

極軟リムド鋼塊濃厚偏析部の介在物について*

(極軟リムド鋼の非金属介在物の研究—III)

森永孝三**・北川一智**・佐藤 進***・泉 総一**・広本 健**

On the Non-metallic Inclusions in Segregated Zone in
Low Carbon Rimmed Steel Ingot.

(Study of non-metallic inclusions in low carbon rimmed steel—III)

Kōzō MORINAGA, Kazutomo KITAGAWA, Susumu SATŌ,
Sōichi IZUMI and Takeshi HIROMOTO

Synopsis:

In the 1st report, the influence of inclusions on the formability of a rimmed steel sheet was studied, and it was shown that the formability of a steel sheet was injured by a large sulphide existing in the position correspond to the segregated zone in the ingot top.

In this report, in order to making clear the origin of such inclusions and how to eliminate them, the shapes, distribution and deformation of inclusions at the segregated zone in the ingot top during slabbing were observed: Moreover, author studied the influence of refining and deoxidation process on the cleanliness of the segregated zone. The conclusions of 1st and 2nd report were as follows:

1) In the segregated zone at the ingot top, the network of the large flaked type sulphide rich in FeS is found.

It was considered that these inclusions suffer a few fractures during rolling process, for they change from FeS to MnS by soaking and reheating. Those large sulphides injured the formability of the steel sheet.

2) The cleanliness of ingot top is closely connected with the segregation and it is mainly influenced by the [S] and [O] in ladle.

3) In order to decrease the large sulphide mentioned in 1st report, the S-content in the segregated zone should be kept under 0.10% in the check analysis of slab, as the ladle [Mn] is about 0.30%.

(Received 18 Mar. 1936)

I. 緒 言

第1報¹⁾では、リムド鋼板内の介在物の分布状況、種類ならびに鋼板の加工性におよぼす影響を明らかにし、第2報²⁾では、スライム法によるリムド鋼塊内の介在物の分布、組成の調査結果について述べた。

本報では、前報のスライム法による調査で明らかにできなかつた鋼塊頭部側濃厚偏析部の介在物の形態、分布および鋼塊からコイルまでの圧延過程での介在物の変形状況ならびに鋼塊頭部の介在物におよぼす精錬、脱酸条件の影響を調査した。その結果、鋼板でその加工性に悪影響をおよぼす大型硫化物は、鋼塊頭部濃厚偏析の一次品の粒界に析出する FeS の富化したフレック状の大型硫化物であることを明らかにした。また鋼塊頭部の介在物の形態および分布は主として鋼塊内の成分偏析によつ

て支配され、これらの介在物におよぼす脱酸の影響としては、偏析が変化することによる効果が大きいことを明らかにした。なお、前報²⁾で報告した鋼塊底部の大型珪酸塩系介在物については、その存在量が非常に少ないので、頭部の大型硫化物に比較して問題が少ないと考えられるが、ここでは介在物の変形という観点から検討した。

II. 調査の範囲と方法

(1) 濃厚偏析部の介在物

(a) 鋼塊の調査

調査鋼塊は、第2報²⁾でスライム法に用いた 15 t 扁* 昭和37年4月本会講演大会にて発表
昭和37年3月18日受付

** 富士製鉄株式会社室蘭製鉄所研究所

*** 富士製鉄株式会社室蘭製鉄所研究所, 工博

Table 1. Chemical analysis of ladle and the deoxidation practice of tested ingot and slab for investigation of inclusions in segregated zone.

(a) Ingot

Chemical analysis of ladle [%]					Deoxidizer [g/t]		
C	Mn	S	Si	P	Fe-Mn for ladle	Al for ladle	Al for mold
0.07	0.28	0.031	0.005	0.007	3925	105	48

(b) Slab.

Chemical analysis of ladle [%]					Deoxidizer [g/t]		
C	Mn	S	Si	P	Fe-Mn for ladle	Al for ladle	Al for mold
0.07	0.35	0.021	0.01	0.014	4220	54.9	27

Table 2. Operation data on the 200 t basic open hearth furnace, chemical analysis of ladle and deoxidation practice of tested heats.

Operation data on the 200 t basic open hearth furnace.

Refining process	Charging material		Pig ratio [%]	Charge to tap [h]	Oxygen injected [Nm ³ /t]	Fuel; heavy oil [l/t]
	Lime [kg/t]	Ore [kg/t]				
Oxygen steelmaking	47	41	77	7	34.4	3
Ore method	45	110	67	11	0	50

Chemical analysis of ladle (mean value) [%]					Deoxidizer for ladle	
C	Mn	S	Si	O	Fe-Mn [kg/t]	Al [g/t]
0.08	0.35	0.025	0.01	0.0400	5	80

