

2.4 連続鋳造法

1950年代に実用化された鋼に対する連続鋳造は従来の“鋼塊—均熱—分塊”に比べて工程の省略により歩留の向上と各種原単位の改善が図られて来た。

計画の Bloom 鋳片はそのほとんどが高級鋼が対象であるために非金属介在物等が少なく、均一な材質が要求される。その為に LF を中心とした炉外精錬にて溶製された清浄な鋼を完全に空気を遮断した状態にて連続鋳造に鋳込まなければならない。図-43 は高級鋼の連続鋳造の場合の鋳造状態を示すが、取鍋中の溶鋼は大気に触れることなく、Long nozzle を通して、Tundish へ鋳込まれる。取鍋中の溶鋼は酸化防止と保温を図るための保温剤で覆われる。

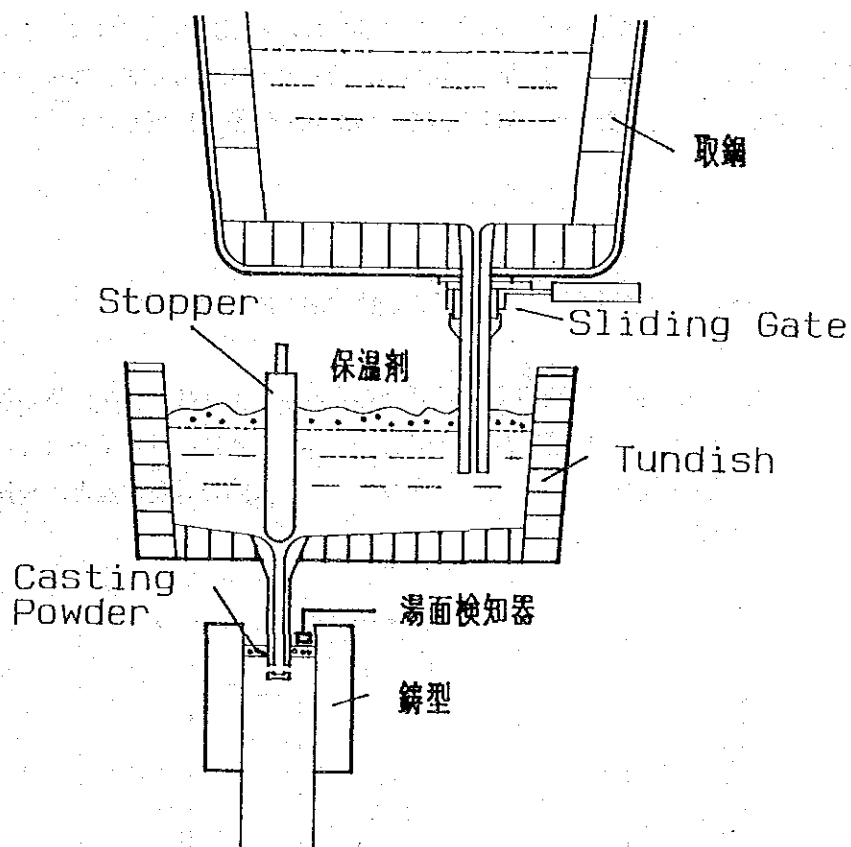


図-43 連続鋳造の鋳込み

Tundish 内の溶鋼は Stopper にて流量調整される浸漬 Nozzle を通して水冷鋳型の中へ注入される。高級鋼では潤滑剤として Casting powder を用いる。鋳型内の湯面の変動は鋳片の表面疵欠陥を発生せしめるものであり、渦流又は X 線の湯面検知器を通して Stopper は調整される。

