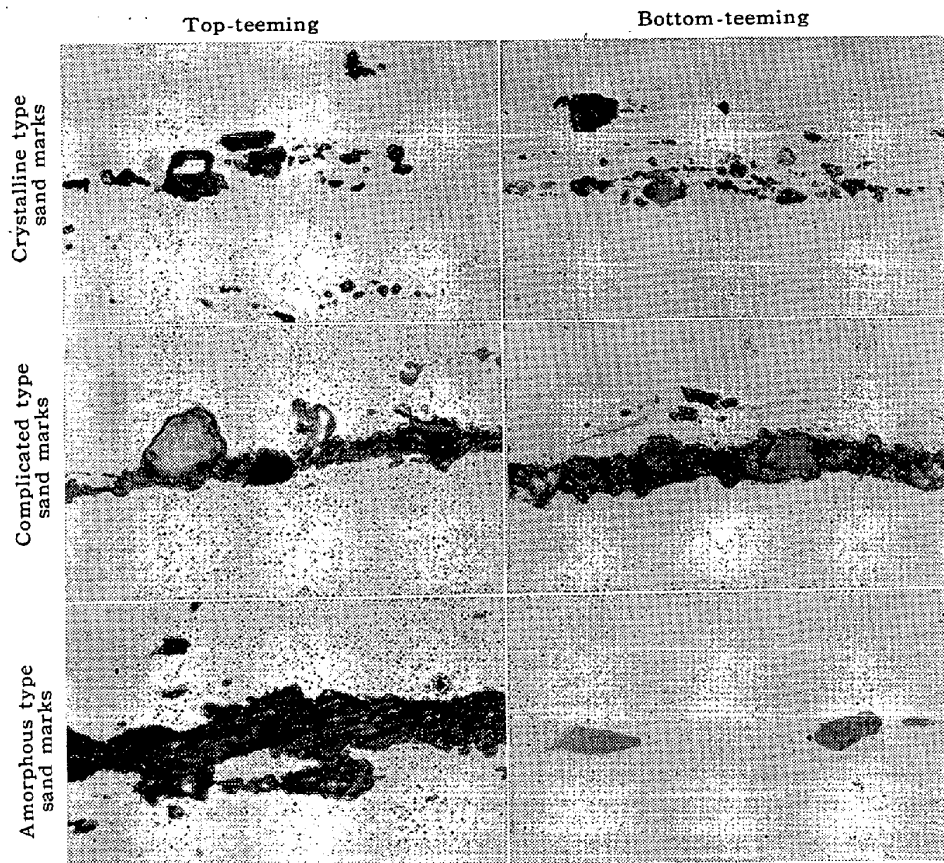
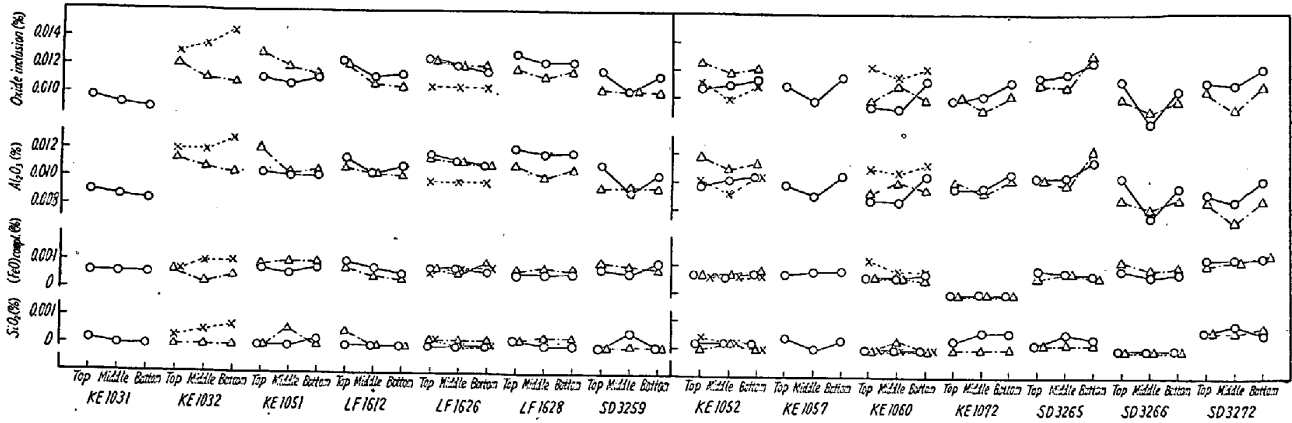


Photo. 1. Sand marks on the finishing surface of the forged or rolled Cr-Mo steel No.21 (SCM21) containing Al.

