

Table 4. Frequency of bloom crack.

Period	Number of blooms (%)	A class (very good) (%)	B class (good)					C class (no good)				
			Crack (%)	Scab (%)	Brick inclusion (%)	Others (%)	Total (%)	Crack (%)	Scab (%)	Brick inclusion (%)	Others (%)	Total (%)
I	716 (100)	296 (41.3)	285 (39.8)	49 (6.9)	57 (8.0)	17 (2.3)	408 (57.0)	4 (0.6)	1 (0.1)	0 (0)	7 (1.0)	12 (1.7)
II	701 (100)	504 (71.9)	143 (20.2)	27 (3.9)	18 (2.6)	5 (0.7)	193 (27.5)	2 (0.3)	2 (0.3)	0 (0)	0 (0)	4 (0.6)

酸化防止剤の使用量は鋼塊 t 当り 1.5 kg とした。

3.3.3 酸化防止剤の使用効果

造塊中に酸化防止剤を使用した結果つぎのような効果が認められた。

(1) 鋼塊表面状況については冷鋼塊を観察の結果表面スカムが減少し、レンガのかみこみもなくなつて錆肌は非常に美麗になつた。また鋼材のスクーフィング後においても以前みられたスキンホールは全然なくなりレンガキズもなくなつた。

(2) 鋼塊の割れについては Table 3 に示したごとく酸化防止剤の使用によつて割れ発生率は減少している。これは造塊中に酸化被膜の形成されるのが防止され、溶鋼の湯上がりかスムーズに行なわれることによつて鋼塊の表面に無理な力がかからなくなるためであると思われる。なお Table 3 における期間 I, II はそれぞれ酸化防止剤を使用し始める前後の時期を示す。

(3) 鋼塊の割れに起因して鋼片に発生すると考えられる分塊割れについての調査結果を Table 4 に示す。これには酸化防止剤を使用しはじめる前後の時期における鋼片に発生するワレ、ヘゲ、レンガキズなどの発生率で表示した。期間 I, II はそれぞれ酸化防止剤を使用し始める前後の時期を示す。鋼片のキズは大半が鋼塊の割れに起因して発生すると考えられるワレキズであり、Table 4 から酸化防止剤の使用効果は明らかに認められる。

以上錆肌改善用酸化防止剤の効果について述べたが、これを使用することによつて鋼塊錆肌は非常に美麗になり、鋼塊の割れ発生率も減少せしめ得る確証を得た。なおさらに造塊中の溶鋼を外気と遮断して溶鋼の空気酸化を防止できることから鋼材の清浄度など非金属介在物量の減少も期待されたが、この点に関しては顕著な効果は認められなかつた。

4. 結 言

以上当工場におけるキルド鋼の造塊について鋼塊の表面品質および内質の向上を目標に注入温度と割れおよび清浄度の関係、酸化防止剤の効果などについて調査検討を加えてきた。その結果をもとにして、高温注入のもとで粉状酸化防止剤を採用した結果、表面品質ならびに内質ともにより良好なキルド鋼塊を造塊できるようになつた。

(111) 超音波による鋼板ラミネーションの追跡

富士製鉄, 中央研究所

○磯野英二・上野 立・満尾利晴

Tracing of Defects in Steel Plates by Ultrasonic Method

Eiji ISONO, Tatsuru UENO
and Toshiharu MITSUO

1. 緒 言

ここ数年来の鋼材製品に対して要求される品質の高級化と、これに対する鋼材メーカーの対策としての品質管理は、非破壊検査の採用なしには達成できない段階にあるといえる。

品質管理上、不良品はできる限り初期の段階で生産の流れから除去することが原則であるが、技術的に困難な場合があり、これもそれぞれの現場の特殊事情があるなどして一概には論じられない。

