

(討 6)

連 鑄 鑄 片 の 中 心 偏 析 と そ の 防 止 法

神 戸 製 鋼 所 高 砂 工 場 ○ 鈴 木 章 中 央 研 究 所 鈴 木 武
 鉄 鋼 事 業 部 技 術 開 発 部 野 崎 輝 彦 加 古 川 製 鉄 所 芝 田 義 夫

1. ま え が き

最近連鑄々片の内部品質の問題の一つとして中心偏析がいろいろ論議されている。中心偏析の生成は、デンドライト間の濃縮した融液が、鑄片の凝固末期に、凝固収縮などによつて生じた負圧によつて軸心部に吸引されて生成すると考えられている。小断面の角型鑄片の場合は、實際上バルジングの影響は小さいと考えられるので、鑄造条件の影響を検討するのに都合がよい。したがつて、ここでは110mm角断面の鑄片を用いて中心偏析に及ぼす鑄造条件の影響をしらべ、その結果にもとづき中心偏析の防止法について検討した。

2. 鑄造条件の影響

(1) 実験方法および結果

0.6% Cの炭素鋼の110mm角断面鑄片を用い、鑄造条件として鑄片の引き抜き速度、2次冷却および鑄込温度の影響を調べた。鑄片の引き抜き速度と2次冷却は鑄片の冷却の強さを規定する因子である。各因子の影響は鑄片断面のマクロ組織によつて判定した。なお鑄込温度はタンディッシュ中の温度である。

引き抜き速度の影響を見るために、2次冷却水を0すなわち空冷とし、引き抜き速度を0.8, 1.2, 1.7, 2.1 m/minに変化させた。鑄込温度は1555 ~ 1560℃であつた。結果はマクロ組織で全く差が認められず、柱状晶がよく発達し、ブリッジがところどころに形成され、はげしい中心偏析が生じていた。

2次冷却の影響は、引き抜き速度を1.8 m/minとし、2次冷却水を鋼kg当り0.25, 0.45, 0.51ℓに変化させて調べた。このときの鑄込温度は1545 ~ 1555℃であつた。この場合もマクロ組織に変化はなく、中心偏析も顕著であつた。

鑄込温度の影響は鑄込温度を1550, 1523, 1487℃に変化させて調べた。このとき引き抜き速度は2 m/min, 2次冷却水は鋼kg当り0.1ℓとした。結果を写真1に示すが、鑄込温度が高いと柱状晶がほぼ軸心まで伸び、ところどころにブリッジの形成がみられ、はげしい中心偏析を生ずる。中間の鑄込温度の場合には等軸晶の生成がみとめられ、ブリッジの間隔が小さくなり、偏析がややばかされている。鑄込温度の最も低いときは、マクロ組織が全面粒状の等軸晶から成り、パイプはなくポロシテイも小さく分散されており、V状の偏析も分散された形になっている。

(2) 考 察

上述の結果から明らかなように、引き抜き速度および2次冷却水量はマクロ組織に対してほとんど影響を与えず、いずれも柱状晶が発達し、ところどころにブリッジが形成され、著しい中心偏析があらわれた。これは鑄型内の冷却効果が大きいため、引き抜き速度および2次冷却の差による冷却効果の影響があらわれなかつたか、あるいは冷却のみではマクロ組織を変化させることができないことを示すものであろう。本実験では鑄型中を鑄片が通過する時間は0.5 ~ 1.4minの範囲にあるので、鑄型内で約15 ~ 30mm厚さの凝固殻が形成されるものと推定される。一方この実験で用いた鑄込温度は1545℃以上で、いずれも写真3の結果からみて柱状晶のよく発達する条件であつた。したがつてこのような条件で鑄込んだ鑄片に対して、冷却条件を変えてみてもマクロ組織の変化はあまりおこらず、むしろ鑄込温度が最も大きな因子であることを示しているであろう。なお、鑄込温度の影響については、すでに詳細に検討し、低温で鑄込んだときに生ずる微細な等軸組織の生成は自由チル晶説によると考えるのが妥当であることを報告した。ここでは鑄込温度のマクロ組

