

Fig. 2. Relation between defect echo and rolling ratio.

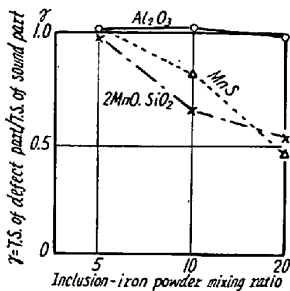


Fig. 3. Effect of inclusion-iron powder mixing ratio on the tensile strength in the thickness direction. (Rolling ratio = 1/8)

がわかつた。

3) 介在物と機械的性質の関係

このような介在物は板厚方向の引張強さを低下することが予想され、介在物の形状が扁平で広い程強度の低下は大きく、その傾向は超音波の減衰や欠陥エコーの高さに対応するものと思われるから、それらの関係を実験した。用いた試験片は平行部の直径 5mm, G. L. = 6mm で平行部のほぼ中央の軸方向と垂直な面内に介在物を含んでいる。Fig. 3, は圧延比 1/8 の場合の板厚方向引張強さ比 ($r = \text{欠陥部強度} / \text{無欠陥部強度}$) と介在物種類および混合比との関係を示し、実験された範囲では Al_2O_3 は殆んど強度に無関係であること、および MnS と 2MnO-SiO_2 は混合比がますます強度が低下することがわかつた。

また底面波減衰を B_n/B_{n+1} であらわした場合、板厚方向強度に対する影響は介在物によつてあまりことならなかつた。

IV. 結 言

人工的に介在物を埋込んで圧延した試料を用い、超音

波探傷図形に及ぼすいろいろな介在物の影響をしらべ、板厚方向の引張強度との関係について研究した。その結果、圧延時に変形しやすい介在物程欠陥エコーが大きくなり、強度を低下する傾向があることを確かめた。

が固くて変形しないので圧延比がますますつれて疎らになり、欠陥波は小さくなる。 MnS も 1/10 の圧延比では同様に F_2/B_2 が小さくなるが、 2MnO-SiO_2 (10%混合) は増加し、両者の変形能の差が認められる。

2MnO-SiO_2 (5%混合) は 10% 混合の場合より低い圧延比で変形能の限界が現われ、圧延比 1/8 ~ 1/10 では MnS における 1/6 ~ 1/8 に相当する水平部が認められる。次に圧延比 1/8 の場合の介在物混合比と F_2/B_2 および減衰との関係をしらべた結果、 MnS と 2MnO-SiO_2 は殆んど同様な傾向を示しているのに、 Al_2O_3 のみは同程度の介在物を含んでも超音波探傷で発見され難いこと

がわかつた。

(129) スライム法によるリムド鋼塊中の非金属介在物の研究

(スライム法による鋼中非金属介在物の研究—I)

富士製鉄室蘭製鉄所研究所

森永 孝三・理博 池野 輝夫
大庭 淳・伊藤 幸良

Study on Nonmetallic Inclusions in the Rimmed Steel Ingot by the Slime Method.

(Study on nonmetallic inclusions in steel by the slime method—I)

Kōzō MORINAGA, Dr. Teruo IKENO,
Atsushi ŌBA and Yukiyo ITOH

I. 緒 言

鋼中非金属介在物の分布、組成及びその成因を調べる目的で、鋼塊試料についてスライム法の適用を試みた。スライム法は 1953 年以降ドイツで採用され、その結果についての報告がなされている^{1),2)} 本法では、多量の電解残渣から介在物を選別する方法をとっているため、比較的大型の介在物を対象とし、全介在物の定量的分析は出来ないが、一度に 10kg 近い試片を電解するので、他の介在物分離法に比べて、分析部分の平均試料が採取出来、大型介在物の分布については、再現性のある結果が得られている。しかしこれらの報告では、分離介在物の組織、特に化学組成、X線廻折結果との関連については触れていない。

当所において、スライム法を適用するのは初めての試みでもあり、リムド鋼塊についての試験から出発した。同法によつて電解した残渣から傾斜又は水筈法によつて、スライム分を除き、磁選によつて炭化物等の磁性分を分離後顕微鏡下で介在物の単離を行った。分離された介在物について化学分析、X線廻折、顕微鏡組織の観察等を行い、更にこれらの結果について平衡状態図によつて考察し、新たに介在物の冷却過程における凝固、析出相の説明がついたので報告する。

II. 電 解 実 験

供試鋼塊は 200 t 塩基性平炉で精錬された低炭素リム

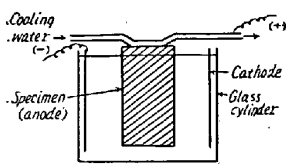


Fig. 1. Apparatus for electrolysis.

