
千葉製鉄所第2スラブ連铸機における高速铸造

High Speed Casting Vertical-Bending Type Slab Caster

上田 典弘(Tsunehiro Ueda) 浜上 和久(Kazuhisa Hamagami) 越川 隆雄(Takao Koshikawa) 白石 昌司(Shoji Shiraishi) 垣生 泰弘(Yasuhiro Habu)

要旨：

まず、千葉製鉄所第2スラブ連铸機の基本設計思想を述べた。高速铸造時の铸片内部品質を考慮して、本連铸機では、次の3点に特徴があるといえる。(1) 铸型内液面下2.4mの垂直帯を有し、非金属介在物の浮上分離を促進する。(2) 铸片曲げによる内部ひずみを0.1%以下とする設計。(3) バルジングに抗するための小ロールピッチ(210~220mm)。操業の結果、鋼の清浄度に関しては、十分満足できるものであるが、1.2m/min以上の铸造速度において、No.1ピンチロール部のロールピッチを440mmから340mmに縮小改善した。本改造の結果は以下のとおりである。(1) 内部割れ、中心偏析共に軽減された。(2) 内部割れ指数は、ひずみ矯正速度に比例して増加している。(3) 偏析率は、バニシング量に比例して増加している。

Synopsis：

Philosophy of designing No.2 slab caster at Chiba Works of Kasawaki Steel Corp. is described. Considering inner quality of slabs under high cast speed, this machine is originally characterized by the following three points: inner quality of slabs under high cast speed, this machine is originally characterized by the following three points: (1) 2.4m of vertical zone below meniscus to reduce non-metalic large inclusions, (2) Profile to keep inner strain caused by deformation less than 0.1%, and (3) Small roller pitch(210~220mm) to prevent bulging. From results of operation, it became clear that cleanliness of cast slabs was satisfactory, but slight inner cracks and center segregation were generated by bigger roller pitch at No.1 pinch roll at the casting speed of over 1.2m/min. Based on these results, the roller pitch at this part was modified from 440 to 340mm. The results of tha modification are as follows: (1) Inner cracks and center segregation are as reduced, (2) Inner crack index is increased in proportion to strain rate, and (3) Segregation degree is increased in proportion to the amount of bulging.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

千葉製鉄所第2スラブ連鋳機における高速鋳造

High Speed Casting on Vertical-Bending Type Slab Caster

上 田 典 弘*
Tsunehiro Ueda

浜 上 和 久**
Kazuhisa Hamagami

越 川 隆 雄***
Takao Koshikawa

白 石 昌 司****
Shoji Shiraishi

垣 生 泰 弘*****
Yasuhiro Habu

Synopsis:

Philosophy of designing No. 2 slab caster at Chiba Works of Kawasaki Steel Corp. is described. Considering inner quality of slabs under high cast speed, this machine is originally characterized by the following three points:

- 1) 2.4 m of vertical zone below meniscus to reduce non-metallic large inclusions,
- 2) Profile to keep inner strain caused by deformation less than 0.1%, and
- 3) Small roller pitch (210 ~ 220 mm) to prevent bulging.

From results of operation, it became clear that cleanliness of cast slabs was satisfactory, but slight inner cracks and center segregation were generated by bigger roller pitch at No. 1 pinch roll at the casting speed of over 1.2 m/min.

Based on these results, the roller pitch at this part was modified from 440 to 340 mm.

The results of the modification are as follows:

- (1) Inner cracks and center segregation are reduced,
- (2) Inner crack index is increased in proportion to strain rate, and
- (3) Segregation degree is increased in proportion to the amount of bulging.

1. 結 言

連鋳機の生産性は、稼働率、鋳造時間率および単位鋳造時間あたりの鋳造能率で決まり、この鋳造能率は実質的には鋳造速度で律せられる。高速鋳造技術は、鋳片の内部、表面品質の維持技術、およびブ레이크アウトに代表される操業事故の回避技術の双方に見ることができる。

千葉製鉄所第2スラブ連鋳機は、当社のこれまでの知見に基づき、高速鋳造時の非金属介在物低

減、内部割れおよび中心偏析の軽減を重視した設計がなされている。本報では、当連鋳機のこれら内部品質重視の設計思想および操業実績を中心とした高速鋳造技術について述べる。

2. 連鋳機の基本設計思想

連鋳機の基本設計は、稼働後の操業、品質、コストなどあらゆる面で大きな影響をおよぼすため、極めて重要である。当連鋳機はVÖEST社の基本設計と石川島播磨重工業㈱の設計製作により、昭

* 千葉製鉄所製鋼部製鋼技術室主査(掛長待遇)

*** 千葉製鉄所製鋼部第2製鋼課課長

***** 技術研究所製鋼研究室主任研究員・工博

(昭和55年5月27日原稿受付)

** 千葉製鉄所製鋼部製鋼技術室

**** 千葉製鉄所管理部厚板管理課掛長

和49年9月稼働を開始した。

当連铸機は、多鋼種を高速で铸造するため、設計上特に、次の2点が配慮されている。

(1) 非金属介在物の浮上分離機能

(2) バルジングおよび曲げ、矯正による铸片内部ひずみを極力防止するロール配置

当連铸機的主要仕様と铸造鋼種をTable 1に、全体断面図をFig. 1に示す。

2-1 非金属介在物の浮上分離

2-1-1 铸型直下への垂直部採用

铸型内に流入した介在物の浮上分離を促進するため铸型湯面下2.4mを垂直とした。この場合、凝固前面が形成する実質的浮上可能域はFig. 2に示すように、約3.1mに相当する。この考え方は浸漬ノズルからの溶鋼噴流浸入深さを、ノズル形状の工夫により3m程度にとどめ得るとの知見¹⁾に基づくものである。

