

た。この結果連続铸造スラブは分塊スラブに比較して非金属介在物が微細であり、 δ -フェライトも加熱により減少しやすく、熱間捻回試験では加工性の差はみられるが、実際の熱間圧延作業ではスラブが長時間の加熱をうけるため、その差は少なくなるとみられる。

文 献

- 1) 西郷: 鉄と鋼, 49 (1963) 7, p.1022.
- 2) 吉田, 清水: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1346.
- 3) 吉田, 守来他: 鉄と鋼, 50, (1964) 11, p.1697.
- 4) 瀬川, 島田: 鉄と鋼, 48 (1962) 13, p. 1679.
- 5) 加藤, 金井, 阿部: 鉄と鋼, 46 (1960) 10, p. 1268.

(113) 軸受鋼の連続铸造条件と鑄片の品質について

(鋼の連続铸造に関する研究—Ⅲ)

神戸製鋼所, 中央研究所

鈴木 章・○高田 寿・鈴木 武

〃 岩屋工場 中島 弘明

日本高周波鋼業, 富山工場 本田 信夫

Effect of the Continuous Casting Conditions on the Qualities of Continuously Cast Ingot of High Carbon Cr Bearing Steel.

(Study on the continuous casting of steel—Ⅲ)

Akira SUZUKI, Hisashi TAKADA, Takeshi SUZUKI, Hiroaki NAKAJIMA and Nobuo HONDA.

1. 緒 言

前報¹⁾ではオーステナイト系不銹鋼の中, 代表的な AISI 304 の連続铸造条件と鑄片の品質との関係について報告したが, 本報では焼入性の大きい低合金鋼の中, 凝固温度範囲の特に広い軸受鋼 (JIS 規格の SUJ 2) の連続铸造条件の鑄片品質におよぼす影響についての検討結果を報告する。

なお用いた試験装置は第1報²⁾で報告した垂直型鋼連続铸造機の pilot plant である。

2. 実験方法および実験結果

110mm 角断面の鑄型を使用し, 鑄込速度 (鑄塊抽出速度) 500~1,000mm/min, 二次冷却水量 0 (自然空冷)~1.8 l/kg of steel の連続铸造条件範囲で, 連続条件の ①鑄片鑄肌と鑄片カタサにおよぼす影響, ②鑄片割れにおよぼす影響, ③二次収縮孔およびマクロ組織におよぼす影響, ④圧延品のマクロ組織におよぼす影響を検討した。

2.1 連続铸造条件の鑄片鑄肌と鑄片カタサにおよぼす影響

本鋼種は焼入性がよいので, それに基づき変態割れと, 圧延前のグラインダー手入時の難易を考慮して, 鑄造後熱間鑄片を灰徐冷したので鑄片の鑄肌検査はできず, 灰徐冷後脱スケールのためのサンドブラスト施行後表面状況を調べたが, 鑄造条件の如何にかかわらず表面状況は良好である。

Table 1. Effect of casting conditions on the hardness of ingot surface.

| Main casting conditions | | | Hardness of ingot surface (HRC) | | |
|--------------------------|------------------------|--|---------------------------------|--------|--------|
| Casting temperature (°C) | Casting speed (mm/min) | Secondary water quantity (l/kg of steel) | Top | Middle | Bottom |
| 1500 | 950 | 0.09 | 36~37 | 36~37 | 35~37 |
| 1510 | 1000 | 0.20 | 36~40 | 35~40 | 35~39 |
| 1490 | 1000 | 1.00 | 36~41 | 36~42 | 36~42 |
| 1490 | 1000 | 1.33 | 40~44 | 37~43 | 38~44 |

また灰徐冷後の鑄片表面カタサを Table 1 に示すが, 二次冷却水量の増大につれてカタサは大になる。

2.2 連続铸造条件の鑄片割れにおよぼす影響

鑄片の割れは表面割れ (ここでは縦割れ) と内部割れに区別できるが, 本鋼種の連続铸造条件範囲で認められた内部割れは, 温塩酸 (1:1 HCl) 腐食で, 鑄片チル層内側に始めて認められる微少割れ状のもの, 断面の中間部に認められる割れ, 軸心部に認められる比較的大きな割れの3種類があり, 後者の二つを内部割れと呼称して稿を進める。鑄込温度と二次冷却水量の割れ発生におよぼす影響を Fig. 1 に示す。割れ発生状況は鑄込温度には関係ないが, 鑄込速度 (抽出速度) と l/kg of steel で表示した二次冷却水量との関係は認められ, l/kg of steel の増加につれて割れは発生する。Fig. 1 から全く割れの発生しない範囲は約 0.7 l/kg of steel 以下で約 0.7~1.3 l/kg of steel の範囲では前述の微少割れ状のもののみ発生し, 1.3 l/kg of steel 以上では表面縦割れおよび内部割れが発生する。さらに水量の最も多い 1.8 l/kg of steel の場合は軸心部に割れの発生がみられる。