Bloom 鋳片の凝固時には偏折を抑制し、中心の気孔を防止して均質な内部品質を得るために電磁攪拌が導入されて来ている。

2.4.1 連続鋳造設備

連続鋳造機には大きく分けて ①湾曲性 ②垂直曲げ型 ③垂直型の3つの形式に分けられる。湾曲性は鋳込まれた鋳片をPinch rollにて引抜く際、Roller tableを通して一定の曲率に曲げるものである。この形式は工場の建屋と設備本体を低く抑えることが出来る為、建設費が安くなる。しかしながら、不完全凝固の鋳片が強制的に曲げられることによって上面には圧縮が下面には引張力が働き、内部割れの原因となる。

一方、垂直型は鋳片が完全に凝固するまで曲げによる応力の発生はなくこれに起因する内部割れの発生が少なく、高合金鋼の連続鋳造に適した型式であるが、建設費が高額となるのが最大の難点である。垂直曲げ型はこの2つの形式の特徴を折衷したものである。

(1) 鋳片寸法

Bloom の寸法は製造される成品の最終寸法や圧延機の条件等によって決定されるものである。

成品の内部品質は製鋼工程のみに依存するものではなく、圧延時の加熱条件や圧延比 (Forging ratio) の影響も多大である。図-44にはUST (Ultra Sonic Test) 欠陥と圧延比の関係を示したものであり、UST 欠陥を考慮すると圧延比は最低でも8以上が望ましい。

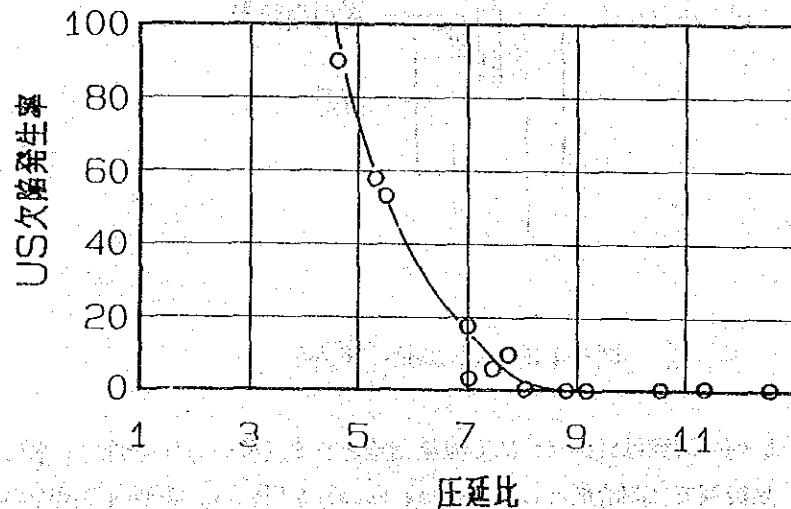


図-44 UST欠陥と圧延比の関係

南京第二鋼鐵廠で計画している成品の最大寸法はφ100mmであり、この場合のCC Bloom の断面積は；

$$3.14 \times (50\text{mm})^2 \times 8 = 62,800\text{mm}^2$$

すなわち、内部品質の観点から必要なBloom 寸法はφ250mmである。

南京第二鋼鐵廠では今回諸般の事情により、Bloom 寸法は180×220mmと決定したが、太丸成品については内質欠陥の発生が懸念されるので今後、品質面の検討を必要とする。最終成品の内部品質を確保するためにはBloom の断面積が大きいほど有利であるが、連続鑄造の引抜速度は鑄片の厚さに反比例して遅くなる。このため鑄片の断面積を確保し且つ厚さを小さくするために大型のBloom CCでは偏平型とするのが一般的である。図-45には鑄片の厚さと鑄造速度の関係を示したものであるが、鋼種によって大きな差異があり、高級鋼ほど低速鑄造である。