2-1-2 V型タンディッシュの採用

タンディッシュにおける介在物の浮上促進および湯面被覆剤の巻き込み防止の目的で、タンディッシュが大型化する傾向にある²⁾。当連铸機では、Fig. 3に示すようにV型形状とすることにより、取鍋溶鋼落下点から注入口までの距離を長くし、介在物の浮上分離促進を狙った。

Table 1 Main specifications and cast steel grades of No.2 slab caster at Chiba Works

Items	Specifications
Ladle capacity	160t
Tundish	V type (25t) Distance from drip point to submerged nozzle: about 4m
Number of strands	2 Distance between strands: 5.3m
Mold size (mm)	200 × (1 400 ~ 1 900) 260 × (900 ~ 1 320) 260 × (1 400 ~ 1 900) 305 × (1 600 ~ 1 900)
Machine height	14 032mm
Height of vertical zone	2 370mm (below meniscus)
Length of bending zone	3 600mm
Machine radius	10m
Length of unbending zone	3 960mm
Machine length	26 400mm
Maximum casting speed	1.85m/min (in slab thickness of 200mm)
Monthly products	85 000t
Cast steel grades	
For heavy plate	Structural, Ship building, Boiler, 60kg/mm ² high tensile, API grades of steel ~ X70
For hot rolled, cold rolled strip	Hot rolled pipe, Cold rolled deep drawing plate, Tin plate, Galvanized plate, Food can

Mold with foot rollers

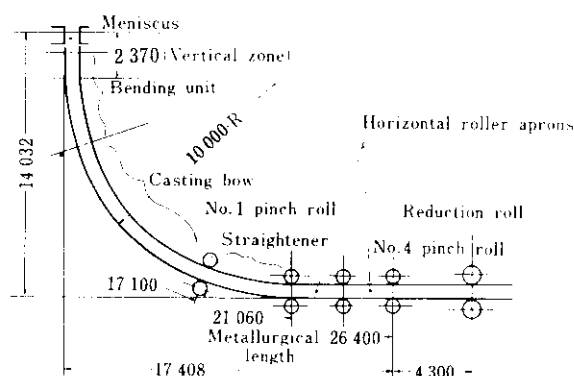


Fig. 1 Machine profile of No.2 slab caster in Chiba Works

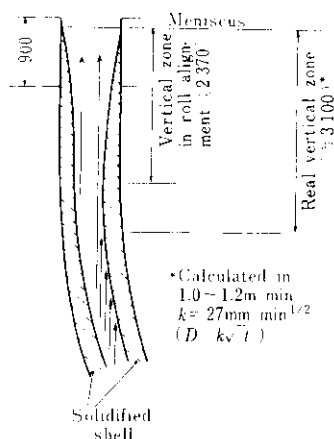


Fig. 2 Schematic representation of the real vertical zone

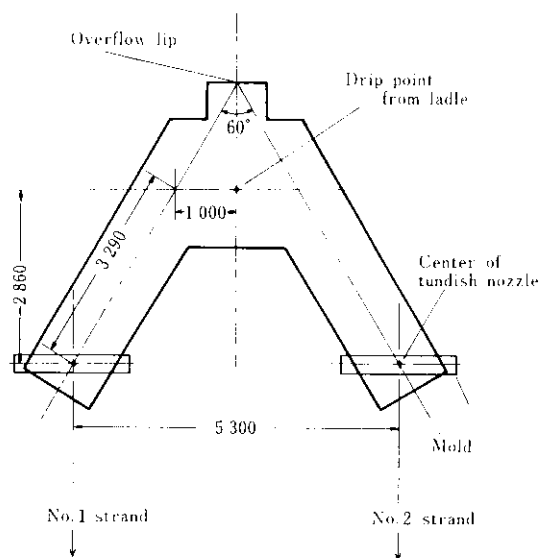


Fig. 3 Tundish shape for No.2 slab caster in Chiba Works

2・2 铸片に与えるひずみの軽減

2・2・1 漸次曲げおよび矯正の採用

当連铸機では、Fig. 1 に示したとおり、垂直部から一定の曲率半径 (10m) へ曲げを加えた後、さらに矯正を加える。このような铸片の曲げ、矯正には、一点曲げ、多点曲げおよび漸次曲げなど各種の方法がある。

当機では、Fig. 4 に示す固・液共存層のはば 1/3 付近を内部割れ発生面と想定し、この面の曲

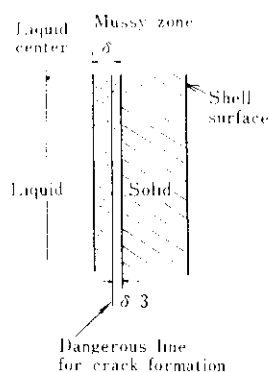


Fig. 4 Solidification model

げ、矯正ひずみを 0.1% 以下 (鋼種 API X60, 断面 260mm のスラブを 1.1m/min で铸造した場合の条件) にする漸次曲げ、漸次矯正方式を採用した。

2・2・2 小径多分割ロールの採用

ロール間バルジングを極力防止するために、当連铸機では、Table 2 に示すような小径多分割ロールを採用した。ロールピッチは、ほぼ全域で 210mm 程度になっているが、ピンチロール前後においてはユニット交換時のスペースを確保するため、375mm~437mm と広くせざるを得なかった。

