

技術報告

UDC 621.746.047

大断面ブルーム連铸機の操業と品質

梨和 甫*・吉田 圭治*・森 明義*
友野 宏*・多田 健一*

Operation and Quality Aspects of Large Section Mono-size
Bloom Caster at Wakayama Steel Works

Hajime NASHIWA, Keiji YOSHIDA, Akiyoshi MORI,
Hiroshi TOMONO, and Ken-ichi TADA

Synopsis :

The new bloom caster at Wakayama Steel Works has been very successfully commissioned in January 1979. It took only eleven months to build this machine. Owing to the experience of twin bloom casting operation at No. 2 slab caster prior to the new caster installation, the monthly production of new caster has increased rapidly since start up. The nominal production capacity of 80 000 ton has already been reached in the second month from start up and the stable operation has established international record of long sequence casting of 775 heats in September 1980.

The quality of the products is much better and more stable than conventional ingot and twin materials, so the application of cast bloom has been extended quickly to A.P.I. P-110 seamless tube production.

1. 結 言

和歌山製鉄所 No. 2 ブルーム連铸機は、11ヶ月足らずの短期間の工期後、昭和54年1月より操業を開始した。

既設スラブ連铸機を利用したツインブルーム铸込の経験を新連铸機の設計及び操業に十分に生かし、その後順調な立ち上がりを示し、生産量は操業開始2ヶ月目に既に案画値の月産80000tを達成、例えばダミーバー当たりの連々指数も昭和55年9月、775連铸の世界新記録を樹立するなど極めて好調な操業を継続している。

一方、品質においても、継目無鋼管用素材、条鋼用素材として、鋼塊材をはるかに上回る良好なブルームを供給している。

本報では、No. 2 ブルーム連铸機の設備、操業及び品質を総括的に報告する。

2. 設 備 の 概 要

設備の基本仕様を Table 1 に示す。本設備は継目無鋼管用素材の供給を主目的として案画され、設計に当た

Table 1. Specification of No. 2 bloom caster.

Item	Specification
Steelmaking	160 t LD converter
Machine type	CONCAST S type with two points unbending
Machine radius	15.0m + 26.0m
Total length	27.8m
Number of strands	4
Tundish capacity	37 t (Bath depth, 1200 mm)
Mould section size	370 mm × 600 mm
Ladle exchange	Turret
Mould oscillation	Short lever type

ってはブルームの表面欠陥対策はもちろんのこと、とりわけ内部品質の安定に重点が置かれ (Table 2)、さらに超多連铸に十分耐えるべく、ローラーエプロンフレー

昭和55年11月11日受付 (Received Nov. 11, 1980)

* 住友金属工業(株)和歌山製鉄所 (Wakayama Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 1850 Minato Wakayama 640)

Table 2. Consideration in the design concept.

Item	Content
To decrease macro-inclusion in bloom	(1) Large casting radius (15mR) (2) Large deep tundish (3) Thick mould section
To improve inner quality of bloom	(1) Side support to prevent bulging (foot roll~2nd roller apron)
To prevent surface defect of bloom	(1) Two-point unbending to decrease unbending surface strain (2) High frequency oscillation mould to diminish depth of depression mark (3) Large mould size to decrease amount of entrapped scum
Capability of casting all sizes of billets from the continuous casting bloom	(1) 336φbillet can be rolled from large size bloom
Automation	(1) Complete computer control from casting to discharge

ム、ロール、ベアリングのデザイン、水冷法などに考慮がはらわれている。

ブルームの断面サイズは圧下比、内質の改善などのため極力大断面とし、370mm×600mmの単一サイズを採用した。これにより、マシン設計面ではアジャスタブル機構を省き、モールド、ローラーエプロン、搬出装置などの構造を非常にシンプルにすることができたため操業、保守面で大きなメリットとなっており、操業、その結果としての品質の安定に大きく寄与している。さらに、铸込まれた大断面ブルームを既設の鋼塊用均熱炉で加熱する技術もあわせて開発し、設備投資を大幅に軽減

することにも成功している¹⁾。

3. 操業の自動化および情報処理システム

本設備は；

- (1) 品質の安定を図り、ブルームの100%ホットチャージ化を可能とする。
- (2) 省力化を推進する。

ことを目的として、作業の自動化と総合的な情報処理システムを大幅に採用し、上位プロセス計算機及びプラント直接制御用マイクロコンピュータ、DDCシーケンサーにより搬出装置まで含めて全自動運転が行われている (Table 3, Fig. 1)²⁾。

また、すでに当所 No. 2 スラブ連铸機 (CONCAST S型 10mR, 2ストランド) において開発、適用されて

Table 3. Automation introduced to the bloom caster.

