

(討6) 薄鋼板用連鑄低炭素アルミキルド鋼における表面性状の改善と鑄片手入の省略について

新日本製鉄(株) 名古屋製鉄所 井上俊朗 ○小舞忠信 竹村洋三
岡 賢 加藤 郁

1. 緒 言

連続鑄造によって薄鋼板用低炭素アルミキルド鋼を製造する場合、鑄片表層部の清浄化が特に重要である。薄鋼板は製品表面の美しさが要求されるので、次工程に安定した品質の鑄片を供給するためには補助手段として鑄片の手入れによる疵の除去と入念な検査が不可欠なものであった。その後の連鑄技術の進歩改良により鑄片の品質が向上し、鑄片手入の簡略化が可能となってきた。鑄片手入の省略は、溶削損失が少なくなるために鑄片歩留が向上するだけでなく、工程の省略、省力化および省エネルギーの点で意義が大きい。本報は、鑄片表層部の清浄化のための調査結果および鑄片手入の簡略化のための鑄片品質の管理方法について述べる。

2. 鑄片表面欠陥

低炭素アルミキルド鋼における鑄片の表面欠陥は大別してアルミナクラスターによるものおよびパウダーのかみこみによるものに分けられる。

2.1 鑄片内のアルミナクラスター 鑄片内のアルミナクラスターはその分布位置によって2つに大別できる。すなわち、表面直下に濃化している表層のアルミナクラスターと表面より鑄片厚さの約 $\frac{1}{4}$ の深さに分布する断面のアルミナクラスターである。薄鋼板のスリバー疵と強い相関を持つのは鑄片表層部のアルミナクラスターである。表層アルミナクラスターを評価するために、鑄造方向に約100mm切断したサンプルの表面を切削研磨し8-プリントをとり評点付けした。この一例を写真1に示す。この評点はアルミナクラスターの面積率を示しており、次の関係がある。

$$\begin{aligned}\text{クラスター面積率} &= \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 / 100^2 \times 100 \\ &= \frac{\pi}{10} \left\{ \left(\frac{d}{2} \right)^2 \cdot \frac{1}{10} \right\} \\ &= \frac{\pi}{10} \times \text{評点}(\%) \end{aligned}$$

ただし、 d は検査面100mm×100mm中の全アルミナクラスターに等価な円の直径(mm)とし、 $\left\{ \left(\frac{d}{2} \right)^2 \cdot \frac{1}{10} \right\}$ を評点とした。

2.2 パウダーのかみこみ 表1に鑄片表面のかみこみ物の代表的な組成を示す。パウダー中のアルミナが異常に上昇しており、鑄造中にパウダーの組成に大きな変化があったものと考えられる。この欠陥も鑄片表層のアルミナクラスターに関連づけて考えることができる。

3. 鑄片表層のアルミナクラスターの集積機構

3.1 鑄片内分布 鑄片表層部を表面から順次切削して前述の方法によって評点化した結果を

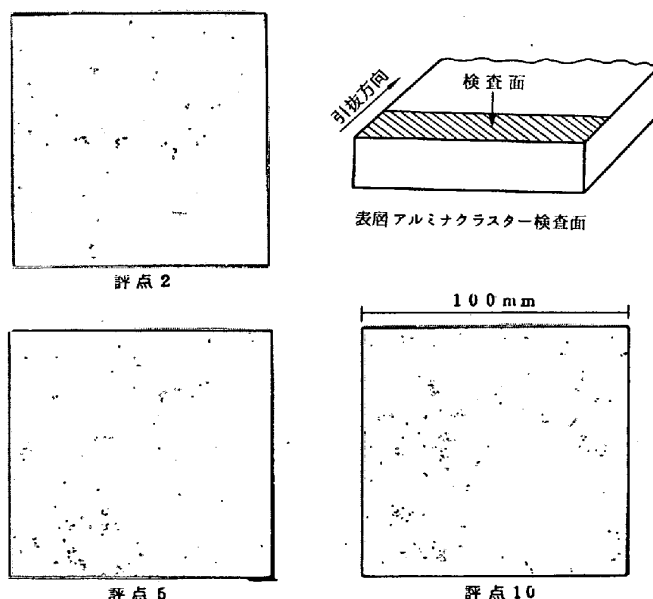


写真1 鑄片表層アルミナクラスター限界見本例

表1 鑄片表面のかみこみ物の EPMA 分析 (%)

	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO
地	36	26	36	1.7
針状析出物	13	7	78	0.3

図1(A)および(B)に示す。(A)は鋳片巾方向の中央部における深さ方向の分布を示し、(B)は鋳片巾方向の分布の代表的な例を示す。アルミナクラスターの分布は巾方向の中央部に多くかつ、表面ほど集積が大きいことが分る。