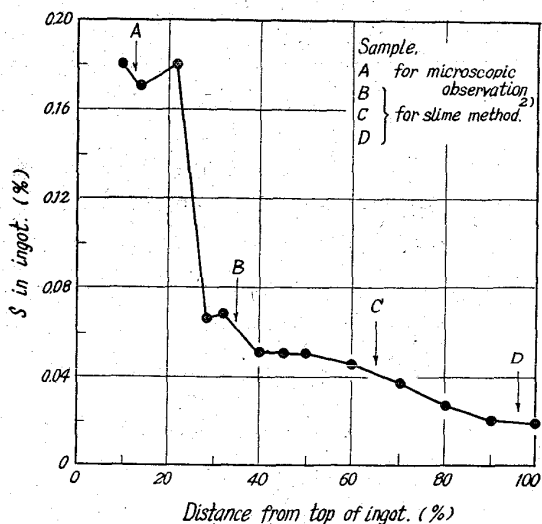


Fig. 1. S segregation curve and the sampling position from the ingot.

平型極軟リムド鋼塊の中の一ホで、取鍋分析値および脱酸剤投入量は Table 1(a) の通りである。

介在物の顕微鏡観察は、同鋼塊の濃厚偏析部より 20

mm×20mmの断面を有する試片を切出して行なつた。

Fig. 1 に試験鋼塊の S 偏析曲線と試料採取位置を示した。参考のためにスライム法²⁾に用いた試料の採取位置も記載した。

(b) スラブの調査

200 t 塩基性平炉で溶製した極軟リムド鋼を造塊し、成分偏析状況が、それぞれ異つている数本の鋼塊をスラブに圧延後、中心線に沿つて縦断し、チェック分析 (10 mm φドリルで試料を採取した)、サルファープリントにより成分偏析の状況を調査すると共に、鋼塊高さ各位置の中心部から顕微鏡試料を切出し、顕微鏡的に介在物の形態と分布を調査し、偏析と介在物の関係を比較検討した。調査鋼塊を造塊したチャージの取鍋分析値は Table 1 (b) の通りである。

(2) 精錬、脱酸条件の影響

200 t 塩基性平炉で酸素法および鉍石法により溶製した極軟リムド鋼各10ヒートにつき、出鋼前、取鍋下で鋼分析試料および [O] 分析試料を採取し、出鋼から造塊

の間の [O], [S], [Mn] などの鋼中元素の挙動を調査すると共に、出鋼前、取鍋下およびスラブで清浄度を測定して鋼中元素の挙動と比較検討した。[O]分析試料はポンプ法により採取し、出鋼前および取鍋下の介在物試料はスプーンに汲んだ溶鋼を 50mm φ × 150mm の小鋼塊に鑄造後、鍛造比 9 に鍛造し、顕微鏡試料を切出して用いた。スラブの介在物試料は 7.4 t 鋼塊から圧延したスラブ頭部側の中心部から同様な顕微鏡試料を切出して用いた。なお、清浄度の測定はいずれも学振第 3 報によった。Table 2 に調査の対象としたヒートの平均取鍋分析値 (20 ヒートの平均値) と平炉操業成績を示した。

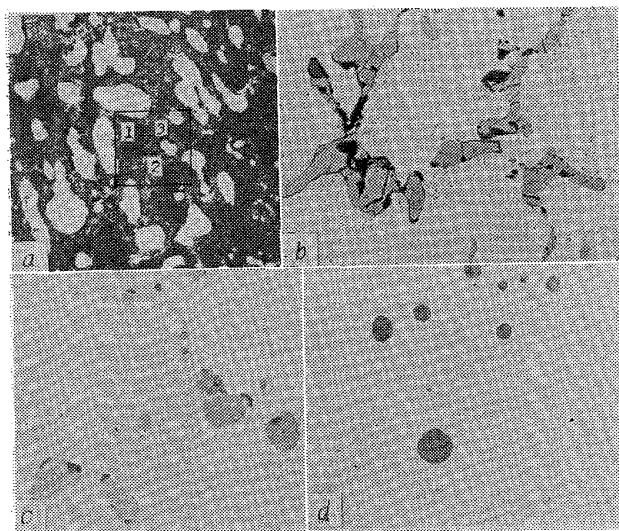
III. 調査結果

(1) 濃厚偏析部の介在物

第 1 報¹⁾で鋼板の加工性に悪影響をおよぼす介在物は、鋼塊の頭部濃厚偏析部に相当する位置に見られる大型硫化物であることを報告したが、スライム法²⁾では、電解試料の問題から濃厚偏析部の介在物を調査できなかつたので、本調査では、とくにこの部分の介在物を鋼塊とスラブで検討した。以下、その結果について報告する。

(a) 鋼塊

Photo. 1 にスライム法²⁾に用いた鋼塊の濃厚偏析部 (試験鋼塊の偏析状況を Fig. 1 に示した) のサルファ



a) Sulphur print (×8/10)
 b) Sulphide inclusions consisting mainly of FeS found in the part of (1) of the sulphur print. (×100)
 c) Sulphide inclusions found in the part of (2). (×200)
 d) Oxide-sulphide inclusions found in the part of (3) (×200) (1/2)

Photo. 1. Sulphur print from the top centre of a rimmed steel ingot and the sulphide inclusions found in the segregated zone in it.