Casting	(1) Automatic level control of molten steel in mould (Radio isotope+Slide gate) (2) Automatic weight control of molten steel in tundish (3) Automatic powder feeder (4) Flow control of secondary cooling water
Torch cut and discharge	(1) Cutting length (2) Tracking of bloom after torch cut

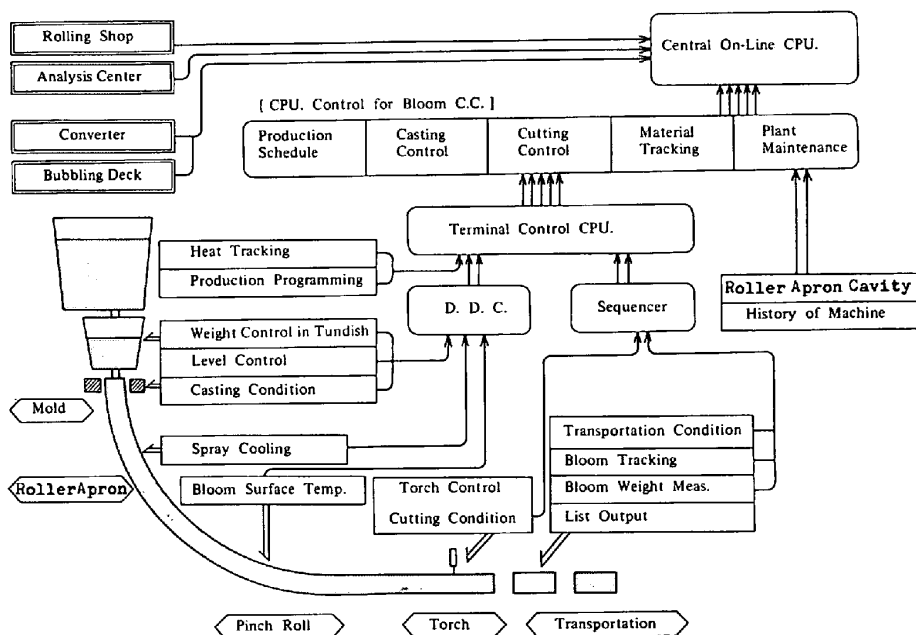


Fig. 1. Flow chart of bloom C. C. CPU system.

いる RI(Co⁶⁰) 方式によるタンディッシュ内及びモールド内容鋼レベル自動コントロール, 自動パウダー供給機³⁾ が本設備にも適用され, 安定操業に寄与している。さらに, コンピュータによる出鋼～铸込み～切断～搬出～分塊ミルまでのブルームの完全なトラッキングは, 铸片へのマーキングを不要とし, 品質の安定とあいまつて铸片のノーインスペクション, ホットチャージの実現に大きく寄与している。

4. 操 業

4.1 ツインブルーム铸込み

当所では, 本設備稼働を前に既設の No. 2 スラブ連続铸機を利用して, 以下に示す目的で昭和 52 年 10 月より, ツインブルーム铸込みを実施した⁴⁾。

- (1) 本設備設計に必要な条件の把握
- (2) 最適操業条件の把握
- (3) 連続铸ブルームの品質レベルの確認
- (4) 作業者の操業技術習得

ツインブルーム铸込みにより, 多くの技術開発, 操業改善がなされ, 本設備立ち上り時には, このスラブ連続铸機の生産量はスラブ 50 000 t/M, ツインブルーム 30 000 t/M に達し, 十分にその目的を達成した。

