

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.7 (1975) No.2

水島製鉄所におけるビーム・ブランク，ブルーム兼用連铸機の建設と操業について
Construction and Operation of the Continuous Casting Machine for Beam Blanks and
Blooms at Mizushima Works

児玉 正範(Masanori Kodama) 千野 達吉(Tatsukichi Chino) 小出 英勝(Hidekatu
Koide)

要旨：

4 ストランドの連铸機が水島製鉄所で昭和 48 年 10 月に稼働を開始し，現在順調に操業している。この連铸機は，ビーム・ブランクと大断面のブルームの兼用機であることに最大の特徴がある。本連铸機の導入により，従来分塊圧延されていた形鋼用素材が連铸化され，その結果，分塊圧延能力が向上した。また連铸化での中間素材の手入量削減による製品歩止りの向上が得られた。この報告は連铸機の導入経過，機械構造および製品の表面と内部品質を含む操業結果について述べている。

Synopsis：

The 4-stand continuous casting machine has been working satisfactorily since the start of its operation in October 1973. The outstanding feature of the machine is its double duty performance in producing large-section blooms and beam blanks. The results obtained through one year operation are as follows: (1) upgrading the rolling capacity of the existing slabbing and blooming mill by specializing it in the slabbing for flat rolled products. (2) increasing the product yield by reducing intermediate conditioning practices. This article introduces the designing features of the caster and operational results including surface and internal quality of the products.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

水島製鉄所におけるビーム・ブランク，ブルーム 兼用連铸機の建設と操業について

Construction and Operation of the Continuous Casting Machine
for Beam Blanks and Blooms at Mizushima Works

児玉正範*

Masanori Kodama

千野達吉**

Tatsukichi Chino

小出英勝***

Hidekatu Koide

Synopsis:

The 4-strand continuous casting machine has been working satisfactorily since the start of its operation in October 1973.

The outstanding feature of the machine is its double duty performance in producing large-section blooms and beam blanks.

The results obtained through one year operation are as follows:

- (1) uprating the rolling capacity of the existing slabbing and blooming mill by specializing it in the slabbing for flat rolled products.
- (2) increasing the product yield by reducing intermediate conditioning practices.

This article introduces the designing features of the caster and operational results including surface and internal quality of the products.

1. 緒 言

本連铸機は、既設の第1製鋼工場の8ストランドブルーム連铸機，2ストランドスラブ連铸機について、水島製鉄所第3番目の連铸機として建設されたビーム・ブランク，ブルーム兼用の連铸機であり、昭和48年10月26日の稼動開始以来順調な操業を続けている。本機は、住友重機械-CONCAST製の全地上彎曲型4ストランド連铸機で、大断面のブルームとビーム・ブランクの兼用機であることのほか、多くの経験に基づいているため操業性

が良く、かつ品質のすぐれた製品を製造できるなど多くの特徴を持ち、ビーム・ブランク連铸機の実用機としては、世界で2番目のものである。

2. ビーム・ブランク連铸機の導入経過

水島製鉄所1200万t/年体制の確立にあたり、分塊設備の増強のみでは、鋼片製造能力が不足する。そのために分塊設備を新設するよりも最終的には2基のブルーム連铸機を新設する方が有利となるが、当所の生産品種のバランスからみて、線材、棒鋼関係の生産量のうち連铸化が可能と考え