ープリントと顕微鏡的に観察された主なる介在物を示した。これらの写真から分かるように、濃厚偏析部の介在物は主として硫化物が多く、とくに、偏析部に散在する気泡に付随している局所的な S 濃厚偏析部の FeS, FeS-MnS(FeS) 系介在物は特徴的で、比較的大型のフレーク状介在物が網目状をなして多量存在している。その他の部分では、FeS-MnS(FeS) の球状に近いものおよびスライム法²⁾で得られたと同様な MnS(FeS)-MnO(FeO)系の球状二相介在物が認められるが、その組成は鋼中の S の濃度によつて変化している。

(b) スラブ

鋼塊の結果によると濃厚偏析部には FeS に富んだフレーク状の大型硫化物が多量に存在することが分つたが、この種の硫化物については、熱処理により FeS は MnS へ変化すると報告されているので^{3)~5)}、さらにスラブで各鋼塊相当位置の介在物の形態および分布を調査し、均熱の影響、偏析との関連を調べると共に、分塊圧延による各種の介在物の変形状況をも検討した。Photo. 2 にスラブ試料に認められる典型的な介在物の形態を示し、Fig. 2 にそれらの分布状況をスラブの S 偏析曲線と対応させて示した。(Fig. 2 は 6.5 t 鋼塊の例を示す)。

これらの結果から次のことがわかる。

(i) Fig. 2 の結果によるとスラブの全般的な清浄度の推移は、S 偏析曲線と良く類似しているが、清浄度におよぼす影響は、頭部では硫化物が、底部では酸化物が大きい。とくに、スラブの濃厚偏析部には、フレーク状の硫化物が多量析出し、網目状を形成しており、清浄度が急激に悪くなつている。顕微鏡観察の結果によると、この種の介在物は、鋼塊で見られたものよりも MnS の割合の高い FeS-MnS(FeS) 系の硫化物で、幾分球

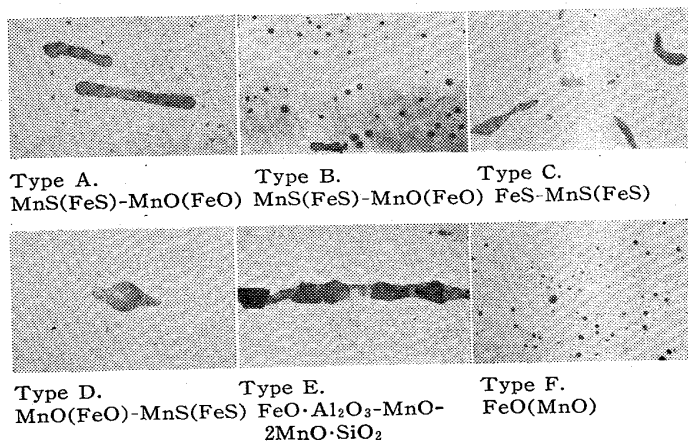


Photo. 2. Typical inclusions found in the slab. ×400 (2/5)

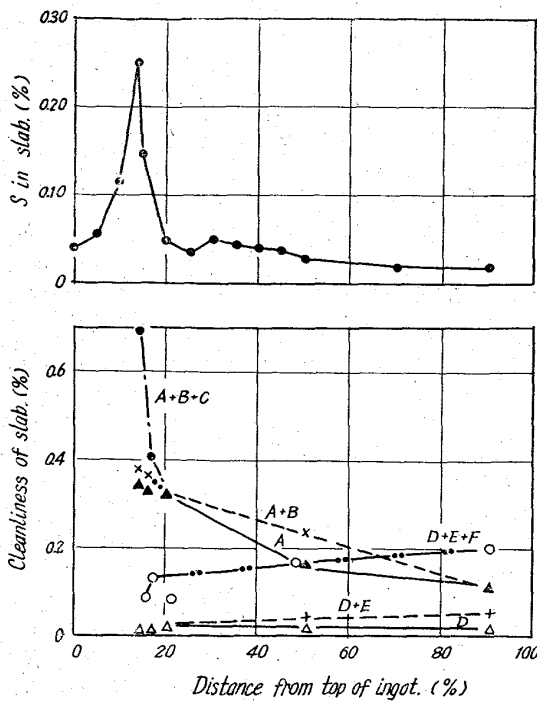


Fig. 2. S segregation curve and the distribution of each type of inclusions in the slab. Marks A, B, C, D, E and F show the respective types of inclusion as shown in Photo. 2.