2.3 連続铸造条件の二次収縮孔およびマクロ組織におよぼす影響

軸受鋼のように凝固温度範囲 (約 250°C) の広い鋼種

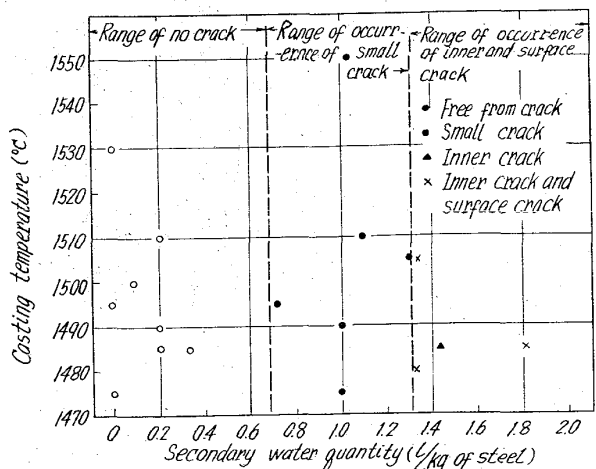
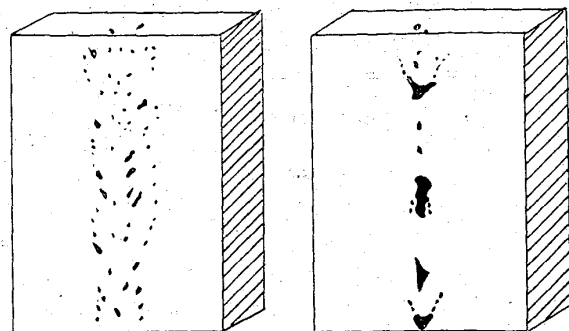


Fig. 1. Effect of casting temperature and secondary water quantity on the occurrence of crack to continuously cast ingot.



A type shrinkage cavity B type shrinkage cavity

Fig. 2. Schematic diagram of secondary shrinkage cavity.

では凝固収縮時、溶湯の補給が困難で二次収縮孔を発生し易いが、本連铸条件下ではおおむね二つの型の二次収縮孔がみられる。その2種類の二次収縮孔のモデル図を Fig. 2 に示す。一つは比較的小さい二次収縮孔が軸心部に巾をもつてV状に点在するもので (A型の二次収縮孔と呼称す)、二次冷却水量が 0、すなわち自然空冷の場合に出現する。他の一つは軸心部のせまい範囲にほぼ一直線上にやや大きく存在するもので (B型の二次収縮孔と呼称す)、二次冷却水量が 0.09~約 1.33 l/kg of steel の範囲の場合出現する。さらに急冷した 1.8 l/kg of steel の場合は前述のように一般の铸造品でいわれているひげ割れに近い割れを発生する。

このように二次冷却水量の差異により、二次収縮孔の形態が全く異なる理由を究明するために、前報¹⁾で報告したと同じ方法で、二次冷却水量 1.33 l/kg of steel の場合と自然空冷の場合の溶鋼中に FeS を鑄ぐるんだ Pb の小塊を投入し、凝固後鑄塊を縦割しサルファープリントにより凝固層厚さと鑄込後の経過時間との関係を求めた。それを Fig. 3 に示す。二次冷却水量のいかんにかかわらず表面より約 30mm 近くまでは、いわゆる凝固速度式 $d=k\sqrt{t}$ が適用できるが、それ以上の内部では急激に凝固が進み上式に適用できなくなる。この部分の凝固 (表面より約 30mm 以上軸心まで) には二次冷却水量 1.33 l/kg of steel (B 型の二次収縮孔を出現する) の場合約 10sec, 自然空冷 (A 型の二次収縮孔を出現する) の場合約 30sec を要し、前者は後者の3

