

## 討7 連続鑄造ビレットの鑄造組織におよぼす注入温度の影響

神戸製鋼所 中央研究所 鈴木章・鈴木武  
神戸工場 野崎輝彦

### 1. 緒言

連続鑄造においては、鑄塊の凝固速度によってその完全凝固位置がまわり、装置の高さなどが左右される。また、凝固速度は鑄込速度の上限も規定するので、設備の溶鋼処理能力はこれによって制限される。このような意味で、連続鑄造の場合には、普通の鋼塊の場合よりも凝固速度が重要な意味をもち、広く研究されている。

また、これとは別に、鑄塊の内部品質との関連で凝固条件がとりあげられることがある。それは鑄塊の品質が、その凝固組織と関係があり、凝固組織が凝固条件に依存するからである。とくに中・高炭素鋼の場合には、軸心部のポロシティや偏析との関係で凝固組織が注目され、注入温度がもつとも大きい因子であることが認められている。<sup>1)2)</sup> 本報告は0.6%炭素鋼の小断面角鑄塊のマクロ組織の注入温度による変化について、凝固組織の面から検討したものである。

### 2. 供試材および試験結果

2.1. 供試材 供試材は灘浜工場1号連鑄機で鑄造した60C 110mm角鑄塊を用いた。注入温度としては、タンディッシュ中の一定位置の温度を用いた。供試鑄塊の化学組成および注入温度を表1に示す。その他の鑄造条件はすべて一定とした。

表1. 供試材の化学組成および注入温度

鑄塊 No	化学組成 %					注入温度 °C (タンディッシュ中)
	C	Si	Mn	P	S	
No. 1	0.64	0.27	0.53	0.014	0.018	1550
No. 2	0.61	0.25	0.54	0.017	0.016	1523
No. 3	0.60	0.26	0.52	0.019	0.018	1487

2.2. 注入温度とマクロ組織 注入温度のこたなる3つの鑄塊の縦断面マクロ組織を写真1に示す。写真から明らかのように、注入温度の高いものは柱状晶がよく発達し、軸心部にパイプを生ずるが、ところどころに明瞭なブリッジの形成がみられる。ブリッジの部分では、軸心が正偏析の周囲が負偏析を示し、負偏析部とその外側の正常部との境界にV状の偏析が観察された。中間の注入温度の場合には、等軸晶の生成がみとめられ、ブリッジの肉間が小さくなり、偏析などがややほがされている。注入温度の最も低いときには、マクロ組織は全面が粒状の等軸晶から成り、パイプはなく、ポロシティはあつても小さく分散されており、V状の偏析も分散した形で見とめられる。

2.3. ミクロ組織とデンドライトの2次アームの間隔 ミクロ組織をみると、No. 1鑄塊ではチル層が0.1mm程度であるが、No. 2鑄塊では約5mm、No. 3鑄塊では約9mmと、注入温度の低いほどチル層が厚くなっている。それから内部は、No. 1、No. 2鑄塊では柱状晶帯となつており、No. 3では粒状に近いデンドライトから成る等軸晶帯になつている。

つぎに、デンドライト組織を定量的に表現するために、デンドライトの2次アームの間隔を測定し<sup>3)</sup>、鑄塊表面からの距離に対してプロットしたのが図1(a)である。2次アームの間隔は局部の凝固時間に依存するので<sup>4)</sup>、炭素鋼について別に求めた関係を用いて<sup>5)</sup>、凝固温度範囲の平均冷却速度を求め、これを

図1(b)に示した。図から明らかなように、組織が柱状デンドライトの場合には、注入温度の高い方が二次アームの間隔が大きい。低温注入のNo.3 鋳塊では、表面からの距離が10~30mmの間で、他の2鋳塊よりも二次アームの間隔が大きくなっている。

