

## (討 8)

## ステンレス溶鋼の複合脱酸について

(株)日本製鋼所 産物製作所 研究所 工博・鈴木是明  
谷口晃造

## 1. 緒言

溶鋼のAl脱酸に際して脱酸生成物の $Al_2O_3$ は、しばしばフラスター化することはよく知られている。またこの $Al_2O_3$ フラスターは鋼塊の鍛造あるいは圧延過程においてB系介在物の主因となり製品非破壊検査時に欠陥として検出される場合が多い。Al脱酸は種々の鋼種に対して行なわれるが、特にステンレス鋼に対してはAl以外の通常の脱酸剤では平衡酸素レベルが若しむしく高いためAlが用いられる場合が多い。したがって上述の $Al_2O_3$ フラスターに起因する欠陥が発生する危険も多いといえる。最近ステンレスの脱酸に対してCaSiBaAl複合脱酸剤の効果について述べた研究<sup>1)</sup>が発表されている。脱酸生成物に起因する欠陥の軽減に対して各種の複合脱酸剤が何んらかの効果をもつことは原理的には十分予想されるところであるが、CaSiBaAlの効果は現場的規模のステンレス鋼塊に対して有効であるか否かを調べるため $T400$ の角型鋼塊を利用してその内部性状を調査した結果について述べ、Al脱酸生成物のフラスター化に対するCaSiBaAl添加の影響について検討する。

## 2. 調査方法

18-8ステンレス(SUS304)溶鋼を $10^4$ エルー瓦電気炉で溶融し、炉内におけるAl脱酸後CaSiBaAlを取鍋において2種類の添加レベルで加えた鋼塊2本と、比較のため炉内におけるAl脱酸のみを行なった鋼塊1本を造塊した。表1に添加したCaSiBaAlの化学成分を示す。また表2に各鋼塊の製造要領を示す。

表1 複合脱酸剤の組成 (%)

C	Si	Mn	P	S	Ba	Ca	Al	Fe
0.045	37.7	—	0.027	0.024	13.3	9.7	22.1	16.6

表2 各鋼塊の製造要領

NO	CaSiBaAl 添加量	産 品 成 分 (%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	全Al
1	0.8%	0.041	0.81	1.98	0.029	0.018	9.40	12.8	0.049
2	0.3%	0.043	0.79	1.48	0.026	0.015	9.40	12.2	0.032
3	比較鋼塊	0.043	0.84	1.51	0.030	0.019	8.90	12.3	0.030

これらの各鋼塊の炉内Al脱酸に際してはCaSiBaAl添加後の全Al添加レベルを揃えるため、No1鋼塊では0.12%、No2鋼塊では0.24%、比較鋼塊では0.3%の添加量とした。

各鋼塊はその底部側を鑄放し状態での調査材、その頭部側は鍛造状態における調査材とした。鋼塊の形状を並びに調査材の採取要領を図1に示す。すなわち $400 \times 100 \times 70$ 高さの鋼塊の底部100mmを鑄放し状態調査、頭部側250mmを鍛造比4、更に120mmを鍛造比8の鍛造状態調査に供した。

各鋼塊からの調査材はその軸心を適当面で縦断し、中心縦断面を機械的研磨仕上げ後、 $Al_2O_3$ フラスターに起因する欠陥を検出するのに最も便利な染色探傷法(以下PTと略記)によってマクロ的かつ内部性状の確性を行なった。更に主として非金属介在物の発現状況を明らかにするため図2に示すような縦断面の各位置から $30 \times 30$ mmの小試片を切り出し、Alを並びに全酸素分析、光学顕微鏡による非金属介在物観察に供した。

