

Table 1. Thickness of rim zone.

Sample No.	Chemical composition				Ingot weight (t)	Mold size	Pouring time	Capping time	Dimension of rim	
	C	Mn	P	S					Top	Middle
1	0.06	0.32	0.016	0.021	16.6	860×1,450×2,200	16'28"	2'20"	57mm	49mm
2	0.18	0.50	0.039	0.022	16.6	"	15'09"	2'30"	49	50
3	0.18	0.78	0.024	0.015	16.6	"	11'55"	3'30"	42	48

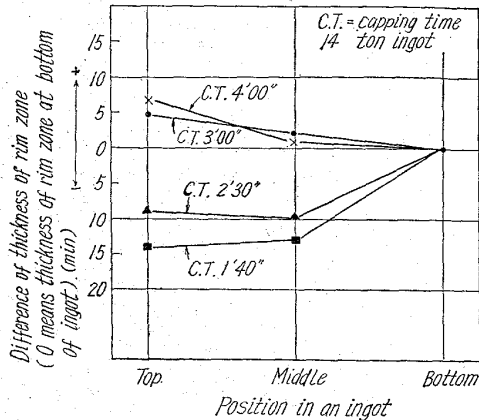


Fig. 4. Relation between capping time and rim zone at each height of ingot in the center of bottom ingot.

よび頭部リム層との相対的關係を見ると Fig. 4 に示すごとくで、中央部および頭部リム層の厚さは蓋打 3 min 以下の場合、その厚さは底部より薄くなり一方 3 min 以上の場合には逆にその厚さは底部より厚くなる。

以上が鋳込時間と蓋打時間との両者すなわちリミングの時間とリム層厚さとの關係であるが、次にリミングの程度とリム層の厚さとの關係を示したのが Table 1 である。これは炭素含有量の異なる溶鋼を一定の条件で造塊した場合のリム層厚さであるが、大きな差は見られず大鋼塊の下注法の場合、C%の多少の变化すなわち若干のリミングの強弱によつてはそれ程リム層の厚さに鋭敏な差異は与えないものと推定される。

V. 結 言

当水江製鉄所においては 10~20 t のメカニカルキャップド鋼を 1 定盤下注ぎ造塊を行ない、薄板用素材として良好な鋼塊を得ているが、その鋼塊性状におよぼす種々の製鋼条件については従来既に種々研究してきたが今回はその中リム層厚さに影響をおよぼす製鋼条件について報告した。すなわち

1. リム層厚さは蓋打時間が一定の場合には鋳込時間により定まり例えばリム層厚さ 50mm を得るためには、蓋打 3 min とすると鋳込時間は約 14 min がよくそのためには、55mm φ ノズルを使用することが好ましいことが判つた。
2. 蓋打時間が長くなると、頭部のリム層は厚くなるが、底部のリム層はそれ程度変らない。
3. リミングの強弱による影響は、上記鋳込時間および蓋打時間ほど大きくない。

(82) キャップド鋼冷延鋼板の線状疵と製鋼要因の關係について

八幡製鉄所, 技術研究所 No. 6424

工博 一戸正良・工博 今井純一  
梶岡博幸・○神田光雄・草野 英

On the Relation between Seamy Defects of Capped Steel Products and Steel Making Process. pp 1758~1761

Dr. Masayoshi ICHINOE, Dr. Junichi IMAI,  
Hiroyuki KAJIOKA, Mitsuuo KANDA,  
and Hideshi KUSANO.

