

ズ長さ ( $l$ ) との関係について検討してみたが、その差が大きすぎたので、この補正法は難点があると考えられる。

#### 4.3.2 欠陥の巾

段削りによつて現出した地キズの巾は、blow hole, pin hole を除き、およそ  $0.1 \sim 0.05 \text{ mm}$  以下であつたが、Table 4 に示したように、AVG-diagram によつて算出した欠陥の巾は非常に大きかつた。そのため、この方法で、地キズの巾を定量的に示すことはできない。

#### 4.4 UST 欠陥の実体についての検討

段削りによる地キズと UST 欠陥の相関性はよくなかつたが、その原因は次のように考える。

##### 4.4.1 対象面の差

たとえば段削りの場合の測定単位は面積当りであるのに対し、UST の場合は体積当りである。

##### 4.4.2 欠陥の形態上の差

段削りによる地キズは一般に、 $0.1 \text{ mm}$  以上の scum, pin hole, blow hole, 非金属介在物, 砂などの異材の介在によつて切削時に発生するキズであるが、UST 欠陥は、つぎのようなものと思われる。

##### a) 同一平面上にある欠陥

ある大きさの scum, blow hole, pin hole, 巨視的非金属介在物および微視的非金属介在物の cluster (S-print 上でみられる濃厚偏析線なども含む)

##### b) 同一平面上にない欠陥

一平面上では比較的微細な欠陥が探傷方向で  $2 \sim 4 \text{ mm}$  の巾の間で、cluster を形成している場合、分解能の関係で 1 つの欠陥とみなされたもの。

### 5. 結 言

UST によつて、リムド鋼片の地キズ分布を調査するために、2, 3 の予備実験を行なつた結果、次のことが判明した。

- 1) 低炭素リムド鋼片中での音速は常温で  $5919 \text{ m/sec}$ ,  $4 \text{ Mc}$  の probe の場合の波長は  $1.48 \text{ mm}$  で、指向角は  $5^\circ 15'$  であつた。
- 2) ドリル穴による最小探傷欠陥は  $0.5 \text{ mm } \phi$  で、分解能は  $2 \sim 4 \text{ mm}$ , 不感距離は  $14.0 \text{ mm}$  であつた。
- 3) 36 段段削りによる地キズと UST 欠陥の相関はよくなかつたが、これは両者の形態の相違によると思われる。
- 4) 欠陥の長さおよび巾の適切な補正法は見出しえなかつた。
- 5) UST によつて欠陥の分布を定量的に算定できた。

### 文 献

- 1) 高尾, 下瀬, 成田ほか: 鉄と鋼, 47 (1961) 7, p. 907
- 2) 向江脇, 江藤, 松隈: 鉄と鋼, 51 (1965) 11, p. 2021
- 3) Iron & Steel Eng., (1965) 5, p. 145 または Iron Age, 195 (1965) 15, p. 104
- 4) J. u. H. KRAUTKRÄMER: Ultrasonic non-destructive

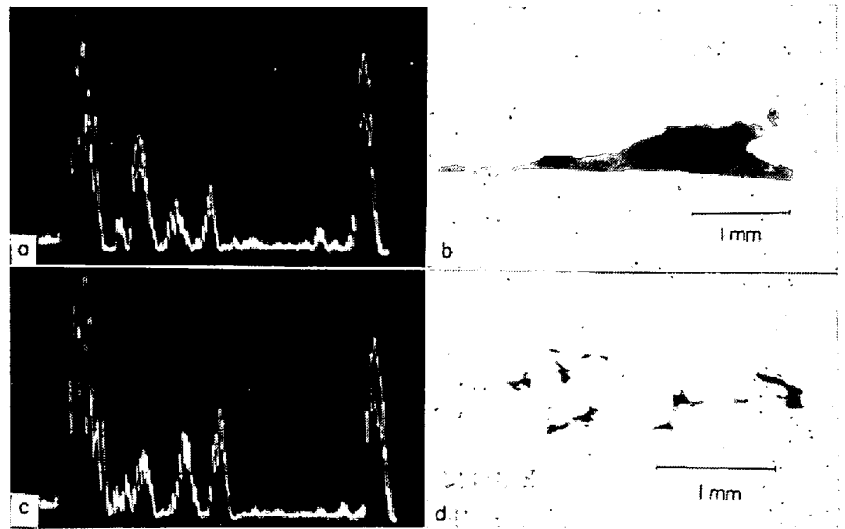


Photo. 1. Example of ultrasonic flaw echoes and microstructures.  
a) b) :  $tS_2 2.0, D_f 2.0, l 2.3, D 0.1$   
c) d) :  $tS_2 4.0, D_f 1.4, l 2.7, D 0.7$  x30

