

さらに湯道耐火物を溶融したもの、注入時の空気酸化、凝固過程で湯から分離する酸化物などが鑄型内で凝集しつつ浮上し、スカムとなるが、これには硫化物も吸収されている。これらは湯熱の低下、リミングアクションの不活発、溶鋼の静圧などで一部は浮上しきれず、いはば微滓となつて、リム層の樹枝状晶にとらえられたり、気泡の周囲の偏析や鋼塊下部の沈デン晶中にとらえられて、鋼塊中に残るとラミネーションの原因になるものと思われる。

#### IV. 結 語

以上リムド鋼に現われる大型介在物の組成を究明し、リムド鋼の材質にもつとも悪い影響をおよぼすのはスカムとして浮上しきれずに鋼塊中に残留する砂疵性の介在物であることを確めた。

### (147) キルド鋼塊の製造におけるアルミニウムの使用

住友金属工業中央技術研究所

田 上 豊 助

#### Aluminium Addition in Production of Killed Steel Ingots.

Toyosuke TANOUÉ.

#### I. 緒 言

製鋼の操業末期において溶鋼の仕上処理のために Al が使用されることが多い。仕上処理のための添加剤としては、Al, Ti, V, B, Ca, Mg, 稀有土属元素などがあるが、一般市販鋼の 90% 以上は Al を用いて仕上処理が行なわれている。Al の添加によつて、(1) 気泡の発生、(2) 非金属介在物の性状や鋼塊内の分布、(3) オーステナイト結晶粒、(4) 割れに対する敏感性、(5) 加工性、機械的性質など、が変化する。これら被影響因子のうち、あるものは目標とする望ましい状態に変化する。しかしある因子は望ましくない状態に移行する。したがつてすべての被影響因子をできるだけ望ましい状態に持ちきたすための適正な Al 使用量の選定と使用のために生ずる悪影響の防止が生産技術上重要な研究課題である。以下、各因子に対する Al 添加の影響と付随する問題について略述する。

#### II. 気泡の発生防止

リムド鋼やセミキルド鋼においては製品の品質や歩留の向上を計るため、管状気泡の発生量や発生位置の調節あるいは鋼塊の内殻偏析の軽減を目的として efferves-

gency の調節用として Al の使用が行なわれることは周知のことである。

キルド鋼においては気泡の発生を皆無とすることを目標として Al の添加が行なわれるが、砂疵の発生や鋼塊割れの発生などに対して Al の添加が悪影響をもたらす場合や、オーステナイト結晶粒について粗粒を目標として溶製せねばならぬ場合には Al 添加量を制限しなければならない。Al 含有量に対して狭い目標範囲を選ぶか、あるいは Al 以外の脱酸剤を使用するなどの操作を行なわなければならない。気泡による製品欠陥の発生する Al 含有量の上限は 0.004% 付近にあり、0.004% 以上の鋼材に気泡欠陥が現われることはほとんどない。O 含有量から見ると 0.008% 以上になると気泡欠陥が現われやすい。鋼種、製鋼条件、製品までの加工条件などによつて気泡欠陥の発生の難易は異なり、C, Si の含有量低く Cr その他の脱酸元素の含有量の少ない鋼種、炉中鋼浴の O 含有量高く脱酸元素の歩留の不安定な平炉、大型鋼塊、下注造塊、高温鑄込、低速鑄込、圧延や鍛造の加工比が小さいなどの製造条件において気泡欠陥は発生しやすい。

#### III. 非金属介在物、砂疵におよぼす影響

Al の添加によつて非金属介在物や砂疵の組成、形態が変化する。Al の添加によつて含有される O の一部または大部分が  $Al_2O_3$  に変化する。一般キルド鋼の Al 含有量と O 含有量との関係ならびに O の  $Al_2O_3$  への変換率との関係を Fig. 1 に示す。Al 含有量 0.002~0.004% 付近で含有される O の大部分が  $Al_2O_3$  に変化する。FeO, MnO,  $SiO_2$  の成分が減少し  $Al_2O_3$  が増加する。0.004% 以上においては Al 含有量による酸化介在物の組成変化は少ない。