しかしながら鋼板において現在、ラミネーションとして取上げられている欠陥が、スラブ、さらにさかのぼつてインゴットの連続の圧延行程のなかで、どのような過程をたどつて変化しているかの情報をつかんでおくことは製鋼、造塊上にも有益なデータを与えると考えられるので、内部欠陥検出法として現在最も有利な超音波探傷法により追跡してみることとした。

2. 試験方法および試料

インゴットから製品に至る連続の超音波探傷の報告は 1 例のみみられるのみであるが、これも欠陥の状況、超音波手法の細部については不明である。一方鋼板のラミネーションと呼ばれているものの定義も明確でないが、ここでは現在鋼板のユーザーが問題としているもの、すなわち主として切断端面の染色浸透探傷、あるいは磁粉探傷によりインデケーションとして認められ、クレームの対象となる程度のもの²⁾と定義しておく。

欠陥追跡の方法としては、人工欠陥あるいは自然欠陥のある特定の欠陥に着目して、1対1の対応を見る方法があり、これらについてはすでに検討してあるので、今回は Fig. 1 に示したように、区画されたマス中の欠陥が、インゴット→スラブ→プレートの過程で、それぞれどうなるかの大体の対応を調べる方法をとることとした。これによりインゴット、スラブそれぞれの段階での超音波欠陥分布図を求めることができ、造塊、凝固の状況も推測できると考えた。

また本実験は相当大規模になるので、試験をグループ

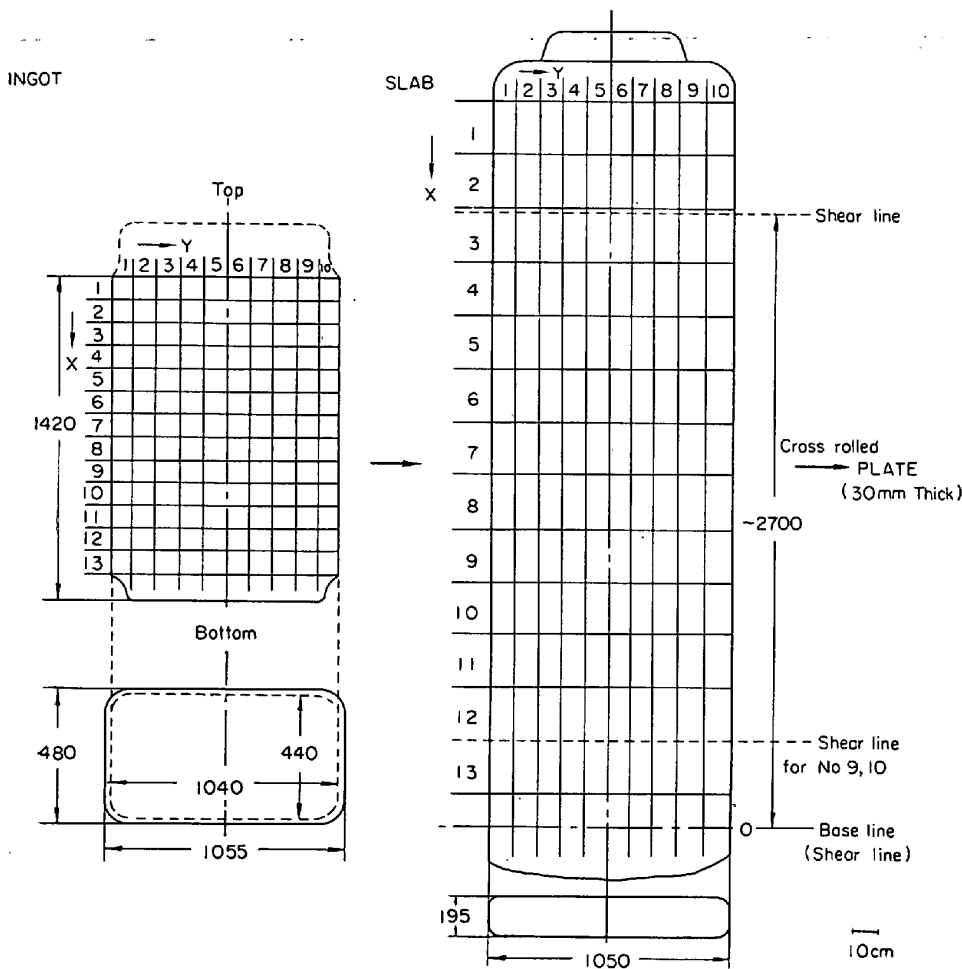


Fig. 1. The size and testing division of ingot and slab.