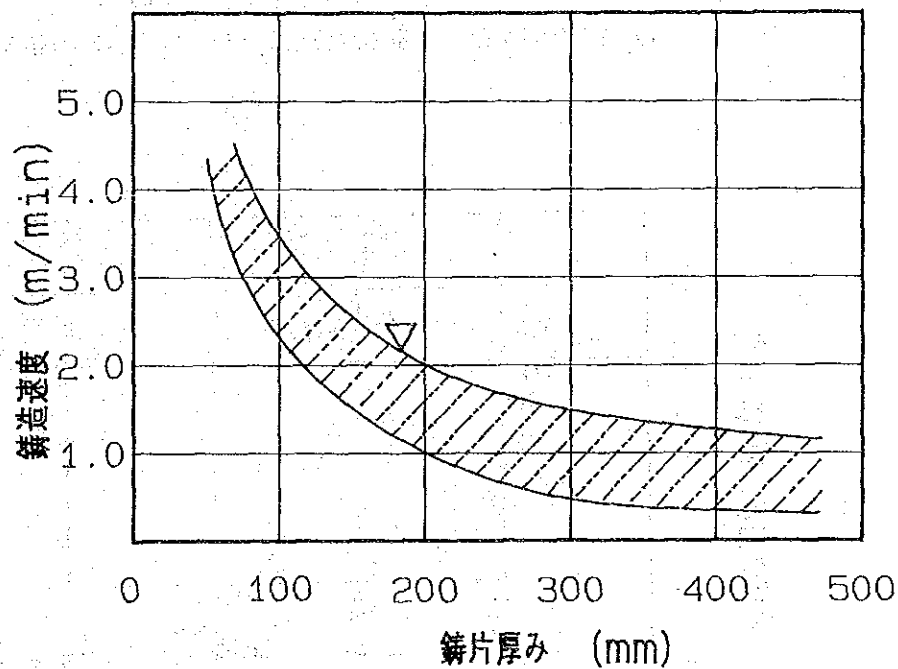


図-45 鑄造速度と鑄片厚みの関係

連続鑄造の生産を高めるために、すなわち鑄造速度を早める目的で鑄片の偏平比を大きくすると中心部に偏折が発生する傾向にあり、この比が1.5以上になると、中心偏折は顕著となる。

(2) Tundish

非金属介在物に対してTundish 形状の影響は極めて重要であり、最近では大容量化の傾向にある。特にTundish の深さの影響は大きく、溶鋼中に点在する介在物が鑄型に鑄込まれる前に浮上分離するだけの深さが必要である。

Tundish 内の溶鋼の滞留時間の影響について介在物の径と浮上速度の関係で；

$$v = 2gr^2 \Delta P / q\eta$$

g : 重力加速度 (980 cm/sec^2)

ΔP : 溶鋼と介在物の密度差 (g/cm^3)

η : 溶鋼の粘性 ($0.05 \text{ g/cm}\cdot\text{sec}$)

r : 介在物の粒子半径 (cm)

が成立つ。介在物の浮上分離策として、Tundish に堰を設けるものも一般的であり、これには主に“Over flow type”や“Tunnel type”がある。