testing of material, (1961), p. 259

- 5) 学振, 製鋼 19 委編: 超音波探傷法, (1964), p. 172, 654, 655

## (120) リムド鋼片の地キズおよび超音波探傷欠陥の分布について

(リムド鋼片の地キズに関する研究—II)

八幡鋼管, 研究部 ○松隈 茂  
八幡鋼管, 東京工場 工博 向江脇 公雄

On the Distribution of Sand Marks and Ultrasonic Defects in Rimmed Steel Slabs  
(Studies on the sand marks in rimmed steel slabs—II)

Shigeru MATSUKUMA and Dr. Kimio MUKAEWAKI

### 1. 結 言

丸ピレットを穿孔圧延によつて製管する場合の Metal flow は、管の横断面で均一でなく、対数的なラセン型を示すため、ピレットの欠陥位置と製管後の欠陥位置とは隔りがある。

したがつて、丸ピレットの地キズ分布を調査する場合、従来の段削りでは不十分で、ピレットを縦割り後、平面切削して行なうことが多い。特に、この方法はリムド鋼の場合、rim, core 別々に地キズ分布を知ることができるので有効である。

今回、鉄鋼基礎共同研究会、非金属介在物部会で溶製したリムド鋼片の地キズについては、rim, core の位置を考慮した試験法が立案された。

本報では、同部会で溶製したリムド鋼片の地キズ分布をこの方法によつて調査し、あわせて前報<sup>2)</sup>で述べた超音波探傷 (以下、UST と略する) による欠陥の分布および地キズと清浄度の相関性について検討した結果を報告する。

### 2. 供 試 材

Mn 量, S 量, 鑄型添加 Al 量および造塊雰囲気各 2

Table 1. Teeming condition and chemical composition of specimens.

Heat		A			B		
Ingot		R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6
Order of pouring		8	9	10	6	7	8
Pouring time (min)		1·50	1·42	1·75	1·58	1·70	1·67
Teeming time (min)		17·33	17·93	21·25	19·25	18·48	19·50
Chemical composition (Ladle analysis) (%)	C	0·076	0·082	0·073	0·062	0·065	0·068
	Mn	0·45	0·45	0·46	0·33	0·32	0·34
	P	0·013	0·013	0·013	0·008	0·008	0·009
	S	0·017	0·015	0·016	0·021	0·021	0·022
	O <sub>2</sub>	0·034	0·039	0·026	0·030	0·034	0·027
Addition of Al (g/ingot)		100	500	100	200	400	200
Atmosphere		Open	Open	Argon seal	Open	Open	Argon seal
Rimming intensity		Weak	Normal	Very weak	Normal	Normal	Weak

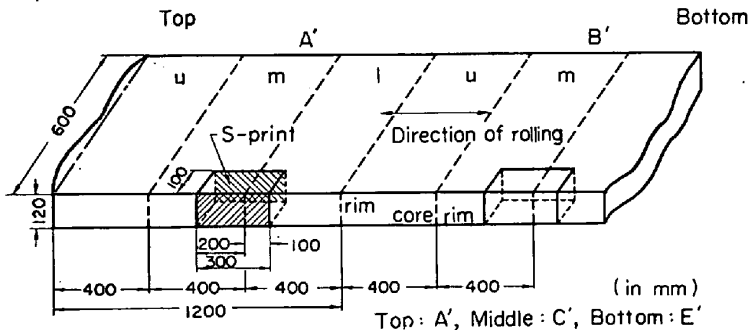


Fig. 1. Illustration of sampling position of specimens.