ド鋼を 10 t の扁平鑄型に上注ぎしたもので、取鍋及び鑄型で少量の Al を添加している。この鋼の取鍋分析値は、0.08% C, 0.006% Si, 0.33% Mn, 0.009% P, 0.021% S である。この鋼

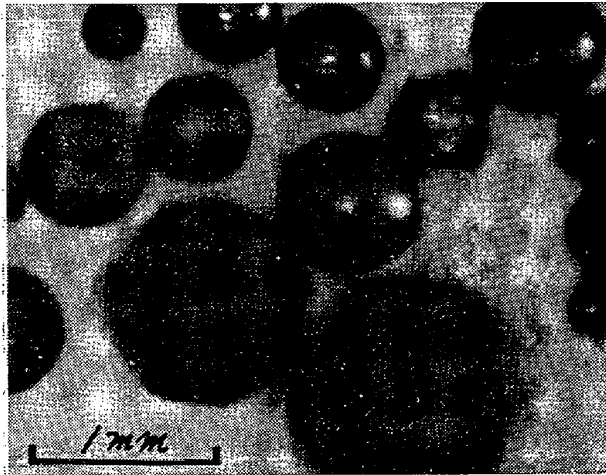


Photo. 1. Large inclusions isolated from the bottom of an ingot.

塊を、中心線を通り、高さ方向に平行で、巾方向に直角な面で縦断し、その切断面の頭部、中央部、底部から各 3 コ合計 9 コの試片を採取した。

この 9 コの試片を 2 連、3 連、4 連の 3 回で電解を行った。電解装置は Fig. 1. に示す通りで、試片を陽極として、水冷式銅管に半田付けし、電解溶液は 15% FeCl₂ 水溶液を用い、陰極は 1mmφ、3mm 目の金網を使用した。電解条件は 5~10V, 10~15A, 20~30 日である。電解終了後、電解槽底部に沈積した残渣は塩基性鉄塩、炭化物及び介在物等を含み、この残渣から介在物の選別を行った。

分離された介在物は大部分が暗灰色の球状で、光沢を帯びており、球の大きさは 0.05mm 以上のものであ

る。特に大型の介在物は鋼塊底部に集積しており、最大球で 2mm に達するものもある。鋼塊頭部試片からは比較的小さい介在物が分離された。鋼塊底部試片から分離した大型介在物を Photo. 1. に示す。

上の鋼塊から分離された介在物を次の 4 群に分けて以下の試験を行った。

- No. A 鋼塊頭部から分離した介在物
- No. B 鋼塊中央部から分離した介在物
- No. C 鋼塊底部から分離した 0.5mm 以下の介在物
- No. D 鋼塊底部から分離した 0.5mm 以上の介在物

III. 分離介在物の試験

分離された介在物 No. A~No. D について X 線廻折を行った結果、No. A 介在物（鋼塊頭部）では、MnS 及び MnO が認められ、その外 mullite (3Al₂O₃ · 2SiO₂) 及び少量の tridymite が検出された。No. B~No. D 介在物（鋼塊中央部及び底部）ではいずれも、MnO, hercynite (FeO · Al₂O₃) 及び tephroite (2MrO : SiO₂) の三成分が認められた。

更にこれら 4 群の介在物の化学分析を行った。ただし、No. A 介在物では X 線廻折によつて硫化物が検出されたのであるが、一応酸化物として組成を求めた。

次いで、No. A~No. D 介在物の一部を樹脂に埋込み、研磨し、顕微鏡組織を観察した。No. A 介在物（鋼塊頭部）は大部分が Photo. 2. の如く、MnS（明白色部）と MnO（明灰色部）と考えられる二相介在物である。No. B 介在物（鋼塊中央部）は Photo. 3. の如くで、明灰色部暗灰色部及び共晶組織と考えられる部分の三相からなっている。No. C, No. D 介在物（鋼塊底部）も、No. B 介在物と同様であり、大型介在物（No. D）の組織を Photo. 4. 及び Photo. 5. に示す。大型介在物について微小硬度を測定した結果、明灰色部が MnO, 暗灰色部が hercynite と判定され、Photo. 4. 及び Photo. 5. 中で夫々 (MO) 及び (H) で示した。したがつて共晶部 (E) が tephroite であると推定される。

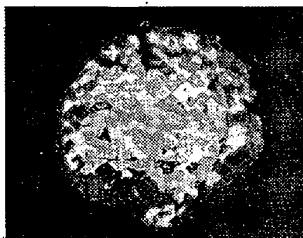


Photo 2. Microstructure of the two-phased inclusion isolated from the top of an ingot. ×400 (1/2)

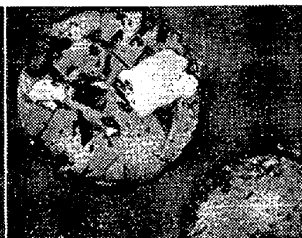


Photo 3. Microstructure of the three-phased inclusion isolated from the middle of a ingot. ×400 (1/2)

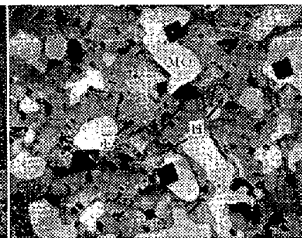


Photo 4. Microstructure of the large inclusion isolated from the bottom of an ingot. ×200 (1/2)