状化し、小型化している。なお、この種の介在物は分塊圧延による変形があまり認められないようである。一連の調査結果によると、この種の介在物が認められるのは、Sチェック分析値で0.10%以上である。濃厚偏析部には、この他に鋼塊で球状二相介在物として認められた $MnS(FeS)-MnO(FeO)$ 系の介在物が認められるが、この種の介在物は非常に小形のものを除いて殆んどが圧延方向に沿って扁平型に変形されている。なおこの種の介在物は、偏析部だけでなくスラブ全体にわたって分布しているが、その量は頭部で多く、底部側で減少している。

(ii) スラブ底部に、スライム法で鋼塊底部から抽出されたものと同種のものと思われる Al_2O_3 系の介在物を含む比較的大型の珪酸塩系介在物が認められる。この種の介在物は鋼塊では球状であるが、スラブでは Al_2O_3 系の介在物以外の部分が圧延方向に沿って長く伸びている。

(2) 精錬，脱酸条件の影響

(1)に述べた結果から分かるようにリムド鋼塊の頭部側には、主として硫化物からなる介在物が多量に存在しており、これらの介在物が鋼板の加工性に悪影響をおよぼす原因となると考えられるので、引続いて、これらの

介在物におよぼす精錬，脱酸条件の影響を調査し、現場的な介在物減少対策の検討資料とした。調査方法はI，(2)に述べた通りで、精錬法の影響を明らかにするため、酸素法と鉍石法により溶製した極軟リムド鋼について、出鋼からスラブ迄の[O]，[S]，[Mn]と介在物の挙動を比較検討した。以下、その結果について報告するが、[Mn]の影響については、明瞭な結果が得られなかつたので省略する。

本調査の結果によると、鉍石法と酸素法では、出鋼前の[O]量は酸素法の方が、[S]量は鉍石法の方が幾分高かつたが、出鋼前採取小鋼塊試料で測定した清浄度は、酸素法の方が全般的に悪く、[O]量が清浄度におよぼす影響が明らかである。Fig. 3にこの関係を示した。

一方、取鍋下試料では[O]量、清浄度いずれも酸素法と鉍石法の間に顕著な差が認められず、取鍋での脱酸剤の投入によつて精錬法による[O]量の差は減少することが分かつた。Fig. 4に取鍋[O]量とスラブの頭部側の清浄度との関係を示した。同図によると、取鍋[O]量が

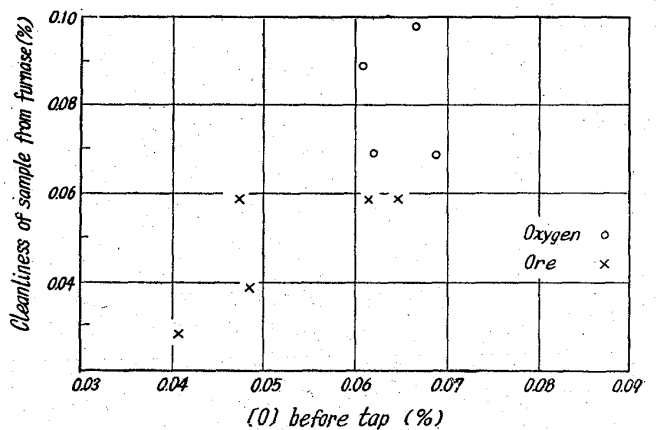


Fig. 3. Effect of [O] before tap on cleanliness of sample from furnace.

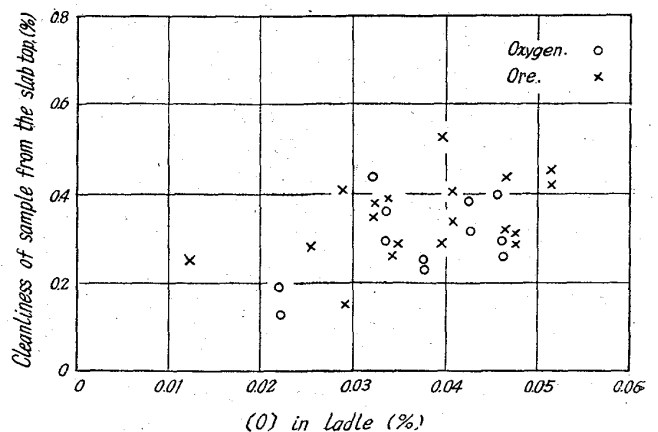


Fig. 4. Effect of [O] in ladle on cleanliness of sample from slab top.

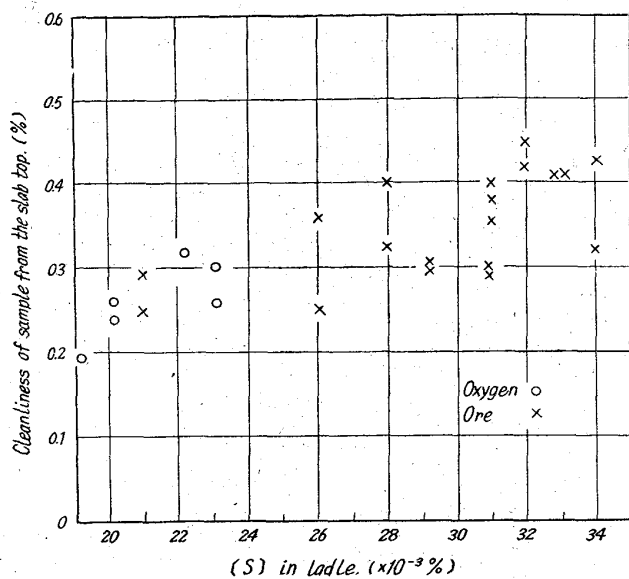


Fig. 5. Effect of [S] in ladle on cleanliness of sample from slab top.