にわけ、グループの結果が次のグループの試験に反映できるようにして行なつた。その概要を Table 1 に示す。すなわちラミネーションが発生するような条件と、そうでない条件で溶製造塊された 60 kg 級高張力鋼の 6 t、インゴット 12 チャージを使用し、インゴット、スラブでは探傷面全面をグラインダー手入れした後、全面超音波探傷を行ない、探傷法、試験法などについて検討した。またそれぞれの代表的欠陥については、切断端面を磁粉探傷しさらに検鏡により確認した。

3. 実験結果

3.1 インゴット

インゴット段階での超音波探傷は一般に、形状、表面状況および取扱上、さらには熱的、冶金学的に不利な条件が多いのであまり実用的ではないが、Table 1 に示す方法で行なつた。この結果本実験と類似の寸度で類似の鋼種のインゴットを探傷する場合、次のような手順に従えばかなり有益な情報が得られると判断された。

1) 探傷面はグラインダー手入れしなるべく平滑とした後、記録、データ処理に便利なように、適当なマス目を記しておく。

2) 接触媒質としてはグリセリンが非常に有効である。探傷は周波数 1 Mc, 28 mm ϕ 探触子を用い、感度は学振Ⅲ型 V15-2 が現われる程度に設定する。

3) プレートの欠陥と直接関係があるのは主にボトム

側の欠陥であるので、トップ側は省略してもよく、またボトム側は上記感度よりさらに数 dB 高くて行なうのがよい。

一方インゴットを 20 mm 厚にスライスした試料の磁気探傷では、トップ、ボトムとも顕著なインディケーションが認められなかつた。超音波減衰はプレートより約 10 倍程度大きく、インゴット周辺と中心部で差が認められた。

3.2 スラブ

スラブ段階での超音波探傷はプレートの品質管理上極めて有効であると考えられ、また寸度的にも適しているので重点をおいて検討した。

探傷法としては、2.25Mc, 28 mm ϕ 水晶振動子でマシン油、グリセリンを接触媒質とした直接々触法と、2.25Mc, 22mm ϕ の局部水浸法を試験したが、すべての点で水浸法が有利であつた。感度としては CRT 50% = 30dB (V15-2.8 = 50% 相当、詳細文献(3))程度とし、トップ側とボトム側とでは評価をかえて記録する必要があつた。すな

わち同一大きさの欠陥波でも、プレートになつた場合、トップ側は消失し、ボトム側は残存すること、また両者では欠陥の分布状況および平均の大きさが異なることが判明した。これは欠陥の内容が異なるとしか考えられないので、スラブ中心部からスライスして採取した試料を磁粉探傷し、さらにインディケーション部の検鏡を行なつた。磁粉探傷結果は明らかにトップ側に欠陥が多く、またその寸度も大で超音波の結果と一致した。Photo. 1 にマイクロ組織の一例を示したが、ボトム側は大形の介在物が認められるのに反し、トップ側欠陥には介在物状のものが存在しない。すなわちトップ側は次行程の圧延で圧着する超音波欠陥であるが、ボトム側は Al_2O_3 系の介在物でこれが残存して欠陥波の源泉となると判断された。

3.3 プレート

鋼板に関する超音波探傷はすでに一般化し、仕様書などで判定基準もきまつているものもあるが、われわれは欠陥を定量的(数値表示)に取扱う方法を確立しているので^{2)~4)}、この方法により処理した。

すなわち KRANTKRÄMER の提案した AVG-diagram 方式を使用した場合、直接法で基準片 B1 との比が 20 ~ 25 dB 以上の欠陥波が、端面の染色探傷でインディケーションを示すことが確かめられてあるので、先づ局部水浸法で、直接法と同等感度にして全面探傷し、欠陥波

Table 1. Summary of test samples and testing methods.