図-46は鑄片の内部欠陥と地疵の品位におよぼすTundish の深さの関係を指数で示した。

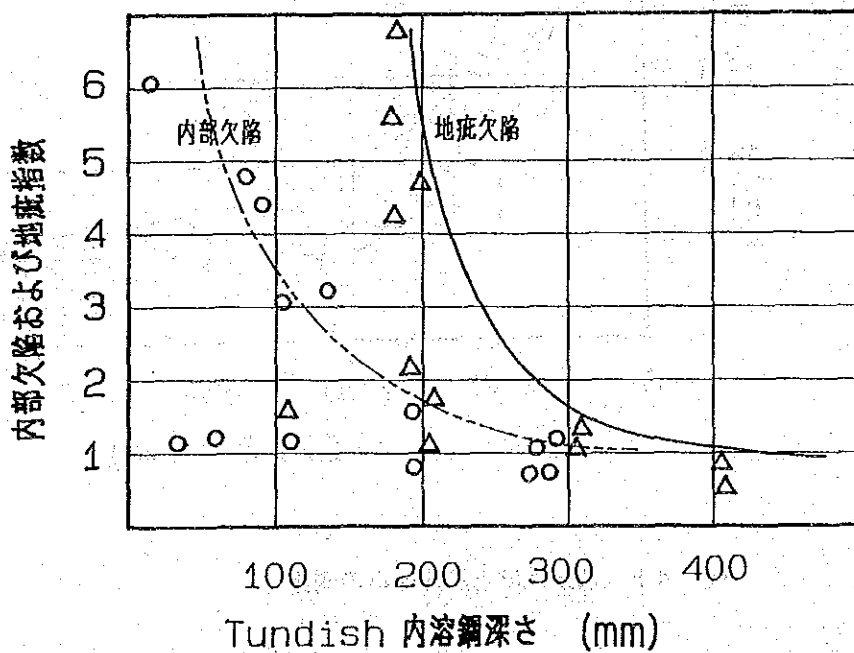


図-46 鑄片の内部欠陥及び地疵におよぼすTundish 深さの影響

図-46で明らかな如く鑄片品質を考慮した場合、Tundish内の溶鋼の深さは400mm以上が望ましい。

Tundish容量の決定に当っては品質のみならず、連々鑄の可能性についても考慮する必要がある。すなわち、連々鑄に於いて、Tundish中に前Heatの溶鋼が一定量残っている時点で次Heatの溶鋼が取鍋よりTundishに注入されることを考慮して設計する必要がある、30t程度の連続鑄造設備ではTundish容量は通常約5lである。

(3) 電磁攪拌

鑄片の内部組成は表面のChill晶、中間部の柱状晶、そして中心部の自由晶に分かれる。鑄片の凝固過程に於いて柱状晶が発達するに従って、不純物は中央部に集積し、且つ、多孔質な中心組織となってあらわれる。

このような組織分布を防ぎ、鑄片の偏析を低減せしめるために柱状晶の発達を抑える必要がある。図-47には中心部の気孔(%)と柱状晶の比率の関係を示すが、柱状晶の比率が60%を越すと、中心部の気孔が大巾に増加する。

