

日本鋼管(株) 京浜製鉄所 内堀秀男 小倉康嗣 宮野治夫  
 技術研究所 福田脩三 小林基伸 菅原功夫

1. 緒言

近年シームレスパイプの高級化指向が強まっている中で、当社のブルーム連鋳機においても、Ti, Crを含んだ鋼の鋳造が多くなっている。このTi, Crを含んでいるアルミキルト鋼は特に浸漬ノズルのアルミナ付着量が多く、多連鋳を阻害し、能率を落とす要因となっている。そこで京浜ブルーム連鋳機におけるノズル閉塞の現象を整理し、付着機構について考察した。

2. 調査方法

調査に使用した鋼種は表1.に示す4鋼種である。当ブルーム連鋳機はタンディッシュストッパー方式を用いているが、アルミナ付着量を定量的に把握するためにこのストッパーの開度量変化値を用いた。また、付着物の定量分析にはXMAを使用した。

Table.1 Chemical composition (%)

	C	Mn	solAl	Ti	Cr
steel A	0.46	1.0	0.01	—	—
steel B	0.24	1.4	0.02	—	0.2
steel C	0.24	1.4	0.02	0.025	0.2
steel D	0.26	0.6	0.02	0.030	1.0

3. 調査結果

アルミナ付着位置は図1.の模式図に示すように、浸漬ノズル下部には付着せず、ノズルヘッド部にのみ付着することが特徴的である。また、アルミナ付着量に及ぼす諸要因の影響を定量的に整理すると、(i)タンディッシュ内容鋼温度の低いストランドは付着量が多い。(ii)連々鋳を続けると、溶鋼通過量に比例して付着量が増加する。(iii)鋼種D(含TiCr)、鋼種C(含Ti)、鋼種Bの順に付着量が多い。(iv)同鋼種(鋼種C)で見ると、図2に示すように溶鋼中のTi量が増加するのに比例して付着量は増大している。(v)ノズルヘッドの材質の差については、アルミナ・グラファイト系は従来使用しているハイ・アルミナ系とほぼ同等であり、ジルコン系は付着量がやや少ない。次にアルミナ付着物については、(i)マトリックスはほとんど5μm程度のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と空隙であり、鋼種によって差はない。(ii)Cr, Tiを含む鋼種においてもTiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>はほとんど検出されない。(iii)付着物とノズルヘッドの間の反応層には地金を含んでいないことがわかった。

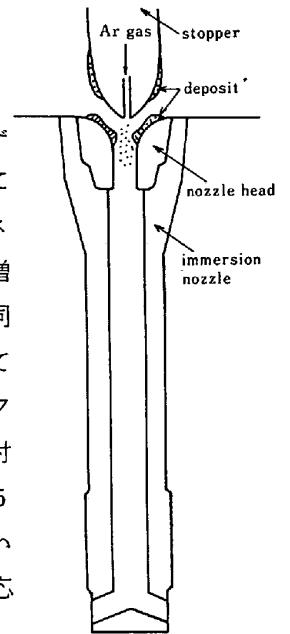


Fig. 1 Position of deposit

4. アルミナ付着機構の考察

アルミナの付着過程は図3.に示すように(i)耐火物との反応期、(ii)単純付着時期、(iii)加速付着時期の3段階に分けられる。付着過程のほとんどは段階(iii)であるため、主に(iii)についての考察を行った。ノズルヘッド上部付近に優先的に付着するのは、溶鋼通過量が多いことと合わせて、一旦付着したアルミナの形状が図3に示すように変形し、この部分での溶鋼の流れに乱れが生じるからであると推測される。付着位置付近の流れをナビエ・ストークスの式を用いた2次元モデルにて解くと、図4.のようになり、付着物の凹部にミクロ的な旋みが生じ、一旦付着形状を変えると加速的に付着が進行することが推定できる。

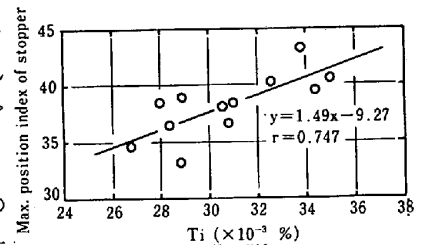


Fig. 2 Effect of chemical composition on deposit thickness in steel C.

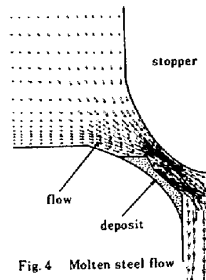


Fig. 4 Molten steel flow

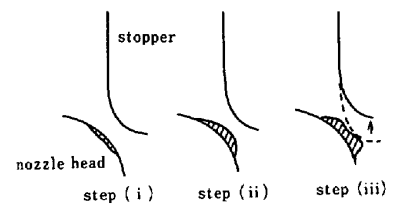


Fig. 3 Step of deposit growth.