酸化介在物の組成変化に伴つてその形態が変化する

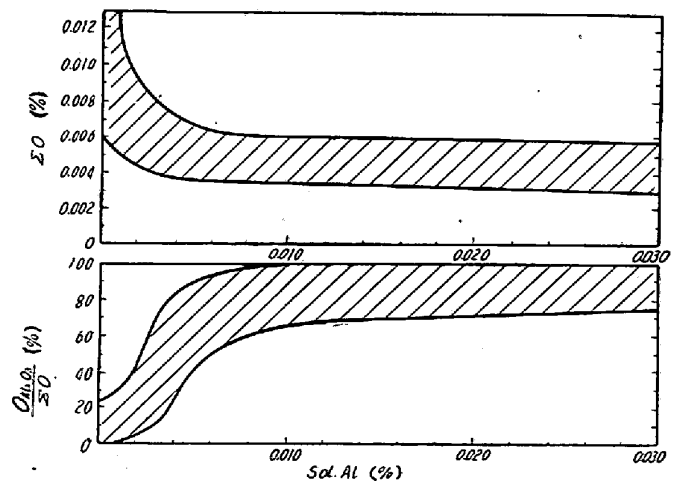


Fig. 1: Change of oxygen in steel by addition of aluminium.

る。Al 量の増加により A 型介在物は減少し、B 型および C 型介在物が増加する。組成変化と同様に 0.002~0.004% 付近で大きく変化する。酸化介在物の質的調整においては A 型介在物を減少させる目的で適量の Al を添加する場合が多い。また Al の添加は硫化物系の A 型介在物の減少にも効果があるようである。

高級鋼の砂疵の発生に対する Al 添加の影響は最終製品までの加工の条件によつて異なる。一般に圧延比や鍛造比の大きな製品(約 50 以上)に対しては Al を多量添加して  $Al_2O_3$  系介在物を生成させる方が砂疵の発生は少ない。 $Al_2O_3$  の大部分は無害と考えられる C 型介在物に一部は B 型介在物になるが、B 型介在物はちぎれて断続間隔が大となる結果、肉眼ではその存在が判別し難くなるためであろう。しかし大型鋼塊より製造する鍛造比の小さい製品においては Al 添加による  $Al_2O_3$  の生成、とくに鋼塊沈デン晶帯の  $Al_2O_3$  の集積は地疵の発生に対してきわめて有害となる。

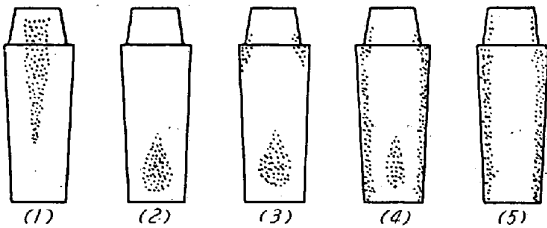


Fig. 2. Typical distribution of non metallic inclusions in ingots.

Fig. 2 に非金属介在物や砂疵の鋼塊中における代表的な分布例を示した。Type (1) は鋼塊内殻部全体または主として内殻部上方に砂疵の発生が多い場合である。この分布は Al 添加量が少なく、脱酸程度が比較的軽度の鋼塊に現われることが多く、その生因には析出生成型と上浮残存型の 2 種があると考えられる。前者に対しては Al 添加の増量が、後者に対してはその減量が、防止対策として効果がある。Type (2) は鋼塊下半内殻部の沈デン晶帯に集積する場合である。沈デン晶帯では  $Al_2O_3$  含有量が平均含有量と考えられる鋼塊外殻部の含有量の 2~3 倍にも達する。Al 添加量多く、介在物の大部分が  $Al_2O_3$  より成るような鋼塊に発生する場合が多い。この種欠陥の発生防止は Al 添加量の減少によつて目的が達せられる場合が多い。中途半端な減少の段階で Type (1) の鋼塊が現われることがある。Al 添加量の減少が気泡の発生を伴う場合には Al 添加以外の脱酸法の適用が必要であり、細粒鋼溶製を目標とする場合には Al 以外の粒度調整剤の使用が必要となる。Type (5) は鋼塊外殻部に砂疵が多い場合である。鑄型に入る溶鋼中に