* 水島製鉄所製鋼部製鋼管理課掛長

*** 水島製鉄所製鋼部建設班

** 水島製鉄所製鋼部第1製鋼課掛長

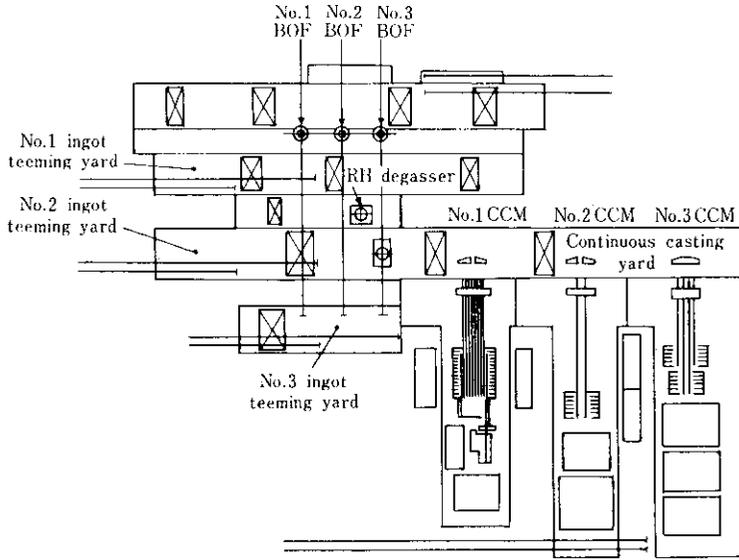


Fig. 1 The general layout of the No. 1 Steelmaking Shop

られる量は、さしあたり1基のブルーム連铸機をフルに稼働させる量には達しない。また1200万t体制の最終段階においても2基のブルーム連铸機をフルに稼働させる量には達しない。そこで分塊工場における圧延能率が線材、棒鋼用ブルームについて低い形鋼用素材を連铸化し、それによる分塊能力の向上を図った。ジュニアサイズのH形鋼用ブルームは、すでに8ストランドブルーム連铸機から供給されているので、新設の連铸機の対象製品は、大断面のH形鋼ないしシートパイルとなる。ところで、大断面のブルーム用の連铸機を操業する際の技術的な問題点として、パルジング、未凝固铸片の矯正など未解決の問題があり、その設計、建設には幾多の困難が予想された。しかし、従来の多くの実験の結果と操業の経験から考えて、このような大断面ブルームとビーム・ブランクを兼ねて製造する連続铸造機が、技術的に可能であるとの最終判断を下し、本機の建設が開始された。

3. レイアウト

本連铸機は、Fig. 1の第1製鋼工場レイアウトに示すように、第2造塊棟と受鋼台車線をは

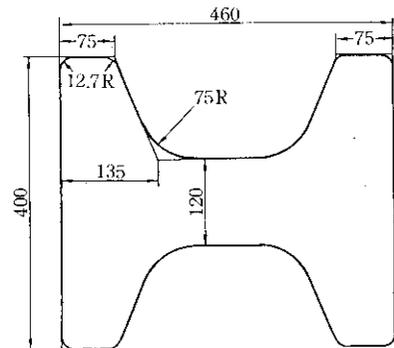


Fig. 2 Profile of a beam blank

さんで反対側にある連铸棟に、既設の2つの連铸機に並設されている。連铸棟には、充鍋用クレーンと空鍋用クレーンがおのおの1台配置されている。したがってレイアウト上各連铸機の生産能力は、転炉の出鋼サイクルとともに、充鍋クレーンの稼働率にも影響されることになる。本連铸機の概略仕様をTable 1に示す。ビーム・ブランクの形状はFig. 2に示す単一サイズ(400/460/120)のものであるが、将来は287/560/120の寸法のビーム・ブランクをも铸込むことができるよう設備上の配慮がなされている。また、本連铸機の全体レイアウトをFig. 3に示す。

Table 1 General specification of the continuous casting machine for beam blanks and blooms

Furnace	BOF 2/3
Capacity	180 t (Max. 200 t)
Steel grade	C \leq 0.80% Mn \leq 1.50%
Type	Curved mold
Strands	4
Beam blank size	400/460/120 (287/560/120)
Bloom size	240 \times 400 300 \times 400
Casting radius	12 500mm, 22 000mm
Pinch roll	Multi type (Two point straightening system)
Cutting length	4 000~12 000mm
Overall height	Casting floor FL+13 500mm Outlet pass line FL+1 150mm
Casting time	1 hr/heat
Cutting machine	Gas cutting machine(Messer type) : 2 torches & 2 preheating burners/strand