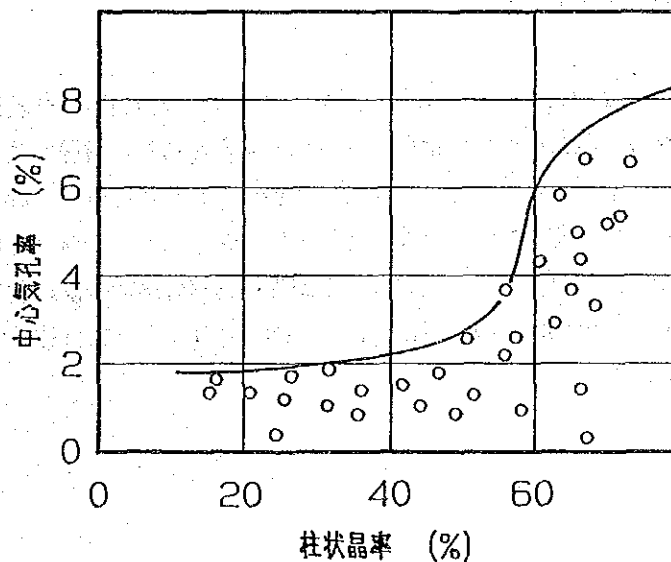


図-47 中心気孔(%)と柱状晶の割合

一方、攪拌力が強すぎると、White bandと称される負偏折が発生するので適度な攪拌力が必要となる。

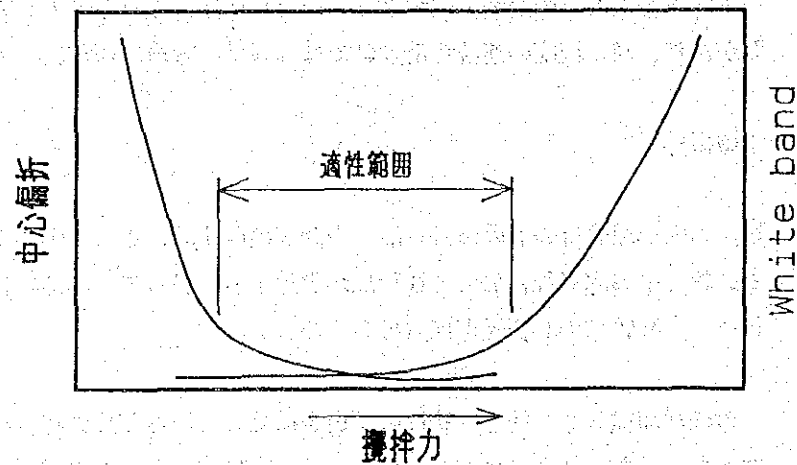


図-48 中心偏折とWhite bandに対する攪拌力の影響

(4) 連続鋳造設備のLayout

連続鋳造設備の設置場所は現在の製鋼工場の東側の精整Yardへ設置するものとし、LFにて精練された溶鋼は取鍋用棟間台車で搬送される。搬送された取鍋はladle craneにてSwing tower上に置かれる。鋳込まれた鋳片はRoller gangにて搬送され、Turn tableにて向きを変えた後、圧延工場へ送られる。Turn tableの前には鋳片の水冷却装置の設置を考慮する。Tundishの整備場は連続鋳造設備の北側に設け、Liningの張替えや一次予熱はこのYardにて行う。図-49、50には連続鋳造設備の立体図と平面図を示す。