清浄度に与える影響は明らかであるが、矢張り精錬法による差は認められない。

このように、出鋼前の[O]量の差は取鍋で減ずるが、[S]量の差は、そのまま取鍋に持ち来たされ、スラブの清浄度にいちじるしい影響をおよぼすようである。Fig. 5にスラブの頭部側の清浄度と取鍋[S]量の関係を示した。これによるとスラブ頭部側の清浄度は取鍋[S]量が高い程悪く、酸素法と鉍石法では、鉍石法の方が全般的に悪くなっている。この両法の差は、出鋼前の[S]量の差と同一傾向にある。なお、本調査の結果では、出鋼前および取鍋下の小鋼塊試料では、硫化物がほとんど認められず、清浄度におよぼす[S]量の影響も明らかでなかった。これは恐らく、試料が急冷されたためであろう。

以上、出鋼からスラブまでの間の[O]、[S]の挙動と清浄度との関係を検討した結果を述べた。これらをまとめると、スラブ頭部側の清浄度に対しては、取鍋[S]量および取鍋[O]量が影響をおよぼし、精錬の影響は、主として[S]の影響としてあらわれるようである。取鍋[S]と[O]がスラブ頭部側の清浄度におよぼす影響を回帰方程式で示したのが次式で、スラブ頭部側の清浄度と与える影響は取鍋[S]量が最も大きく、[O]がこれに続いている。

$$Y = 0.064 + 5.69[S] + 3.06[O]$$

ここでYはスラブ頭部側の清浄度 [%] をあらわし、[O]、[S] はそれぞれ取鍋分析値 [%] である。

次に、脱酸条件の影響であるが、本調査は、日常操業のデータについて行なつたので、取鍋脱酸剤の投入は所定の基準によつて行なわれ、取鍋脱酸の影響は、先に述べ

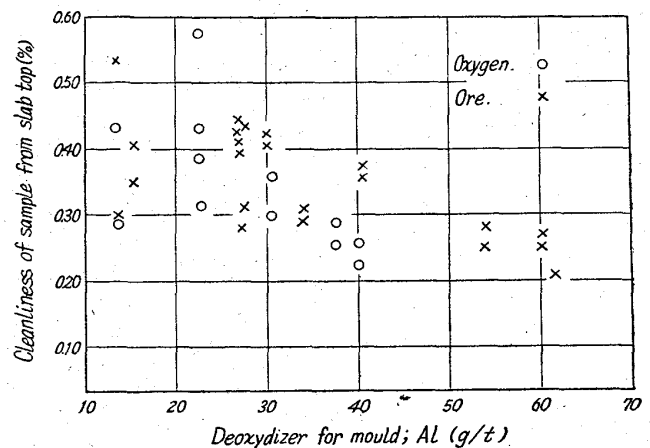


Fig. 6. Effect of deoxydizer for mold on cleanliness of sample from slab top.

た結果以外得られなかつた。そこで、ここでは造塊時に用いられる铸型 Al の影響だけを報告する。Fig. 6 にスラブ頭部側の清浄度と铸型 Al 投入量との関係を示した。同図から铸型 Al 投入量の増加はスラブ頭部側の清浄度を良くすることがわかる。

IV. 考 察

以上、第1報¹⁾、第2報²⁾に引続いて、主としてリムド鋼塊頭部側の濃厚偏析部の介在物および清浄度におよぼす精錬、脱酸条件の影響を調査した結果を報告した。以下、これらの結果を第1報¹⁾および第2報²⁾との関連性から検討したい。まず鋼塊濃厚偏析部および底部の主たる介在物の挙動をまとめて次に示す。

鋼塊濃厚偏析部および底部の介在物 (第1報~第3報までの結果のまとめ)

a) 鋼 塊

(i) 濃厚偏析部 1) FeS, FeS-MnS(FeS): 局部的にSの濃化した部分に、フレーク状をなして多量析出し、網目状を形成している。長さ150~250 μ 、厚さ10~30 μ (時には100 μ 程度のものも認められる。)程度のもが多い。Sの幾分低い所では、球状のFeS-MnS(FeS)も認められる。ロ) MnS(FeS)-MnO(FeO): 球状の二相介在物で、鋼塊頭部だけでなく中央部にも可成り多量に認められる。直径35~50 μ 程度のもが多い。