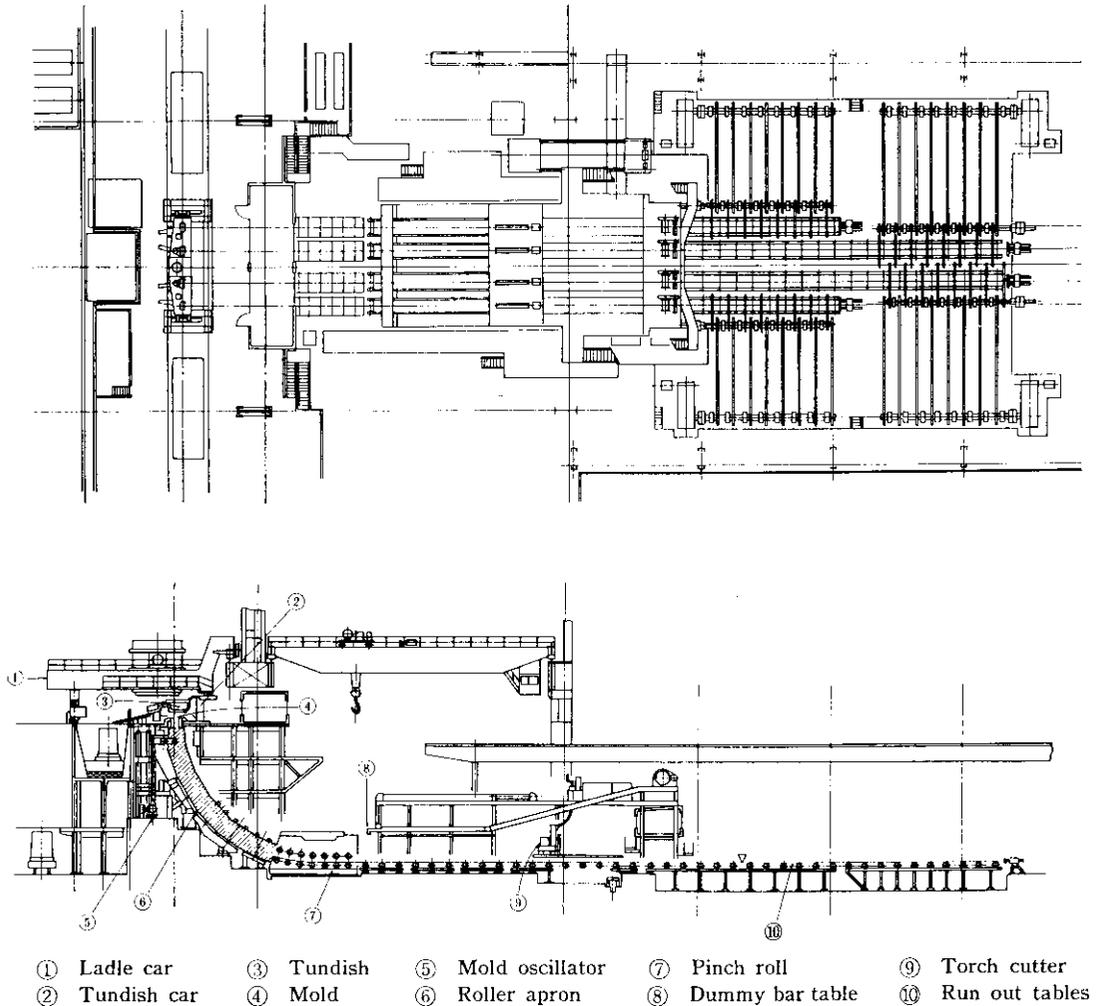


Fig. 3 No. 3 CCM (Continuous casting machine) general layout

4. 本連鑄機の特徴および設計上の留意点

ビーム・ブランクは、形状が複雑であり、このため特にローラー・エプロンの構成がむずかしい。これは、溶鋼静圧を支えるためにフランジ・ロール、チップ・ロール、およびウェブ・ロールを設置しなければならないためである。したがって、

- (1) ブルームに比較してブレイク・アウト復旧に長時間を要する、
- (2) スプレイ・ノズルの配置が複雑化する、
- (3) ブルームとのローラー・エプロンの共用性をどのように考えるか、

などの問題がある。これらの点と鑄造速度との兼ね合いを考慮して、ウェブ・ロールの配置をモールド直下約8mと決定し、ビーム・ブランクからブルームにサイズ変更を行う際には、8mにおよぶローラー・エプロンをモールドとともに交換できるようにした。特にモールド交換時間の短縮、機械精度の維持、ブレイク・アウト復旧の容易さなどをねらいとしているため、ローラー・エプロンおよびモールドが、これらの支持枠とともに一体で交換できる構造となっている。

一方、モールドサイズが多くなるとそれに適じて専用のローラー・エプロン群が数多く必要となるので、鑄造可能サイズをできる限り数少なくした方が経済的に有利である。したがってビーム・ブランクとしては Fig. 2 に示す単一のサイズを採用した。参考のために、このビーム・ブランクから生産される最終製品の寸法を Table 2 に示す。

ブルームの寸法としては、240×400 と、300×400を採用したが、これらのブルームは、大形形鋼工場においてシート・パイルに圧延されるもの、中形形鋼工場において形鋼に圧延されるもの、および中形形鋼工場で145φに圧延されたのち棒鋼工場で棒鋼に圧延されるものの3通りに分かれる。これらのうち中形形鋼工場で145φに圧延され、最終的に棒鋼となる品種は高級なものが多く、表面性状、内部品質ともに良いものが要求されている。