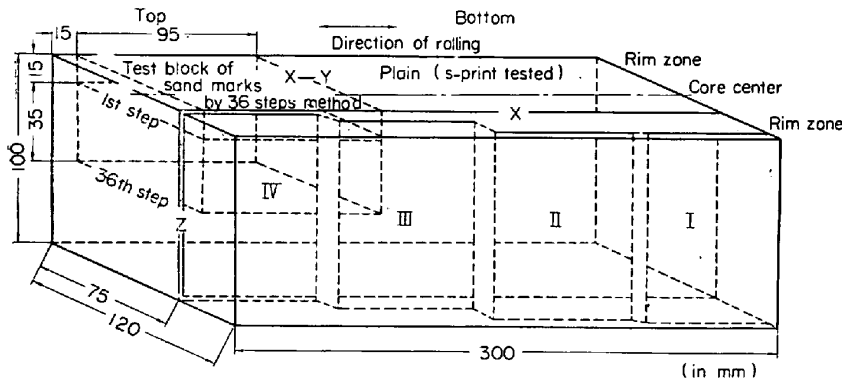


Fig. 2. Illustration of parts of ultrasonics and sand marks tests.

水準を組み合わせた上注，10 t 低炭素リムド鋼塊 6 本を縦割り後，圧延比 5·0 で圧延した鋼片の Fig. 1 に示す各位置より 120×100×300 mm の供試材 30 個を採取し，Fig. 1 の斜線で示した両面を切削仕上げし，片面について S-print を行なった。

造塊条件および ladle 分析値<sup>3)</sup>を Table 1 に示す。なお，鑄型注入温度は 1525°C であった。

### 3. 試験方法

#### 3.1 4 段平面段削り法による地キズ

4 段平面段削り法 (4 段法と略称する) の各段は S-print によつて判定し，(I) solid skin, (II) rim の中心，(III) rim-core の境界，(IV) core の 1/2 の各位置で平面切削し (切削面の平均粗さ 12S-18S)，現出した

地キズは JIS 法によつて測定した。

#### 3.2 鋼片の UST

Fig. 2 に示すように，4 段法の地キズ試料と core の中心を境にして対象になっている 75×100×300 mm の各試料について UST を行なった。試料の表面状況，装置とその設定条件については前報で詳述したので省略する。

測定方法は，試料を巾 250×400 mm，深さ 200 mm の水槽に入れ，探傷面上 1~2 mm まで水を満たし，欠陥位置を読みとるとともに，探傷面の凹凸による probe の損傷を防止し，probe の密着性をよくして安定な echo をえる

ことを目的とした目盛り入りの複写用フィルム (0.1 mm 厚さ) を探傷面に密着させた。

つぎに probe をフィルムの目盛線に沿つて，X-Y 面の X 方向に連続的に動かし (scanning rate: 1m/min)，欠陥 echo の高さ (F) が 33 db 以上の欠陥を monitor によつて認めた場合は，probe を小刻みに上下，左右に動かし，最大 echo を示す位置，F および B<sub>1</sub> の高さ，探傷面からの距離 (xmm) および F が 27 db に drop する間に動かしした距離 (lm) をチャートに記録した。また X-Z 面についても

同様に測定した。

#### 3.3 36 段平面段削り法による地キズ

段削りの段数すなわち被検面の総面積を増した場合の地キズの総換算個数，総地キズ長さの変化について検討するため 36 段の平面段削り法 (36 段法と略称する) を試みた。

R4-A'~E' の 5 試料について，95×75×100 mm のブロックを切り出し，X-Y 面に平行に，Z 方向で 15.0~50.0 mm の間を 1 mm ごとに 36 段の段削り試験を行ない，地キズの位置と長さを JIS 法により測定した。

なお，この場合の各被検面は 4 段法の場合とは互いに直角になっており，その総被検面積は 4 段法の場合の約 7 倍になっている。

Table 2. Amount of ultrasonic defects in various parts.