3.2 集積機構 図1をもとにして、アルミナが鋳造中に集積する位置を模型的に示したものが図2である。すなわち、図1よりアルミナクラスターの鋳片表面からの深さ方向の位置は高々10 mmまでの所である。これを鋳型内における凝固式 $D = 24 \sqrt{t}^{(1)}$ より、鋳造速度を 0.6 m/min として計算すると、アルミナの捕捉される位置はメニスカス下高々80 mmまでである。また、メニスカス直下ほどアルミナの捕捉が多く、下部になるにしたがって少なくなっている。また、これを巾方向でみるとアルミナは中央部すなわち浸漬ノズルの周辺に多く捕捉されている。また、浸漬ノズルの吐出口の方向を鋳型の中心線より偏向させて鋳造した場合は、ノズルよりの吐出流の当る側の端部に溶鋼流れの停滞した部分が生じ、この部分にアルミナが多く捕捉された。以上の事実を整理すると、鋳片の表層部のアルミナの位置は鋳型内湯面における溶鋼流れの停滞した部分に相当しており、かつ表面に近いほどアルミナが多いことが分る。このような特徴を示す鋳片表層部のアルミナの集積機構としては、溶鋼流れと共に一度溶鋼面に浮上したアルミナがパウダー中に十分吸収されなくなった場合に、メニスカス部分よりアルミナが側面に流れて凝固シェルに捕捉されるものと考えられる。

4. 鋳片表層のアルミナクラスターにおよぼす製造条件の影響

鋳片表層の清浄化のために行った二三の調査結果について述べる。

4.1 タンディッシュノズル 鋳型内でのアルミナの浮上を促進し、パウダーがアルミナを吸着・溶解するのに適当な溶鋼流となるようなノズルおよび鋳造条件の選択が必要である。ノズルからの溶鋼流が偏流となったり、表面近くの流れが小さくなりすぎると、湯面にデッセル⁽³⁾が発生し、この部分におけるパウダーへのアルミナの吸収がさまたげられる。

このような場合には鋳片表層に写真2の如きアルミナの局所的な集積がみられ、スカーフ後の面に直径0.5mm程度の小さなピンホールを伴うのが特徴である。

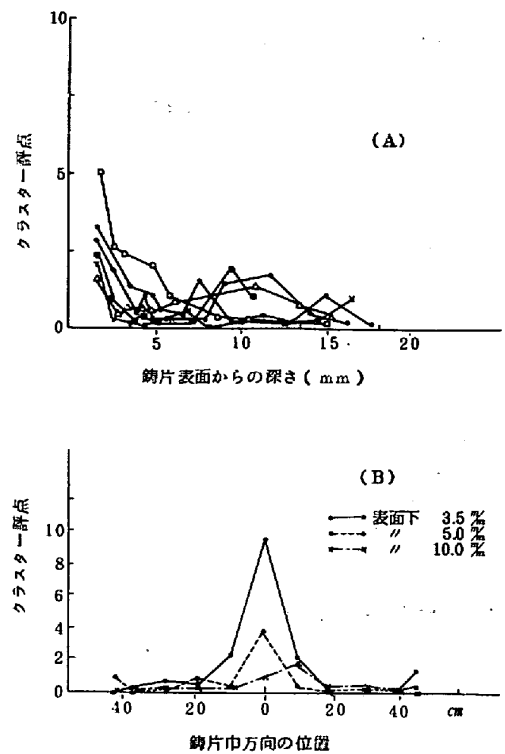


図1 鋳片表層部のアルミナクラスターの分布

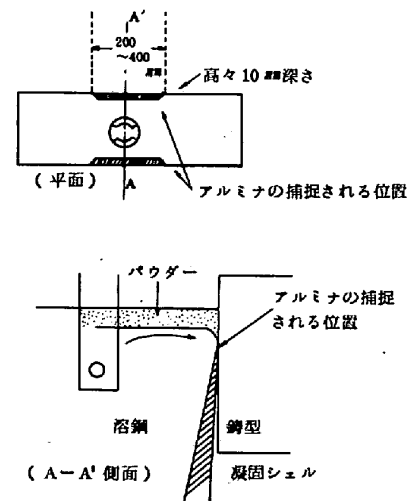


図2 アルミナが凝固シェルに捕捉される位置

4.2 パウダーの評価と選定⁽⁴⁾ 鋳片表面アルミナクラスターを安定して少なくするには、パウダーとしてはアルミナを吸収、溶解して除去する性能が要求されるので、このような観点からパウダーの適性の評価を行なった。メニスカス部のパウダー組成の経時変化は鋳造開始より10分位でアルミナが12~15%に富化しその後は大きな変化がみられない。この時点で鋳型内において浮上してくるアルミナの量とパウダーが吸収、除去する量とがバランスする。パウダーのアルミナ除去能力を次式で示すアルミナ吸収量で評価することができる。

$$\text{アルミナ吸収量 (kg/ストランド)} = \text{パウダー消費量 (kg/ストランド)} \times \text{パウダー中のアルミナ変化量 (\Delta\%)}$$