Group No.	Charge No.	Ingot making condition		Testing methods		
		Deoxidizer	Temperature	Ingot	Slab	Plate
1	1	Al (1 kg / t)	Low	1Mc, 28 ϕ probe with machine oil, Total gain was V15-2.8=50% CRT >25% CRT echo was recorded as defect 2.25Mc, 28 ϕ probe with machine oil and glycerol were also examined	Half area along the center line of each division was tested 2.25Mc, 28 ϕ probe with glycerol, Total gain was V15-4=50% (24dB) >30dB echo was recorded as defect	Whole surface was tested by local water immersion method (5Mc, 22 ϕ), and defect area were checked by direct method (5Mc, 20 ϕ) >25dB echo was recorded as defect, Typical defect area was checked by magnetic particle method
	2		High			
	3	Al (0.47 kg / t)	Low			
	4		High			
2	5	Al (0.62 kg / t)	Low	1Mc, 28 ϕ probe with glycerol Total gain was V15-2=50% CRT (6dB up) >25% CRT echo was recorded as defect Higher gain (3~6dB) was used for bottom side	Whole surface was tested by local water immersion method (2.25Mc, 22 ϕ) >27dB echo at bottom side and >22dB echo at top side was recorded as defect	Same as group 1
	6		High			
	7	(FV)	Low			
	8	(FNb)	Low			
3*	9	(FNb)	High	Same as group 2	Procedure was same as group 2 >31dB echo at bottom side and >27dB echo at top side was recorded as defect	Same as group 1
	10	High Al Low Si	Low			
4**	11	Same as No. 3	Low	Same as group 2	No samples	No samples
	12	Same as No. 6	High			

* More samples were taken for checking slab as shown Fig. 1

** Samples for checking ingot

が認められた箇所をさらに 5 Mc, 20 ϕ の直接接触法で精密に再探傷し, その欠陥の分布図を描くこととした. 結果の一例を Fig. 2 に示す. この場合欠陥が真にポイントだけのものや, 若干の拡がりを持つもの, ポイント同志が近いもの, あるいは存在深さの異なるものなど様々で, 厳密な図を描くことは莫大な時間を要し, また

その必要性も少ないと考えられるので, 欠陥の状況は Photo. 2 に示したように, それぞれの試料の代表的な箇所のガス切断面の磁粉探傷図形で示すこととした.

これらの結果から, 最終製品 (プレート) としては,
1) 高温出鋼と呼ばれるものについては, 超音波欠陥は比較的少なかった (No. 2, 4, 6, 9).

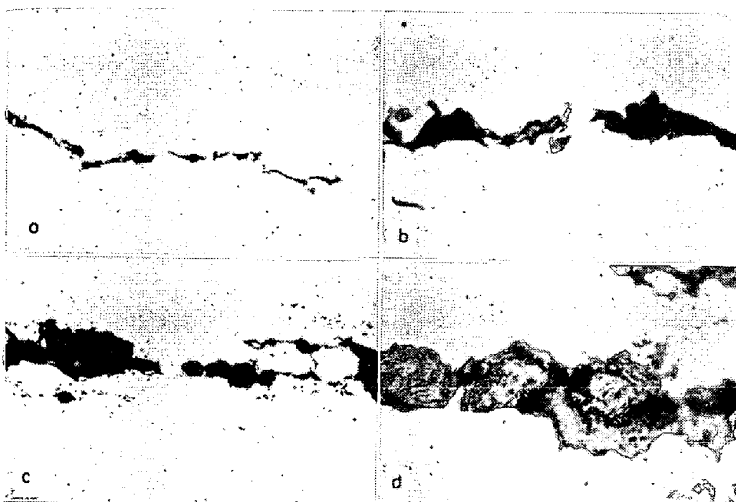
2) 低温出鋼のものの方がボトム部の欠陥は多く現われた.