(ii) 底部 FeO \cdot Al₂O₃-MnO-2MnO \cdot SiO₂: 球状の三相介在物で比較的大型のもが多く、スライム法²⁾では直径100 μ ~2mmのもが得られ、地金の顕微鏡観察では直径50~60 μ のもが多く認められる。この種のものに含まれている Hercynite の大きさは10~15

μ 程度の角張つたものが多い。

b) スラブ

(i) 濃厚偏析部 イ) FeS-MnS(FeS) : FeS 単相のものはあまり認められず、鋼塊で認められたものに比較して MnS の割合が高く、幾分球状化し小型化しているが、圧延による変形量は少なく網目状を形成している。長さ $50\sim 100\mu$ 、厚さ $4\sim 10\mu$ (時には、 $20\sim 30\mu$ のものも認められる) 程度で、この種の介在物が多量析出するのはスラブの S チェック分析値 ($10\text{mm } \phi$ ドリルにより試料採取) で 0.1% 以上の部分である。ロ) MnS(FeS)-MnO(FeO) : 殆んどが圧延方向に伸びた扁平型で、長さ $40\sim 180\mu$ 、厚さ $4\sim 10\mu$ 程度のものが可成り多く認められる。非常に小さなものは、球形のまま存在している。

(ii) 底部 $\text{FeO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MnO}\cdot 2\text{MnO}\cdot\text{SiO}_2$: Hercynite は鋼塊のものと同様な形を保っているが、その他の部分は圧延方向に伸びて、串型のようになっている。地金の顕微鏡観察で多く認められるのは、長さ $100\sim 200\mu$ 、厚さ 8μ 程度のもので、Hercyniteの大きさは $10\sim 15\mu$ 程度である。

c) 鋼板

(i) 濃厚偏析部 イ) MnS(FeS) : 圧延方向に伸びた比較的大型のものが、しばしば認められる。長さ $50\sim 100\mu$ 、厚さ 5μ 以上の大きなものは鋼板の加工性に悪影響を与える。この種の大型介在物は鋼板の S チェック分析値が 0.040% 以上で多く認められる。

ロ) その他の介在物 MnS(FeS)-MnO(FeO) などの介在物が圧延方向に沿って並んでいるのが認められるが、その大きさは、長さ 25μ 以下、厚さ 5μ 以下のものが大半を占めている。

(ii) 底部 時には、角張つた Al_2O_3 系の介在物が圧延方向に沿って、線状シリケートを伴って点滴状に並んでいるのが認められ、この種の介在物が冷延板の絞り加工時の割れの原因となつている場合がある。

以下、これらの結果を参照して本調査結果を考察する。

(1) 濃厚偏析部の介在物

前述のように、鋼塊濃厚偏析部にはスライム法²⁾で抽出されたような球状 MnS(FeS)-MnO(FeO) 二相介在物の他に、フレーク状の単相または二相の硫化物が網目状を形成して多量存在することが分つた。一方、第1報¹⁾で報告したように鋼板の加工性に悪影響をおよぼす介在物は、同様な位置に存在する大型硫化物で、これらの中には密接な関連が推測されるが、鋼塊から鋼板迄の過程には、均熱炉、加熱炉における熱処理および圧延に

よる影響が介在物に加えられるので、これらの影響を考慮しなければならない。ここでは鋼塊と鋼板の介在物の関連も検討する。

(a) 鋼塊

鋼塊では、とくに S 濃度の高い部分にフレーク状の FeS の富化した単相または二相の硫化物が多数網目状をなして存在することを先述したが、この種の介在物の成因は、リムド鋼に特有な頭部側の $[\text{S}]$ の濃化と気泡の断熱効果によつて、局部的に異常に高い S 偏析が生じ (Mn は偏析しない)、 Mn/S の比が小さくなるため、 FeS を多く含む硫化物が鋼塊の一次晶の粒界にフレーク状に析出したものと考えられる³⁾。一方、 S の幾分低い部分では、 MnS が多くなり球状になつている。なお、この種のフレーク状介在物は融点が他の介在物に比較して可成り低いので、とくに大型に成長する傾向が強い。

(b) スラブ

スラブの大型硫化物は、鋼塊のそれと比較して、 MnS の割合が高く、幾分球状化したフレーク状の FeS-MnS(FeS) 介在物である。スラブにおけるこの種の介在物の存在については次のようなことが考えられる。(a)で述べたような成因によつて鋼塊に生じた FeS の富化した硫化物は、均熱炉内での加熱により $\text{FeS}\rightarrow\text{MnS}$ の変化が進み、 MnS の割合が高くなり、幾分球状化するが、偏析部の S が高いため完全に MnS にまで変化せずスラブに持ち来たされるであろう。SWINDEN⁴⁾は鋼片で認められた FeS の富化した介在物の存在について均熱炉内での $\text{MnS}+\text{Fe}\rightarrow\text{FeS}+\text{Mn}$ 反応の進行があることを報告しているが、本調査の結果は、このような反応の進行を考える必要はない。