表面アルミナクラスターとアルミナ吸収量との関係を図3に示す。パウダーのアルミナ吸収量が大きくなると表面クラスターは良くなっている。図4にタンディッシュ内溶鋼温度とアルミナ吸収量との関係を示す。タンディッシュ内溶鋼温度が1555℃以下になるとパウダーのアルミナ吸収量が急激に低下していることが判る。したがって、タンディッシュ内溶鋼温度はパウダーのアルミナ除去能力を維持するためある温度以上に管理する必要がある。アルミナの吸収量の差はパウダーの組成変化ではなく、パウダーの消費量に左右されていることから、アルミナ含有量が上昇しても粘性が増さないパウダーが適していることが分る。

実験室的にパウダー中の Al_2O_3 の量を変化させて1300℃に、おける粘性値を測定した結果を図5に示す。 CaO/SiO_2 が1.1のパウダーはアルミナが20%で急激な粘性の上昇がみられる。一方 CaO/SiO_2 が高い程アルミナの吸収速度が大きいことが認められている。⁽⁵⁾ 製造条件の変動によるアルミナのインプット量の変動を考慮して、粘性変化を重視してパウダーの CaO/SiO_2 は1.0を採用した。

4.3 その他の製造条件 アルミナの鋳型内へのインプット量が少なければ鋳片の性状は改善されることが一般に述べられている。

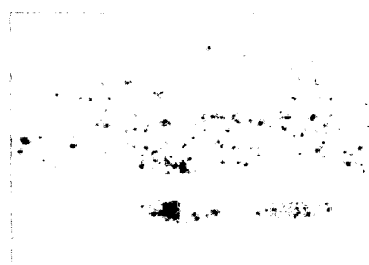
このために転炉精錬技術、アルミ添加技術および注入流の空気酸化防止法などの技術開発がなされている。⁽⁶⁾ これらのアルミナのインプット量減少の対策は適用品種など要求される品質レベルに応じて採用を検討してゆく必要があることはいうまでもない。