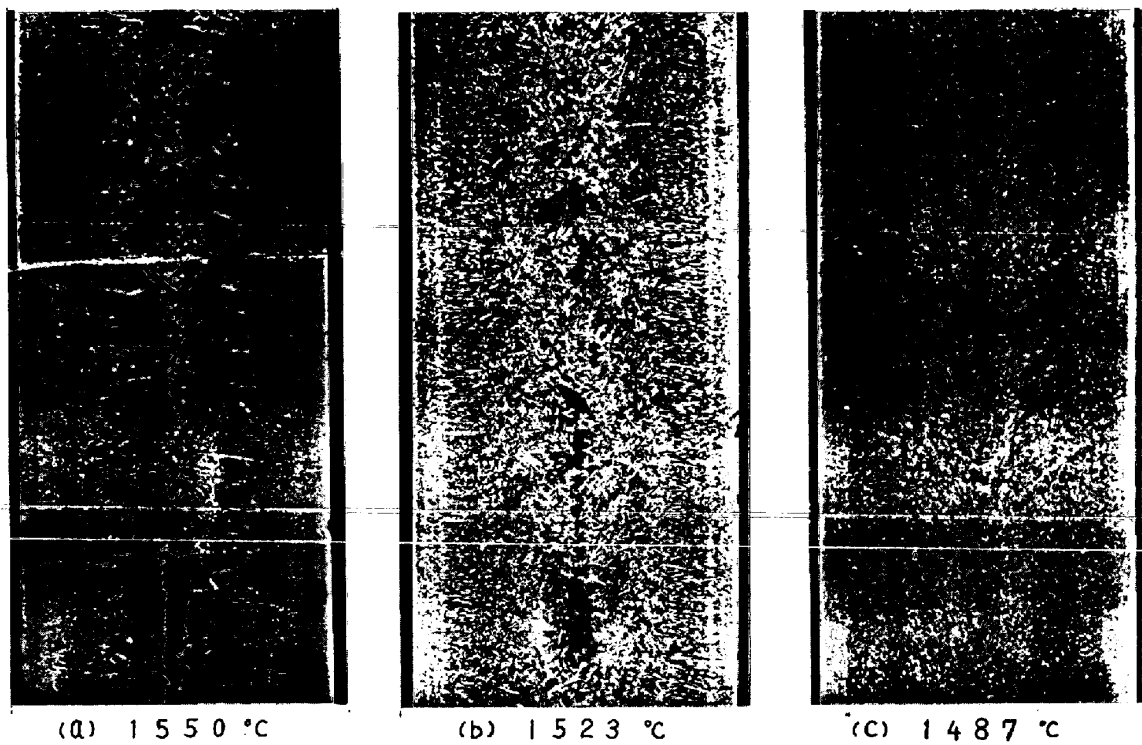


写真1 鋳片マクロ組織に及ぼす鋳込温度の影響

織におよぼす影響として、鋳込温度とブリッジの生成頻度および等軸晶帯の幅をしらべた(図1, 図2)。ブリッジの連続したものが等軸晶帯であると考えれば、図1の結果は当然であろう。鋳込温度が1520°C以下になると急激に等軸晶帯が発達することが明らかである。幅の広い等軸晶帯が生成した鋳片には著しい中心偏析はなく、V偏析の形で分散してしまう。

