

ある。

621.74.047:621.746.628:536.21
 (58) アナログ型熱伝導シミュレータ
 ーによる連続鋳造における凝固
 過程の解析 No. 64220

(連続鋳造に関する研究—II)

八幡製鉄所, 技術研究所 PP1760~1762
 理博 吉田 秋登・守末 利弥
 三塚 正志・○川口 正

Analysis of the Steel Ingot Solidification
 Process in the Continuous Casting Plant
 by Means of the Analog Lator.

(Study on the continuous casting — I)

Dr. Akito YOSHIDA, Toshiya MORISUE,
 Masashi MITSUTSUKA and Tadashi KAWAGUCHI.

I. 緒 言

前報¹⁾に示した, 熱伝導 Analog simulator を用い
 て, 連続鋳造の凝固過程を解析した. 解析の目的は, 鋼
 片中心部の完全凝固位置を的確に把握することにある.
 これは, 設備の有効利用, 成品の品質改善, あるいは,
 生産性向上を考える上に非常に重要な要因となる.

そこで, 今回の研究目的を具体的に示すと,

- 1) 境界条件の凝固過程に与える影響,
 - i) Mould cooling zone
 - ii) Spray cooling zone
- 2) 鋼片引抜き速度の凝固に与える影響
- 3) 鋼片表面回復温度と凝固位置との関係
 がおもなものである.

鋼片中心部完全凝固位置を推定する方法, あるいは,

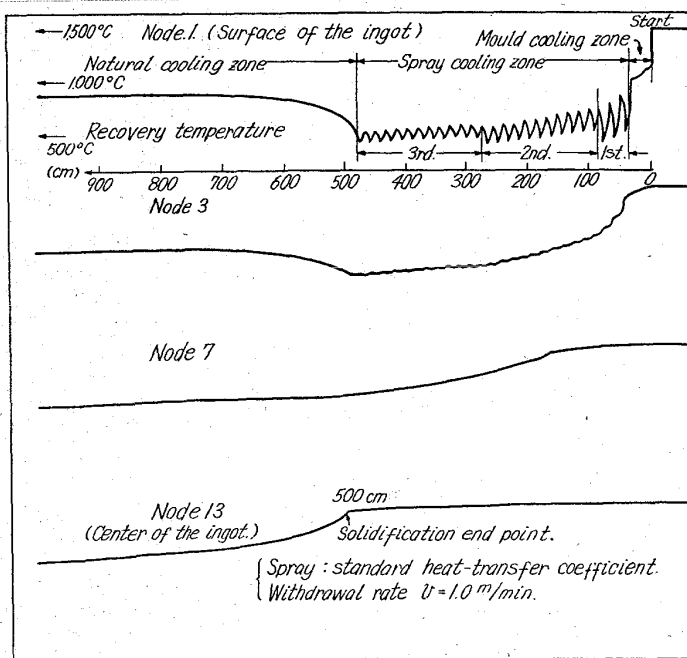


Fig. 1. Result of the analog simulation.

推定基準についてはすでいくつか発表されているが,
 これらはいずれもその応用性からいつて, 実際と結びつ
 く可能性が小さい. 実際問題としては, 先ず, 測定可能
 なものを推定基準に選ぶことが先決問題となる. 3) は,
 その点, 重要な関係があるものと考えられる. これらの
 観点から本研究を進めた.

II. 諸 特 性 値

Analog simulator に与える熱的性質, 設備につい
 て記述する.

鋼 種	18Ni-8Cr鋼	
	固相	液相
熱伝導率	0.064	0.032(cal/cm·sec·°C)
比 熱	0.167	0.171(cal/g·°C)
密 度	7.31	6.91 (g/cm ³)
注入温度	1,500(°C)	
凝固開始(液相線)温度	1,470(°C)	
凝固終了(固相線)温度	1,420(°C)	
凝固潜熱	64(cal/g)	
鋼片厚み	13.0(cm)	
Mould 内湯面高さ	40(cm)	
Mould 下端における凝固相厚み	1.0(cm)	

Spray cooling zone

区間	段数	基準熱伝率	
		直接冷却	間接冷却
1st	6段	7850(kcal/m ² ·h·°C)	840(kcal/m ² ·h·°C)
2nd	23"	4280	720
3rd	23"	2940	715
Spray 間隔		8.5(cm)	
Spray band の巾		2.0(cm)	

Natural cooling zone

鋼片表面のふく射率 ϵ_s	0.8
片表面の対流熱伝達率 h_s	$=1.57(T_s - T_a)^{1/4}$ (kcal/m ² ·h·°C)

Boltzmann 定数 σ 4.88×10^{-8} (kcal/m²·h·°C⁴)

鋼片引抜き速度 V 1.0(m/min)

III. 実 験 結 果

1) Spray の熱伝達率が基準熱伝達率の場合,
 Analog simulator による測定例.