4.2 生産の推移

Fig. 2 に本設備による生産量, 铸造時間率, タンディ

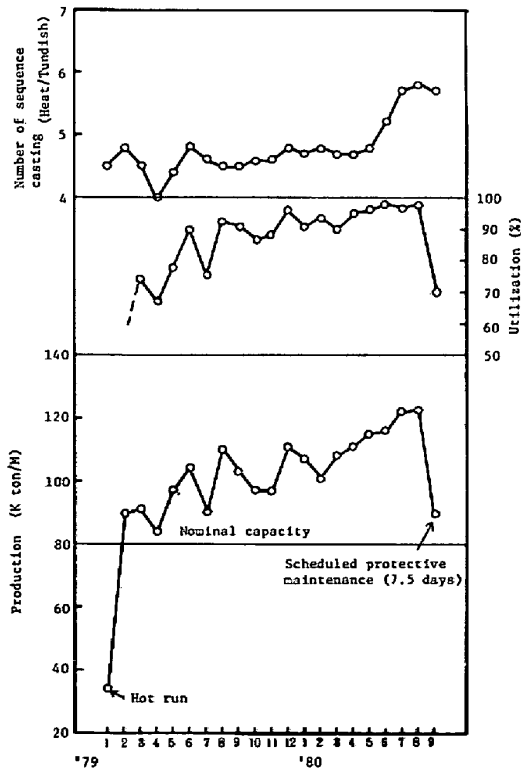


Fig. 2. Operational achievements.

Table 4. Operational specification of No. 2 bloom caster.

Item	Specification
Flow control from ladle	Sliding gate
Ladle Stream protection	Ar or N ₂ atmosphere casting
Flow control from tundish	Sliding gate
Material of immersion nozzle	Graphitized alumina
Type of immersion nozzle	Bifurcated nozzle
Lubrication in mould	Powder casting (granulated)
Level control in mould	R. I. Method (Co ⁶⁰)
Oscillation stroke	4-5 mm
Mould negative strip	40%
Casting speed	0.40~0.65 m/min.
Casting temperature	Super heat=25°C
Specific water amount	0.2~0.7 l/kg-steel
Method of cutting	Torch cutting
Bloom length	4.5-6.5 m

Table 5. Some operational achievements in these six months (Apr.~Sep., 1980).

Item	Record
Long sequence casting	775 Heats (about 29 days)
Average number of sequence casting	304 Heats/one Dummy bar insertion
	5.3 Heats/tundish
Machine utilization ⁽¹⁾	96.3%
Bloom hot charged	97.7%

Note (1) Utilization = $\frac{\text{Casting Time}}{\text{Calendar Time}} \times 100 (\%)$

ッシュ当たりの連々指数の推移を示す。昭和 54 年 1 月に操業を開始以来, 生産量は着実に増加を続け, 翌月には案画値の 80 000 t/M を早くも達成し, 最近の月間生

産量は 120 000 t を突破するようになってきている。Table 4 に現在のブルーム連鑄機の操業諸元を示す。特にブルームの内質に重点を置いた比較的遅い鑄込み速度、鑄片の全量ホットチャージ及びビレットの黒皮製管を前提とした表面欠陥対策としての比較的低いスプレー水水流密度の採用を操業の基本としている。

また、コンピュータを含む超多連鑄へのマシン設計上の種々の配慮が功を奏し、最近 6 ヶ月間の平均鑄造時間率(対暦時間)も 96.3% に達し、昭和 55 年 9 月度には 29 日間、775 連鑄の連々指数世界新記録を樹立した(Table 5)。

さらに、このようにして生産されたブルームは、工学的な要因を除けば、ほぼ全量が無検査で分塊工場の均熱炉にホットチャージされている。

鑄造時間率が 97% を越すようになると生産量はほぼ一義的に鑄込み速度で決定されてしまう。鑄込み速度の増加には主としてバルジングに起因する鑄片の内部割れの防止がポイントとなり、以下のような改善を加えることにより、最近では鑄込み速度は 0.7 m/min 程度にまで引き上げることが可能となっている (Fig. 3)。

(1) 2 次冷却帯における鑄片の凝固及び降温収縮に見合ったロールキャビティを設定する。(テーパード・ローラーキャビティ)

