

ぼすアルミニウム使用法の影響

(軸受鋼々材に発生する地疵の研究—Ⅱ)

愛知製鋼研究部

小田昭午・堀 英世・久利登一

Effects of Used Aluminum on the Sand Seams of High-C, Cr Bearing Steel.

(Studies on the sand seams of rolled bearing steel—Ⅱ)

Shōgo ODA, Hideyo HORI
and Norikazu KURI

I. 緒 言

前報¹⁾に報告した如く、Al 使用量を増加させると鋼塊中に含まれる地疵となるような巨大介在物の型体が低融点と思われる Fe, Mn 系珪酸塩質介在物から Al_2O_3 系の混合型あるいは結晶型介在物に変化することが判明した。

従つて、地疵を軽減するためには鋼塊中に含まれる巨大な Fe, Mn 系珪酸塩質介在物を生成させる前に鋼中 O を Al によつて固定し全て Al_2O_3 系の結晶質介在物にする方法、またこれら Fe, Mn 系珪酸塩質介在物を凝集肥大させ十分浮上させるために Mn/Si 比を大きくして、あるいは Si と共存する Al を可及的少なくして凝集肥大させ、さらに溶鋼をキリングしてから Al を添加する方法など、Al の使用法によつて地疵となるような鋼塊中に含まれる巨大介在物の軽減が可能と考えられるに至つたので、ここでは特に Al 使用法の影響について実験を行なつた。

II. 実験要領

1. 溶製目標：1 t 塩基性電弧炉を使用して Fig. 1 に示す条件で溶製した。その他、還元期の温度変化を可及的少なくし、特に温度上昇による O の溶解度を上げることが避けるよう心掛けた。

以上の条件で溶製した溶鋼を 250 kg 上注法で造塊した。

2. 圧延寸法：38mm ϕ に熱間圧延を行なつた。

3. 試験：

i) 化学組成およびスラグ分析：精練各期および鍋下の化学組成の変化を調査した。

ii) 鋼塊：鑄込2本目の鋼塊をソーキング後縦割し、縦方向および横方向から各3点の試料を採取し、鑄込のままの巨大介在物の形態、介在物分析、O分析を行なつた。

iii) 圧延材：鋼塊鑄込順1本目、3本目の鋼塊を38mm ϕ に圧延し、top 3000mm 切捨て後300mm の試料を一定間隔に採取した。各試料は一段削り(36mm ϕ \times 210mm) に疵見を行なつた。また、地疵試験片より試料を採取し、JIS 点算法にて清浄度および酸化物型介在物のX線回折を行なつた。

III. 実験結果および考察

1. 製鋼および造塊

i) 溶鋼組成

酸化期および還元期の各溶鋼組成の変化はほぼ順調に行なわれ、特に還元期以後の温度変化は各チャージとも

Ch. No.	Oxidation period		Reduction period		Ladle	Cost
	Melted	Slag off			Top	
1	{Fe ore: 20 {Fe ore: 10 {Mn ore: 10	{Al: 3 {Fe-Mn: 3	{Fe-Cr: 18		{Fe-Si: 2	
2	{Fe ore: 20	{Fe-Mn: 3	{Fe-Cr: 13 {Fe-Cr: 4		{Fe-Si: 2 {Fe-Si: 2	{Al: 3
3	{Fe ore: 10 {Fe ore: 10 {Fe ore: 10 {Mn ore: 10	{Fe-Mn: 3	{Fe-Cr: 18		{Fe-Cr: 1 {Fe-Si: 2	{Al: 3

Fig. 1. Refining practice of bearing steel in basic electric furnace. (kg/t)

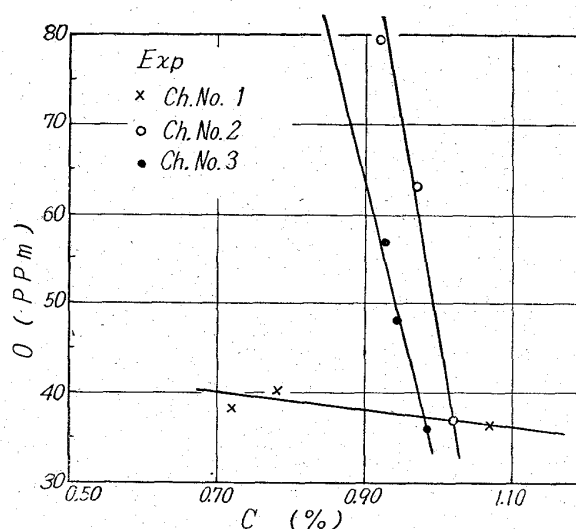


Fig. 2. Relations between carbon contents (%) and oxygen contents (%) in metals at reduction period.