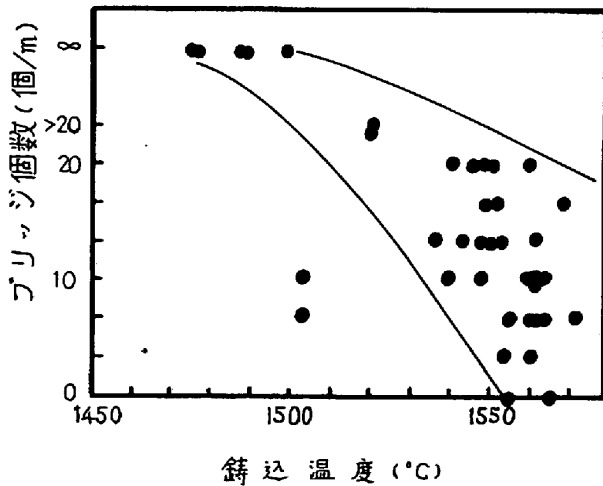


図1 鋳込温度とブリッジの生成頻度

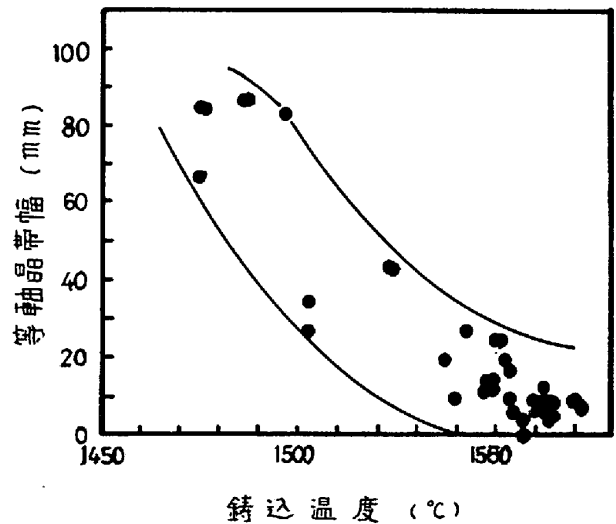


図2 鋳込温度と等軸晶帯の幅

以上の結果は中心偏析の防止法として低温鑄込が有効であることを示しているが、1500℃以下の低温鑄込は実際操業を考えると、ノズルのつまりなどのような困難さがあるばかりでなく、図3に示すように鑄片の表面品質が明らかに低下することが示された。

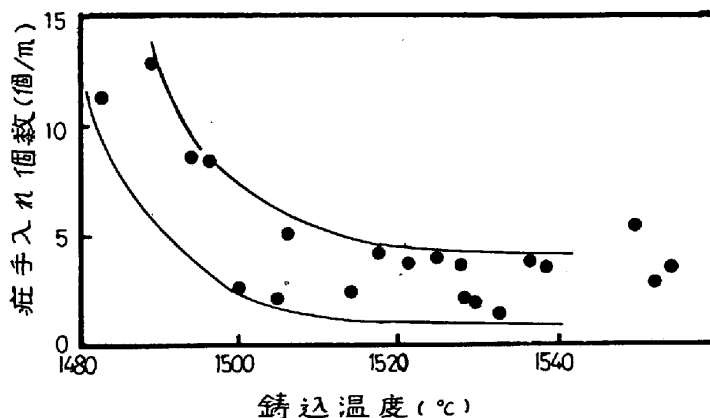


図3 鑄込温度と鑄片表面品質

3. 鋼線添加による中心偏析の防止法

低温鑄込によつて幅の広い等軸晶帯を生成させることは、中心偏析の防止には有効であるが、鑄片の表面品質を低下させるという問題のあることを指摘した。そこでこの問題を解決するための方法として鋼線添加法を検討した。すなわち鑄片の表面品質を低下させない温度で鑄込むが、鑄型中の溶鋼に鋼線を添加して溶鋼の温度を下げ、同時に等軸晶の“核”を多量に供給する方法である。したがつてこのような効果をあらわすためには、鑄込温度と鋼線添加量の間にある関係のあることが予想されるので、その関係を求めるべく実験を行なつた。

(1) 鋼線添加方法および結果

鋼線の添加は図4の要領で行なつた。添加した鋼線は2.5mmφの0.6% Cのものを用い、添加量は鋼線の送り速度を変えることによつて変化させたが、その量によつては鋼線2〜3本を同時に供給した。この実験では溶鋼t当り4〜6.8kgの範囲で変化させた。