次に介在物の変形の状況は、本実験の結果では、フレーク状の FeS-MnS(FeS) 介在物は、ほとんど分塊圧延による変形が認められないようであるが、球状の MnS(FeS)-MnO(FeO) 二相介在物は直径 $35\sim 50\mu$ のものが厚さ $4\sim 10\mu$ 程度となり鋼塊からスラブまでの圧下率とほぼ等しい変形率になつている。

第1報¹⁾で述べたように鋼板のエリクセン値を低下させる介在物は長さ 100μ 、厚さ 5μ 程度以上の単相の大型硫化物 (MnS) である。一方、鋼塊の濃厚偏析部に生じた FeS の富化したフレーク状の介在物は均熱炉内で MnS への変化が進行し、幾分球状化し、小型化するが圧延によつて切断されることなくスラブに持ち来たされており (FeS の状態では熱間加工によつて切断される場合もある⁵⁾)。このことから、この種の介在物は相当大型のまま鋼板まで持越される可能性がある。また、鋼板でこの種の大型硫化物の存在が多くなる限界の S チェッ

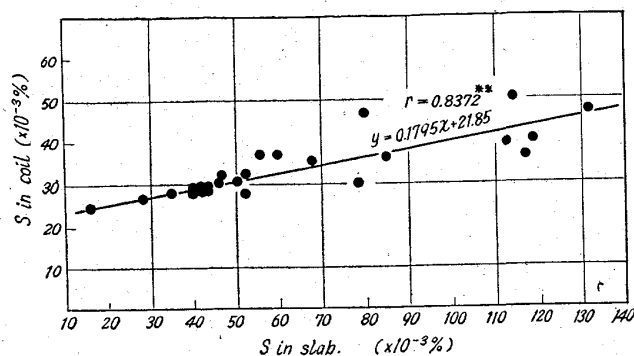


Fig. 7. Relation of sulphur analysis between coil and slab.

ク分析値 0.04% は Fig. 7 に示す処によるとスラブの S チェック分析値の 0.10% に相当し、フレーク状の $\text{FeS-MnS}(\text{FeS})$ 介在物が多量認められる条件と良く一致する。

以上のことから鋼板の加工性に悪影響をおよぼす大型硫化物は鋼塊の濃厚偏析部に析出した FeS の富化した介在物に起因すると考えられる。 $\text{MnS}(\text{FeS})\text{-MnO}(\text{FeO})$ 系の介在物は、それぞれの相の熱間加工性に差があるため、圧延過程で分断するものと考えられ、鋼板にはあまり影響をおよぼさないであろう。

次に、第 2 報²⁾で報告した鋼塊底部の Al_2O_3 系介在物を含む大型硅酸塩系介在物について、主として加工による変形という観点から考えて見たい。

この種の介在物の鋼塊およびスラブでの形態は先に述べた通りで、Hercynite の部分は分塊圧延によつてほとんど変形せず原形を保っているが、その他の部分は、ほぼ圧下率に等しい変形率で扁平型に変形されている。このような変形の状況は、従来から良く知られている硅酸塩系介在物と Al_2O_3 系介在物の熱間での変形能の大きな相異³⁾によるものと考えられ、この種の介在物は、さらに鋼板にいたる圧延過程で硅酸塩系の部分が延伸し Al_2O_3 系は破壊されて鋼板で見られるような Al_2O_3 系介在物が点滴状に並んだ形になるものと考えられる。鋼板での Al_2O_3 系介在物の大きさから考えるとスラブから鋼板迄の圧延過程で、Hercynite は可成り破壊され、その結果この種の介在物の鋼板におよぼす悪影響が幾分緩和されているものと思われる。

(2) 精錬、脱酸条件の影響

次に鋼塊頭部の清浄度におよぼす精錬、脱酸条件の影響について考察する。

Ⅲ.(2) i) で述べたように本実験の結果では鋼塊頭部の清浄度に直接影響するのは取鍋[S]と[O]で、精錬の影響は主として[S]の影響として表われるようであ

る。なお、[O]と[S]の影響度は[S]が最も大きく[O]がこれに続いている。リムド鋼の介在物は、主として取鍋および鋳型における一次脱酸生成物の溶鋼内に残留したものと、凝固過程に析出する二次脱酸生成物および出鋼時の溶鋼中の[S]が鋼塊の凝固中に硫化物として析出したものとの両者からなつているので、その分布と形態は主として[O]と[S]の凝固過程での挙動によつて支配され、とくに鋼塊内の介在物の分布および形態と成分偏析との間に密接な関係があるためと考えられる。一般に、リムド鋼塊の頭部側には強い S の偏析が生じ、その程度は溶鋼中の[C]と[O]の反応によるリミングアクションおよび取鍋[S]によつて影響されることが知られている。一方、本調査の結果では、鋼塊頭部側の清浄度は取鍋[S]と[O]によつて影響されている。この場合の[O]の影響を酸化物の増加だけでなく、リミングアクションにおよぼす効果と考えると、鋼塊頭部側の清浄度が、主として偏析に支配されていることが明らかになる。同様なことは、鋳型 Al 投入量の影響についても考えられ、Ⅱ.(2)-ii) で述べた結果は、Al の脱酸効果によるリミングアクションの弱体化が偏析を減少したことによるものと考えられる。