Table 2 List of final products rolled from beam blank (400×460×120)

H	300×300
H	250×250
H	350×250
H	400×200
H	300×200
(H	350×175)

Note: Although H350mm×175mm can be rolled from beam blanks, it is currently manufactured from 300mm×400mm blooms

一方、これらのブルーム、特に300×400を鑄造する際、1チャージ(180t)の鑄込み所要時間を約60min以内に押えるために必要な鑄込み速度で鑄込むと、未凝固部長さが約29mに達する。そのため12.5mの彎曲半径の連鑄機では、未凝固部の残存しているブルームを矯正することが必要となるが、未凝固部分を含むブルームを矯正するには内部割れの発生が懸念される。本機の場合2点矯正方式を採用し、矯正時に生じる内部応力の緩和を計り、内部割れが発生しないよう配慮している。

5. 設備各論

5.1 タンディッシュおよびタンディッシュ・カー

溶鋼鍋は、1ストッパー方式を採用することとした。この理由は、操作人員削減の目的と、8ストランド・ブルーム連鑄機の経験によって、1ストッパー方式の採用によって必然的に決まる長尺タンディッシュの採用が可能であることが明らかになってきたためである。タンディッシュは、Fig. 4 に示すように、4ストランド用の長さ

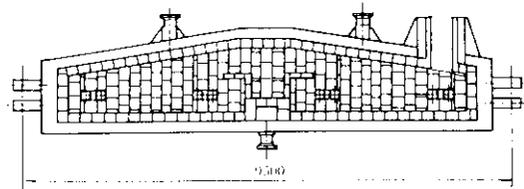


Fig. 4 Tundish

9500mmと長いもので、ビーム・ブランクとブルームに共用である。この長尺タンディッシュはトランオン間隔が9500mmと非常に長いため、十分なシェル強度を持たすとともに、铸込位置においては変形防止のため、中央を油圧シリンダーにより支持できる3点支持構造になっている。ビーム・ブランクの操業においては、タンディッシュ・ノズルの正確なセットが重要であるため、特殊なノズル芯出し装置を保有するようにした。タンディッシュ・カバーは3分割で注入口部分を除いて、タンディッシュ予熱装置に懸垂させる構造をとっている。タンディッシュ・カーの機能としては、走行、横行微調整、昇降の3つを持つが、個々の駆動はすべて電動モーターで行うようにして、油圧機器の保守性の悪さを避けるよう考慮した。

5-2 モールド

Fig. 5にモールドの構造概念図を示すが、これはカナダ ALGOMA 社の、いわゆる第1世代のモールドを修正したもので、モールド直下にはフット・ロールを取り付けて、モールドの摩耗防止と、モールド・ローラー・エプロンの芯出し不良にまつわるブレイク・アウトの防止を計っている。モールドには、 ^{60}Co による γ 線レベル計を設置し、モールド内液面の自動制御が行えるように

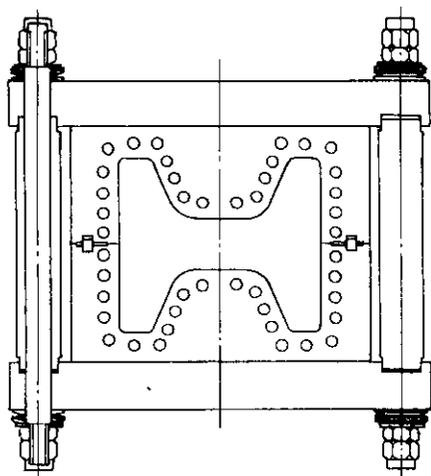


Fig. 5 Schematic drawing of the mold for beam blank

してあり、この制御は現在好調に動作しており、モールド関係の操作人員は4ストランドに対して2名ですんでいる。

5-3 専用体ローラー・エプロン

モールド各サイズに専用のローラー・エプロンを専用体と称しているが、Fig. 6にビーム・ブランク用のロール配置およびスプレイ・ノズルの配置を示す。この図に見られるとおり、バルジング防止のために、フランジ・チップ、ウェブにもロールを配置してあるがために、非常に複雑な構造となっている。可能ならばフランジ・チップもしくはウェブのロールを省略するのが望ましいが、稼働後の操業経験からは、フランジ、フランジ・チップ、ウェブおのおののロール間隔をむしろ厳密に管理しないと良好な製品品質が得られないという結果が得られている。なお、ロール軸受にはすべて転り軸受を採用している。専用体は8mの長さを持つが、下部の約6mの部分にはフランジ・チップ・ロールを配置していない。Fig. 7にこの部分のロール配置を示す。