(2) 水流密度をほぼ一定に保ち、スプレーゾーンを延長することにより表面割れを防止しつつ、比水量を増加させバルジングを防止する。

5. 鑄片の表面品質

5.1 横ひび割れ

横ひび割れはスラブ及びツインブルーム鑄込み時と同様に、スプレー水によるヒートショックが発生の起因と

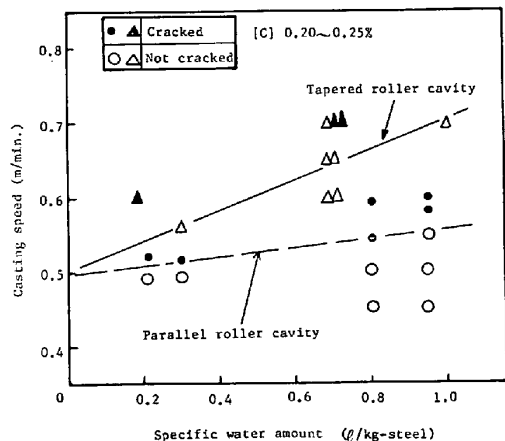


Fig. 3. Effect of specific water amount on internal cracks of bloom.

考えられ、水流密度を低下させることにより完全に解消することができた (Fig. 4)。これにより高級鋼のブルーム連鑄化が可能となり、含ボロン鋼をはじめ 3.5%Ni 鋼などが何ら問題なく鑄込まれ、分塊均熱炉へホットチャージされている。

5.2 ノロ噛み、ピンホール

ノロ噛み、ピンホールを防止する上での留意点は以下の 3 点と考えられる。

(1) 適正パウダーの選択；現在の連鑄機の操業において最も不明なものひとつにパウダーが挙げられる。

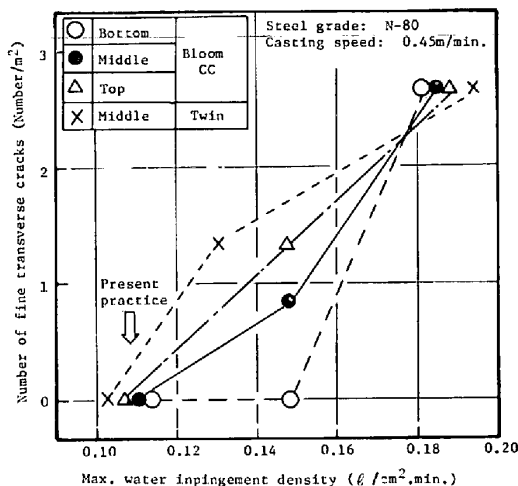
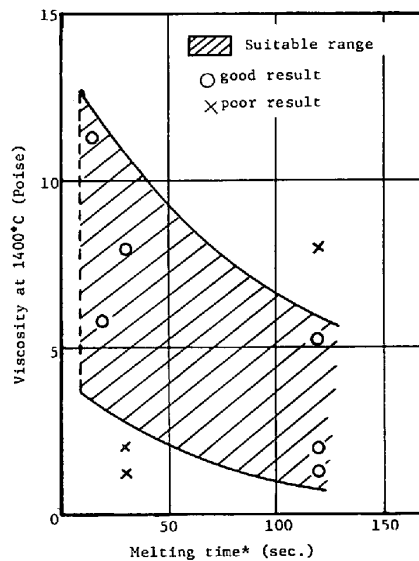


Fig. 4. Relationship between intensity of spray water cooling and the number of fine transverse cracks.



*Melting time; Seconds required for cubic powder to melt down at 1300°C

Fig. 5. The suitable range of physical properties of powder for 0.4~0.8 m/min. casting speed operation.

鑄造条件に最適なパウダーのワンポイントセレクションは、いまだ不可能であるが、Fig. 5にスラブ、ツインブルーム及び本格ブルームの経験から、パウダーの適用可能な粘度と溶融速度の組み合わせの範囲を示す。実際には、この範囲の中から鋼種、鑄込み速度、モールド内でのパウダーの挙動及び鑄片の観察を通じて最適パウダーを選択している。

(2) モールド内メニスカスの保温; Fig. 6に浸漬ノズル吐出角度とピンホール発生頻度の関係を示す。パウダーの溶融をスムーズにするため、特にメニスカス近傍でのモールド内溶鋼を保温する必要がある。このため、本設備では吐出角度が上向き15°の浸漬ノズルを使用している。また、モールドサイズの大断面化はメニスカスの保温には有利であり、この結果モールド断面積がより小さいツインブルーム鑄片に比べ、ノロ噛み、ピンホールは大幅に減少している。

(3) モールド内溶鋼レベルの安定; パウダーの未溶融層の巻込みを防止するためには、溶鋼レベルの安定が必要である。このため、高精度の自動レベルコントロールが不可欠である。