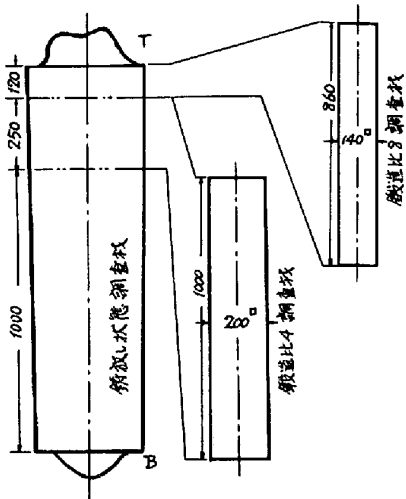


図1 鋼塊形状並びに各調査板採取位置

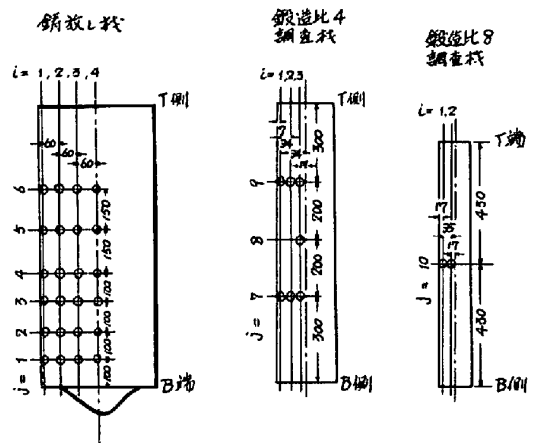


図2 内部性状調査用小試片切出し位置

### 3. 調査結果

#### 3.1 各鋼塊中心縦断におけるP.T結果

各鋼塊とも鍛造板で作いずれもP.Tによるインデケーションは観察されなかったが鍛造比8板ではFig.3に示すようにP.Tインデケーションが鋼塊軸心部のV偏析領域を中心に数多く発現した。Fig.3にみられるようにCaとBaを添加したNO1板並びにNO2鋼塊では鋼塊軸心部のV偏析にともなうミクロシリンゲージによるP.Tインデケーションのみであるのに対し、Al単独脱酸によるNO3鋼塊ではV偏析領域以外でもP.Tインデケーションが発現している。このインデケーション部分を研磨して光学顕微鏡で観察すると比較的大型の $Al_2O_3$ クラスターに起因していることがわかり各鋼塊のAl脱酸生成物の発現状況に下んらの差があることが予想される。

#### 3.2 各鋼塊中心縦断面におけるAl、全酸素、非金属介在物清浄度の分布

鋼塊内部性状をさらに明らかにするため、Fig.2に示した小試片を用いてAl、全酸素を分析し、更に介在物を硫化物、単体 $Al_2O_3$

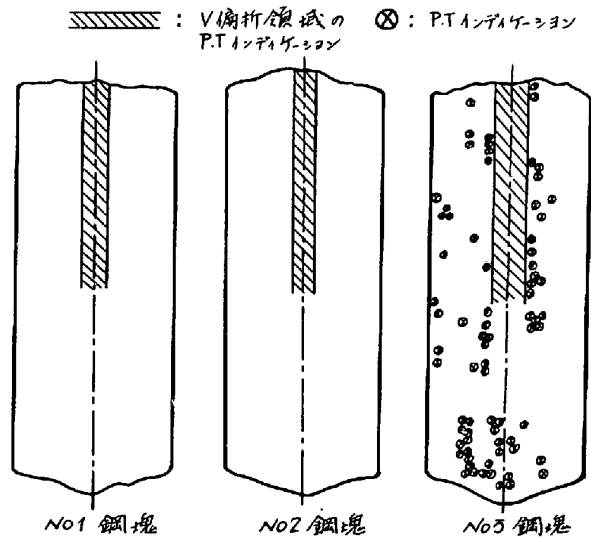


図3 鍛造比鋼塊中心縦断面におけるPTインデケーションの分布

、クラスター状 $Al_2O_3$  (5 $\mu$ 以上の $Al_2O_3$ 粒子が12.5 $\mu$ 以内の隣接距離で集合している場合をクラスター状 $Al_2O_3$ と定義した。)に分類し形態別に学振等三法に準じて清浄度を測定した。

硫化物系介在物に関する測定結果の一例を図4(a)に示す。図4(a)は鍛造比8板における試料のクラスター $Al_2O_3$ の鋼塊表面からの分布を示したもので、鋼塊軸心側でいずれの鋼塊に対してもクラスター状 $Al_2O_3$ が多いことがわかる。また縦方向の分布をとると鋼塊底部側にクラスター状 $Al_2O_3$ が多いことがわかる。Fig.4(a)から明らか存ようにNO1、NO2鋼塊に比較してNO3鋼塊ではクラスター状 $Al_2O_3$ が著るしく多い。このクラスター状 $Al_2O_3$ の発現状態を更に明らかにするため、極鏡試料の中心に5x5mmの詳細顕微鏡部分を区切りこの中におけるクラスター状 $Al_2O_3$ の長辺長さをそのクラスターに対して

測定しその平均クラスター長さを求めた。測定結果を鋼塊表面からの分布状況として図示すると図400のようになる。すなわちNa<sub>3</sub>鋼塊ではクラスターそのもの大きさもNa1 No.2鋼塊に比較して大きくなっていることがわかる。