この小径ロールピッチは、前述の上部垂直帯と漸次曲げの採用による連铸機高さすなわち溶鋼静圧の増加に起因する大きなバルジング力を補償する手段となっている。

Table 2 Main roller specifications of No.2 slab caster

(From original design)			
Units	Roller diameter (mm)	Roller pitch (mm)	Roll divided (mm)
Bending unit	150	180	5
Casting bow	175	212	4
Straightener	175	220	5
Horizontal apron	175	205	4
Pinch roll No.1	550	437.5	
Pinch roll No.2	550	375	
~No.4			

(Roller pitches are shown in maximum)

2・2・3 弾性梁によるロールギャップ変更方式

当連铸機では、Table 1 に示したように、200mm、260mm、305mm の3種類のロールギャップを構成する必要がある。この場合、Fig. 5 に示すように、数ブロックのセグメントを機上で継ぎ合わせる方式と、一定の曲率半径部を一つのユニットとしてギャップと曲率半径(R)を同時に変更する方式とがある。前者は、半径方向にギャップのみ変更し、一般にセグメントの R は変更されない。したがって Fig. 5 左図で、ギャップ d (この時 $d_1 = d_2$)から d' に変更した場合、 $d'_1 > d'_2$ となって部分的にギャップの不一致が生ずる。本機では、これを避けるため一つのユニットとし、フレームに弾性梁を採用し、常に $d_1 = d_2$ を保持するとともに、セグメント間の継ぎ目をも最小限にとどめる設計とした。

2・3 設計思想の総括

以上5項目にわたって記述した主な設計思想が、

どのような関連性をもって高速铸造時の内部品質保証に寄与するかを、Fig. 6 に総括して示す。

3. 操業結果と連铸機改造

3・1 操業結果

3・1・1 非金属介在物

Fig. 7 に、湾曲型連铸機と当第2連铸機の介在物比較を示す。湾曲型機の特徴であった鋳片上面側約1/4厚さ近傍の介在物集積帯が消失し、全介在物量も大幅に減少している。また、Fig. 8 に示すように、铸造の高速化による介在物の増加割合が、湾曲型機に比較して極めて緩やかである。

別報³⁾のように、連铸機プロフィールと铸造条件から鋳片内の総介在物集積量を推定できるモデルを開発している。本モデルを Fig. 7 の条件に適用すれば、半径10mの湾曲型連铸機に上部2.4mの垂直部および漸次曲げ部を付加することにより、

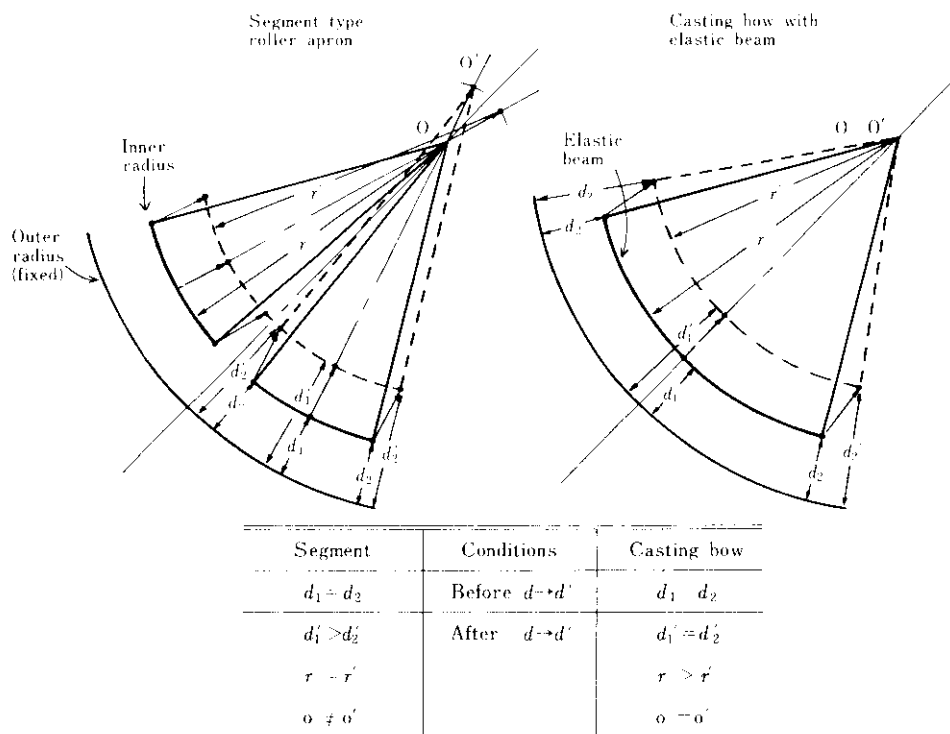


Fig. 5 Comparison of roll gap formation between the segment type roller apron and the casting bow with elastic beam