このように、鋼塊頭部の介在物は、主として、S 偏析によつて影響されるので、これらの介在物を減少するには、取鍋[S]の低下およびリミングアクションのコントロールなどの偏析軽減対策が必要である。とくに鋼板の加工性に悪影響をおよぼす大型硫化物は取鍋の[Mn]が 0.30% 程度の場合、スラブの S チェック分析値が 0.10% 以上で多量に析出する傾向があるので頭部の濃厚偏析部の S 量がこの値以下になるよう取鍋[S]を低くしなければならぬ。

V. 結 言

リムド鋼塊頭部の濃厚偏析部の介在物の形態、分布および介在物の圧延過程での変形ならびに鋼塊頭部の清浄度におよぼす精錬、脱酸条件の影響を調査し、前報¹⁾²⁾の結果と比較検討して、次の結論を得た。

(1) リムド鋼塊頭部の濃厚偏析部には、 FeS に富んだ大型のフレーク状の硫化物が網目状を形成しているのが認められる。これらの介在物は圧延過程途中で均熱および再加熱によつて FeS から MnS へと変化するもので、圧延過程では破断が少なく、第 1 報¹⁾で報告した鋼板の加工性を低下させる大型硫化物になると考えられる。

(2) 鋼塊頭部側の清浄度は S 偏析と密接な関係があり、主として取鍋[S]および[O]によつて影響される。

(3) (1)で述べた型の硫化物を減少するには、取鍋 [Mn] が約 0.30% の場合、濃厚偏析部の S 量が、スラブのチェック分析値で、0.10% 以下になるよう取鍋 [S] および [O] などをコントロールする必要がある。

本研究は、富士製鉄(株)室蘭製鉄所研究所非金属介在物共同研究グループの共同研究の一環として行なわれたものである。研究の遂行にあたって、種々と御協力下さった同グループの方々に深甚なる謝意を表します。

文 献

1) 森永, 北川, 佐藤, 林, 広谷: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1079

2) 森永, 大庭, 伊藤: 鉄と鋼, 49(1963)11, p. 1663
 3) 池島, 森島: 鉄と鋼, 41 (1955) 4, p. 430
 4) 細田, 森島, 酒井: 鉄と鋼, 46 (1959) 3, p. 145
 5) J. H. WHITLEY: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 144 (1941) 2, p. 9
 6) 金子, 西沢, 玉置: 日本金属学会誌, 25 (1961), p. 328
 7) T. SWINDEN and W. W. STEVENSON: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 146 (1942), p. 357
 8) 加藤剛志, 鉄と鋼, 48 (1962) 6, p. 9
 9) F. B. PICKERING: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 189 (1958), p. 148

Fe-Ni 合金のマルテンサイト変態におよぼす

塑性変形と応力の影響*

細井 祐三**・川上 義人**

Effect of Plastic Deformation and Stress on Martensite Transformation in Fe-Ni Alloy.

Yozō HOSOI and Yoshito KAWAKAMI

Synopsis:

The form, shape and hardness of martensite structure transformed from strained austenite were investigated for an Fe-31.7%Ni alloy in order to make clear the strengthening mechanism of steel by ausforming treatment. From the results of hardening characteristics of martensite plates and of the change in X-ray diffraction lines from martensite and austenite due to deformation before transformation to martensite and also microscopic observation of the structure, it was confirmed that a strengthening by ausforming could be attributed to both the refinement of martensite structure and the change in the internal strain of martensite induced by austenite deformation prior to transformation.

The study was also extended to the determination of the influence of applied stress on martensite transformation. M_s was raised by tensile stress at the rate of $1.6^\circ\text{C}/\text{kg}/\text{mm}^2$ in the temperature range between -45°C and -30°C and at $0.16^\circ\text{C}/\text{kg}/\text{mm}^2$ in the temperature range between -51°C and -45°C . It was found that the rate of $1.6^\circ\text{C}/\text{kg}/\text{mm}^2$ showed good agreement with the result obtained from the calculation of stress dependence on M_s by Cohen's treatment. A discussion was also made to estimate the relation between the energy to initiate martensite transformation and the energy to deform the material under an applied stress.

(Received 10 Apr. 1963)

I. 緒 言

本研究は2つの部分よりなる。前半は Fe-Ni 合金のマルテンサイト変態におよぼす塑性変形の影響を特に変態後のマルテンサイトの強度、形態について調べていわゆる鋼のオースフェーミングによる強化機構を追求した

ものであり、後半はマルテンサイト変態におよぼす応力の影響を再検討したものである。

マルテンサイト変態は strain-sensitive であり歪あ

* 昭和37年4月本会講演大会にて発表

昭和38年4月10日受付

** 科学技術庁金属材料技術研究所