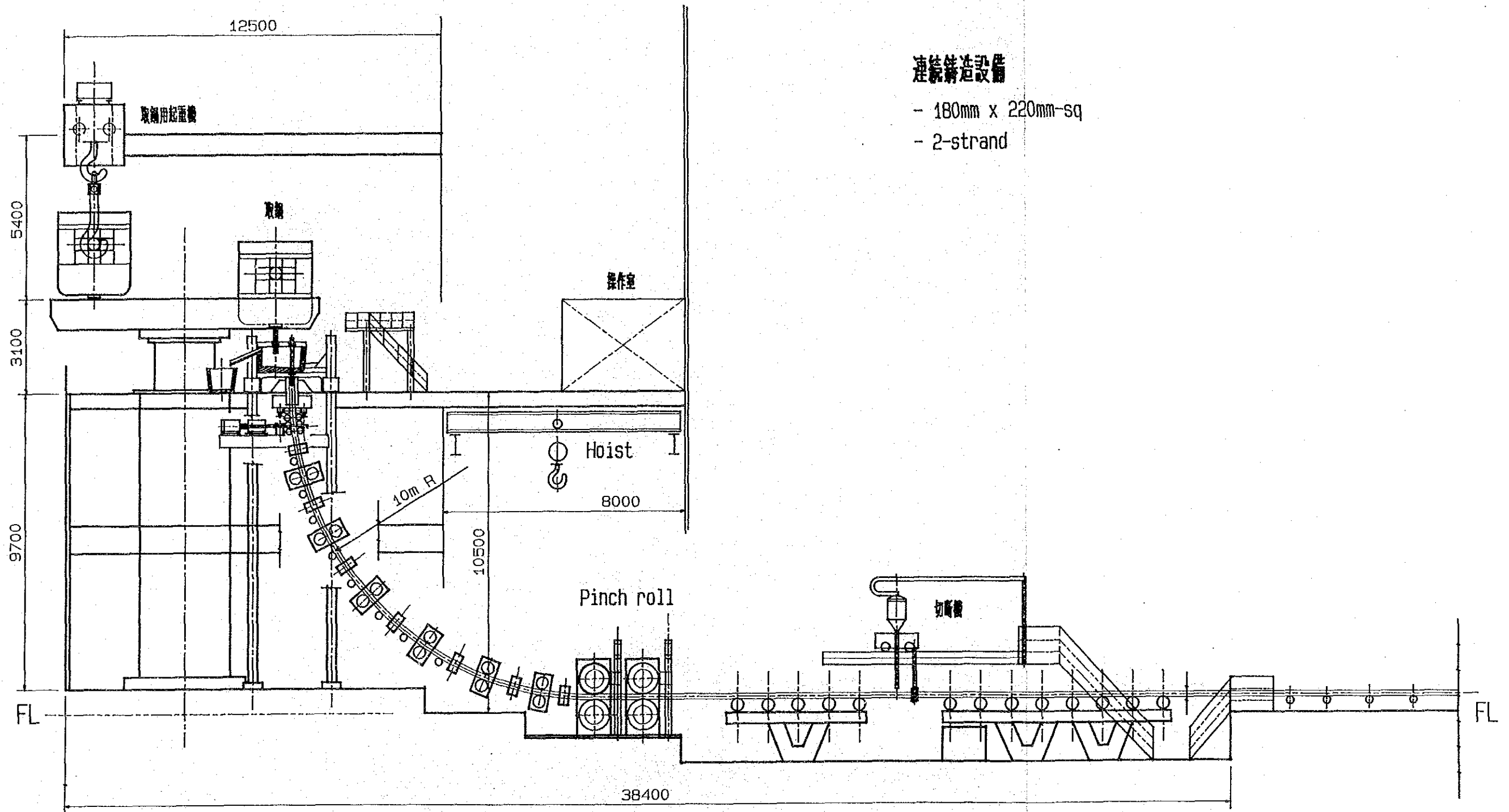


圖-49 連續鑄造設備 (立面圖)