酸化物の分布は上注鋼塊では鋼塊の top 部に比較的が多く、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解法によつて定量した酸素の鋼塊内における分布



—○— 1st steel ingot, ---△--- 2nd steel ingot,×..... 3rd steel ingot.

Fig. 1. Distribution of oxide inclusions in the top-teemed steel ingot containing Al.

Fig. 2. Distribution of oxide inclusions in the bottom-teemed steel ingot containing Al.

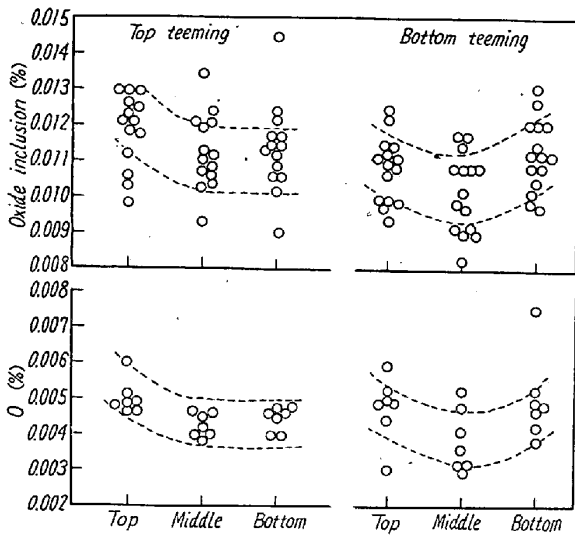


Fig. 3. Distributions of oxide inclusions and oxygen in the steel ingot containing Al.

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。したがっ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。また上注と下注造塊法そのものを比較すれば、大気による溶鋼酸化の影響は造塊機構上前者の方が後者よりも大きいことは明白である。このような事柄は溶鋼酸化に関するかぎり、上注鋼塊における酸化物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が、上注と下注法との比較に際しては造塊用耐火材の影響を考慮外におくことはできない。この点に関しては本研究第 5 報において詳述する。

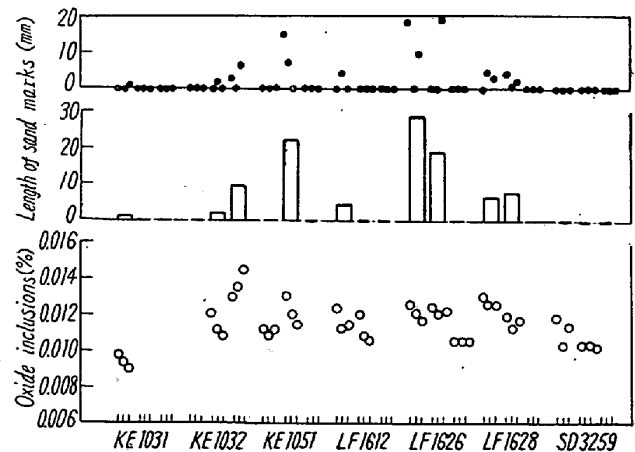
にも認められる。

4. 砂疵発生傾向と酸化物との関係

Table 3 に示した段切り肉眼試験による砂疵の検出傾向と酸化物との関係を図示すると Fig. 4 および 5 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やや多い傾向がある。