3) 同じ欠陥でも, Al 脱酸 (No. 1, 3, 5) と Si 脱酸 (No. 7, 8) とでは欠陥の状況が異なる. すなわち前者での欠陥はかなり連続的な大形のインディケーションがほぼ同一層内にあるが, 後者では板厚方向のかなり広い範囲に分散して存在する傾向が認められた.

5. 結 言

いわゆるラミネーションが発生するような条件と, そうでない条件で溶製された 60 キロ級高張力鋼の 6 t, インゴット 12 チャージを使用し, インゴット→スラブ→プレートの一連の流れの中で, ラミネーションがどのような変化をたどっているかを, 超音波探傷法で追跡調査した結果をまとめると,

1) インゴット, スラブの全面探傷は, 製鋼, 造塊の解析に有効な情報を与えるものと判断され



a) Top side $\times 100$ b) Top side $\times 400$
c) Bottom side $\times 100$ d) Bottom side $\times 400$ (1/2)

Photo. 1. Examples of defects in slab (No. 10).

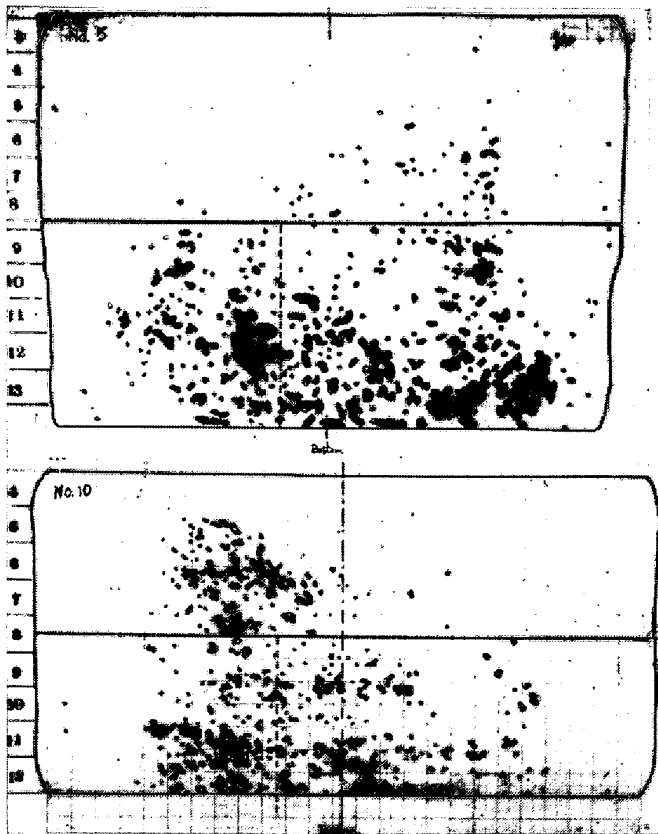


Fig. 2. Distribution patterns of defects in plates detected by ultrasonics.