5-4 共用体ローラー・エプロン

モールド内液面から約8m以降は、ブルームとビーム・ブランク共用で、かつ各モールド・サイ

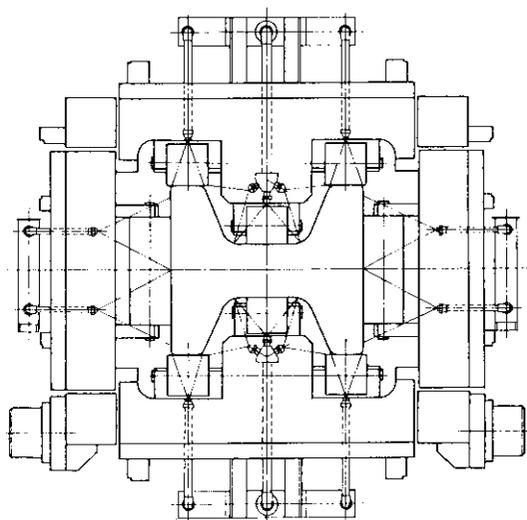


Fig. 6 Cross-section of No. 1 roller apron

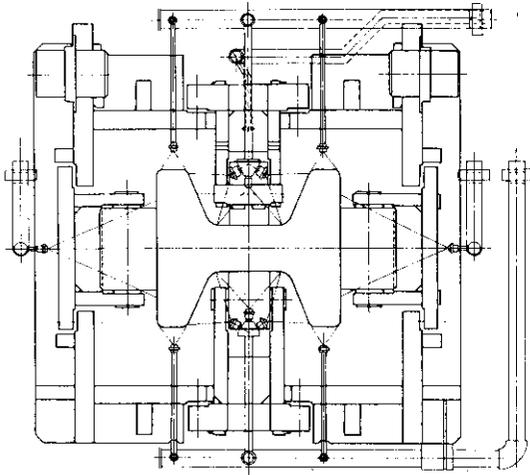


Fig. 7 Cross-section of No. 2 and No. 3 roller apron

ズにも共用の、共用体と称するローラー・エプロンを配置してある。共用体のロール間隔は、すべて遠隔で操作できる構造としてある。

5.5 引抜矯正装置

Fig. 8に引抜矯正装置の概念図を示す。上下各7本のロールからなり、No. 1~6の上ロールおよびNo. 7の下ロールが駆動される。鋳片引抜時の速度は最高2 m/min、ダミーバー装入時は最

高8 m/minである。圧下は上ロールに取り付けた油圧シリンダーにより行う。ロール間隔は1080~1129mmであり、さらに高い鋳込み速度を得る際のバルジングを防止するために、ロール間隔に新たにロールを配置するマルチ型に改造し得る構造にしてある。ロール径は380~480φとし、鋳片の内部クラック発生を防ぐために、2点矯正曲げ方式を採用し、No. 3ロールで彎曲半径を12500mmから22000mmへ、No. 5ロールで22000mmから水平へと変化させている。なお、高い鋳込み速度を得るために、引抜矯正装置でも鋳片にスプレイ冷却を行っている。

5.6 ダミーバー

ダミーバーは、円弧状のローラー・エプロンに沿わせるためにリンク構造にしており、鋳片と結合するダミーバー・ヘッド、モールドサイズに伴って交換する専用体、および各モールドサイズに共用の共用体の3部分からなっている。ダミーバーの末端はロープに接続され、ウィンチにてダミーバー・テーブル上に巻き上げる。ダミーバー・ヘッドは、ブルームではパーマネント式、ビーム・ブランクではレール式を採用している。ダミーバー・テーブルは油圧シリンダーで昇降する構造で、切り離し地点に達すると自動的に鋳片とダミ

