

討5

連続铸造した铸片表面の亀甲状割れについて

神戸製鋼所 技術部。野崎輝彦 高木 弥
 “ 中央研究所 鈴木 章 鈴木 武

1 緒 言

鋼の連続铸造材における铸片表面欠陥としては縦割れ、横割れあるいはノロ噛み、二重肌などがよく知られており、防止対策についても衆知されている。しかし、亀甲状割れに関しては二、三の報告¹⁾²⁾が見られる程度でじゅうぶんな研究が行なわれていない。この亀甲状割れは铸片全長にわたって出現するので歩留りの低下、手入れ工数の増大など铸片コストを上げるとともに製品品質におよぼす影響も大きい、当社における垂直型連続铸造機で製造した铸片では稼動初期に亀甲状割れを経験し、対策を講じた結果、現在ではまったくこの種の欠陥の発生を見ないが、その解決の経過ならびに調査結果について報告する。

2 連続铸造铸片における表面亀甲状割れの発生状況

この割れは熱塊ではほとんど発見されず、また冷塊でもきわめて発見しにくい程度のものであるが、サンドブラストによりスケールを除去した铸肌ではかなり明瞭に観察することができるし、酸洗い処理、軽いスカーフイング処理によつても検出することができる。図1に铸片の外観状況を示すが普通は図のような亀甲状に観察される。この割れは铸片で手入れを行ない、完全に除去すれば後工程に影響をおよぼさないが、手入れをせずに圧延などの熱間加工を行なえば割れは拡大し、致命的な割れ欠陥に進展する。図2にその一例を示す。

割れの深さは铸片では最大3mm程度のものまで検出されたが普通は1.5mm以内のものが多い。しかしながら圧延材では最大7~8mm深さのものが検出された。

3 製品品質との関連

前述の铸片表面の亀甲状割れが圧延後の線材製品品質におよぼす影響を調べるために铸片手入れを軽度に行なつたものと完全に疵を除去したものを5.5mmφ線材に同時に圧延し、圧延線材の端末試料の表面疵検査を行なつた結果、図3のように手入れの不完全なものは品質水準が劣っている。

さらに同一試料を用い、伸線性を調査したところ、やはり不完全手入れ材は図4に示すように伸線性の劣化が認められた。

4 亀甲状割れの成因について

亀甲状割れの発生部分の断面をマイクロ組織的な観察およびE P M Aによる同定分析により調査した結果、割れ部分および割れ先端のすべてに銅の存在を認めた。図5に断面のマイクロ組織の一例を、図6にその部分のE P M A走査分析曲線を示すが銅は铸片の表面から結晶粒界に沿つて内部に侵入しており、亀甲状の表面割れは銅の侵入に起因する割れであることが明らかである。そこでこのような铸片表面における銅侵入現象を実験的に再現してみた。方法は溶解量500grのタンマン炉を用い、0.2% Cの