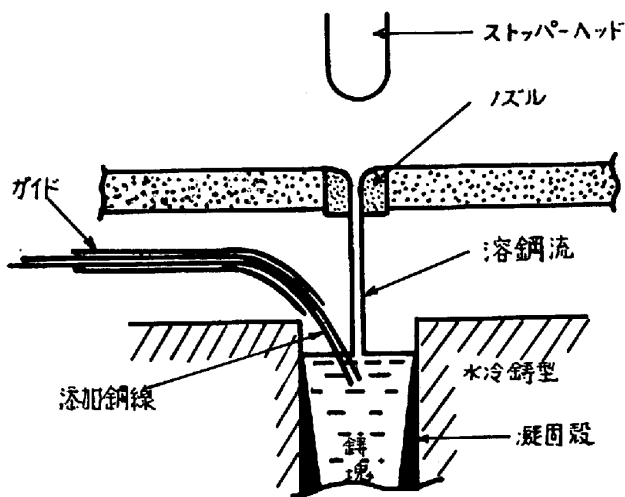


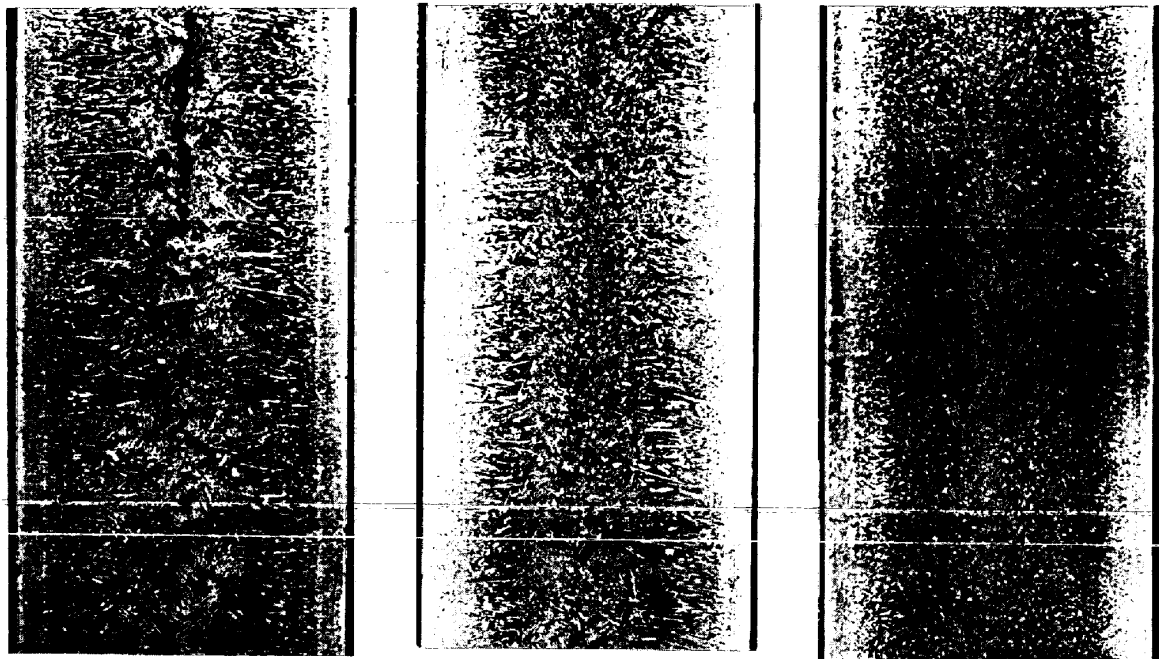
図4 鋼線添加要領

試験は引き抜き速度2m/min, 2次冷却水0.1ℓ/kg of Steelの条件の下で鑄込温度を変化させ一つの添加条件につき鑄塊長さ15〜25mを鑄造し、同一条件で2回ずつ行なつた。