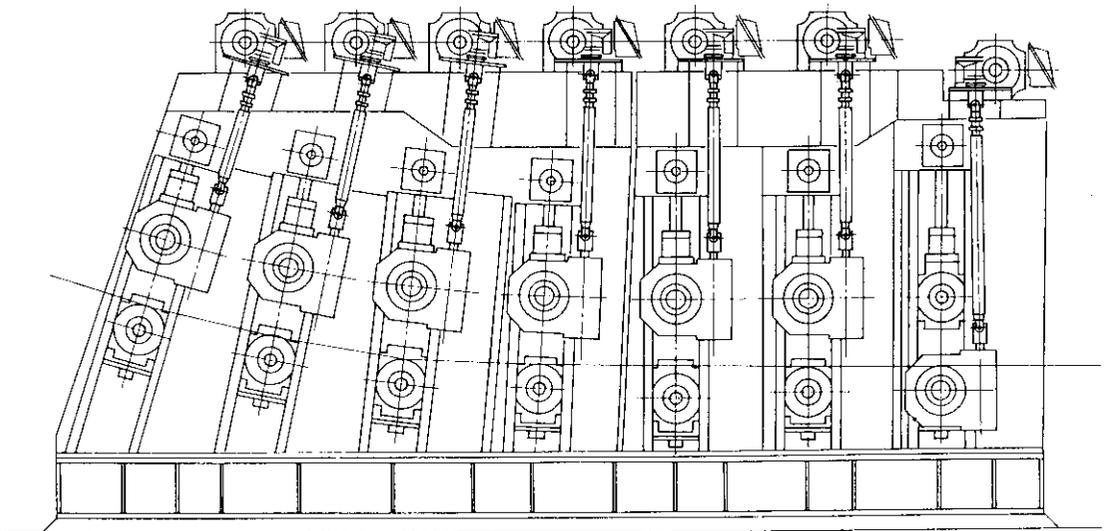


Fig. 8 Straightener and withdrawal unit

ーパーを切り離すシーケンスをとっている。

5.7 精整設備

精整設備は一次搬出テーブル、切断機、二次搬出テーブル、冷却床からなる。一次搬出テーブルの長さは約19mで、300×400のブルームを高速で鑄込んだときの未凝固部を切断機で切断しないように配慮して長さを決定してある。切断機は先行予熱火口付で、1ストランドに2個の切断火口を備えて、切断サイクルタイムの短縮を計っている。切断機下のロールは、切断炎の直撃を避けるために油圧で昇降できる構造をとっている。切断長の測定は、鑄片の上からロールを押しつけ、このロールの軸にパルスジェネレーターを取り付けることによって行っている。切断したブルームは二次搬出テーブルに送られ、チェーン・トランスファーで横送りして、各ストランドごとに備えたチェーン形式のストレージ・バンクに貯え、Cフック・クレーンで冷却床に運ぶことにしている。

6. 操 業

6.1 操 業 経 過

操業開始はビーム・ブランクから行い、2ヒート目において、4ストランド使用による完全完鑄を達成し、以後鍋完鑄率は、98%以上を確保するきわめて順調なスタートアップであった。設備的な初期トラブルも少なく、ビーム・ブランクサイズで特殊形状であることに起因するトラブルは発生していない。この間の操業成績を Fig. 9, Fig. 10 に示す。

操業上の問題点は下記の2点に集約される。

- ① 大断面ブルーム (300×400) サイズにおける鑄込初期のブレイクアウトの多発
- ② ビーム・ブランクサイズにおける水切不良初期のブレイクアウトの多発は、タンディッシュにストッパーを使用しないために起る鑄込初期