多量の介在物が混入している場合に生ずる。凝固時間の早い外殻部では介在物が上浮途中に捕捉されるため外殻部に介在物が多くなる。Al 添加前の溶鋼の O 含有量と介在物量の絶対量を減少するための精錬および脱酸上の対策が必要である。Type (3) および (4) は Type (2) と Type (5) の中間の条件または合併の条件において現われるものと考えられる。

以上述べたように Al の添加は非金属介在物、砂疵の質的調整、鋼塊中の分布の改善などに対してきわめて重要である。

#### IV. オーステナイト結晶粒の調整

低炭素普通鋼においては粗粒鋼の溶製に対する Al 含有量の目標範囲は Al 約 0.004% 以下の範囲に、細粒鋼の目標範囲は Al 約 0.025% 以上の範囲にある。その間の Al 含有量の範囲においては混粒を生じやすい。粒度番号 0 番や 1 番の巨大な粒と 6 番、7 番程度の細かい粒との混合した 2 峰分布型の混粒である。C 含有量が高くなると粗粒や細粒の生成範囲は Al 含有量の低い方向に移行する。低炭素 Cr-Mo 鋼などの低合金鋼においては Al 含有量の増加とともに粗粒から細粒へ漸次移行し、中間範囲の Al 含有量においても 2 峰分布型混粒の発生は見られない。粗粒鋼の溶製目標は気泡や silicate 系砂疵の発生しやすい条件を伴っており、細粒鋼の溶製目標は  $Al_2O_3$  系砂疵の出現や鋼塊割れの発生しやすい条件と合致するため、それらの防止対策を併行して実施する必要がある。

#### V. 鋼塊割れの発生

鋼塊は凝固後の冷却途中において、あるいは冷塊の加熱、冷却の途中において割れを発生することがある。割れの発生に対する影響因子は多数指摘せられているが、同一鋼種、同一造塊条件の下では Al 含有量の多い鋼塊に割れの発生が多いことは明確に認められている。割れの発生しやすい中炭素鋼、高炭素鋼の溶製のさいには、鋼塊割れの発生防止を考慮して Al の添加を行わなければならない。

#### VI. 結 言

キルド鋼の溶製のさい、Al の添加によつて影響を受ける鋼質上の主要事項について略述したが、Al 含有量はこの外、加工性や機械的および物理的諸性質に影響をおよぼす。規格により Al 含有量が規定されていない鋼種においては Al 含有量の目標の選定が重要である。Al 含有量が微量範囲の鋼塊には気泡の発生、silicate 系砂疵の発生 (A 型介在物の増加) 粗粒の生成などの条件を伴ないやすい。Al 含有量約 0.004% 以上になると、酸

化介在物は  $Al_2O_3$  を主成分となるものに変化する。沈澱晶帯の  $Al_2O_3$  の集積、混粒の発生、銅塊割れなどが起りやすい条件となる。Al 添加による鋼質の調整を実施するには相関的に付随して生じてくる鋼質の悪化や欠陥の発生に対して、充分なる防止対策を備えることが必要である。

## (148) 鋼中の窒化アルミの形態の冷却速度による変化と高温延性

(鋼中の窒化アルミの研究—IV)

住友金属工業中央技術研究所 長谷部 茂雄  
Metamorphosis of Aluminum Nitride  
Precipitated in Steel due to Cooling  
Rate and Its High-Temperature Ductility.

(Study of aluminum nitride in steel—IV)

Shigeo HASEBE.