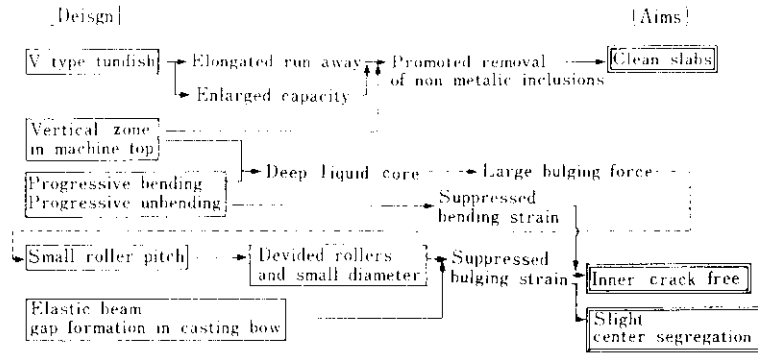


Fig. 6 Philosophy of design on No.2 slab caster

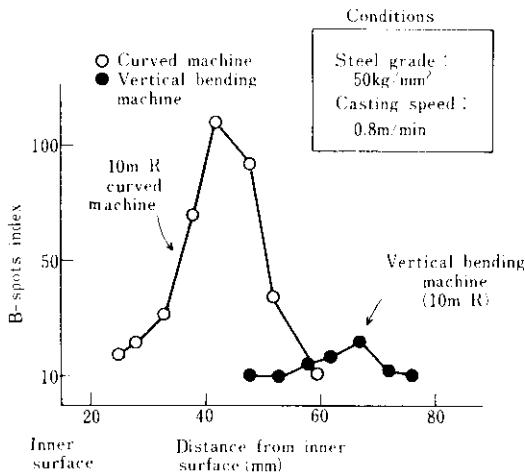


Fig. 7 Comparison of black spots in X ray film between curved machine and vertical-bending machine

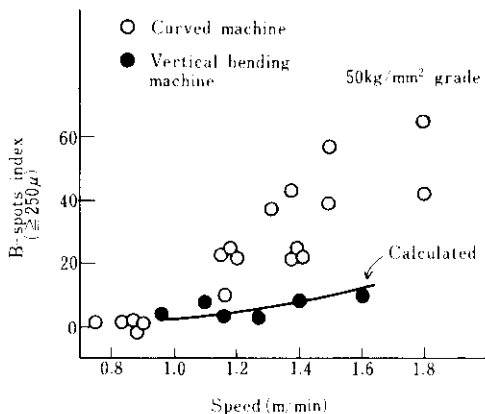


Fig. 8 Influence of casting speed on black spots in X-ray film

総介在物量は前者の約 9% 程度に減少すると予測される。一方 Fig. 7 のデータからこれを実測すれば、ほぼ 7% 程度に相当し、両者はほぼ一致して

いる。X 線透過法による介在物検出下限粒径は、約 100μ であるので、上部垂直部を 2.4m 設けたことにより、半径 10m の湾曲型機に比較して 100μ 以上の介在物数が 10% 以下に減少したと評価できる。

3.1.2 内部割れ

当連続機において、C 濃度 0.15% の厚板用鋼を速度 1.4~1.5m/min で casting 実験した結果、内部割れは二次冷却の度合により律せられ、ピンチロールのユニット継目（広いロールピッチ）の部分が割れの起点となっていることが判った⁴⁾。これらの条件に関して、バルジングに起因する内部ひずみを熱弾塑性応力解析で求めた結果、同一部分でひずみがピークとなり⁴⁾両者は一致していた。

casting 条件を、C 濃度 0.14~0.20%、casting 速度最大 1.6m/min（铸片寸法 200mm×1570mm）に拡大し、調査数を増加して内部割れにおよぼす casting 速度と C 濃度の影響を調査した結果を Fig. 9 に示

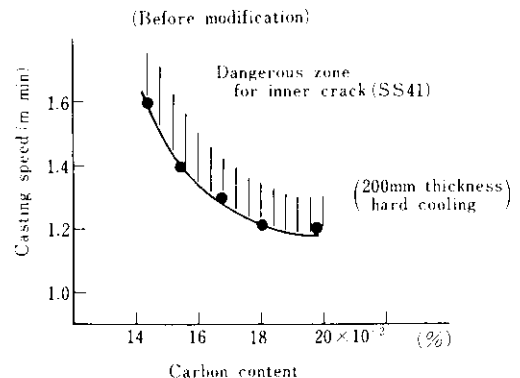


Fig. 9 Dangerous zone for inner crack evaluated on S-sprints of 200mm long L section samples in 1/2 and 1/4 width

す。本図は鋳片幅 1/2 および 1/4L 断面のサルファープリント（以後 S プリントと略す）において、割れの大小を問わず、すべての内部割れを対象とした。内部割れを生ずる限界鋳造速度は、C 濃度が大なるほど小さくなり、Morozenskii ら⁵⁾の鋼の高温延性傾向と一致する。

これらの S-プリントより内部割れ発生点を推定すると、鋳造速度 1.2~1.4m/min においてはほぼ鋳型内湯面下 17m の No.1 ピンチロール部に一致している。例として 1.3~1.4m/min 鋳造時の S プリントを Photo. 1 に示す。

3.1.3 中心偏析

Fig. 10 に中心偏析評点におよぼす鋳造速度の影響を示す。同図の評点 S.I. の算出は、鋳片全幅の C-断面 S プリントより別報⁶⁾の手法をもとにして、負偏析をも加算評価されるように改良した次の計算に従った。

$$S.I. = \sum (t \cdot l \cdot m^2 \cdot r) / L \quad \text{..... (1)}$$

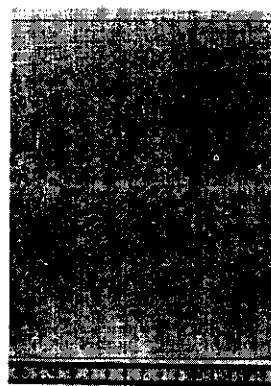
ここに、 t : 偏析線の幅 (mm)

l : 偏析線長さ (mm)