図1 铸片における亀甲状割れ



図2 中間圧延材における亀甲状割れ

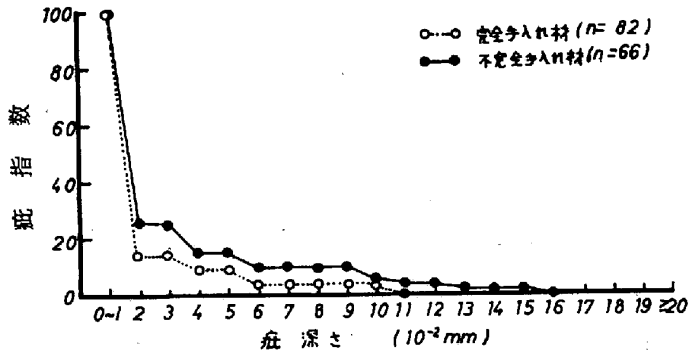


図3 鑄片手入れ条件と5.5mmφ線材末端疵の関係

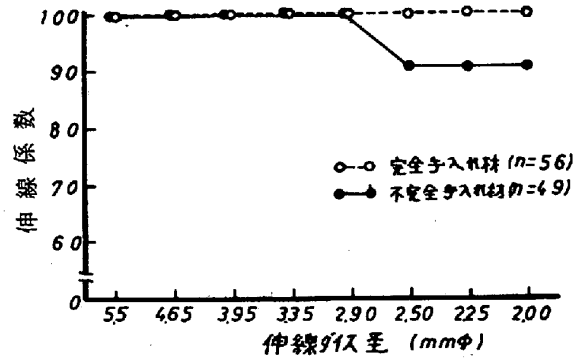


図4 鑄片手入れ条件と伸線性の関係

炭素鋼300grを溶解し、凝固後の鑄塊温度が1400~1100℃の範囲で0.05grの純銅を鑄塊上表面に接触させ、その温度に保持した。試料を冷却後、断面をミクロ的に調査した結果、全試料で銅の侵入が確認され、連続鑄造鑄片で見られたと同様の粒界に沿った侵入状況を観察した。鑄塊温度が高いほど深く侵入する傾向が認められた。しかしその深さは最大0.15mmであり、実際鑄片の場合と比較して小さい。これは実験条件において、銅と鑄塊が静的な接触であったこと、接触鑄片表面のスケーリングの状況が異なることなどに起因するものと思われる。

以上から亀甲状割れの成因を考察すると、鑄型内に溶鋼が注入されて形成された凝固殻が銅で作られた鑄型内壁をこすることによって機械的に銅を削り取り、鑄片表面に銅が付着する結果、鑄片表層部に銅が侵入し、特に結晶粒界に優先的に拡散侵入するため鑄片表層部の熱間強度を劣化させ、クラックを発生するものと考えられる。そして、鑄型の摩耗が起るのは図7でも明らかなように主として鑄型下部であり、鑄片の歪、あるいは鑄型のセンタリングの調整不良などがその原因として考えられる。なお銅侵入のある鑄片が中間圧延材において割れ深さを大きくするのは加工前の加熱により、表層部に侵入している銅がさらに深部まで拡散するためと考えられる。このとき銅は再加熱時のオーステナイト粒界に沿って侵入する。

5 対策とその効果

鑄片表面の亀甲状割れが鑄型からの銅の侵入に起因することから、その対策は基本的に銅鑄型との摩擦を滑らかにし、機械的な摩耗を防止することであるが、操業要因との関係を明らかにするために要因解析を行なった結果、潤滑油の種類や量、鑄型の振動回数、さらに溶鋼温度などとの関係については相関は認められなかった。鑄型の使用回数との間には使用回数が増せば増大する傾向が認められた。