Area	R 1						R 2						R 3					
	A'	B'	C'	D'	E'	Total	A'	B'	C'	D'	E'	Total	A'	B'	C'	D'	E'	Total
a	0	0	3	1	1	5	0	0	0	10	19	29	0	4	2	10	7	23
b	0	0	3	1	8	12	0	1	4	16	11	32	0	7	7	1	37	52
c	11	35	19	11	16	92	16	16	24	22	15	93	46	46	39	7	53	191
d	30	28	28	6	14	106	50	33	23	8	1	115	85	15	18	12	16	146
Total	41	63	53	19	39	215	66	50	51	56	46	269	131	72	66	30	113	412

Area	R 4						R 5						R 6					
	A'	B'	C'	D'	E'	Total	A'	B'	C'	D'	E'	Total	A'	B'	C'	D'	E'	Total
a	0	8	33	11	10	62	0	11	23	20	13	67	0	29	66	8	20	123
b	0	5	15	21	11	52	6	3	1	6	3	19	1	17	61	15	53	147
c	12	17	14	20	28	91	24	13	3	1	12	53	37	28	37	13	20	135
d	25	19	4	15	15	78	28	12	6	4	7	57	7	7	11	8	10	43
Total	37	49	66	67	64	283	58	39	33	31	35	196	45	81	175	44	103	448

Area a~d are as follows:

- a : from surface to rim center
- b : from rim center to rim-core junction
- c : from rim-core junction to core half
- d : from core half to slab center

4. 試験結果および考察

4.1 UST 欠陥と 4 段法による地キズの分布

X-Y 面および X-Z 面での UST 欠陥を rim, core の位置別に分類集計した結果を Table 2 に示す。なお、各領域はおよそ a:b:c:d=1:1:2:2 である。

鋼塊位置別では、top 部の A' は 6 鋼塊とも rim 部 (a および b) はきわめて清浄であるが、core に行くにしたがい欠陥が増加している。B' では、rim 部にも幾分欠陥がみられ、core でかなり多くなっているが、R1 を除いて A' の core よりは少ない。middle 部の C' では、高 C, 高 Mn, 低 S レベルの R1, R2 および R3 の rim 部は比較的清浄で、core 部 (c または d) は欠陥が多く B' と同じ傾向を示すが、低 C, 低 Mn, 高 S レベルの R4, R5 および R6 では rim の欠陥が多く、core 部は逆に比較的清浄である。なお鋼塊全体の傾向も、この C' での傾向と同じである。bottom 部の E' では R2 と R6 の rim 部の欠陥が多いが、ほかは core 部が多い。

Fig. 3 は UST 欠陥数および地キズの総換算個数を鋼塊位置別に集計したものである。

UST 欠陥については、総欠陥数の多い R3 と R6 はともに Ar シールされた rimming action の弱い鋼塊である。R1, R3 および R5 は鋼塊の頭部 (A', B') で欠陥が多いが、R4 および R6 は、逆に底部 (D', E') の欠陥が多い。なお、R2 は鋼塊位置の差があまりない。

地キズについては、鋳型添加 Al 量が少なく、rimming action のきわめて弱い R3 が最大で、次に R4 が多い。なお、R3 では特に鋼塊底部の rim 部に多く、R4 では鋼塊頭部 および 底部に多いが、rim 部は少ない。地キズの少ない R5 および R2 は、ともに鋳型添加 Al 量が多く、rimming action の正常なものである。なお、Ar シールした鋼塊の酸素含有量は低いが、rimming action が弱いため、その効果は認められな