5. 鋳片の品質管理と手入省略について

5.1 鋳片の品質管理 鋳片の手入は鋳片における表面欠



(a) スカーフ後



(b) (a)の部分のS-プリント

写真2 アルミナの局所的な集積の例

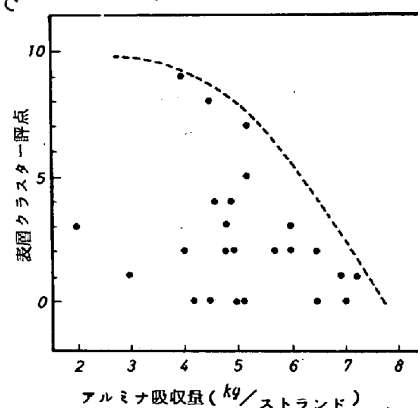


図3 表面アルミナクラスターとアルミナ吸収量との関係

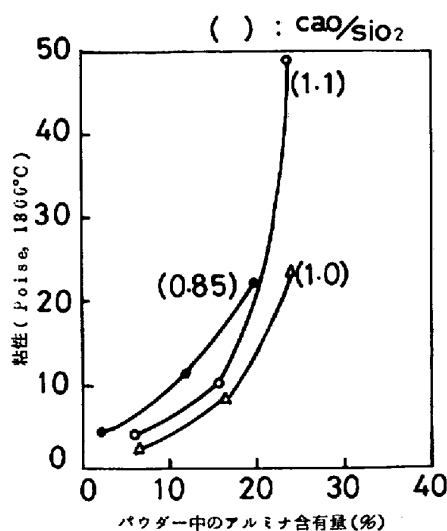


図5 パウダー中のアルミナ含有量と粘性との関係

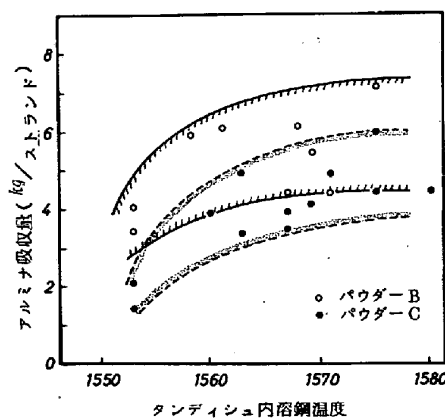


図4 タンディッシュ内溶鋼温度とパウダーのアルミナ吸収量との関係

陥の除去と同時に鋳片表面の全数検査の役割をはたしていると考えられる。したがって、鋳片手入を省略するためには、これに代る鋳片品質のチェック方法を確立する必要がある。この手段として、(a)鋳片表層のアルミナクラスターによって平均的な品質レベルをチェックし、さらに(b)鋳造時に異常が発生したスラブを適確に把握するという2段階の管理方法をとることが有効である。先ず、平均レベルの品質を知るために鋳造時の位置別の表層クラスター評点と製品スリバー疵発生指数との関係を図6に示す。鋳造初めのスラブおよび取鍋交換時のスラブの品質は悪い。また鋳造末期は鋳造条件が不安定となり易いためこれらの鋳片は全面手入れが必要である。次に、スリバー疵の原因となるような鋳片欠陥の発生し易い操業条件を調査した結果、(a)ノズル詰りのため酸素洗いをした場合、(b)鋳型内湯面にデッケルが発生した場合、および(c)タンディッシュ内溶鋼温度が低い場合に鋳片の表層のアルミナクラスターが増加しスリバー疵を発生させていることがわかった。これは前述の鋳片表層へのアルミナクラスターの集積機構からも説明される。すなわち、鋳造中にノズル詰りが発生することは、ノズル内面へのアルミナの堆積によってノズルよりの溶鋼流れが変化し、偏流を起していることが予想される。デッケルはこの部分のパウダーへのアルミナの吸収が防げられ、また鋳込温度の低下はパウダーのアルミナ吸収能を落していると考えられる。これらの考えは図7の如くまとめることができ、普通検査基準の薄鋼板の製造に適用できる。すなわち鋳造者は上記基準に従った鋳造観察と鋳造位置より鋳片単位の品質を推定する情報を次工程に流し、この情報に従って鋳片の手入を決定する方式が有効である。現在、正常鋳片について鋳片無手入れまたはチェックスクーフのみによって製造を行っており、製品表面欠陥の発生は全面手入材と変わらないことを確認している。

6. 結 言

鋳片表層のアルミナクラスターの集積機構について考察し、これによぼす2、3の操業条件の影響について記述した。さらにこの考えに基づいた鋳片品質の管理方法と手入省略についての考え方および若干の製造結果について述べた。

(参考文献)

- (1) 梅田、梨和、丸川、安元、徳田：鉄と鋼，VoL 58(1972)，No 4，S114.
- (2) Mills, Barnhardt：J. of Metals, 1972, NoV, P37.
- (3) 森：鉄と鋼，VoL 60(1974)，No 7，P791.
- (4) 鈴木、小舞、田村、野呂：鉄と鋼，59(1973)，No 4，S90.
- (5) 中戸、江見、江島：鉄と鋼，VoL 60(1974)，No 2，A-15.
- (6) 根本、川和、佐藤、阪本：鉄と鋼，58(1972)，No 3，P387.

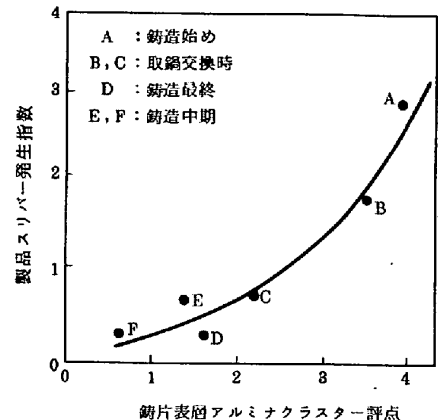


図6 鋳造位置別の鋳片表層アルミナクラスターと製品表面疵との関係

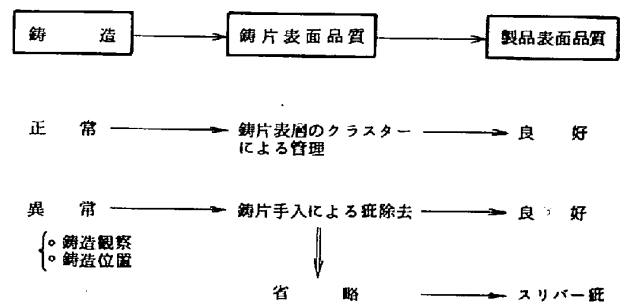


図7 鋳片および製品の表面の品質管理の考え方