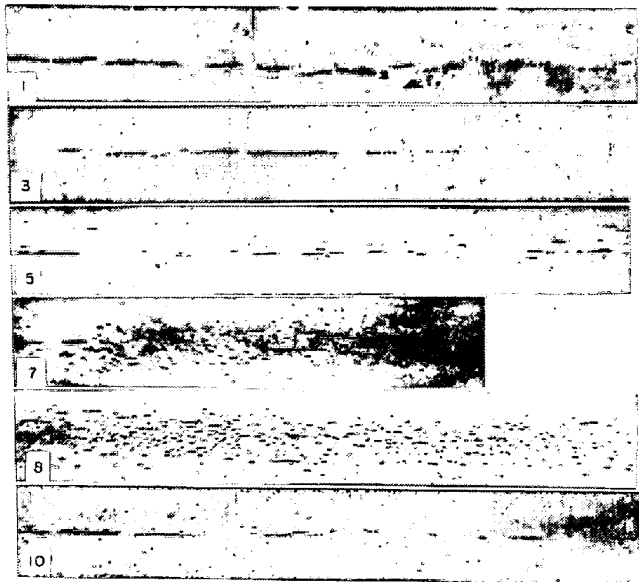


Photo. 2. Typical magnetic particle patterns of defects in plates detected by ultrasonics. (Indication of defects in plates-30 mm) (The figure shows the charge number)

た。

2) インゴット、スラブの探傷はともに、プレートの欠陥を予測する上に非常に有力な手段であるが、トップ側とボトム側とでは超音波欠陥の評価をかえる(適正な探傷感度を選ぶ)必要がある。

なお実験の冶金学的な結果、考察などについては、別途報告される予定であるので、ここでは最少限にとどめた。

文 献

- 1) C. STRASSBURGER: Stahl u. Eisen, 81 (1961) 13, p. 885
- 2) 堀田, 磯野他: 富士製鉄技報, 11 (1962) 3, p. 153
- 3) 磯野, 中山, 小林: 非破壊検査, 12 (1963) 4, p. 155
- 4) 村木, 磯野, 吉谷: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 583; 富士製鉄技報, 12 (1963) 4, p. 146

(115) 取鍋スラグのまきこみによる転炉リムド鋼注入溶鋼中の介在物

(製鋼工場における RI の利用—XVI)

八幡製鉄, 技術研究所

理博 森 久・〇谷沢 清人

松尾 翠・山手 実

Some Origins of Nonmetallic Inclusion in Pouring LD Rimming Steel

(Tracer application of RI to steel works—XVI)

Dr. Hisashi MORI, Kiyohito TANIZAWA

Midori MATSUO and Minoru YAMATE

1. 緒 言

転炉リムド鋼注入溶鋼中の介在物の起源としては、すでに転炉内スラグおよび Al 脱酸生成物を取りあげ、介在物量におよぼす製鋼要因の影響をしらべたが¹⁾²⁾、そのうち、取鍋スラグのまきこみによる介在物ならびに前 ch. の取鍋附着スラグと取鍋煉瓦変質層のまきこみによる介在物について、しらべることとした。

2. 実験方法

2.1 RI の取鍋内への添加

取鍋スラグのまきこみを追跡する場合は、直径約 10 mm のスカム粒を焼結したもの 300 g に $^{140}\text{LaCl}_3$ 溶液 4 mC をしみこませて乾燥し、これを 4 コの紙袋に鋼片と共に封入し、出鋼中に取鍋内に投入した。前 ch. の取鍋附着スラグのまきこみを追跡する場合は、前報²⁾および上述の試験で $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ によって汚染した取鍋を使用した。この取鍋の内壁には前 ch. の $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ 含有スラグが若干附着し、また取鍋煉瓦表面層は $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ 含有スラグの侵入によって変質している。試料の採取と放射能測定は前報²⁾に準ずる。試験は戸畑 2 転炉で低炭リムド鋼を対象として行なった。

2.2 各起源の介在物量の算出

取鍋スラグのまきこみの場合は、取鍋に投入した $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ 量に対する注入溶鋼中に残留した $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ の量の比 $Y_{L.S'}$ を、取鍋スラグのまきこみの程度を表わす特性値としたが、 $Y_{L.S'}$ は前報²⁾の (1) 式で算出した。

前 ch. の取鍋附着スラグのまきこみの場合は、注入溶鋼中に残留する前 ch. の取鍋スラグ含有率 $Y_{R.L.S'}$ を、次式で算出した。