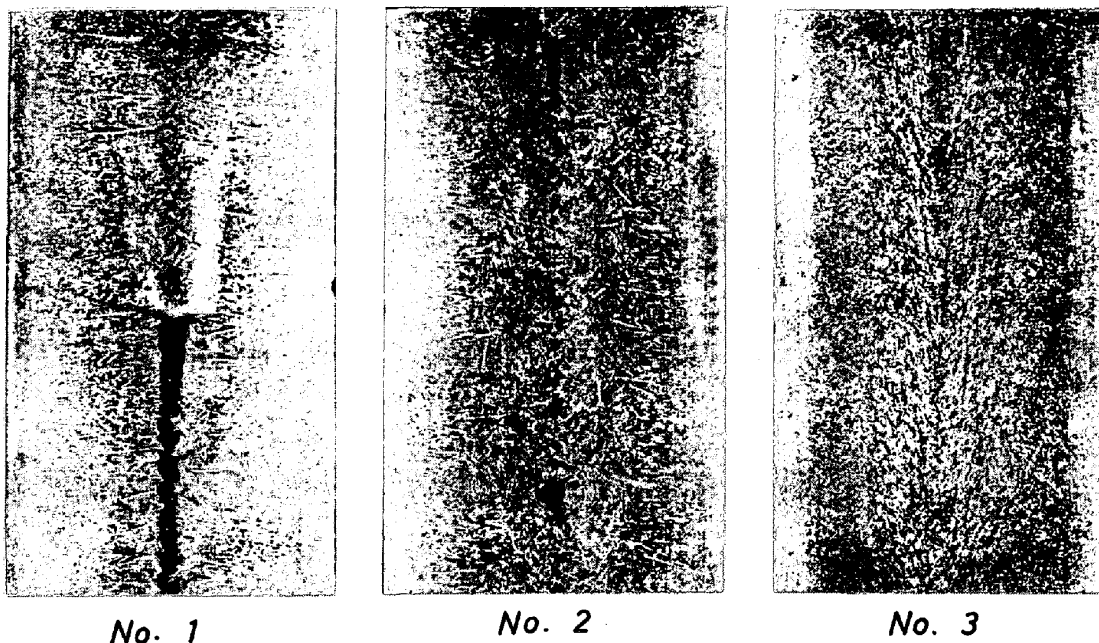


写真1 注入温度と鋳塊マクロ組織：No.1 1550°C, No.2 1523°C, No.3 1487°C

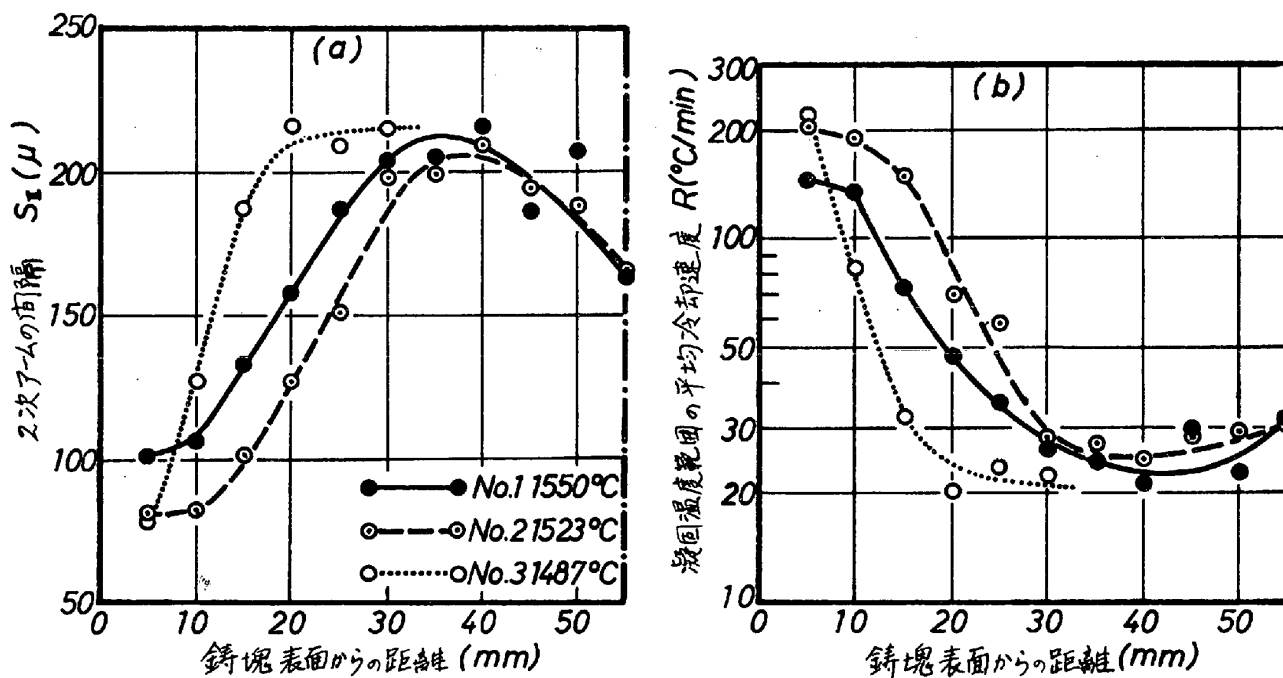


図1 鋳塊表面からの距離に対するデンドライトの二次アームの間隔と平均冷却速度

### 3. 考察

3.1. 等軸晶帯の生成機構 写真1に示した注入温度によるマクロ組織の変化は、等軸晶の生成との関係によって説明すべきであろう。すなわち、柱状晶の成長を止め等軸晶帯を生成するには、ある量の等軸晶が必要であるからである。まず、もっとも低温で注入したNo.3铸塊の場合は、“free” chill crystal mechanism<sup>6)</sup>により微細な等軸晶が生成したものと考えるのが妥当であろう。その理由としては、注入温度が液相線温度にきわめて近いこと、マクロ組織で柱状晶帯がほとんどみとめられず、等軸粒が微細であることがあげられる。さらに、図1の結果は、柱状晶帯の発達したNo.1, No.2铸塊に比して、No.3铸塊では2次アームの間隔の大きいことを示している。このことは、そのデンドライトが生成してから、凝固が完了するまで、云いかえれば固液共存の時間が、同等の位置の柱状デンドライトよりも長いことを意味する。低温注入の場合には、凝固速度（液相線温度等温面の移動速度）が高温注入のときと同じか早いので、温度勾配がそれ程差がないとすれば、No.3铸塊でみられる等軸デンドライトは凝固の初期に生成したものと考えなければならぬ。すなわち、铸塊表面のチル層と同じように生成し、溶鋼の注入による流動により、その位置まで運ばれて来たものと考えられる。

No.2铸塊にみられる等軸デンドライトは、上述の機構によって生成したものがわずかにだけ生き残ったものが、柱状デンドライトの“melt off”又は“break off”によって生成したものは断定できない。