以上の下りに複合脱酸剤CaSiBaAlの添加によりクラスター状Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の発現量そのものも少くなり発生してもクラスターの大きさがあまり大きくなりなるといふ効果があることが明らかになった。

4. 考察

従来、Al脱酸の結果生ずるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>クラスターの発現機構について多くの研究<sup>2)4)5)6)7)</sup>がなされているが凝固過程を考慮した研究は少ない。<sup>3)</sup>

著者等<sup>2)3)</sup>の実験室的な相模におけるクラスター発現機構に関する研究によればAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>クラスターの発現機構に対し2次の二種類の機構が考えられる。

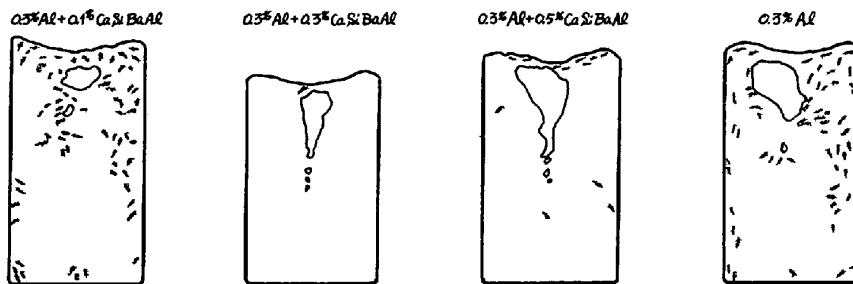
(i) Al添加直後の比較的早い時期でのクラスター化

(ii) 凝固過程におけるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粒子の凝集によるクラスター化

上記(i)(ii)のクラスター化段階のいずれに対してもCaSiBaAlが有効に作用しているかを明らかにするため以下の下りを検討実験を行なった。

4.1 Al脱酸初期のクラスター化に対する影響

高周波大気溶解により18-8ステンレス鋼2.5kgを溶解し、0.3%Alと0.1~0.5%のCaSiBaAlを添加して30秒後に50<sup>φ</sup>×81mm高さの金型に鋳込んだ4種類の鋼塊を縦断して研磨し肉眼的ならびに光学顕微鏡的にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>クラスターの発現量を調べた。縦断面におけるクラスター発現状況は図5に示すようにAl単独脱酸に比較してCaSiBaAl複合脱酸鋼塊はクラスターの発現量が少ない。この傾向は光学顕微鏡による清浄度測定結果とも一致する。



注：クラスター発現位置 (縮尺1/2)

図5 クラスター発生状況の肉眼的観察スケッチ

4.2 凝固過程におけるクラスター化機構に対する影響

凝固過程における固液共存状態を再現するためにはAl脱酸生成物を分散させた材料を液相線温度と固相線温度との中間に保持する必要がある。そこで実験を容易にするため固液共存範囲の広いFe-1%P合