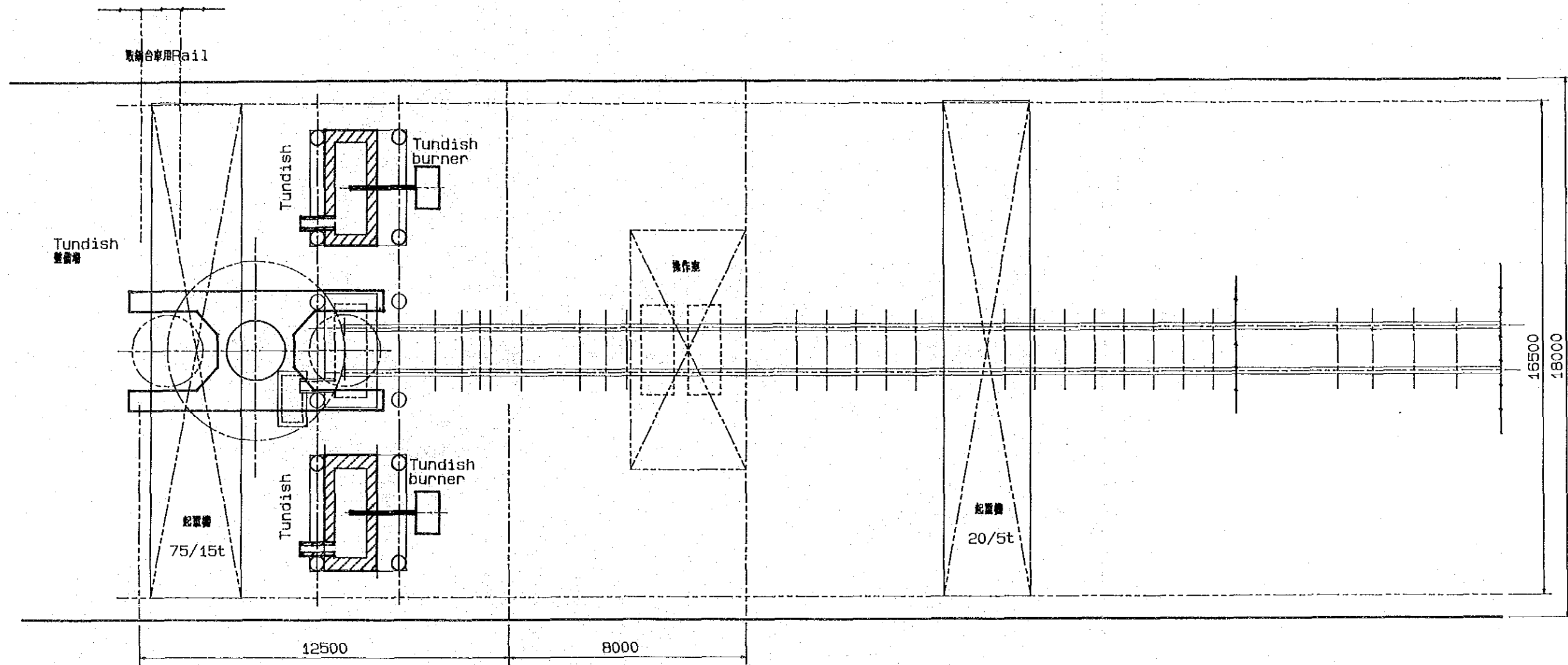


圖50 連續鑄造設備 (平面圖)

2.4.2 鑄造作業法

連続鑄造の操業に当っては特に鑄片の品質改善に留意しなければならない。特に特殊鋼の場合、割れに対する感受性が高く且つ、Pin holeや非金属介在物が発生し易く鑄造に当っては細心の注意が必要である。

(1) 鑄造温度

連続鑄造作業に於いて溶鋼温度管理は極めて重要な要素の一つである。溶鋼鑄込み温度は凝固温度 (MP) + “ α ” すなわち、Super heatで一般的に管理されている。

鋼の凝固温度は鋼種成分によって異なり、次式によって求められる。

$$[\%C] \leq 0.50\%$$

$$\begin{aligned} MP = & 1538.13 - 100.29 [\%C] + 2.16 [\%C]^2 - 18.61 [\%Si] + 2.63 [\%Si]^2 \\ & - 4.42 [\%Mn] + 0.02 [\%Mn]^2 - 11.15 [\%Cu] - 2.67 [\%Ni] - 0.16 [\%Ni]^2 \\ & - 2.01 [\%Cr] + 0.03 [\%Cr]^2 - 2.7 [\%Mo] - 30 [\%P] - 37 [\%S] \end{aligned}$$

$$[\%C] > 0.50\%$$

$$\begin{aligned} MP = & 1530.0 - 65.28 [\%C] - 6.92 [\%C]^2 - 18.61 [\%Si] + 2.63 [\%Si]^2 - 4.42 [\%Mn] \\ & + 0.02 [\%Mn]^2 - 11.15 [\%Cu] - 2.67 [\%Ni] - 0.16 [\%Ni]^2 - 2.01 [\%Cr] \\ & + 0.03 [\%Cr]^2 - 2.7 [\%Mo] - 30 [\%P] - 37 [\%S] \end{aligned}$$

但し、上式は下記の成分範囲内の鋼種に対して適用される。

$$\begin{aligned} [\%C] < 1.1, \quad [\%Si] < 3.0, \quad [\%Mn] < 20, \quad [\%Cu] < 0.30, \\ [\%Ni] < 13.0, \quad [\%Cr] < 24, \quad [\%Mo] < 9.0 \end{aligned}$$