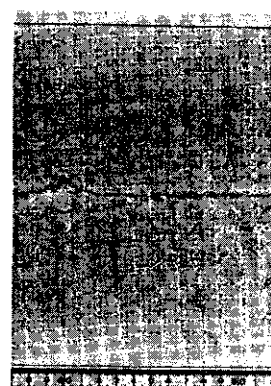
m : 偏析線の占有率

r : 偏析線の濃度係数

ただし r 値は下表のように与えられ⁶⁾ また代表的偏析パターンを Photo. 2 に示す。



(a) 1.3m/min
(b) $17.7 \times 10^{-2}\%$
(c) Hard cooling
(d) 82~87mm



(a) 1.4m/min
(b) $17.1 \times 10^{-2}\%$
(c) Hard cooling
(d) 84~85mm

a : Casting speed, b : Carbon content, c : Cooling condition
d : Distance from starting point of cracks to slab surface

Photo. 1 Sulpher prints showing inner cracks at the speed of 1.2m/min~1.4m/min with 550mmφ pinch rolls

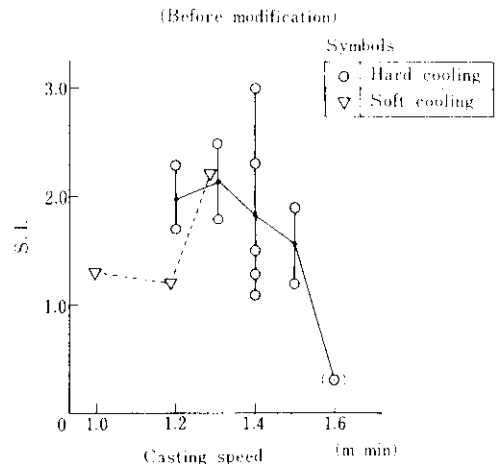


Fig. 10 Influence of casting speed on segregation index evaluated on S-prints of cross section

偏析パターン (A)	: r = 4
(A) + (B)	: 3
(B)	: 2
(B) + (C)	: 1
(C)	: 0
負偏析	: 1

なお、Fig. 10 において、二次冷却条件の強冷とは、Fig. 1 に示したキャスティングボウの終端まで鋳片表面に垂直なフラットスプレーを用いた場

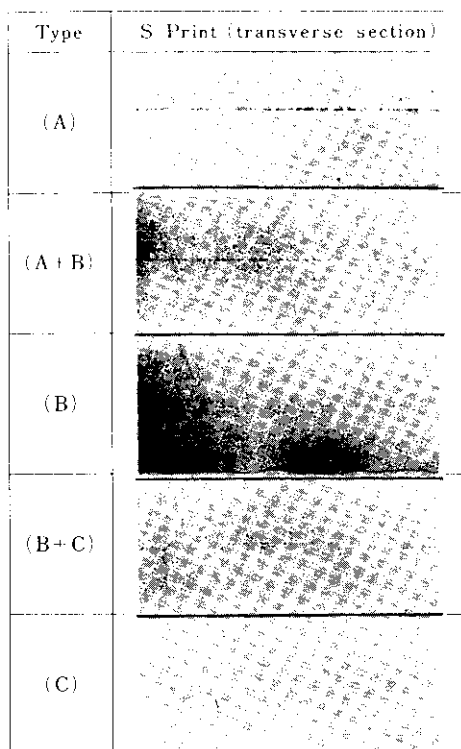


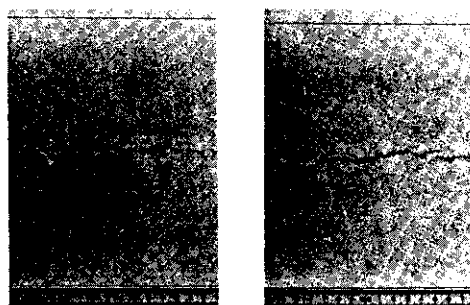
Photo. 2 Classification of center segregation in continuously cast slab

合をいう。弱冷とは、キャストリングボウの後半部で铸片表面とロール軸とに平行なスプレー方式を用いた場合をいう。後者の場合、その水量を比水量 (l/kg steel) に算入出来ないため、このような定義とした。

偏析評点は総じて鋳造速度 $1.2 \sim 1.4m/min$ の範囲で高く、 $1.5 \sim 1.6m/min$ ではむしろ低下する結果となっている。 $1.2m/min$ 以上の鋳造速度においては、Photo. 3 に示すように、S-プリントの中心偏析線近傍に負偏析帯が散見される。したがって $1.6m/min$ 鋳造の場合には、この負偏析の影響で偏析評点が低くなったものと考えられる。

3.2 連铸機の改良

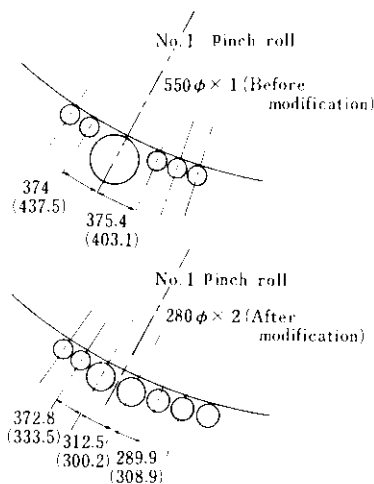
前節のスラブ中心部成分偏析や内部割れ状況から、バルジングが生じていたことおよび、内部割れ発生位置から No.1 ピンチロールのユニット継目部で発生したことが推定される。したがって、このユニット継目部におけるバルジングを抑制すべく、昭和54年6月に Fig. 11 に示すように No.1 ピンチロールを小径化し、ユニット継目のロールピ