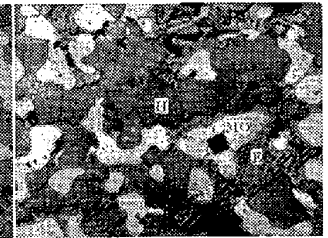


Photo 5. Microstructure of the large inclusion isolated from the bottom of an ingot. ×200 (1/2)

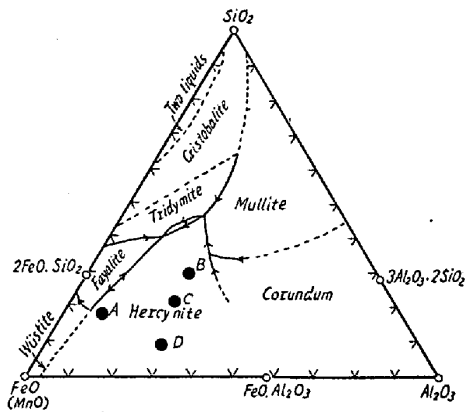


Fig. 2. The system FeO (MnO)-SiO₂-Al₂O₃.

この4種の介在物の化学組成を FeO (MnO)-SiO₂-Al₂O₃ 系 3元状態図中にプロットすると Fig. 2 の如く全ての介在物が hercynite の晶出領域に入っており、硫化物を含む No. A 介在物を除いて、X線廻折結果 hercynite が認められた事実と一致している。更に、組成が比較的一定していると考えられる No. D 介在物について、この状態図によつて、顕微鏡組織中の各相 (hercynite 初晶, hercynite-MnO (FeO) 二元共晶及び hercynite-MnO (FeO)-tephroite 三元共晶) の析出過程を説明した。

IV. 総 括

スライム法によつて、リムド鋼塊から介在物を分離し、その化学組成顕微鏡組織を調べ、更に平衡状態図によつて考察し、組織中の各相の析出過程を説明した。

文 献

- 1) H. Hoff, H. Lessig u. G. Masing : Stahl u. Eisen, 76 (1956), 1442
- 2) H. Hoff, G. Dunk u. H. Lessig : Stahl u. Eisen, 77 (1957), 1210

(130) 高硫黄含有鋼中の硫化物の同定

大同製鋼研究所

○加藤 剛志・鈴木 叶

Determination of the Sulfides in High-Sulphur Steels.

Kōshi KATŌ and Kanō SUZUKI

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

Sample No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Sol. Al	Insol. Al	O	Mn/S
605	0.04	0.45	1.21	0.009	0.134	tr.	tr.	tr	<0.002	<0.002	0.0040	9.03
630	0.03	0.02	1.78	0.004	0.708	0.01	0.02	tr	0.44	<0.002	0.0032	2.51
650	0.01	0.02	1.33	0.001	0.354	0.02	0.02	tr	0.002	<0.002	0.0198	3.76

I. 緒 言

硫黄を添加した快削鋼のように硫黄含有量の高い鋼中の硫化物には共存する元素により形状の異なるものがあり、又、鍛錬により変形の多いもの少いものが認められる。このことは Ti, Zr, V, Cr 等の特殊元素を添加しない場合にも観察される。ここでは一般に鋼の脱酸剤として用いられる Al 又は Si を添加したものと及び若干酸素含有量の高い Fe-Mn-S 系試料について鋼中に観察される形状の異なる硫化物の各々について電子回折を利用して同定を行つた結果について報告する。

II. 実験試料及び実験方法

実験に供した試料は電解鉄を原料とし、7kg の零囲気調整用高周波誘導炉により、あらかじめ炭素により脱酸を行つた後、溶湯中に S と Mn, 更に Al 又は Si を添加した二試料と別に、同じ原料に対し脱酸を行わないで S と Mn を添加した試料の三種類である。それらの化学成分を Table 1. に示す。以上三種類の鋼塊試料から一部を as-cast 状態の調査の為に切出し、残部を鍛造して 20mmφ とした。(ER. 8) 各々の試料について顕微鏡組織を観察すると共に夫々、Klinger-Koch 式電解分離装置によつて硫化物を分離して X 線回折により硫化物の平均組成を求め、又、電子回折 (制限視野) によつて個々の硫化物の結晶構造を検討した。別に各試料について extraction-replica 法により硫化物を抽出して個々のものについて制限視野電子回折による同定をも試みた。

III. 実験結果

(1) 鋼塊及び鍛造状態における硫化物の形態
各鋼塊試料中の硫化物の特徴は次の通りである。① Al を添加した No. 630 の硫化物は Fig. 1. の写真に示すように粒界粒内を問わず一面に粒状 (A) 及び火花状に尾を引いた細長い硫化物 (B) の二種類の形のものから成つている。② Si を添加した No. 605 の硫化物は総て粒状で全面に分布している。③ O 含有量の高い No. 650 も No. 605 と殆んど同じで粒状硫化物が一面に分布している。次に鍛造試料中の硫化物について観察した結果、各試料中の硫化物の主な変化は次の通りである。① No. 630 の硫化物はいづれも鍛伸方向に細長く伸びて始めに粒状 (A) と伸びたもの (B) の二種類の形