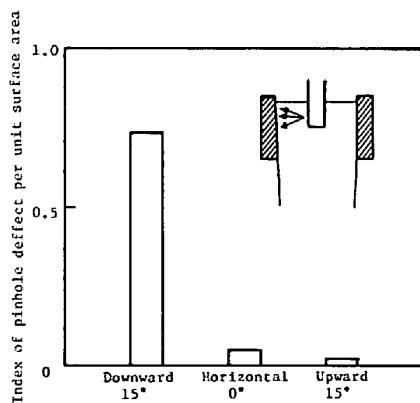


Fig. 6. Relationship between type of nozzle port and index of pinhole defect.

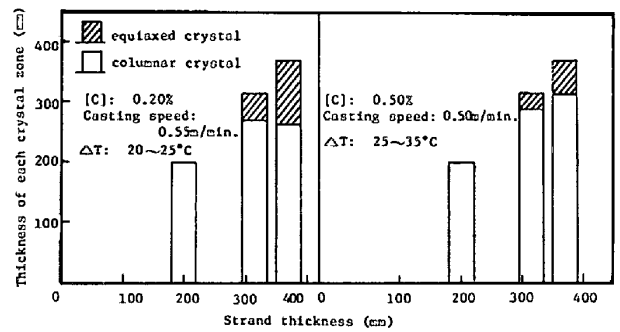


Fig. 7. Relationship between bloom thickness and thickness of each crystal zone.

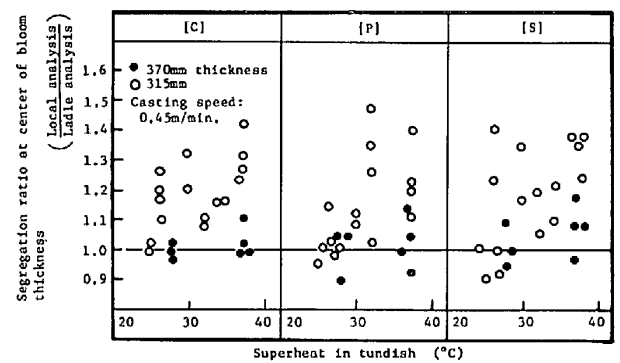
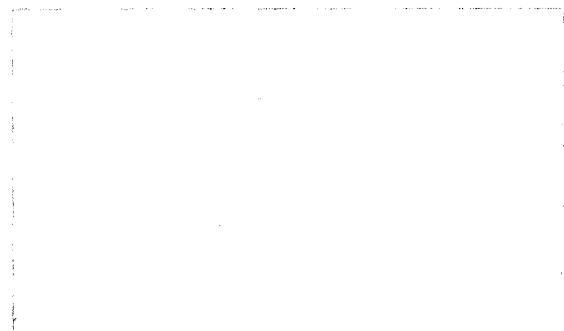


Fig. 8. Segregation ratio of each element at center of bloom thickness by 3.0 mm drill sample.



Steel grade A. P. I. P-110
 Superheat 37°C
 Casting speed 450 mm/min
 Scale: 12/100

Photo. 1. Sulphur print of bloom cross section.

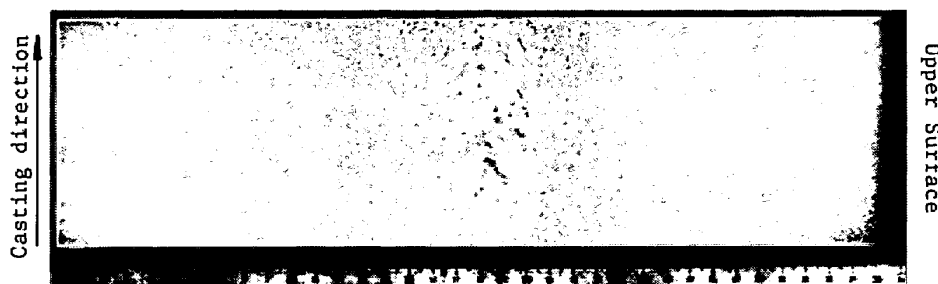


Photo. 2. Dendrite etch of bloom longitudinal section. (Sample from the same heat as Photo. 1)