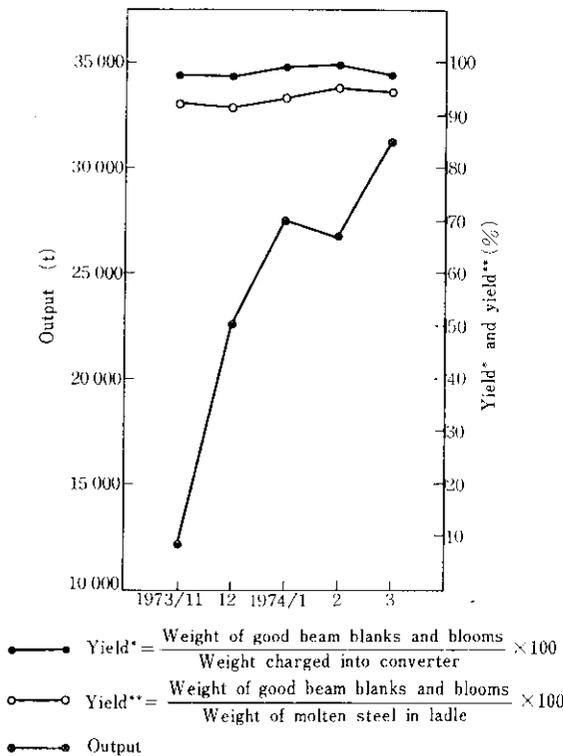


Fig. 9 Yield and output

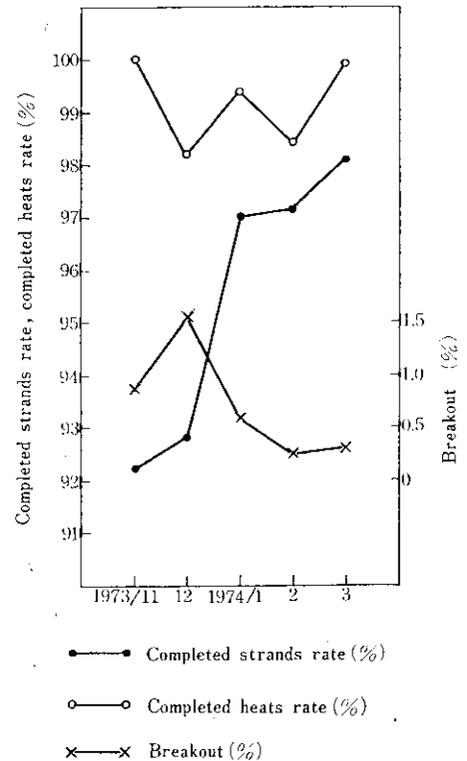


Fig. 10 Operational performance

における急激な鋳込速度の変化に基因することがわかった。鋳込速度の急激な変化を押えるくふうにより解決された。

水切不良は、トーチ切断機における切断不良につながるため、高圧の工場用空気をウェブ部に吹込むことにより解決した。

操業経過は昭和48年11月の創業期、12月の操業安定化実験期、昭和49年1月以降の工程的生産期に分けられ、創業期は、鋳込んだビーム・ブランク、またはブルームを製品に試圧して確性試験を重点的に行った期間であり、その間に品質的ななら問題がないことが確認できた。操業安定化実験期は、1個班操業から2個班操業に移行するとともに、ブレイクアウトの頻発に対する対策を実験した時期であり、この対策の確立により昭和49年1月より全面的に工程用連鋳機として出鋼サイクルに組込まれた。なお、4月から2個班操業より3個班操業に移行した。高級品種の鋳込みについては、現在確性試験中である。