Spray の熱伝達率は現状のものを基準値とす
 る. 各 node 温度の時間的变化と凝固過程の進
 行状況を Fig. 1 に示す.

2) Spray の熱伝達率が凝固過程に与える影
 響.

Spray cooling zone は mould の出口から,
 1st, 2nd, および 3rd に分割して計算し, 次
 の場合について解析した.

- i) Spray 全体の熱伝達率が一定の比で変わ
 る場合.
- ii) 1st 基準値に対する 1st spray の熱伝達
 率の比が変わった場合
- iii) 2nd 基準値に対する 2nd spray の熱伝
 達率の比が変わった場合
- iv) 3rd 基準値に対する 3rd spray の熱伝
 達率の比が変わった場合,

のそれぞれの場合の凝固過程に与える影響を an-

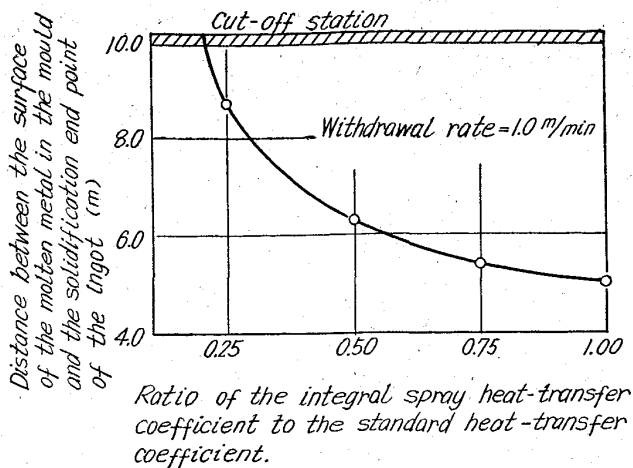


Fig. 2. Effect of the integral spray heat-transfer coefficient on the solidification process of the ingot.

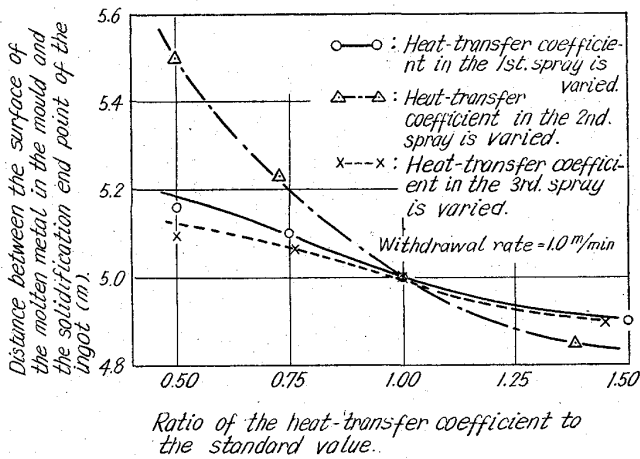


Fig. 3. Effect of the spray cooling section (1st, 2nd, and 3rd) on the solidification process of the ingot.

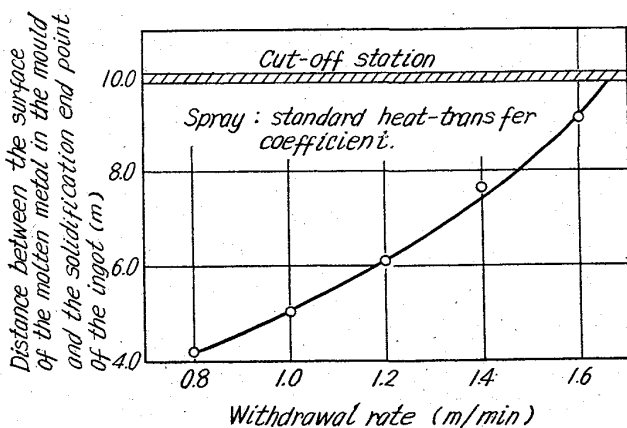


Fig. 4. Effect of withdrawal rate on the solidification process of the ingot.