I. 緒 言

硬度規格が厳しく均質性が要求される冷延鋼にはキャップド鋼が適していると考えられる。キャップド鋼はリムド鋼と比較するとリミングアクションを早期に抑えるため偏析は少なく、内部は均一であるが割れが生じやすく表面欠陥が発生しやすい。したがってスラブの表面欠陥が懸念されるが蓋打時間の厳格なコントロールやスラブ表面手入の強化によつて欠陥発生を抑えるという対策を構じている。最近、冷延鋼板で圧延方向に伸びた条状の疵(線状疵)が発見され、合格歩留がかなり低下したため疵の軽減は重要な問題となつた。

工場実験の結果、i) 特定チャージに発生する、ii) 鋼塊底部相当位置が特に悪い、iii) 吹き[C], 成品[Mn]の低いチャージは発生率が低い、iv) 蓋打時間の短いもの、Al 使用量の多いものが発生率が高い、v) 出鋼温度の低い方が好ましい、などの傾向が明らかにされ、線状疵が製鋼要因に關係あることが認められた。したがって防止対策をたてるために線状疵と鋼塊欠陥の關係ならびに鋼塊欠陥の成因を調査する必要があると考えられた。製鋼要因—鋼塊欠陥—スラブ欠陥—線状疵の關係性を考察するため前述の工場実験材より数個のスラブ試料を選びスラブの性状調査を行なつた。

II. 試料および調査要領

キャップド鋼の内部性状はリミングアクションの影響を強く受け、リミングアクションの代表値として蓋打時間が適当と考え、試料は蓋打時間を基準として長いもの(7 sec 以上) 短いもの(5 sec 以内) について鋼塊底部相当位置の 7 スラブ(A~G)を選んだ。鋼塊は 60 t LD 転炉で溶製した 12 t キャップド鋼である。調査は i) S プリント, ii) マクロ組織, iii) 顕微鏡観察, iv) 欠陥部の分析、などに分けられる。Table 1 に調査スラブの諸性状を示した。

III. 調 査 結 果

1. マクロ観察

Table 1. Characteristics of test slabs.

Test slab		A	B	C	D	E	F	G
Teeming speed (mm/min)		635	625	740	665	675	625	615
Hitting time (min)		4.3	4.9	8.15	17.4	8.3	8.1	7.0
Thickness of rim zone (mm)		7.1	7.0	8.9	15.5	8.9	10.3	8.4
Nos of black spot		47	62	66	15	43	43	41
Ladle analysis (%)	C	0.09	0.10	0.10	0.08	0.09	0.09	0.08
	Mn	0.42	0.40	0.041	0.34	0.42	0.39	0.39
	P	0.014	0.010	0.013	0.012	0.015	0.013	0.012
	S	0.018	0.017	0.018	0.015	0.018	0.018	0.020
Degree of negative segregation of rim zone		Not re-markable	Not so re-markable	Not so re-markable	Very re-markable	Re-markable	Re-markable	Re-markable

