

## 2. 鑄込温度の影響

Si-Mn ばね鋼 5 溶解を鑄込み、それぞれの溶解の鑄込において、鑄込速度を始めとして一次冷却ならびに二次冷却の諸条件をほとんど一定に揃え、鑄込温度のみを 45~70°C の間に変動せしめた。

その結果、鑄込温度の低下にともなつて一次冷却は若干減少する。しかしその減少量は、鑄込温度が 45~70°C 低下する間に平均 3.4 kcal/kg of steel であるので前述の鑄込中の変動を考慮すると、これはきわめて小さいものであることが明らかである。

## 3. 鑄込速度の影響

低炭素鋼、中炭素鋼および Si-Mn ばね鋼計 6 溶解を鑄込み、それぞれの溶解において鑄込温度を始めとして一次冷却ならびに二次冷却の諸条件をほとんど一定に揃え、鑄込速度のみを 500~1550mm/mn に変動せしめた。

その結果、鑄込速度が増大するにしたがつて単位時間当りの一次冷却が増大するが、鋼単位重量当りの一次冷却は逆に減少することが明らかとなつた。これは鑄込速度の変化によつて鑄片と鑄型との接触面積が変化するためであると考えられる。

## 4. 鋼種の影響

低炭素鋼、中炭素鋼、高炭素鋼、Si-Mn ばね鋼、軸承鋼および 18-8 ステンレス鋼をおのおの 1 溶解づつ鑄込み、そのさい一次冷却ならびに二次冷却の諸条件をほとんど一定に揃え、鑄込速度のみを若干づつ変動せしめた。

その結果、鋼種がことなることによつて一次冷却は、同一鑄込速度において最大 2.7 kcal/kg of steel の差異を生ずる。しかしながらこれは前述の鑄込中の一次冷却の最大変動量に等しく、鋼種の差が一次冷却におよぼす影響はほとんどないことが明らかである。

## 5. 鑄型使用回数の影響

Si-Mn ばね鋼を 5 本の鑄型にそれぞれ数 10 溶解鑄込み、そのさい鑄込温度、鑄込速度を始めとして一次冷却ならびに二次冷却の諸条件を出来るだけ一定に揃えた。

その結果、鑄型使用回数の増加とともに一次冷却は減少する。この減少量は使用の初期約 5 回までが顕著であり、それ以後はほとんど減少しない。またこの減少量は新鑄型で平均 7.2 kcal/kg of steel のものが一回削正後の鑄型では平均 2.0 kcal/kg of steel と大幅に減少することが明らかとなつた。

鑄型内面の寸法を測定した結果、使用前平滑であつた内面に、数 10 回使用後下拡りのテーパに相当する変

形が起つていることがわかつた。すなわち上述の鑄型使用回数の増加が一次冷却を減少せしめる機構は、鑄型内面の変形によつて鑄片と鑄型との接触面積が減少することに基づくものであることが明らかとなつた。

## IV. 結 言

鋼の連続鑄造における一次冷却の機構を考察し、かつ鑄込温度、鑄込速度、鋼種、鑄型使用回数などの諸因子が一次冷却におよぼす影響について実験を行なつた。

その結果、一次冷却は主として鑄片表面から鑄型を通して鑄型冷却水へ達する熱の伝達によつて行なわれる。一次冷却に顕著な影響をおよぼす因子は、鑄型速度ならびに鑄型の使用回数であつて、鑄込温度および鋼種の相違はほとんど影響をおよぼさないか、または影響をおよぼすとしてもその大きさはきわめて小さいことを明らかにした。

以上鋼の連続鑄造における一次冷却の機能をより深く把握するとともに一次冷却に関する基礎資料を得ることが出来た。これらの結果は後報に述べるごとくさらに合理的な一次冷却法の研究に際して重要な数値を与えるものである。

## 文 献

- 1) 明田良男, 佐々木寛太郎, 牛島清人: 鉄と鋼. 45 (1959), No. 12, p. 1341.

## (90) 鑄片と鑄型との間に発生する空隙について

(鋼の連続鑄造に関する研究—Ⅵ)

住友金属工業車輛鑄鍛事業部

牛島清人

On the Air Gap between Billets and Molds.

(Study on continuous casting of steel—Ⅵ)

Kiyoto USHIJIMA.

## I. 結 言

前報<sup>1)</sup>において明らかにしたごとく、鑄型の下部においては鑄片の収縮と鑄型の変形とによつて鑄片と鑄型との間に空隙が生じ、鑄片の一次冷却をいちじるしく阻害する。そこでこの鑄片と鑄型との間に生ずる空隙の発生時期ならびにその大きさを明らかにすることは、一次冷却機構をより深く解明するに當つて最も重要な点であると考えられる。

この鑄片と鑄型との間に生ずる空隙の発生時期につい

ては従来も二、三の報告がなされているが、これらの報告では空隙の発生時期を直接測定したものはなく、またこの空隙の大きさについてはまったく明らかにされていない。

本報告は鑄型内における鑄片の凝固厚さと鑄片表面の温度とを測定し、鑄型の下部において鑄片と鑄型との間に生ずる空隙の発生時期とさらにその大きさを求めた結果について述べるものである。