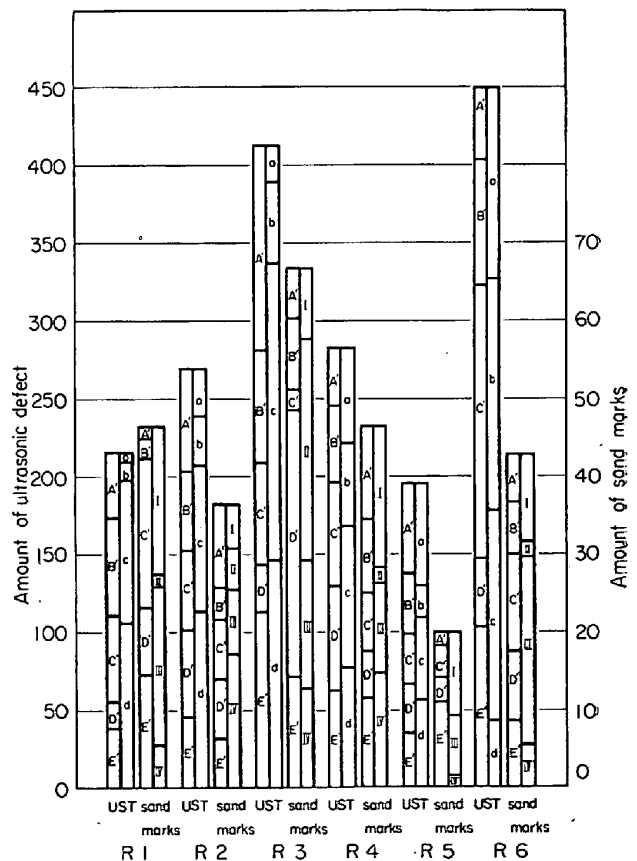
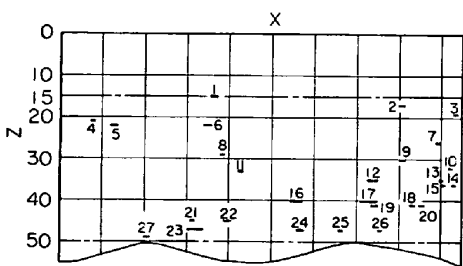
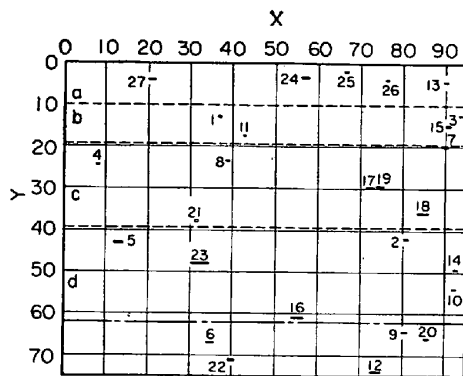


Fig. 3. Distribution of ultrasonic defects and sand marks.

い。なお、総地キズ長さについても換算個数と同じ傾向を示した。UST 欠陥と地キズの分布を比較した場合、R2 と R4 は両欠陥の位置別の傾向が一致しているが、全体的にみ

Table 3. Comparison between amount of sand marks by 36 steps method and by 4 steps method.

Specimen	36 steps method				4 steps method			
	Range	Area × 10 <sup>4</sup> mm	Amounts	Total length	Step	Area × 10 <sup>4</sup> mm	Amount	Total length
A'	a	3.46	0	0	I	0.75	0	0
	b	3.46	0.3	0.1	II	0.71	0	0
	c	5.47	4.6	8.1	III	0.74	0	0
	d	5.18	8.3	20.2	IV	0.76	11.9	33.8
	Total	17.57	13.2	28.4	Total	2.96	11.9	33.8
B'	a	3.76	0	0	I	0.73	0	0
	b	4.10	0.7	0.9	II	0.72	0	0
	c	6.16	1.3	2.1	III	0.74	6.8	13.9
	d	6.84	2.8	4.5	IV	0.75	2.6	2.0
	Total	20.86	4.8	7.5	Total	2.94	9.4	15.9
C'	a	3.42	1.5	1.6	I	0.77	3.9	10.4
	b	3.08	1.3	1.0	II	0.76	1.3	1.3
	c	7.18	1.0	1.9	III	0.76	2.6	3.9
	d	7.52	0.8	1.5	IV	0.79	0	0
	Total	21.20	4.6	6.0	Total	3.08	7.8	15.6
D'	a	3.08	4.2	7.3	I	0.70	5.7	12.9
	b	3.08	3.3	4.4	II	0.71	0	0
	c	7.18	1.5	1.9	III	0.65	0	0
	d	7.52	1.2	3.5	IV	0.77	0	0
	Total	20.86	10.2	17.1	Total	2.83	5.7	12.9
E'	a	3.76	9.6	18.0	I	0.70	8.6	12.2
	b	3.76	4.5	8.4	II	0.71	0	0
	c	6.84	4.4	9.3	III	0.70	2.8	10.5
	d	6.50	4.0	7.9	IV	0.73	0	0
	Total	20.86	22.5	43.6	Total	2.84	11.4	22.7
Grand total		101.35	55.3	102.6		14.65	46.2	100.9



(in mm)  
The same numbers in X-Y and X-Z plain mean identities

Fig. 4. Example of the distribution of sand marks by 36 steps method.