鋼線を添加した鑄片の代表的なマクロ組織を写真4に示す。写真は鋼線添加量を6kg/tと一定にしたとき、鑄込温度による鑄片マクロ組織の変化を示すが、この場合は1540℃の鑄込温度でも幅の広い等軸晶帯が生成し、鋼線を添加しないときの1487℃鑄込のものに匹敵する。鑄込温度、鋼線添加量と鑄片マクロ組織の関係を図5に示す。図5の結果から、鑄片マクロ組織を効果的に変化させ、微細で幅の広い等軸晶帯を生成させるのに必要な最低鋼線添加量は、鑄込温度T℃, 鋼線添加量を溶鋼t当りWkgとすれば、 $W = 0.15(T - 1500)$ で与えられる。0.6% C鋼の液相線温度 T_L は1465℃であるから、 $W = 0.15(T - (T_L + 35))$ となり、35℃は鋼線添加をしないときの最高鑄込温度に対する過熱量である。

(2) 考察

以上の結果は断面のほとんど全部が柱状晶帯になるような高温で鑄込んでも、ある量以上の鋼線を添加すれば、鑄片内部に広い等軸晶帯が生成することを示している。鑄込温度を低温にしたときの等軸晶の生成は自由チル晶説による説明が妥当であることをすでにのべたが、鋼線添加の場合について検討してみよう。鋼線が鑄型中の溶鋼に入ると、溶鋼によつて加熱されると同時に溶鋼が鋼線のまわりで凝固し、その後再び凝固層が溶解し、鋼線も溶解すると考えられる。このように溶解するときには潜熱を必要とするので溶鋼の温度が下がる。



(a) 1559 °C (b) 1545 °C (c) 1540 °C

写真2 鋼線添加鋳片のマクロ組織 (添加量 6 kg/t)

溶鋼の温度が下がれば低温鋳込のときと同様に等軸晶が生成することも考えられるが、鋼線が溶解して溶鋼の温度が十分に下がったときには、すでにいくらかの凝固殻ができ柱状晶が成長しはじめていると思われるので、鋳型による冷却で生じたチル晶をこのときの等軸晶の起源とは考えがたい。写真2(c)には写真1(c)とことなり、明らかに柱状晶帯が存在する。したがって、鋼線を添加したときの等軸晶は、鋼線およびそのまわりに生成した凝固層が完全に溶解せず、微細な固体断片として多数残存して等軸晶になると考えるべきであろう。こう考えれば写真2(a)(b)のように鋳込温度が高いときは、鋼線のまわりに生成する凝固層も少なく、溶解後の残存量も少なくなるためであると説明しうる。

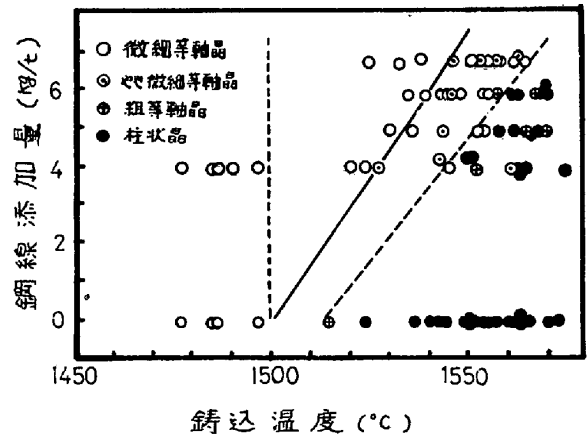


図5 鋳込温度、鋼線添加量と鋳片マクロ組織の関係

4. むすび

・ 実際上バルジングの影響が無視できる小断面連鋳鋳片で中心偏析に及ばず鋳造条件の影響をしらべたが、引き抜き速度および2次冷却水量はマクロ組織に対してほとんど影響を与えず、鋳込温度のみが大きい影響を与えることを明らかにした。すでに報告した中心偏析の生成機構から考えて、幅の広い等軸晶帯を生成させることが中心偏析の防止に有効であるので、鋳片の表面品質を低下させることなく、中心偏析を防止するために鋼線添加法を提案し、その効果的な添加条件を求めることができた。