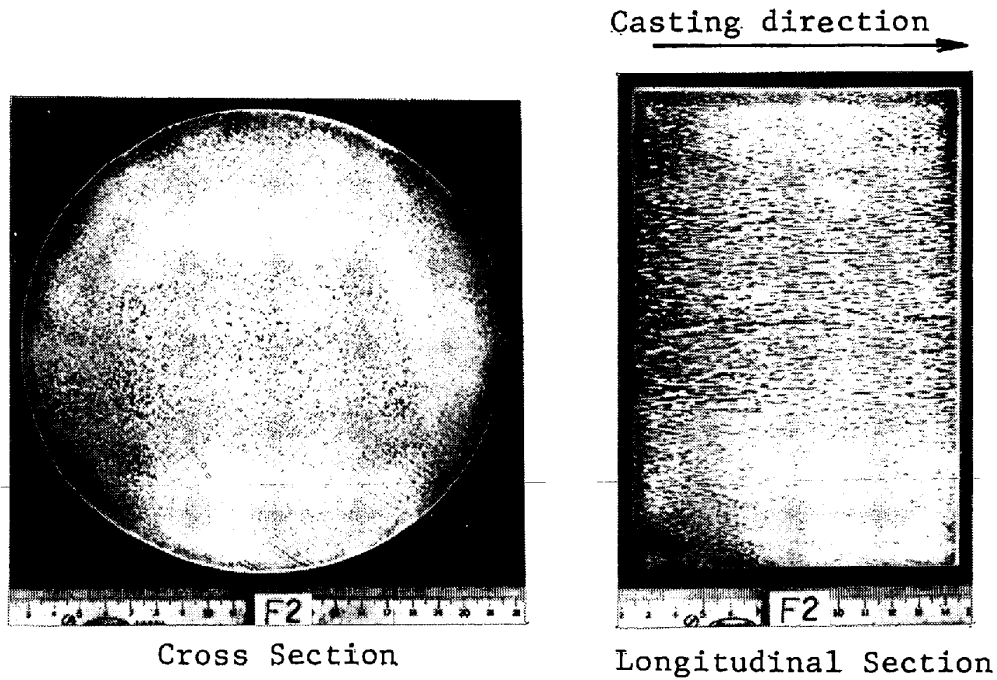


Photo. 3 Dendrite etch of rolled tube round. (Sample from the same heat as Photo. 1)
Reduction ratio : 7.8

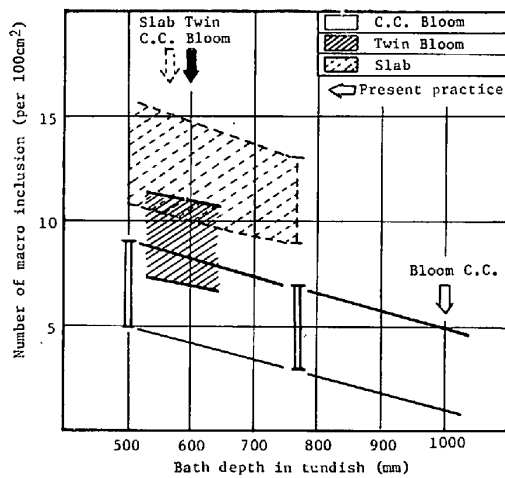


Fig. 9. Relationship between number of macro inclusions and bath depth in tundish.

6. 鑄片の内部品質

6.1 中心偏析

本格ブルームにおいて形成される等軸晶厚は、スラブの場合と同様 ΔT に依存する。しかし、連続鑄造という条件下での凝固においては、形成される柱状晶の長さはほぼ一定と考えてよく、Fig. 7に見られるように鑄片の厚肉化は鑄片中心部での等軸晶厚の増加に大きく寄与する。この結果、鑄片中心部における各元素の偏析は大幅に軽減化され (Fig. 8) 鑄片横断面のサルファプリン