大差は認められず、ほぼ理想的に操業されたとと思われる。Fig. 1 は製鋼作業の概要を示す。

還元期における C および O の変化は Fig. 2 に示す如く C と O との間に負相関が認められ、C % の高いほど O 含有量は低下している。しかし還元期の脱酸の程度によつても、大きな変化が認められ、例えば供試材 No. 1 の場合、除滓後に Al 3 kg/t の添加により溶鋼が急激に脱酸され、C % の多少にかかわらず O 含有量が 38 ppm と低下している。

ii) スラグ組成

T-Fe については還元期において各チャージ共、順調に減少しており、特に供試料 No. 1 のごとき、除滓後に Al 3 kg/t 添加した場合、還元初期において T-Fe が 0.41% と他のチャージより約 80% ほど減少している。

2. 鋼塊

i) 巨大介在物：鋼塊内に存在する巨大介在物の一例を Photo. 1 の a, b に示す。a の介在物は鋼塊 mid. 部から top 部の外周部、1/2 半径部に存在した介在物で Fe, Mn 系珪酸塩が Al によつて周囲から還元され、ある時間経過するか、あるいは溶鋼の対流によつて溶鋼

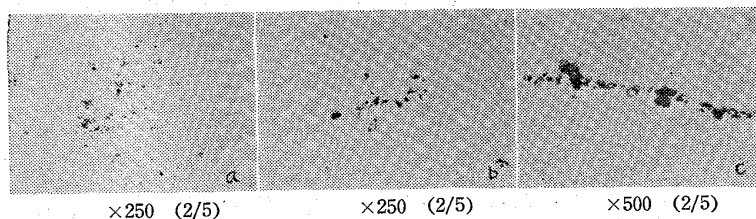


Photo. 1. Optical microscopic type of nonmetallic inclusions in ingot and of sand seam in rolled bearing steels.

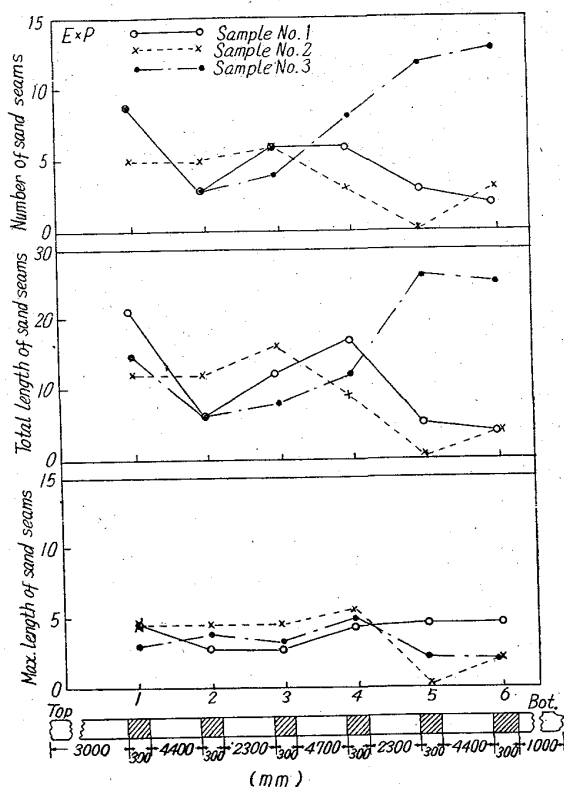


Fig. 3. Distribution of sand seams in rolled bearing steel.

が攪拌されC系介在物になって周囲へ拡がったものと考えられる。bの介在物も同様に mid. 部から Top 部の中心に存在した介在物で、C系介在物となって周囲へ拡がって行つた介在物が溶鋼の凝固過程における結晶の成長によって中心部へ押し出され、結晶の粒界に凝集して固定されたものと考えている。

ii) O分布および介在物組成：鋼塊内の縦方向および横方向各3点から試料を採取し真空溶融法でO分布を調査した結果、各供試材ともに大差は認められないが、供試材 No. 3 の bot. 部が他の供試材に比較して高くなっている。また、学振温硫酸法で介在物を抽出分離してX線回折した結果、各供試材ともに corundum, spinel, hercynite, mullite, quartz であつた。

3. 圧延材

i) 地疵：38mm ϕ に熱間圧延した場合に現われる地疵の形態の一例は Photo. 1 の c に示すごとく結晶型地疵が大部分を占めており、混合型地疵は極わずかに認められたにすぎない。

Fig. 3 は各供試材より認められた地疵の分布状況を示したもので、バラツキはあるが地疵試験結果は全般的に良好であつた。特に供試材 No. 1 は最大疵長さが平均4mm 程度でバラツキが少なく良好であつたが、供試材 No. 3 の mid. 部から bot. 部にかけて地疵個数が多くなっている。

ii) 介在物組成：Photo. 1 の c に認められるとき地疵および介在物を学振の温硫酸法および電解法により抽出分離し、X線回折した結果、各チャージ間のサンド量および組成には有意差は認められず corundum, spinel が主成分であつた。

IV. 結 言

軸受鋼 (SUJ-2) の地疵におよぼす Al 使用法の影響を調査した結果をまとめると、

1. Al の添加時期を還元初期炉中、出鋼流中およびキリング後取鍋中と変えた場合に発生した地疵は、ほとんど結晶型で5mm 以上の大きなものは認められなかつたが、バラツキの点から見ると Al を還元初期炉中に添加した方が良好であつた。また、Al を出鋼流中に添加したチャージは mid. 部から top 部にかけて地疵個数が増加している。

2. Al の添加量が 1 kg/t の場合、鋼塊中に地疵となると考えられる巨大介在物が認められたが、Al の添加量が 3 kg/t と多量になると、鋼塊内に含まれる介在物はほとんど corundum となつて存在する。

3. 鋼塊内 O 分布状況は、Al を還元初期炉中およびキリング後取鍋中に添加したものの方が、出鋼流中に添加したものより良好であつた。

4. 地疵および非金属介在物を構成する物質は corundum, spinel, mullite, quartz, などから成っている。

5. 本研究は Al 使用量の影響については直接調査していないが、前報の結果と合せて考えると、Al の添加量が増加すれば、地疵が良好となると考えられる。

文 献

- 1) 西川, 小田, 久利: 鉄と鋼, 48 (1962) 11