本実験においては、エルー式塩基性電気炉（公称 8 t）で溶製したキルド鋼を、強制往復運動鑄型式垂直型鋼連続鑄造機に鑄込み鑄片とした。

## II. 鑄片と鑄型との間に生ずる空隙

鑄型内における鑄片と鑄型との関係は次のごとくである。すなわち鑄型の上部においては鑄片の凝固はその外層部のごく薄い部分のみに止まる。しかもこの凝固殻は非常に高温の状態である。ゆえに鑄片の内方への収縮よりも外方へのクリープが大であるから鑄型との接触は保たれたままである。その後凝固が進行して鑄型の下部にいたると凝固殻は厚くなると同時に温度が低下するので、内方への収縮が外方へのクリープに打勝つて鑄型との接触をうしなう。

この鑄片の内方への収縮は凝固殻の温度によつて決まり、一方外方へのクリープは凝固殻の厚さ、温度および内部に充満する溶鋼の静鉄圧によつて決まる。この中、凝固殻に加わる静鉄圧は簡単に算出し得るから、凝固殻の厚さと温度とを測定することによつて、内方への収縮および外方へのクリープ、いいかえれば鑄片と鑄型との空隙の発生を明らかにすることができる。

鑄片の凝固殻の厚さは溶鋼排出法によつて測定した。凝固殻の平均温度は近似的に鑄片表面の温度と凝固殻の内側の温度すなわち凝固温度との和の 1/2 として表わすことができる。ゆえに鑄片表面の温度を測定した。

## III. 鑄型内における鑄片の凝固厚さの測定

低炭素鋼を円形断面の鑄片に鑄込み、鑄込中、急速に鑄込速度を増大せしめ、そのまま一定時間鑄込みを続けた。その結果、凝固進行途上の鑄片内部の溶鋼部分の深さが大となり、切断時まで凝固が完了せず鑄片の下端から内部の溶鋼が全部排出された。すなわち溶鋼排出法によつて中空鑄片が得られた。

ここで低炭素鋼を選んだのは、液相線と固相線との間隔を小ならしめて溶鋼排出法にともなう誤差をできるだけ小ならしめるための配慮であり、円形断面鑄片を選んだのはその後の計算を簡便にするためである。

かくして得られた中空鑄片の 10 数か所を切断してお

のこの凝固厚さを測定した。この測定値には内部の溶鋼の排出時間中に進行する凝固も含まれているので、これを補正して真の凝固速度式を求めた。

## IV. 鑄型内における鑄片の表面温度の測定

鑄込終了時に Fe-W 熱電対を鑄片外層部に挿入して凝固殻に固着せしめ、そのまま引抜を継続せしめた。温度計に表われた温度変化は撮影記録した。熱電対の固着位置は鑄片表面から深さ 0.5 mm であつた。

その結果、鑄型内における鑄片表面の温度降下は、前半約 2/5 が  $18.8^{\circ}\text{C}/\text{s}$  であり、後半約 3/5 が  $5.8^{\circ}\text{C}/\text{s}$  であり、おのおのの段階で温度降下速度に若干の変動があることが明らかとなつた。

## V. 鑄片と鑄型との間の空隙の発生時期と空隙の大きさ

### 1. 空隙の発生時期

前述の鑄片表面の温度変化の測定結果から、鑄型内の前半約 2/5 と後半約 3/5 とでは明らかに温度降下速度がことなる。ゆえに前半約 2/5 までは鑄片と鑄型とが接触を保つたり、失つたりしつつ急激に鑄片表面温度が降下し、上部から鑄型の約 2/5 の位置において永久に接触を失うにいたる。すなわち鑄片と鑄型との間に空隙が発生する。その後鑄片はこの空隙を通して冷却されるので、表面温度は一旦わずかに上昇した後徐々に降下する。

ゆえに鑄型内において鑄片と鑄型との間に空隙が発生する時期は、鑄型の上部から約 2/5 の位置である。

### 2. 空隙の大きさ

前述の鑄型内における鑄片の凝固厚さと表面温度変化との測定結果から、鑄片の凝固殻の内方への収縮と外方へのクリープ速度とを求め、両者の和として鑄片外層部の内方または外方への移動速度を求めた。この結果から図式に積分を行つて鑄片表面の位置を明らかにした。

その結果、鑄片と鑄型との接触が失われた後の鑄片表面の変形は  $0.57/1000$  の上拡りのテーパーに相当する大きさであることが明らかとなつた。ゆえにこの鑄片自身の変形と前報りで明らかにした鑄型の下拡りのテーパーに相当する変形との和として、鑄片と鑄型との間の空隙の大きさを求めることができる。

## VI. 結 言

鋼の連続鑄造の鑄型下部において、鑄片と鑄型との間に発生する空隙に関して研究を行なつた。

鑄型下部において発生する鑄片と鑄型との間の空隙は、鑄片外層部のクリープに打勝つ収縮による上拡りの変形と鑄型自身の下拡りの変形との和として表わされる。鑄型内における鑄片凝固殻の厚さおよび表面温度を