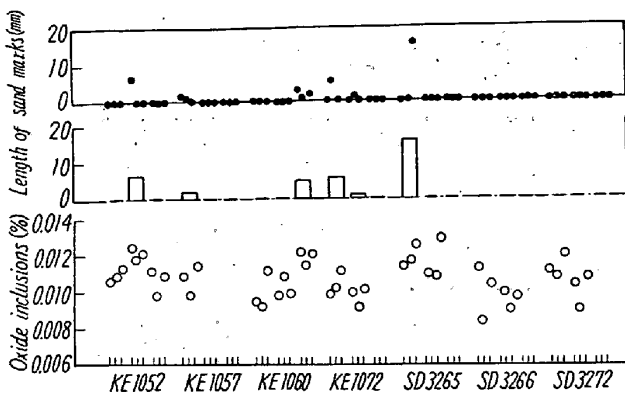
5. 砂疵および酸化物発生傾向と造塊条件との関係

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上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



Note: Dots (●) denote the total length(mm) of sand marks detected in the top, the middle and the bottom parts of each steel ingot, from left to right in order. Height of plot (□) are an indication of the total length (mm) of sand marks detected in each steel ingot.

Fig. 4. Relation between the occurrence tendency of sand marks and the oxide inclusions in the top-teemed steel ingot containing Al.



Note: Dots (●) denote the total length (mm) of sand marks detected in the top, the middle and the bottom parts of each steel ingot, from left to right in order.
Height of the plot (□) are an indication of the total length (mm) of sand marks detected in each steel ingot.

Fig. 5. Relation between the occurrence tendency of sand marks and the oxide inclusions in the bottom-teemed steel ingot containing Al.

IV. 総 括

仕上脱酸およびオーステナイト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 種鍛造材について、上注および下注鋼塊におけるサンドならびに砂疵発生傾向を比較検討した。その結果を総括するとつぎのとおりである。

1. 砂疵発生傾向は上注鋼塊の方が下注鋼塊よりもやや顕著である。
 2. クロム・モリブデン鋼 21 種鍛造材に現出する砂疵は混在型、結晶型および不定形型砂疵であり、それらの砂疵の発生頻度は混在型砂疵：60～70%，結晶型砂疵：26～30%，不定形型砂疵：8～10% である。
 3. 混在型砂疵は加工方向に伸びた灰色～暗灰色あるいは黒灰色の無定形状非金属介在物中に灰色の結晶状非金属介在物が包埋されたような状態で現出している。結晶状非金属介在物はコランダム ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$)、ヘルシナイト (FeAl_2O_4) または高温性アルミノ珪酸塩であり、無定形状非金属介在物はシリカ (SiO_2) または鉄、マンガノ珪酸塩である。
- 結晶型砂疵は灰白色～灰色の結晶状非金属介在物が加工方向に配列して点在したような状態で現出している。結晶状非金属介在物はコランダム ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$)、ヘルシナイト (FeAl_2O_4) または高温性アルミノ珪酸塩である。

不定形型砂疵は灰色～黒灰色の無定形状非金属介在物が加工方向に塑性変形して伸びた状態で現出している。無定形状非金属介在物はシリカ (SiO_2) または鉄、マンガノ珪酸塩である。

4. 砂疵の形態および構成成分によらず造塊法の影響すなわち上注と下注法の影響は認められない。
5. 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アルミニウムを添加したクロム・モリブデン鋼 21 種中の酸化物は Al_2O_3 が主成分であり、酸化物は一般に上注鋼塊の方が下注鋼塊よりもやや多い傾向がある。
6. 各鋼塊間における酸化物量の変動は上注造塊法の方が下注造塊法よりも大きい。しかしながら鋼塊内における酸化物の偏析は上注鋼塊の方が下注鋼塊よりも少なく良好である。
7. 酸化物は上注鋼塊では鋼塊の top 部に多く、middle 部および 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。
8. 砂疵発生傾向と酸化物量との間には相関性があり酸化物量の多い鋼材は砂疵発生傾向が大きい。

V. 結 言

本研究結果によれば、仕上脱酸剤ならびにオーステナイト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当社における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、まず酸化物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問題解決の重要な手懸りであり、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予定である。
(昭和 36 年 2 月寄稿)

文 献

- 1) 高尾善一郎, 下瀬高明, 成田貴一, 宮本静: 鉄と鋼, 47 (1961) 7, 907～918
- 2) 高尾善一郎, 成田貴一, 神田一男, 宮本静: 鉄と鋼, 47 (1961) 9, 1156
- 3) 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
日本学術振興会: “鉄鋼迅速分析法” (1956), 丸善株式会社