6・2 鋳片および製品の品質について

(1) ビーム・ブランク鋳片品質

Photo. 1 にビーム・ブランク鋳片断面の代表的マクロ組織を示す。初期における代表的欠陥は下記のとおりである、

(a) 断面欠陥

Photo. 2 および **Photo. 3** に代表例を示すが、この種の断面欠陥はフランジ端部と中央部の寸差の大きなものに発生しやすい傾向があった。こ

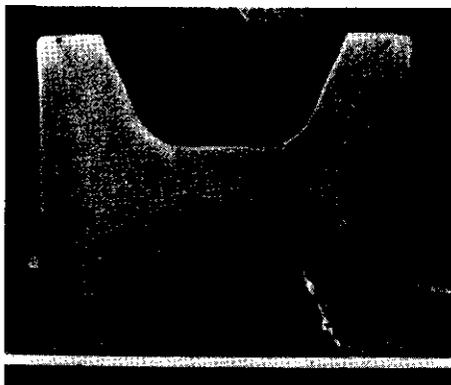


Photo. 1 Macrostructure of beam section

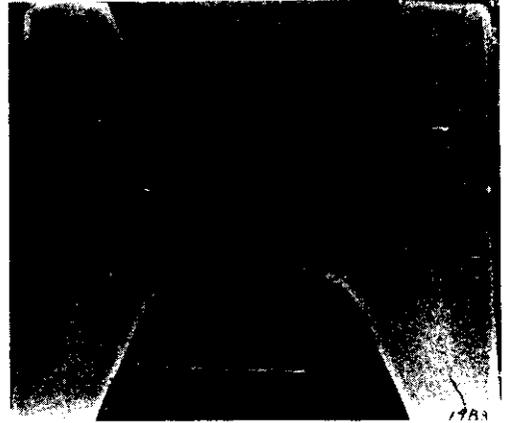


Photo. 2 Internal crack in flange

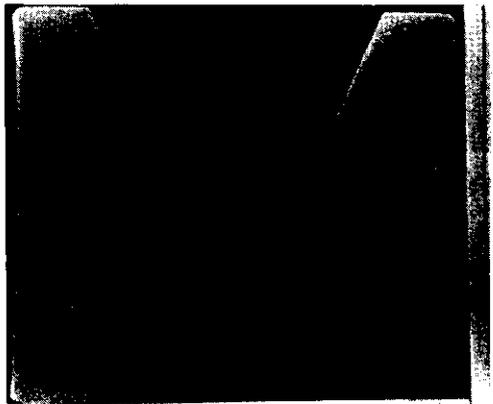


Photo. 3 Internal crack in web

れはスプレーパターン、ロール間隔の変更および溶鋼化学成分の見直しにより解決された。

(b) 表面欠陥

コーナー割れの発生例はなく、フランジ部中央の連続した縦割れ(代表例を **Photo. 4** に示す)およびウェブ部に生ずる比較的小さな縦割れに集約される。フランジ部の縦割れは溶鋼成分とも関係があるが、モールドの継ぎ目の位置に相当する位置に発生する傾向がみられた。これは継ぎ目をコーキングすることなどによって解決できたが、ウェブ部に生ずる縦割れは、1部の製品サイズには疵として残るものがあった。これも現在スプレイの調整により、非常に軽減しているものの、目視判定にて疵取りを行っており、完全無手入を日指して対策を検討中である。

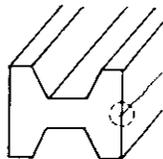
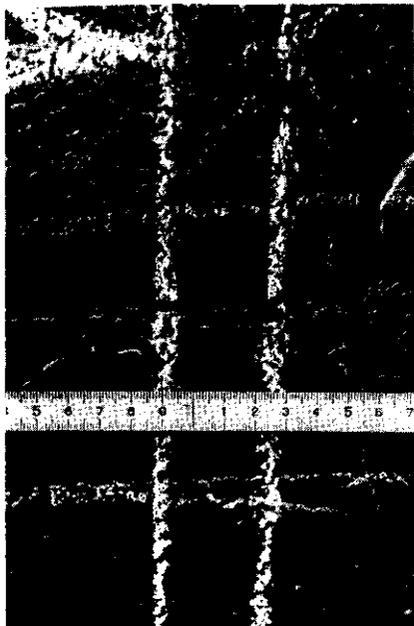


Photo. 4 Longitudinal facial crack in flange

(2) ビーム・ブランクにより製造されるH形鋼の製品品質
 製品の機械的性質はもちろん、内部性状についても問題はなく、連铸化により偏析が少ないこと、機械的性質が安定していることなどの特質がみいだせる。Table 3 に製品の化学成分分布と機械的性状を示す。

(3) ブルーム

ブルームについては、既設の連铸によるものと同様、全く問題がなかった。

7. 結 言

水島製鉄所におけるビーム・ブランク、ブルーム

Table 3 Mechanical properties and chemical composition (%)

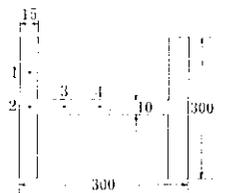
(a) Chemical composition

Position (%)		C	Si	Mn	P	S
Top	1	0.20	0.20	0.60	0.016	0.022
	2	0.20	0.20	0.59	0.016	0.021
	3	0.20	0.20	0.59	0.016	0.023
	4	0.20	0.19	0.60	0.016	0.022
Middle	1	0.20	0.20	0.63	0.017	0.022
	2	0.20	0.20	0.63	0.017	0.022
	3	0.20	0.20	0.62	0.017	0.023
	4	0.20	0.20	0.64	0.017	0.021
Bottom	1	0.20	0.19	0.63	0.020	0.022
	2	0.21	0.19	0.64	0.020	0.022
	3	0.20	0.19	0.64	0.020	0.021
	4	0.20	0.18	0.63	0.020	0.023

(b) Mechanical properties

Position		Yield strength (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Bend*
Top	Flange	28.1	46.1	32	Good
	Web	29.5	46.7	29	
Middle	Flange	30.1	47.4	32	Good
	Web	31.2	47.7	29	
Bottom	Flange	28.2	46.5	31	Good
	Web	29.7	48.0	28	

* Radius 1.5 t up to adherence



ム兼用連铸機の概略を紹介した。本連铸機は順調に稼動中であり、所期の目的である圧延能力の向上、良好なる製品、製品歩止りの向上を得ることができた。