(a) 1.3m/min (b) $19.5 \times 10^{-2}\%$ (c) Hard cooling
(a) 1.4m/min (b) $17.5 \times 10^{-2}\%$ (c) Hard cooling

a: Casting speed, b: Carbon content, c: Cooling condition

Photo. 3 Sulphur prints showing negative segregation at the center of 1/4 L sections



Figures in parenthesis show numerical values of free side at 200mm thickness

Fig. 11 Modification of No.1 pinch roll

ッチを縮小する改造を実施した。

この改造と同時に、ストレートナー以後のロール大径化を含むユニット寿命延長策としての諸改造や、保全性改善を目的とした改造を実施した。このロール大径化は、当初の設計思想に反するようであるが、熱弾塑性応力解析の結果、300mm程度のロールピッチでも、品質におよぼす影響は小さいと推定され、寿命延長を図る方が得策との判断に基づくものである。

Table 3 に設備改造の概要を示す。

Table 3 Main modification items

Final aims	Equipment	Specifications	
		Before modification	After modification
To improve roll life	Lubrication systems (B/U~H/A)	2 bearings/hole	1 bearing/hole
	Roll profile (S/T)	175 ϕ ×5Dev (Needle)	240 ϕ ×3Dev (Spherical)
	Roll Profile (H/A)	175 ϕ ×4Dev (Needle)	
	Roll materials (C/B~H/A)	S25C	Low alloy
To reduce maintenance time	Roll support (C/B~H/A)	Elastic beam and link plate	Elastic beam and fish plate
To increase casting speed	No.1 pinch roll	550 ϕ 2 Drive	280 ϕ ×3Dev 4 Drive

Symbols B/U : Bending unit
C/B : Casting bow
S/T : Straightener
H/A : Horizontal apron
Dev : Devided

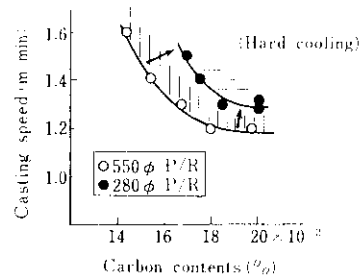
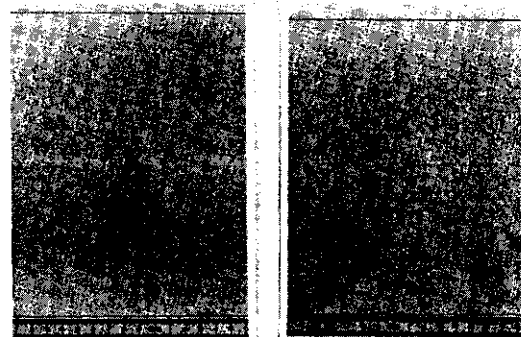


Fig. 12 Drift of dangerous zone for inner crack after No.1 pinch roll (P/R) modification from 550 ϕ to 280 ϕ



(a) 1.3m/min
(b) 17.2×10⁻²%
(c) Soft cooling
(d) No crack

(a) 1.4m/min
(b) 17.3×10⁻²%
(c) Soft cooling
(d) 84mm

(a : Casting speed, b : Carbon content, c : Cooling condition)
(d : Distance from starting point of cracks to slab surface)

4. No.1 ピンチロール小径化の効果と結果の検討

4.1 改造結果

4.1.1 内部割れ

本改造の結果内部割れ発生状況は、Fig. 12 のように改善された。割れ感受性の高いC濃度0.18%以上の鋼種においても、改造前には、1.2m/minの casting速度で内部割れが発生することがあったのに対し、改造後は内部割れを全く伴うことなく、1.2m/minから1.3m/minに casting速度上昇が可能となった。一例をPhoto. 4に示すが、 casting速度1.3m/min以下においては、内部割れは消失し、弱冷却 casting時に軽微な負偏析バンドが認められる程度である。

4.1.2 中心偏析

Fig. 13に、改造後の偏析評点S.I.と casting速度

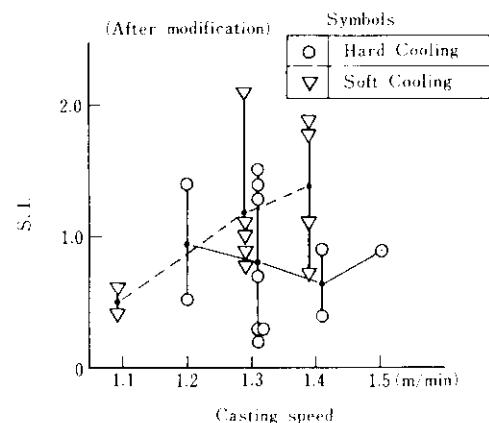


Fig. 13 Influence of casting speed on segregation index evaluated on S prints of cross section

の関係を示す。Fig. 10と比較すれば、S.I.がほぼ半減しているのが判る。

4・2 改造結果の検討

4・2・1 内部割れの定量的評価

前節までの記述においては、内部割れの程度を無視して、割れの有無による定性的評価のみ取り扱った。ここでは、比較的內部割れ感受性の高いC濃度0.17~0.19%に限定し、割れを定量的に評価して、バルジングひずみおよびそのひずみ速度との関係を整理してみる。