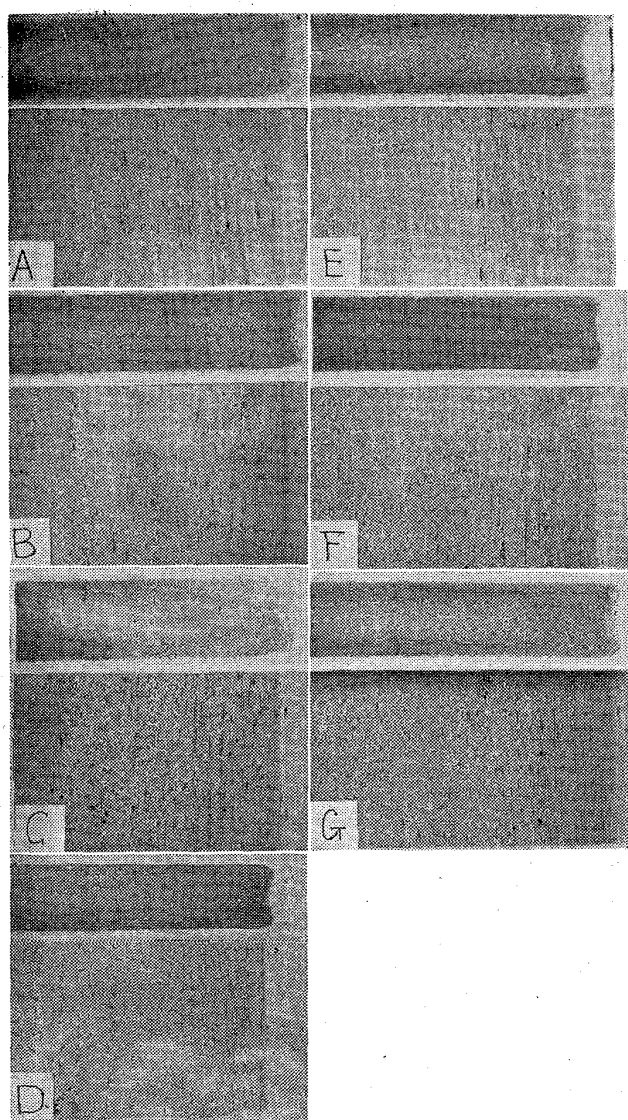


Photo. 1. Sulphur of test slabs.

Photo. 1 に S プリントを示した。S プリント，マクロ組織の観察の結果，i) スラブによつてリム部，コア部の濃淡が異なる，ii) リム部コア部境界に S プリント上で黒点が観察される，iii) S プリント，マクロ組織で強く腐蝕された偏析線が観察される，などがマクロ的な特異点として認められる。

一方，線状疵との関係については次のような傾向が認められた。i) 黒点が多いほど，リム部が不鮮明なほど，偏析線が強く多く観察されるほど線状疵発生率が高い。ii) 同様のマクロ組織上の特徴がある場合はリム部の厚みの薄い場合に線状疵発生率が高い。

キャップド鋼であるのでマクロ的に観察されたものは当然リミングアクションと関係している。リミングアクションが強いほど洗滌効果は大きいのでリム部，コア部の濃度差は大きくなり，それだけリム部は鮮明になる。これには S% も関係し S% が低いほどリム部は鮮明になる。また，蓋打時間が長いほどコア部分は汚くなり，その結果リム部，コア部の濃度差が明りようになることは考えられる。境界部に存在する黒点は気泡性偏析と関係している。ガス発生圧が大きく気泡が逸散しやすい場合には黒点は減少するものと定性的に考えることができる。また早期に強くりミングアクションを抑えると気泡性偏析は増加するようである。偏析線は気泡または介在物の残留に基づくものであるがいずれにしてもこれらの残留がリミングアクションに関係していることは首肯できる。

以上のマクロ観察から線状疵の発生はリミングアクションと強く関係していることがわかる。すなわちリミングアクションが強いほど，継続時間が長いほど線状疵発生率は減少するようである。

## 2. 分析結果

リミングアクションの程度を判定するためリム部の偏析曲線を求めた。その結果を Fig. 1 に示した。リム部は負偏析となり，その程度はリミングアクションによる洗滌効果と凝固速度の兼合いで定まる。D および E スラブは偏析曲結が明りようで負偏析の程度も強くりミングアクションが強かつたことがうかがえマクロ組織と一致する。リミングアクションの強さの尺度としてリム部最大負偏析度  $((C_{ladle} - C_{min}) / C_{ladle})$  を選び線状疵発生率との関係を見るとリミングアクションが強くなれば線状疵は急激に減少することがわかる。

酸化介在物の分布を調査するためリミングアクションの良好なスラブとして E，不良スラブとして C を選び真空溶融法による酸素分析を行なった。その結果を Fig. 2 に示した。E スラブの酸素値はリム部からコア部になるにしたがつて徐々に増加し一定の傾向を示すが，C スラブは場所による変動が大きく介在物が不規則に分布し