alog simulator によつて解析した。i) の結果を Fig. 2 に示し, ii), iii), および iv) の結果を Fig. 3 に示す。

3) 引抜き速度 v が凝固過程に与える影響。

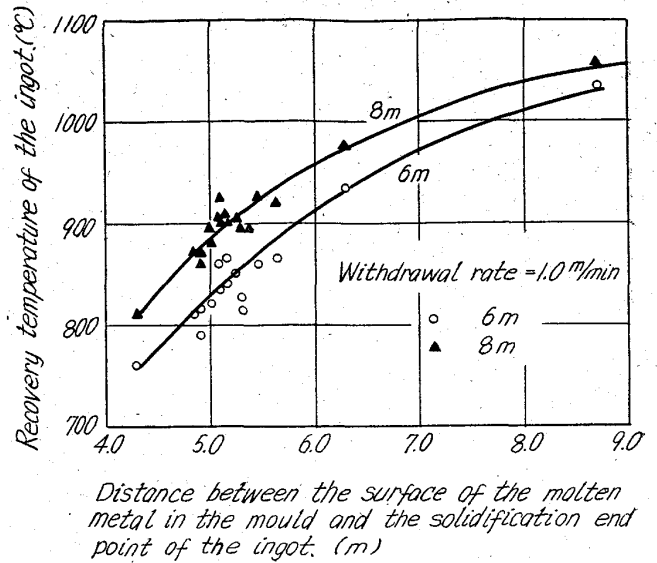


Fig. 5. Relation between the solidification end point and the recovery temperature of the ingot.

Spray 熱伝達率は基準値とし、鋼片の引抜き速度を変えた場合の凝固過程に与える影響を Fig. 4 に示す。

4) 鋼片表面回復温度と凝固位置との関係

引抜き速度を一定 ($v=1.0$ m/min) に保ち、spray cooling zone の境界条件をいろいろ変えた場合 (2) で解析したもの) の湯面—鋼片中心部完全凝固間路離と、spray cooling zone を出た後、すなわち、natural cooling zone の定位置 (湯面から 6 m, および 8 m) における鋼片表面回復温度との関係を Fig. 5 に示す。

IV. 考 察

1) 連続 casting における、冷却過程の効果および問題点を次の三つの点について考察する。

i) 冷却設備

冷却機構は

a) Mould cooling zone

b) Spray cooling zone (1st, 2nd, 3rd の各 spray 区間)

c) Natural cooling zone

大きく分けて三つの冷却帯がある。

ii) 冷却過程の成品の品質に与える影響

成品の品質は、冷却過程によつて大きく左右される。

特に mould cooling zone と spray cooling zone における冷却の強さは、必要最小限に弱くする必要がある。

iii) 凝固過程の問題点

鋼片の凝固については、まず、mould を出たときの鋼片の凝固相厚みが末凝固部分の静圧に十分耐えること、また、鋼片中心部完全凝固がトーチカット以前に終了することである。

2) 実験結果に対する考察。

i) 熱伝達率が凝固に与える影響

Fig. 2 によると、spray cooling zone の熱伝達率を基準熱伝達率の 1/5 にしてもトーチカット以前に凝固が完了する。また、1/4 の場合には mould を出た以

669.15'24'26-194.56

後、トーチカットまでの鋼片表面温度は 1000~1100°C に保持されていることが実験的にわかった、このことは品質上にも好都合である。したがって、引抜き速度が一定 ($v=1.0$ m/min) ならば、現状よりも相当に spray 水量を減らしてもよいことが結論づけられる。

Fig. 3 によると、spray 各区分 (1st, 2nd, および 3rd) の凝固に与える影響がわかる。ここで各区分の冷却効果を基準熱伝達率の 3/4 の熱伝達率の場合について調べてみると、次のようなことが明らかになった。すなわち、1 区分の熱伝達率を 25% 減少させ、ほかの 2 区分のそれを基準値にして計算すると、熱伝達率の減少による、湯面-完全凝固位置距離の増加割合は、spray 1 段当り、1st が 0.33, 2nd が 0.19, 3rd が 0.05% となり、減少した熱伝達率の絶対値当りの凝固位置の伸びの比は、1st を 1.00 とすると 2nd が 1.05, 3rd が 0.45 となる。したがって、spray 冷却によつて凝固過程を制御する場合は mould に近い spray の水量を制御することが効果的である。

ii) 引抜き速度と凝固過程の関係

引抜き速度は、取鍋内溶鋼温度が目標値に達していない場合は、鑄込時間を短縮しなければならない、そのために引抜き速度の speed up が要求される。この場合、凝固位置の延長が問題になる。