内部割れの程度を定量的に表現するため、S・プリントにおいて次式の内部割れ指数I.I.を定義する (Fig. 14 参照)。

$$I.I. = (\sum a_i^2 / L \cdot t) \times 100 \quad \cdots \cdots (2)$$

ここに、 a_i : 個々の内部割れ長さ (m/m)

L : 内部割れ観察長さ (m/m)

t : スラブの厚さ (m/m)

この指数としては、1/2L断面と1/4L断面において観察し、数値の大きい方を採用した。

次に、No.1ピンチロールユニット継目部におけるバルジング量の推定方法について、若干の検討を加えて置く必要がある。バルジング挙動の推定法として、特に最近、様々な計算モデルが報告されており、大別すれば、弾塑性モデル、クリープモデルおよび弾塑性・クリープ共存のモデルに分類される。当社においても、種々のモデルが開発されている^{4,7,8)}。しかし、K. Schwerdtfegerら^{9,10)}は、弾塑性とクリープの両方を考慮に入れた単純曲げ理論とクリープ挙動の有限要素モデル計算を行い、実測値との比較検討の結果、①大きなロールピッチにおいては、クリープの寄与が重視され

400mm前後以下の領域 (バルジング量も1mm以下) では、何が支配的であるか良く判らないこと、および実測値よりはるかに小さな計算バルジング量になること、を報告している。

したがってここでは、計算されたバルジング量 δ 、バルジングひずみ ϵ およびひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ の絶対値を単なる指数程度に解釈して、古茂田¹¹⁾の計算例と同様に弾性梁モデルを使用することとした。

$$\delta = P \cdot l^4 / 32 E \cdot s^3 \text{ (m/m)} \quad \cdots \cdots (3)$$

$$\epsilon = P \cdot l^4 / 2 \cdot E \cdot s^2 \text{ (\%)} \quad \cdots \cdots (4)$$

$$\dot{\epsilon} = \epsilon / \Delta t \text{ (1/s)} \quad \cdots \cdots (5)$$

ここに、 P : 溶鋼静圧

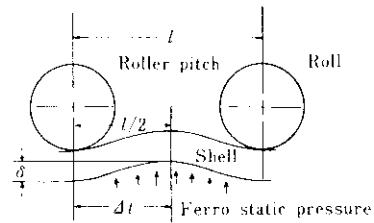
l : ロールピッチ

s : 凝固シェル厚さ

E : ヤング率

Δt : バルジング矯正に要する時間

また $\dot{\epsilon}$ の定義はFig. 15に示すとおりである。



δ : Bulging
 Δt : Time for passing the distance $l/2$
 $\dot{\epsilon}$: $\epsilon / \Delta t$
 (ϵ : Bulging strain)

Fig. 15 Definition of strain rate $\dot{\epsilon}$

(3), (4)式の E に関しては、実機鋳造の鋳片から凝固組織のままの高温引張試験チャートより、初期の直線関係がほぼ成立する範囲内で同帰した次式の見掛けヤング率を使用する。

$$E = -\frac{8}{30} T + 426.7 \text{ (kg/mm}^2\text{)} \quad \cdots \cdots (6)$$

ここに、 T : 試験温度 (800°C ~ 1250°C)

試験ひずみ速度 $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

(6)式の見掛けヤング率は、実測バルジング量から逆算される値^{11,12)} $E \approx 150 \text{ kg/mm}^2$ にはば一致する。

凝固シェル厚さおよびその温度分布については、鋳造速度、冷却条件ごとの実測値で、一次元非定常伝熱モデル¹³⁾を修正して用いた。本モデルによ

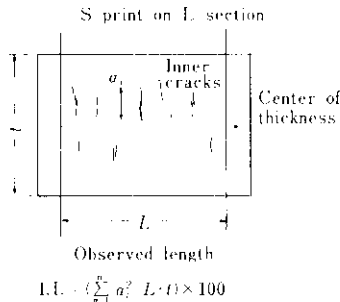


Fig. 14 Definition of index of inner crack I.I.

るべきこと、およびWünnenbergの実測バルジング量に良く一致しているが、②ロールピッチが

る計算値と No.1 ピンチロール部での実測凝固厚さは、凝固率 80～90% 時において ±3% 以内で一致している。

シェル温度は、直線分布と仮定し、シェル厚中央部で代表させた。

このようにして計算された ϵ および $\dot{\epsilon}$ と I.I. の関係 ($C: 0.17 \sim 0.19\%$) を Fig. 16, 17 に示す。

No.1 ピンチロール改造前後の内部割れを同一座標上で整理した結果、バルジングひずみ量よりひずみ速度との関係の方がより強そうである。このように、内部割れがひずみ速度に大きく依存する傾向は、成田ら¹⁴⁾の凝固途中における鑄塊押込み