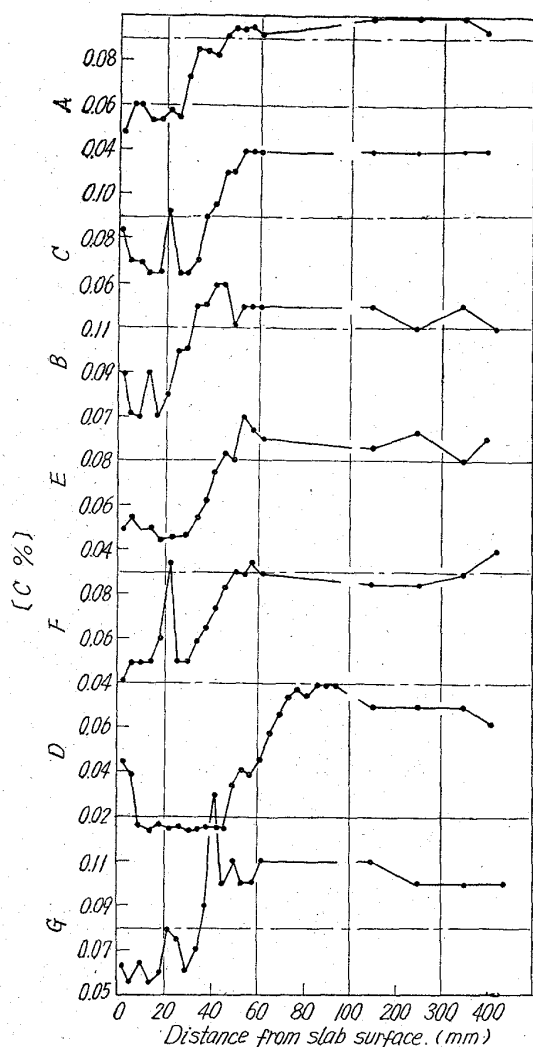


Fig. 1. Negative segregation of rim zone.

ている。沃素アルコール法による酸化介在物の分析結果でも同様にEスラブはリム部に介在物が少なくコア部になると急激に増加している。Cスラブはリム部に残存する介在物が非常に多くコア部と同程度であり、リミングアクションによる洗滌効果が小さかつたことがわかる。介在物は多くの文献例と同様 FeO, MnO を主体とするものである。

3. 顕微鏡観察結果

測定はスラブ表面より 0.8mm 間隔の線上で行ない、各線上で連続的に 100 視野を選び酸化系介在物にのみ注目して観察した。Eスラブでは大きな介在物がリム部に非常に少ないのに対し、Cスラブでは個数も多くかつ不規則に分布しており酸素分析値、介在物分析値とよく一致している。Fig. 3 に介在物を大きさ別に分類してその割合を示した。同図から明らかなようにEスラブのリム部は大部分が 30 μm 以下の小さな介在物であるのに対し、Cスラブは大きな介在物の割合が増加している。また両スラブに共通してリム部コア部境界では大きな介在物の割合が増加しているようである。以上のように介在物の分布、特に大きな介在物にはリミングアクションによる洗滌効果が強く関係していると考えられる。

黒点のある場所を顕微鏡で観察し黒点の原因となる介

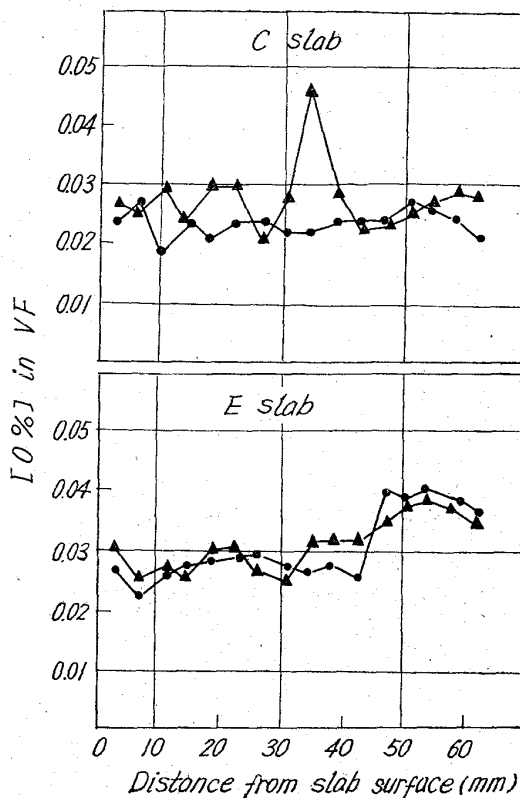


Fig. 2. Variation of [O %] in rim zone.