Fig. 4 によると、引抜き速度を 1.6 m/min まで speed up しても完全凝固はトーチカット以前に終了していることがわかる。また、この場合問題になるのは mould 出口の凝固相厚みの減少であるが、1.6 m/min の場合は、厚みは 0.3 cm となり操作上問題はないものと考えられる。

iii) 鋼片表面回復温度と凝固位置との関係

連続鑄造で凝固位置に関係するものに、まず、冷却効果があげられる。特に、spray cooling zone の熱伝達率は、引抜き速度を一定に保つたとき、完全凝固位置を決定する大きな要因となる。そこで凝固位置を制御するには、spray の熱伝達率、すなわち、spray 水量を制御すればよいことになる。問題になるのは、いかにして凝固位置を推定するかである。ここでは推定基準を鋼片の回復温度にとつて調べてみた。Fig. 5 は simulator の実験結果を基にして、鋼片表面回復温度と完全凝固位置との関係を示している。これによると、二つの間には密接な関係があることがわかった。しかも回復温度の測定も現在のところもつとも可能性があることから、この解明は重要なものである。結論として、一定点における鋼片表面回復温度と完全凝固位置は、引抜き速度が一定なかぎり、一義的な関係をもつているということが言える。

V. 結 言

Analog simulator による解析結果から、次の結論が導かれる。

- i) 鋼片引抜き速度が現在の 1.0 m/min であれば、spray 水量を現状よりも相当減らしても、トーチカット以前に凝固は終了する。またその方が品質上好都合である。
- ii) Spray cooling zone においては mould に近い方の spray 区分の水量を制御するのが効果的である。

iii) 冷却帯の条件が現状のままであれば、引抜き速度は 1.6 m/min まで speed up しても、トーチカット以前に凝固は終了する。

iv) 引抜き速度が一定ならば、鋼片表面回復温度と完全凝固位置は一義的な関係にある。

文 献

1) 吉田, 他: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1697

62.174.047 669.14.0188

(59) オーステナイト系不銹鋼の連続鑄造条件と鑄片の品質について (鋼の連続鑄造に関する研究-II)

神戸製鋼所, 中央研究所 10, 64221
鈴木 章・中野 平・高田 寿
" 岩屋工場 中島 弘明
" 中央研究所 O鈴木 武

On the Continuous Casting Conditions and the Qualities of Continuous Cast Ingot of Austenite Stainless Steel.

(Study on continuous casting of steel - I)
Akira SUZUKI, Taira NAKANO, Hisashi TAKADA,
Hiroaki NAKAJIMA and Takeshi SUZUKI.

p. 1702~1705

I. 緒 言

我々は第 1 報¹⁾で報告した垂直型鋼連続鑄造機の pilot plant により、オーステナイト系不銹鋼-AISI 304, 309, 310, 316, 321, 347 等につき連続鑄造条件の鑄片

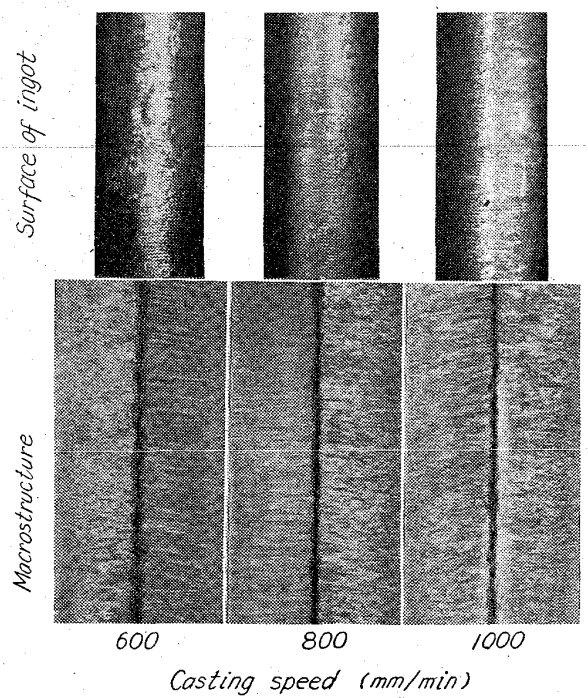


Photo. 1. Surface and macrostructure of continuous cast ingots, (casting temperature 1540~1570°C, secondary water quantity 24 t/hr) (x1/7, x1/4) (1/2)