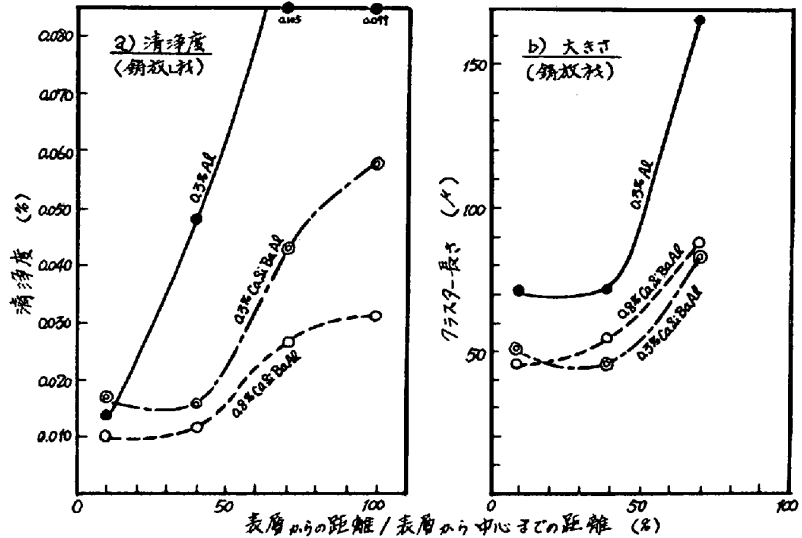


図4 クラスター状Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の清浄度ならびに大きさの横方向分布

金と実験母材とした。この母材を高周波大気溶解しAl単独脱酸存り及びAl + Ca & Ba Al複合脱酸の二種類の脱酸を行ない実験用母材を20mm x 20mm長さの金型に鑄込んで作製した。この円柱状銅塊を25mm長さに分断し、それぞれを更に縦断して一方から化学成分存り及び複鏡用試料を作製してAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の分散状況と化学成分の含有量をほぼ同一のものを作る4ヶ選り出した。その4ヶに対応する1/2円柱状(25mm高さ)試片を10、30、60、120分の4種類の加熱保持に供した。各試片を20mmの不透明石英管中に真空封入し、Fe-14P合金の固液共存温度である1440°Cに保持したNi-Sn浴中に浸漬し、所定の時間保持する。保持後は石英管の子子水中に急冷した後、試料を縦断して複鏡試料とした。保持前にはほとんどフラスター状Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のない試料を用いたが、保持後にはフラスターが発現している。そこでフラスターを前と同様に定義し5mm x 5mmの複鏡面中における平均フラスター長さを測定し保持時間との関係を図示すると、図6のようになる。

Fig. 6より凝固過程の固液共存状態の再現と考えられる保持実験中にフラスター化し、しかもそのフラスターの大きさは保持時間とともに大きくなることかわかる。しかしAl単独脱酸と複合脱酸でこの傾向は共通しておりその大きさの変化にも顕著な差はない。

以上二つの複鏡実験結果よりCa & Ba Alの効果はAl脱酸初期のフラスター化に大きな影響をおよぼし、後の凝固過程のフラスター化に対してはほとんどその影響があらわれないうことかできる。

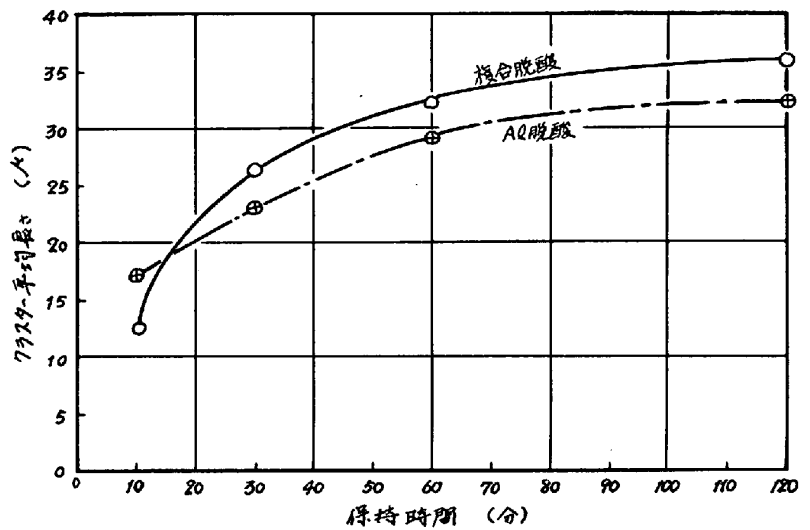


図6 フラスター平均長さの保持時間による変化

### 5. 結言

Al単独脱酸存り及びAl + Ca & Ba Alによる複合脱酸を行なったSUS 304、17400銅塊の内部性状調査した結果、複合脱酸の効果はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> クラスターの発生を抑制する作用のあることかわかった。この現象に対してクラスター機構におよぼす複合脱酸の効果を実験的に検討したところ、Ca & Ba Alの添加は脱酸剤添加後比較的早い時期におけるクラスター化の抑制に効果があり、その後凝固過程におけるフラスター化に対してはほとんど影響をおよぼさないことが明らかとなった。

### 参考文献

- 1) H. Jäger W. Holzgruber: Report of International Symposium on Metallurgical Chemistry (1971年7月 於 Sheffield-Univ.)
- 2) 鈴木谷口、竹の内: 鉄と鋼, 11(1971) 8422
- 3) 鈴木、谷口、竹の内: 鉄と鋼, 6(1973) 725
- 4) K. Trossell, M. Olette: Rev. de Meta., 12(1969) 813
- 5) Knüppel, Bretzmann, Forster: Stahl und Eisen, 85(1965) 678
- 6) 浅野、中野: 鉄と鋼, 13(1971) 1943
- 7) 櫻根、河西、大井: 鉄と鋼, 4(1971) 866