て相関性はよくない。

4.2 4段法と36段法による地キズ分布

36段法の場合の地キズの立体的分布を R4-C' について Fig. 4 に、36段法と4段法の地キズ分布の比較を R4-A'~E' について Table 3 に示す。

鋼塊全体での総換算個数と総地キズ長さはよい一致がみられるが、E' ではともに、両者で大差を示した。

4.3 4段法、36段法による地キズと清浄度の関係

Fig. 5 は4段法、36段法による地キズと清浄度<sup>3)</sup> (d<sub>60</sub>×400) の関係を R4 について示したものであるが、3者の傾向が比較的良好一致しているのは A' のみで、相関は弱い。

4.4 地キズと清浄度の相関

ヒート別および鋼塊別の4段法による地キズと清浄度の相関は、core部の清浄度が高値を示すのに対し、地キズは低いことなどにより、認められなかつた。

これは、被検面の差(存在確率の相違)およびS量とO量は清浄度に大きく影響するが、地キズの生成傾向をも支配することはない<sup>4)</sup>ためと思われる。

5. 結 言

鋼塊相当位置の明りようなりムド鋼鋼片 30 試料について、UST 欠陥と地キズ分布について調査した結果、次のことが明らかになった。

1) 4段法による地キズと UST 欠陥個数が最低を示したのは、鑄型添加 Al 量が高レベルで、rimming

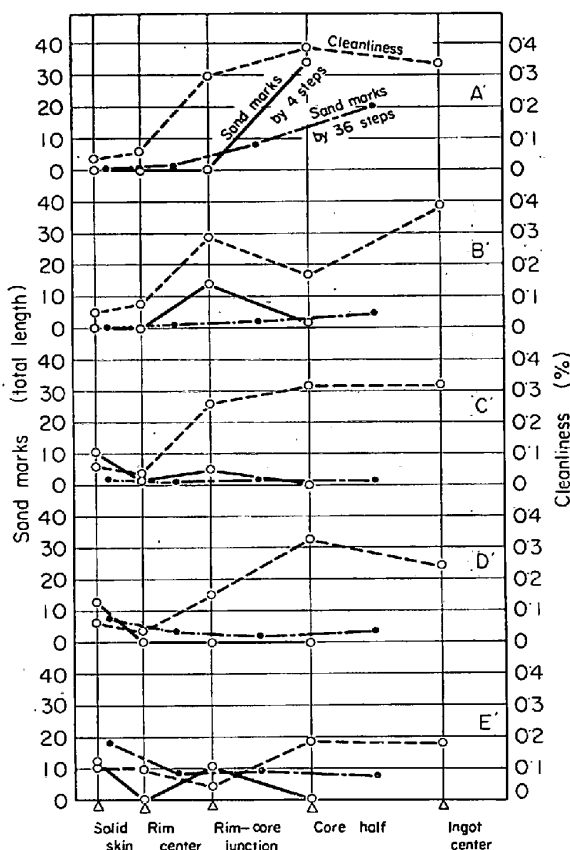


Fig. 5. Horizontal plots for sand marks and cleanliness at five different parts in slab R4.

action の正常な鋼塊 (R5) であつた。なお、高 C, 高 Mn, 低 S レベルで rimming action も正常な鋼塊の地キズは R5 について少なかつたが、UST 欠陥はやや多かつた。

2) Ar シールされた, rimming action の弱い R3 および R6 鋼塊は UST 欠陥が最も多かつたが, R6 の地キズはあまり多くなかつた。