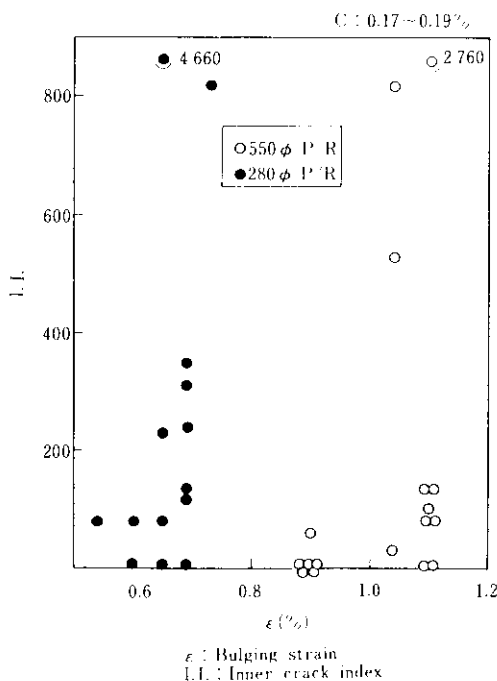


Fig. 16 Relation between bulging strain and inner crack index

変形により発生する内部割れ調査結果、および、杉谷ら¹⁵⁾の未凝固曲げ試験による内部割れ発生状況調査結果と同様である。

なお、前述のとおり、ストレートナー以後のロール大径化も同時に施工されているが、その影響は特に認められなかった。

4・2・2 中心偏析とバルジングの関係

内部割れと同様に、改造前後を通して (3) 式

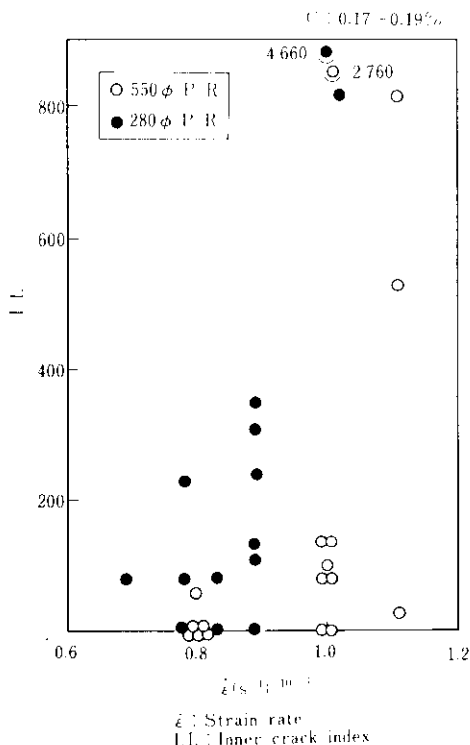


Fig. 17 Relation between strain rate and inner crack index

による計算上のバルジング量で偏析標点を整理し、Fig. 18 に示す。定説のとおり、中心偏析はバルジング量にはほぼ比例して強くなることが確認された。

また、中心偏析に対するストレートナー以後のロール大径化の影響は、特に認められなかった。

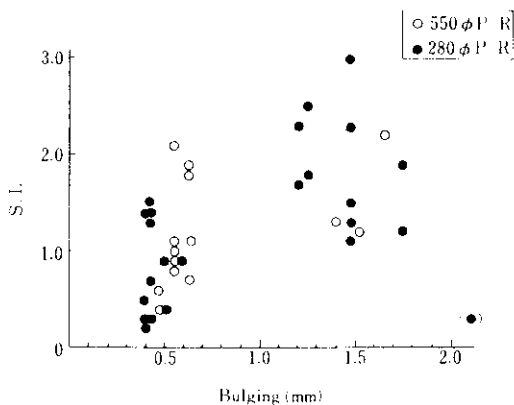


Fig. 18 Relation between bulging and segregation index S.I.

5. 結 言

本報では、千葉製鉄所第2スラブ連铸機の中心的设计思想であった、清浄鋼を得るための上部垂直帯および、铸片内部ひずみを極力小さくするための漸次曲げ、漸次矯正と小ロールピッチの採用に関し、操業面から評価した。

非金属介在物については、2.4mの垂直部を導入したことにより、同じ曲率半径10mの連铸機に比較して100 μ 以上の介在物量が約1/10以下に減少した。

また、介在物集積帯もほとんど消失しており、

ほぼ満足な効果と評価できる。

内部割れ、中心偏析に関しては、1.2m/min以上の速度域において、バルジングに起因すると考えられる現象が認められ、No.1ピンチロール前後のロールピッチを約440mmから340mmに縮小改造を実施した。また、同時にストレートナー以後のロールを寿命延長を目的として、240mmに大径化した。

その結果、計算バルジング量の変化にはほぼ見合う内部割れの減少と中心偏析の軽減がもたらされ、铸造速度の上昇が可能となった。ロール寿命も、別報¹⁶⁾のように延長され、満足できる改造結果を得ることができた。

参 考 文 献

- 1) 垣生ら：鉄と鋼，62 (1976) 14, 1803~1812
- 2) 井上ら：製鉄研究，(1978) 294, 4~5
- 3) 井田ら：鉄と鋼，66 (1980) 4, S 142
- 4) 反町ら：鉄と鋼，65 (1979) 4, S 118, 63 (1977) 8, 1297
- 5) Morozenskiiら：Stal, (1974), 17
- 6) 川崎製鉄㈱：日本鉄鋼協会共同研究会第55回製鋼部会資料No.18, 1~4
- 7) 小島ら：川崎製鉄技報，12 (1980) 3, 101
- 8) 斉藤ら：鉄と鋼，66 (1980) 4, S 191
- 9) K. Schwerdtfeger ら：Ironmaking and Steelmaking, (1979) 2, 68~74
- 10) K. Schwerdtfeger ら：Ironmaking and Steelmaking, (1979) 3, 131~135
- 11) 古茂田：第40・41回西山記念講座，211~214
- 12) 川和ら：学振製鋼19委 凝固-253, 1
- 13) 今井ら：鉄と鋼，64 (1978) 11, S 658
- 14) 成田ら：鉄と鋼，64 (1978) 4, S 152
- 15) 杉谷ら：鉄と鋼，66 (1980) 4, S 193
- 16) 筆者ら：鉄と鋼，66 (1980) 4, S 214