### 3.2. ブリッジの形成と偏析

No.1铸塊のように、高温注入の場合には等軸晶帯は生成しないが、ブリッジの形成が観察された。ブリッジは凝固の最終段階で、柱状晶の成長界面が平坦でなく、うねり状の凹凸があるために形成されるとされているが<sup>7)</sup>、詳細に観察すると、ブリッジの底部付近には等軸デンドライトがみとめられ、何らかの原因でできたデンドライトが、界面の凸部に引っかかり、その部分の凝固がその下方の部分よりも早く進行してブリッジが形成されたと考えられる。このようにして、下方にとどめられた未凝固の溶鋼が凝固するときの収縮により、固液共存域にあるデンドライト間の濃縮した残液が下方に吸引され、濃厚な軸心偏析部が生ずる。このような状況を図2に模式的に示す。濃縮液の吸引されたあとのデンドライト間には、上方の完全液相域の平均濃度の溶鋼によりみたまされ、したがってこの部分は負偏析を示す。また、固液共存域のデンドライト間の溶鋼が、下方から吸引されて流動することによって、V状の偏析が生じると考えられる。すなわち、ブリッジ部にみられるV状の偏析はヒモ状であり、このような偏析はデンドライトの模面の残液の流動によって生成することのみとめられている<sup>8)</sup>。

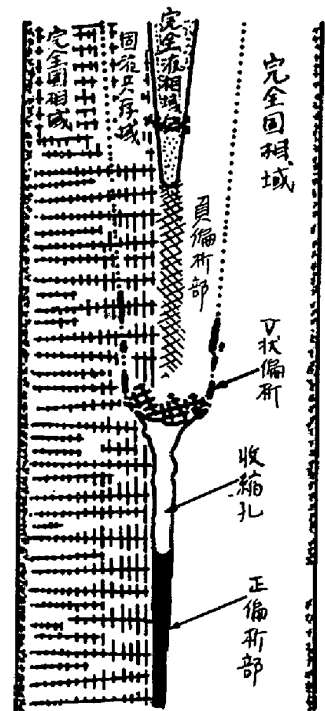


図2. 軸心部偏析生成の模式図

- 1) 八幡技研：製鋼部会資料，(1969) Oct.
- 2) V.S. Rutes, Y.E. Kaz, and O.V. Martynov : *Stal in English* (1969), Feb., 158
- 3) 鈴木：鉄と鋼，55 (1969), No.11, 330
- 4) T.Z. Kattamis, J.C. Coughlin, and M.C. Flemings: *Trans. AIME*, 239 (1967), 1504
- 5) 鈴木，鈴木長周，岩田：日本金属学会誌，32 (1968), 1301
- 6) B. Chalmers : *J. Australian Inst. Met.*, 8 (1963), 255
- 7) D.M. Lewis and J. Savage : *Metallurgical Reviews*, 1 (1956), 65
- 8) R. J. McDonald and J. D. Hunt : *Trans. AIME*, 245 (1969), 1993