3) UST 欠陥の鋼塊位置別の傾向としては, top 部では rim はきわめて清浄であるが, core は欠陥が急増しており, middle 部については, 高 C, 高 Mn, 低 S レベルの鋼塊は rim で比較的清浄で core で欠陥が多く, 低 C, 低 Mn, 高 S レベルの鋼塊では rim の欠陥が多く, core は逆に比較的清浄であつた。なお, bottom 部の core の中心はやや少なくなつていた。

4) 4 段法と 36 段法による地キズは全体的にはよい一致がみられた。

5) 各鋼塊位置での総地キズ長さや清浄度の間には相関が認められなかつた。

最後に, 試料を提供していただき, 種々ご協力いただいた川崎製鉄, 千葉研究部各位に感謝の意を表す。

#### 文 献

- 1) R. F. KOWAL and W. M. WOJCIK: Steel Times, 31 (1964), Jan., p. 155
- 2) 松隈, 向江脇: 鉄と鋼, 53 (1967) 3, p. 374
- 3) 野中, 岡野: 非金属属在物部会, 小委提出資料 3-8 (1966), p. 5, 24
- 4) 泉田: 鉄と鋼, 51 (1965) 2, p. 212

## (121) 低炭素リムド鋼のリミング中の空気酸化について

住友金属工業, 和歌山製鉄所

○池田 隆果・丸川 雄淳

On the Air Oxidation of Low Carbon Rimmed Steel during the Rimming Action

Takami IKEDA and Katsukiyo MARUKAWA

### 1. 結 言

リムド鋼凝固時の反応については, すでに多くの研究があり<sup>1)~3)</sup>, 最近では, C-O の平衡条件以外に Mn-O の反応をも考慮した検討がなされてきている<sup>4)~6)</sup>。

しかし, 近年の鋼塊大型化につれて, 鋳型内溶鋼表面は増大し, 溶鋼表面からの酸素の浸入を無視できないようになってきた。

著者らは, 従来からのリムド鋼凝固時の反応の研究をさらに進展させるためには, リミング中の空気酸化を明らかにする必要があると考え, リムド鋼凝固時の空気酸化について試験を行ない, 若干の考察を行なつた。

### 2. 非酸化性雰囲気での凝固

凝固中に溶鋼自身から放出されるガスを用いて, 鋳型をシールした場合の, 溶鋼成分の挙動について試験を行なつた。

試験は, 160 t 転炉溶製の低炭素リムド鋼 6 チャージについて, シール材および比較材を各 1 鋼塊選び試験を行なつた。鋳型は 13 t または 17 t 扁平鋳型であり, シールは, 鉄板蓋を鋳型上部に設置して行なつた。

また, シール材のリミング中でのスカム除去は行なわなかつた。ただし, 比較材については, 通常通りスカム除去を行なつた。

シール材のリミング状況は, 比較材にくらべて非常に弱かつたが, 蓋置前まで持続した。また, リミング中の膨張は, 比較材より大であつたが, せいぜい 100 mm 程度までであつた。

リミング中の C, Mn, P, S, O の変化を, シール材と比較材をくらべて Fig. 1 に示す。C, Mn は比較材では次第に減少しているのに対して, シール材ではほとんど変化しないか, ないしは若平増加する傾向を示している。P, S の偏析状況には差はなく, シール材でも P, S の濃化が起こっていることがわかる。O については比較材ではあまり変化せず, リミング末期に増加しているのに対し, シール材では徐々に減少している。

以上の結果から, 低炭素リムド鋼を非酸化性雰囲気中で凝固させれば, 溶鋼の C, Mn の減少は起こらず, 通常見られる凝固時の激しいリミングアクションは, 空気酸化によつて吸収した O が, 主として凝固面で CO として放出されるために起こるのであり, 鋳込まれた溶鋼自身の O によつて起こるリミングアクションは非常に弱いものであることが明らかとなつた。

リミング中の Mn および O の変化を C と対応させて Fig. 2 示した。比較材では Mn は C と同時に減少しており, また O は C-O 平衡値より低い, ほぼ同一傾向で変化している。シール材と比較材とで蓋置前の O に差がみられたのは, C の差によるものであることがわかる。