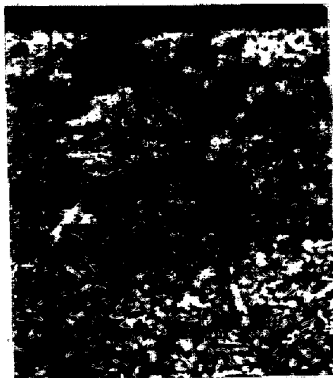


図5 亀甲状割れ断面ミクロ組織

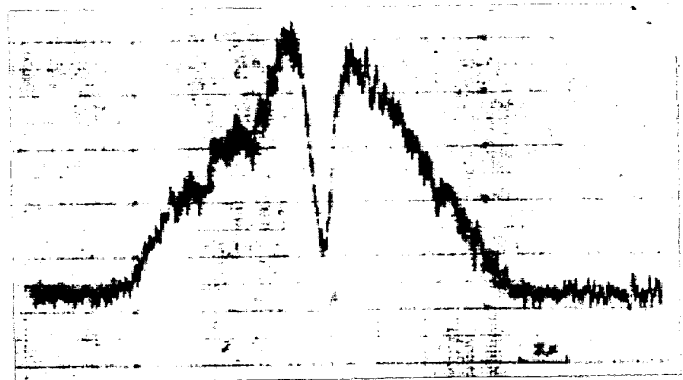


図6 異常組織部のEPMA Cuka走査曲線

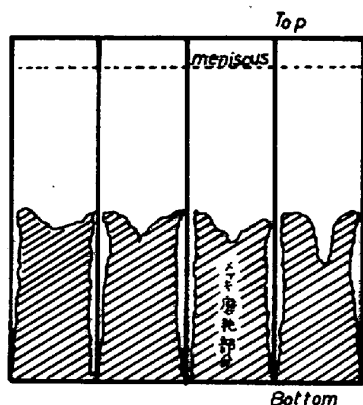


図7 メッキ鑄型使用後の展開図

また鑄型についての検討も行ない対策として鑄型内面に二硫化モリブデンを塗布する方法を試みたが効果は認められなかった。

次に行なつたのは銅鑄型をメッキする方法であるが小断面鑄型の場合、顕著な効果が認められた。しかし当然のこととして、メッキ寿命が問題になり、最適メッキ条件を見出すため各種のメッキを施した鑄型の試験使用を繰返した結果、最適メッキ条件はクロムメッキを0.05~0.10mmの厚みで施すことでえられた。こうすることにより銅の侵入による亀甲状割れ出現率は図8のごとくほとんど0に抑えることができた。

しかし鑄型断面が大きくなると前述のクロムメッキ鑄型を用いても完全に防止できない場合も生ずる。それは使用回数が少ないときにはじゅうぶんの効果をあらわすが、使用回数の増大にともないメッキ層の摩滅が著しく、数チャージの鑄造でその効果が認められなくなる。これは鑄型断面が大きいと引抜速度も遅いため鑄型内で鑄片が内部溶鋼の静圧でバルジングを起こし、鑄型と鑄片の摩擦が激しくなるためであろう。図7に使用後の鑄型内面の状況を示すが図から明らかなようにメッキの摩滅の起こる位置は鑄型下部である。このような場合には鑄型を上部と下部の2つに分割し、上部を銅、下部を鋼製の内面とする対策が取られた。その結果はきわめて良好で、その後の鑄片には表面亀甲状割れはほとんど出現していない。また鑄型をこのように改良したことによる他のトラブルも生じることなく順調に稼動が行なわれている。

6 結 言

工業的な鋼の連続鑄造に用いられる鑄型材料には銅が使用されるが、銅鑄型を用いることに付随する鑄片表面欠陥として銅侵入に起因する亀甲状割れが発生し、加工性および製品品質に悪影響をおよぼすことを明らかにした。また、この亀甲状割れの発生を防止するには連続鑄造機の構造、断面形状など、機種に適合した対策を講じることが必要であり、基本的には鑄型内における鑄片と鑄型の摩擦による銅鑄型の摩耗を防ぐことである。

7 参考文献

- 1) K.G. Speith and A. Bungeroth ; Stahl und Eisen 84 (1964) Heft 21, PP. 1297~1303
- 2) R. Rosegger ; PADEX RUNDSCHAU (1964) №5 PP. 277~89

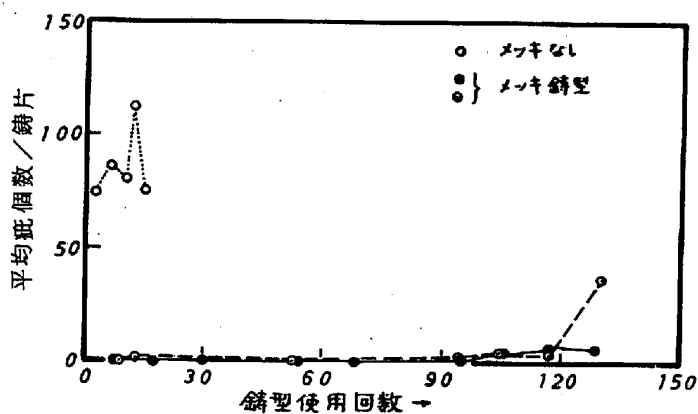


図8 鑄型使用回数と鑄片表面疵出現率の関係