### I. 緒言

第1報<sup>1)</sup>においては炭素鋼中に析出した窒化アルミ(AIN)を電子顕微鏡によつて直接観察した結果について第2報<sup>2)</sup>においてはオーステナイト粒界に析出したAINがその延性をいちじるしく減少させる現象について、また第3報<sup>3)</sup>においてはいわゆる溶接熱影響部の割れにもAINが影響をしている現象について報告した。

本報では鋼中のAINの形態がその固溶温度からの冷却速度あるいは鋼塊の大きさによつて変化する状況を電子顕微鏡によつて直接に観察し、一方高温引張試験を行なつて冷却速度の影響あるいは鋼塊の大きさの影響について考察した。

さきに第2報<sup>2)</sup>では50kgの鋼塊より削出した引張試験片の高温延性が酸可溶のAl 0.05%付近でもつとも減少すること、またAINの固溶温度から徐冷途中に引張つた場合には延性が回復することなどを示した。これらのことからAINの固溶温度からの冷却速度が高温延性に影響するものと考えられるので、この点について調査を行ない、高温延性を最小にする冷却速度などを求めたものである。

### II. 実験方法

前報<sup>2,3)</sup>に使用した中炭素鋼 (C 0.45%, Si 0.30%およびMn 0.80%) および低炭素低

マンガン鋼 (C 0.20%, Si 0.30% およびMn 1.85%) について調査した。

まず鑄造のままあるいは熱間鍛造後 1350°C × 0.5 h の固溶処理を行なつたのち数種の冷却速度で常温まで冷却した試料について 500°~1000°C の高温引張試験を行なつた。

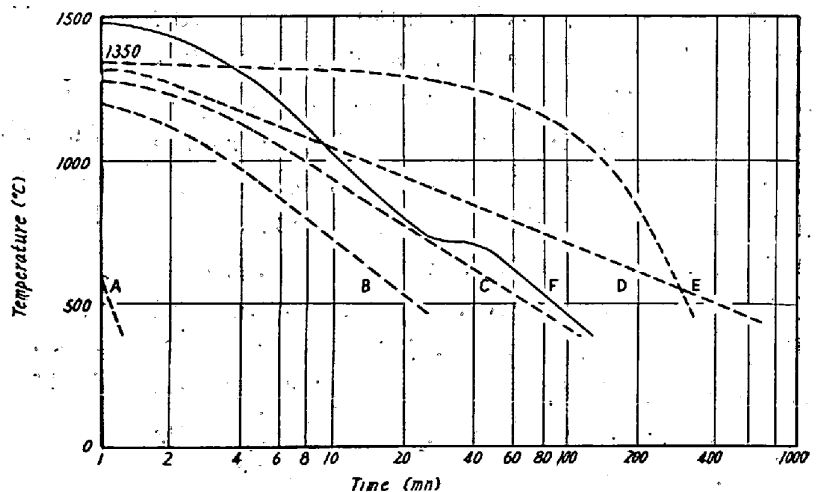
ついで径 25 mm の小径丸棒状の鑄造試料、50 kg 鋼塊および 2 t 鋼塊より削出した試料について鋼塊の大きさの影響を比較した。

また AIN の観察は主としてカーボン抽出レプリカ法によつた。

### III. 実験結果ならびに考察

Fig. 1 には 1350°C における固溶処理後の冷却速度を示す。curve F は 50 kg 鋼塊の中央部の凝固後の冷却曲線であるが、curve C はこれとほとんどおなじ冷却を行なつた場合である。curve B は炉中に Ar ガスを通して curve C よりも速い冷却を行なつた場合、一方 curve D は curve C よりも相当おそい冷却を行なつた場合である。curve A は 1350°C より空冷したものであり、小径丸棒状の鑄造試料の冷却曲線もこれに近い。また curve E は 150°C/h の徐冷である。

Fig. 2 には 50 kg 鋼塊より削出した鑄造のままの試片について行なつた引張試験結果の一部を示す。酸可溶の Al 0.049%, N 0.019% の中炭素鋼である。750°C 以上のオーステナイト域において冷却速度の影響が大きく



Curve (Cooling conditions from 1350°C)

A=Air-cooling

B=Furnace-cooling by Ar gas

C=Furnace-cooling at the same rate as in curve F

D=Furnace-cooling more slowly than in curve C

E=At the rate of 150°C/h

F=In the center of 50kg ingot in a mold after solidification

Fig. 1. Cooling curves of test pieces after treatment of solution at 1350°C and in the center part of a 50kg ingot in a mold after solidification.