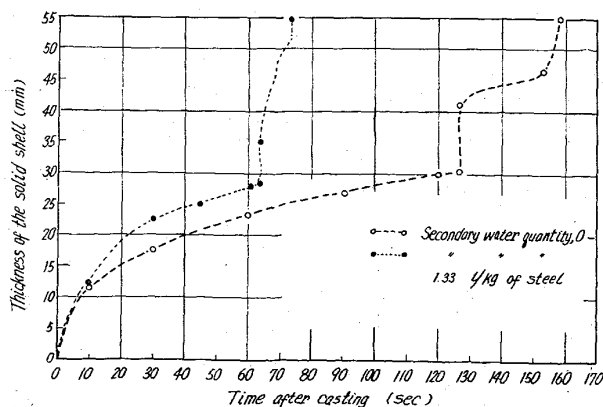
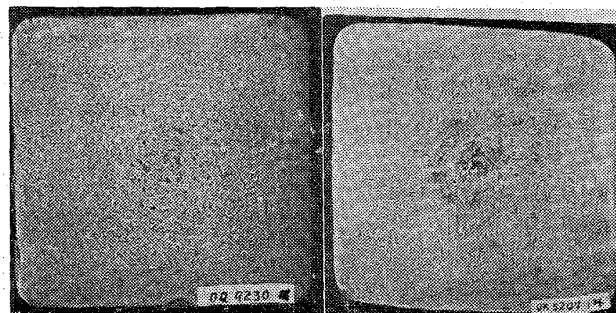


Fig. 3. Relation between the thickness of the solid shell and the time after casting.



A type shrinkage cavity B type shrinkage cavity
Photo. 1. Macrostructure of continuously cast ingot. (3/5)

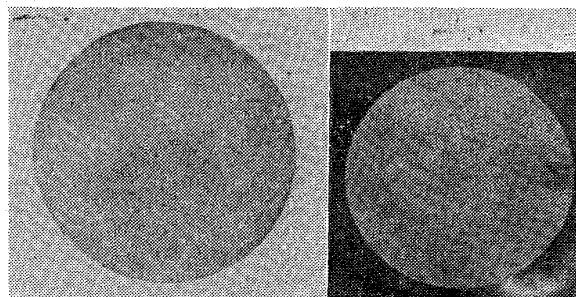
倍の凝固速度である。このような凝固速度の違いが前者はB型の二次収縮孔、後者はA型の二次収縮孔を生ずる原因と思われる。

一方マクロ組織 (前述の温塩酸腐食) は、二次収縮孔の形態と大いに関係あり、1例を Photo. 1 に示すように、A型の二次収縮孔の存在する鑄片では大体粒状晶を呈するが、局部的に微細な樹枝状晶が晶出することもあり、サルファーの偏析は収縮孔の出現範囲に点在して認められる。またB型の二次収縮孔の存在する鑄片では柱状晶が軸心部まで発達し、軸心部の収縮孔付近には典型的な粗い樹枝状晶が晶出して枝間はポーラスになっており、サルファーの偏析もマクロ組織にみられる粗い樹枝状晶域に検出され特にV状の収縮孔の先端部に濃縮する。1.8 l/kg of steel の急冷条件下でマクロ組織は柱状晶が軸心まで発達し、軸心部のごくせまい範囲に樹枝状晶が晶出する。サルファーの偏析は最も少ない。

2.4 連铸条件の圧延品のマクロ組織におよぼす影響

前述の連铸条件下で鑄造した鑄片 18 本の圧延試験を行なつたが、圧延性は極めて良好である。30mmφ以下の丸棒あるいはコイルに圧延し、52mm角、44mm菱、35mm角で試験材を採取し二次収縮孔の圧着状況を調査した。その結果はB型の二次収縮孔を有する鑄片でも44mm菱で完全に収縮孔は圧着している。

また圧延品の温塩酸腐食によるマクロ組織は、30mmφ以下では樹枝状晶の存在は全く認められないが、中心偏析が認められる。すなわち圧延品のマクロ組織の1例を Photo. 2 に示すように、A型の二次収縮孔の存在する鑄片の圧延品は中心部に点状偏析の集団が認められ、B型の二次収縮孔の存在する鑄片の圧延品は、中心部に正偏析、その周囲が負偏析で、目玉状を呈し、この



A type shrinkage cavity B type shrinkage cavity
Photo. 2. Macrostructure of products rolled (30mmφ) (4/5)

669.183.218.5:658.511

傾向は圧延比の大きくなるにつれて顕著になるようである。

3. 結 言

垂直型鋼連続铸造機の pilot plant を用いて、110 mm 角断面の軸受鋼の連铸条件と铸片品質の関係について調査し、連铸条件、特に 1/kg of steel で表示した二次冷却水量の铸片の割れ、二次収縮孔、マクロ組織および圧延品のマクロ組織におよぼす影響を明かにした。

文 献

- 1) 鈴木, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1702.
- 2) 井上, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 447.

(114) 平炉溶解期の要因解析

(平炉溶製作業のモデル化—I)

八幡製鉄所, 製鋼部 山田 清太・杉野 導人
 中川 一・磯 平一郎
 ○吉井 等・岩下 治男

Factorial Experiments of Melting Period in the Open Hearth Furnace.