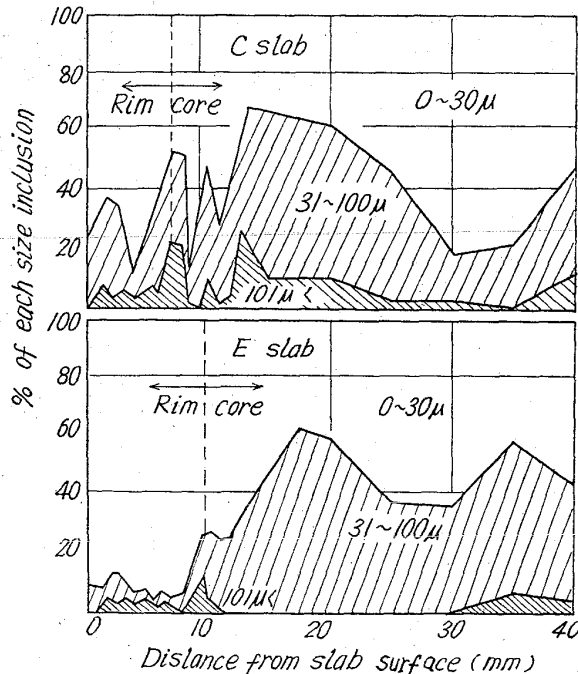
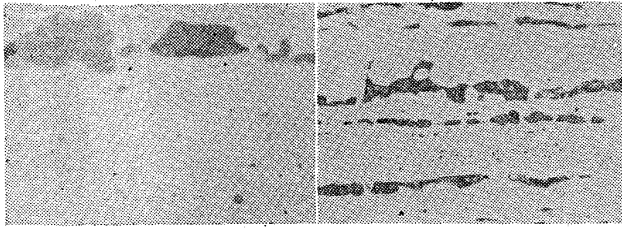


Fig. 3. Results of microscopic examination.

在物を調査した。介在物の一例を Photo. 2 に示した。介在物は MnO の高い介在物であり介在物の周囲はフェライト層となっている。気泡性偏析と加熱工程での酸化が関係しているのではないかと推定される。

IV. 総括

キャップド鋼冷延鋼板に発生する条状の疵(線状疵)と製鋼要因の関係を明らかにするため鋼塊底部に相当す



×400(2/3) Picral etch ×100(2/3)  
Photo. 2. Inclusion observed at black spot.

るスラブについてサルファープリント、マクロ組織、顕微鏡、分析により調査した。結果を要約すると次の通りである。

i) サルファープリントで黒点が多いほど、リム部が不鮮明なほど、マクロ腐蝕したときに偏析線が強く多く観察されるほど、線状疵発生率は高い。

ii) 上述のマクロ組織上の特徴が同程度の場合には、リム部の厚みが薄いほど線状疵発生率は高い傾向がある。

iii) リム部の負偏析度が強いほど線状疵発生率は低い。

iv) 線状疵発生率の高いスラブにはリム部に巨大な介在物が偏在している。

v) サルファープリントで観察される黒点は MnO の高い介在物で周囲にフェライト層が認められる場合がある。

これらの結果から線状疵の原因として

a) リミングアクション不良により、リム部内に残留した介在物

b) リム部コア部境塊に存在する介在物

c) 肌近くの気泡の酸化

d) リム部厚さが非常に薄いこと

が考えられ、線状疵がリミングアクションと強く関係しているのは明らかである。すなわち

イ) 凝固初期のリミングアクションが強いほど線状疵防止には好ましい。

ロ) 線状疵の発生を防ぐためには必要最低の蓋打時間がある。

621.771.011

669.141.241.3-4/5.620.192.45

### (83) セミキルド鋼板の製造について

日本鋼管、鶴見製鉄所

No. 64245

吉川 治・根本秀太郎

○太田幹二・遠藤源吉・松原博義

## On the Manufacturing of Semi-Killed Steel Plate.

Osamu KIKKAWA, Hidetaro NEMOTO,

Motoji ŌTA, Genkichi ENDO,

and Hiroyoshi MATSUBARA.