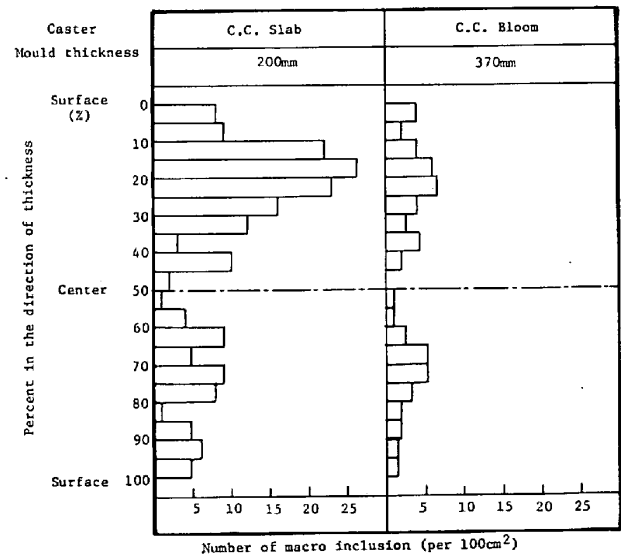


Fig. 10. Distribution of macro inclusions in the thickness direction.

とも極めて良好である (Photo. 1)。

また、ブルームの段階で見られるセンターポロシティは軽微であり (Photo. 2)、圧延後のビレットでは、完全に消滅している (Photo. 3)。

6.2 マクロ介在物

鑄片内マクロ介在物の減少にはタンディッシュのディーパス化が最も有効であり (Fig. 9)、本格ブルームにおける直径 50μ 以上の大型介在物個数はスラブ、ツイ

ンブルームに比べ大幅に減少している。さらに、鑄片の厚肉化により、スラブなどで認められる介在物の天側への集積も大幅に解消されている (Fig. 10)。

7. ビレットの品質

Table 6に昭和 55 年 4 月～9 月までの最近 6 ヶ月間のビレット成績の平均を示す。

良好なブルームの表面成績を受けて、ホットチャージ後ホットスカーフィング無しで分塊圧延されたビレットの表面品質についても、本設備稼動当初から極めて良好に推移し、ビレットの不良指数は圧延比のより高い鋼塊法よりもさらに低位に安定、ビレットの表面研削を省略する黒皮製管の比率も 89% に達している。

Table 6. Quality of tube rounds in these six months (Apr.~Sep., 1980).

Item	Bloom CC	Ingot
Rejection ratio of tube rounds (Index)	13	100
Direct rolling ratio of tube rounds (no-peeling)	89%	0%

Table 7. Index of rejection ratio due to laps on seamless tubes in these six months (Apr.~Sep., 1980).

Item	Bloom CC	Twin bloom	Ingot
Internal surface	47	50	100
Outer surface	82	100	100
Note	No peeling at tube round		With 1.0~2.0 mm peeling at tube round

8. 継目無鋼管の品質

Table 7に昭和 55 年 4 月～9 月までの最近 6 ヶ月間における、継目無鋼管の内外面疵不良指数の平均を示すが、内外面共に低位に安定している。特に内面については、マクロ介在物が少ないこと、中心偏析が軽微なことにより不良指数は鋼塊法の約 1/2 となつている。

9. 結 言

本設備は、既設のスラブ連鑄機を利用したツインブルーム鑄込みの経験を十分に生かし、かつ大幅な自動化の採用により極めて順調に稼動を開始し、その後さらに多くの操業、品質上の改善を重ねて高稼働率、高生産性となり、数々の記録を更新、最近では月間生産量は 12 万 t を越えるようになってきている。

鑄片の品質も極めて高位に安定しており、鑄片のほぼ全量が均熱炉へホットチャージされ、圧延されたビレットの約 90% が無研削で製管されている。

最終製品である継目無鋼管の品質は、鋼塊法のそれを大幅に上回るものであり、低合金鋼については油井管用に A. P. I. P-110 まで、ラインパイプ用に A. P. I. X-65 までが連鑄化されており、含ボロン鋼、高ニッケル鋼についてもオンラインで生産されている。

以上に述べたように本設備の基本的な設計及び操業の思想は、今後の連鑄機のひとつの方向を明確に定めるものであると考えられる。

文 献

- 1) 梨和 甫, 工藤孝之, 吉田達也, 北村悦夫: 1981 年 5 月, AISE にて講演予定
- 2) 石川純生, 青木紀之, 友野 宏, 浦本太郎: 鉄と鋼, 65 (1979), S762
- 3) 梨和 甫, 明松 弘, 青木紀之, 橋尾守規, 川野晴雄: 鉄と鋼, 59 (1973), S372
- 4) 梨和 甫, 岡寄 卓, 明松 弘, 遠茂谷 好, 山田恒夫, 辻田 進: 鉄と鋼, 65 (1979), S117