(Standardization of open hearth furnace practice—I)

Seita YAMADA, Michito SUGINO,
 Hajime NAKAGAWA, Heichiro ISO, Hitoshi YOSHII
 and Haruo IWASHITA.

1. 結 言

平炉の溶製作業は主として経験に頼ることが大でありその結果必然的に製鋼作業のバラッキが大きい。最近、近代的管理方式が導入されるにいたって総合的システムの一環として製鋼工程においても科学的管理が必要とされるようになった。マクロ的に見た場合の製鋼工程のモデル化についてはすでに報告している。¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

しかしこれを実地に適用して効果を上げるためには平炉の溶製作業も十分なる管理状態に維持されねばならない。平炉の溶製作業もコンピューター導入が検討されるようになって直線回帰などの解析が行なわれてきた⁵⁾が過去のデータであることの制約があり工程の管理をさらに十分なものにするために溶製過程の要因効果をより精度よく求める必要が生じた。このため当所平炉工場にお

いて溶解期と精錬期の要因効果を調べるために工場実験を行なった。今回は第四製鋼工場で行なった溶解期の要因効果の試験結果を報告する。

2. 試 験 方 法

工場実験は公称 120 t 塩基性平炉で行なわれた。当炉は重油専焼炉であり酸素は 3/4" ランスパイプにより装入ドアから吹込まれる。酸素の使用圧力は 6.5~7.5 kg/cm² である。試験を行なった期別の入熱量は 1200~1700×10⁴ kcal/hr 程度である。酸素は受銑後ランスパイプ 5 本によつて吹込まれ燃焼は燃焼基準によつて管理されている。

工場実験の特性値としては吹止 [C] と吹止温度をとり上げた。吹止 [C] は所定の酸素量を吹止めて 5 min 後鋼浴から採取した試料で決定し、吹止温度は同様に吹止後 7 min 経過してイマージョンピロメーターで測定した鋼浴温度である。酸素の吹止時期は通常の溶落附近になるように実験の水準を選択した。

吹止 [C] および吹止温度に対する要因としては溶銑比、型銑比、装入鉄石量、プレス屑配合比、装入石灰石、溶解期酸素使用量、前溶解時間、溶解期排滓量、および炉況の 9 因子をとり上げた。燃焼関係については現行の基準にしたがって実験を行なった。溶解期の排滓量については実秤が困難なため可能最大限と最小限の水準をとった。実験は工場の日常作業を乱さないため混銑比 70~80% の範囲で行なう必要があつたため溶銑比は 50~65%、型銑比は 25~10%、溶解期酸素使用量は、3500~2500 Nm³ の範囲で行なわれた。平炉作業においてはこれらの要因はそれぞれ関係を有しているためランダムに変えることは困難であるので L₁₆ による直和実験を行なうこととした。Table 1 に工場実験にとり上げた要因と水準、および実験のわりつけを示す。

3. 試 験 結 果

工場実験は L₁₆ によつて 3 回行なった。各回ともに繰返しは行なわず計 48 ヒートの実験となつた。この試験ヒートより吹止 [C]、吹止温度の両特性値について解析した結果を Table 2 および Table 3 に示す。

吹止 [C] については、型銑比、溶解期排滓量が 5% 有意となり溶解期酸素使用量が 1% 有意となり寄与率は全体で約 70% を示し実験にとり上げなかつたその他の要因の効果が約 30% 程度であると考えられる。

吹止温度については溶解期酸素使用量と前溶解時間が 1% 有意となつたが寄与率は全体で約 45% 程度であり

Table 1. Factor and level of experiment.

| factor | level of factor | | | | | | col. of orthogonal array (L ₁₆) |
|--|-----------------|------|----------|------|----------|------|---|
| | 1 st run | | 2 nd run | | 3 rd run | | |
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| A: hot metal rate (%) | 50 | 55 | 55 | 60 | 60 | 65 | 1 |
| B: cold pig rate (%) | 25 | 20 | 20 | 15 | 15 | 10 | 2 |
| C: charging ore (t) | 1.5 | 3.0 | 3.0 | 4.5 | 4.5 | 5.5 | 4 |
| D: press scrap rate (%) | 0 | 13 | 0 | 13 | — | — | 6 |
| E: charging lime stone (t) | 3.5 | 4.8 | 3.5 | 4.8 | 3.5 | 4.8 | 7 and 6* |
| F: oxygen consumption (Nm ³) | 3500 | 3000 | 3000 | 2500 | 2500 | 2500 | 8 |
| G: charge finish to hot metal (min) | 20 | 40 | 20 | 40 | 20 | 40 | 11 |
| H: flush slag | Max. | Min. | Max. | Min. | — | — | 13 |
| I: furnace conditions | New | Old | New | Old | New | Old | 15 |

* 3rd run