### I. 概 要

リムド鋼は鋼塊表面性状が良好で、鋼塊から直接鋼材に圧延できるが、鋼塊内の位置により成分の偏析が大きいため鋼材に圧延後も位置による機械的性質のバラツキが大きい欠点を有する。

この欠点の改善策としては、ケミカルキャップド方式、

メカニカルキャップド方式等があるが、前者は頭部開放で注入するためリム層が厚く、かつ鋼塊内部の末脱酸溶鋼による頭部の破れを防ぐために相当多量の脱酸剤を投入するので巻込介在物が鋼塊内部に残存する欠点がある。また後者は1種類の鑄型で型成される鋼塊重量が固定し、種々の鋼材寸法に応じて幾種類もの鑄型を用意せねばならない不便がある。その解決策として当社では鑄型との間にわずかの空隙をあけて蓋を懸吊し、鋼塊の長さに応じて蓋をスライドさせる方式を発明したが、このメカニカルキャップド方式だけでは鋼塊内の成分、偏析、鋼材内の機械的性質のバラツキは、なお一般のセミキルド鋼と比較して大きい。

そこで、これらケミカルあるいはメカニカルキャップド方式に当社では一層の改善を加え、製品内の機械的性質のバラツキの小さい優良な鋼材を圧延できる表面性状の良好なセミキルド鋼塊を製造することに成功した。

以下その製造法および品質について述べる。

### II. 製 造 法

鑄型には、下注非鎮静溶鋼の注入を開始する前に鑄型壁との間にごくわずかの空隙をあけて押蓋を懸吊しておく。蓋の高さは鋼塊重量に応じて、注入終りの鋼塊頭部と蓋との間に適当な隙間をあけるようあらかじめ調整しておく。注入中に溶鋼のリミングアクションにより発生するCOガスは蓋周囲の隙間から型外に逃れ、大気とは遮断され、鑄型内の雰囲気は還元性となり、注入中のリミングアクションが抑制される。鋼塊の注入予定高さに湯面が達する直前に、注入管から少量の脱酸剤を投入し注入を完了する。溶鋼注入完了後、直ちに蓋を湯面上に落す。

従来の注入管脱酸によるケミカルキャップド方式の鋼塊では鑄型開放で注入を行なっているため、多量の脱酸剤を投入しなければならなかった。しかしこの方法によるといちじるしく脱酸剤投入量を減少することができるため鋼塊内の巻込介在物の量をいちじるしく減少することができる。さらに、鋼塊は押蓋造塊法によりリミングアクションが抑制されているので、リム層は極端に薄く、内質部は少量の脱酸剤で脱酸されてセミキルド鋼になつている。したがって、鋼塊内成分偏析も普通のセミキルド鋼と同等であり、製品鋼材内における機械的性質のバラツキもいちじるしく改善され、圧延された鋼板から製品を採取する場合、適切な頭、底部、耳部の切断とあいまつて鋼板内の各部の引張強さの差は極めて少ない。

製品鋼材のサルファープリント試験によつても、従来のリムド鋼と比較して偏析がいちじるしく減少している。また鋼材の各部分から圧延方向に対して直角な曲げ試験片を採取して曲げ試験を行なつたが、従来のメカニカルキャップド鋼と同様に良好である。

製品鋼材の全面を超音波探傷試験を行なつた結果でも一般のセミキルド鋼に比べて遜色がない。

### III. 実 例

本方式による鋼板の試験成績の一例を述べる。

供試材の鋼番および取鍋分析値は Table 1 のとおりである。

(1) 鋼塊性状 鋼塊の縦断面のマクロ組織およびサ