測定することによつて、この空隙の発生時期および大きさを明らかにした。

この結果は後報に述べるごとく、さらに合理的な一次冷却法の研究にさいして重要な数値を与えるものである。

## 文 献

- 1) 牛島清人: 昭和 36 年 4 月, 本会講演大会にて発表。

## (91) 鑄片の欠陥を防止するための積極的な対策について

(鋼の連続鑄造に関する研究—Ⅶ)

住友金属工業車輛鑄鍛事業部

牛 島 清 人

### On the Positive Way to Prevent the Defect of Billets.

(Study on continuous casting of steel—Ⅶ)

Kiyoto USHIJIMA.

#### I. 緒 言

前報<sup>1)</sup>で明らかにしたごとく、鑄片の表面ならびに内部に発生する諸欠陥は、鑄込温度、鑄込速度、冷却法などを始めとして、一次冷却ならびに二次冷却の諸条件を綿密に調整することによつて防止することができる。しかしながら鑄片に発生する個々の欠陥をすべて防止するためには、鑄片の凝固条件を狭い範囲に設定する必要があり、厳格な操業条件を要求することになる。

ゆえに鑄片の諸欠陥を防止するために、鑄込温度、鑄込速度、冷却法などの調整以外に、さらに積極的な手段を求めることはきわめて意義あることと考える。

前報<sup>2)</sup>で述べたこれら諸欠陥の発生機構の考案から明らかごとく、これらの諸欠陥はいずれも鑄型内における鑄片の外層凝固殻を強化し、二次冷却帯における鑄片内部の凝固組織を改善することによつて、直接または間接に防止することが可能である。

かかる考案に基づいて、本報告においては、鑄片の欠陥の積極的な防止対策の一例として、一次冷却を強化する手段について行なつた実験の結果を述べる。

本実験においては、エル—式塩基性電気炉(公称 8 t)で溶製したキルド鋼を、強制往復運動鑄型式垂直型鋼連続鑄造機に鑄込み鑄片とした。

#### II. 一次冷却の強化に関する実験の結果

一次冷却を増大せしめる効果的な方法は、前報<sup>3)</sup>にお

いて明らかにしたごとく、まず第一に鑄片と鑄型との接触面積を増大せしめること、いいかえれば鑄型下部において発生する空隙の影響を除くことである。

次に鑄片から鑄型の冷却水への熱の伝達を左右する熱貫流率は、鑄型の肉厚すなわち鑄型内面から水冷孔表面までの距離を減少せしめることによつて増大せしめることができる。

そこで鑄型下部において発生する空隙を除く手段としては鑄型に上拡りのテーパを付け、また鑄型の肉厚を減少せしめる手段としては薄肉鑄型を設計して、それぞれ一次冷却にたいする効果をたしかめた。

#### 1. テーパー付鑄型の一次冷却におよぼす影響

3本の1回使用後の105mmφ鑄型の内面を切削して上拡りのテーパを付けた。テーパの大きさは前報<sup>4)</sup>の鑄片と鑄型との間に発生する空隙に関する実験結果から、それぞれ1.12/1000, 1.62/1000, 1.92/1000とした。この3種のテーパ付鑄型に比較のためテーパなしの鑄型を加え、合計4本の鑄型に中炭素鋼を鑄込んだ。そのさい、鑄込温度、鑄込速度を始めとして一次および二次冷却の諸条件は出来るだけ一定とした。

その結果、テーパ1.92/1000の鑄型の場合は、鑄型からの鑄片の引抜きができず、鑄込が不能であつた。鑄型内面の上拡りのテーパ0~1.62/1000の3本の鑄型の鑄込結果から次のことが明らかとなつた。

すなわち鑄型内面は上拡りのテーパをつけることによつて鑄型内において鑄片が失う熱量は約30%増大する。また得られた3種の鑄片の表面部の結晶組織を観察した結果、鑄型内面の上拡りのテーパが増大するにしたがつて粗大樹枝状晶の発生起点が順次内方に移動することがかわつた。

#### 2. 薄肉鑄型の一次冷却におよぼす影響

75mmφ鑄片用の鑄型において、塊状および管状の2種の鑄型を設計した。ここで塊状鑄型とは、銅塊の軸心に75mmφの孔を穿ち、この周囲に10数本の水冷孔を具備した形式の鑄型であり、管状鑄型とは、内面寸法75mmφの薄肉銅管の外側に鉄管を装備し、この銅管と鉄管との間隙を冷却水が流通する形式の鑄型である。ここで鑄型の内面から冷却水流通面までの距離すなわち実効肉厚は塊状鑄型よりも管状鑄型の方が小である。

この実効肉厚を異にする2種の鑄型にSi-Mnばね鋼を鑄込み、そのさい、鑄込温度、鑄込速度をはじめとして一次および二次冷却の諸条件をできるだけ一定とした。

その結果、管状鑄型の場合は塊状鑄型の場合にくらべ