Tundish 内のSuper heatが低いと鑄片の引抜速度が早められ生産能率の向上に寄与するものの低過ぎると地疵に起因する内質不良が多発する。

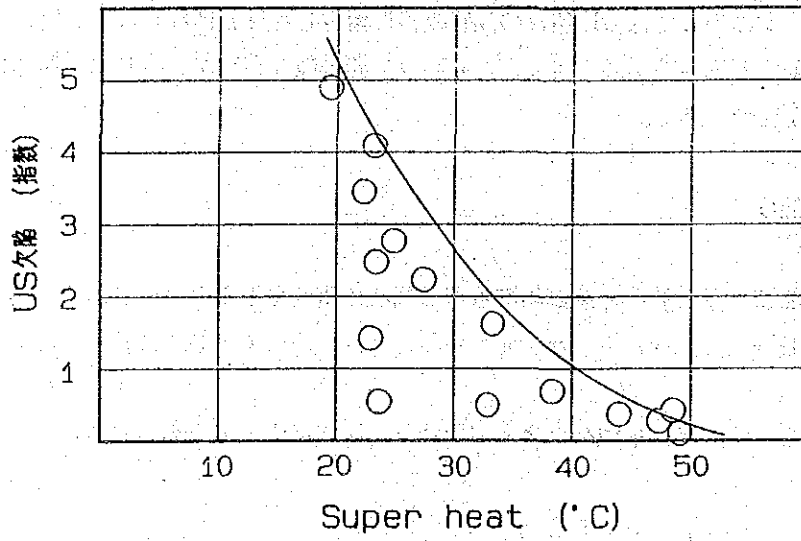


図-51 内質(US)欠陥とSuper heat

逆にSuper heatが高すぎると柱状晶が発達し、中心部に気孔が発生する。図-52には鋳片の中心部の気孔の発生率とSuper heatの関係を示す。

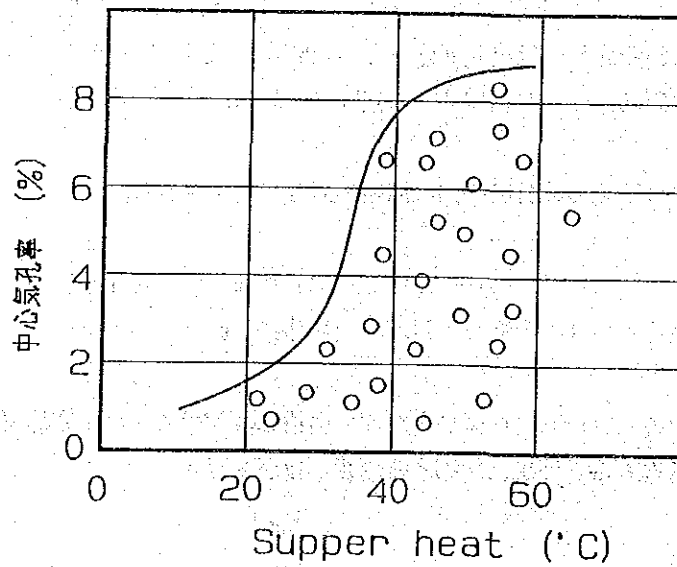


図-52 鋳片の中心気孔とSuper heatの関係

図上の観点から連続鑄造の操業時のTundish内の溶鋼温度は凝固温度+40°Cが適当と考えられる。鑄造時に出来る限りこの温度を維持するために、LFの採用と併せてTundishの十分な予熱が重要である。

(2) Casting powder

鑄造時に使用されるCasting powderは次の3つの目的のために使用される。

- 溶融したPowderが鑄型内の溶鋼のMeniscusを通して鑄型と鑄片の間に入り込み潤滑剤として作用し、平滑な鑄片の表面品質とBreak-downを防止する。
- 溶融したPowderは鑄型内の溶鋼表面を覆い、溶鋼の二次酸化を防止すると同時に介在物の吸着に役立つ。
- 未溶解のPowderは保温剤として溶鋼の表面を覆い、溶鋼の温度降下を防止する。

Powderの選択に当っては特に粘性が重要な要素の一つであり、高粘性Powderでは鑄片と鑄型間のSlag層が薄くなり、鑄片が不均一に冷却される結果、微小割れ等表面欠陥が発生し易くなる。一般的に使用されるCasting powderの性状は下表の如くである。

表-2.4 Casting Powderの性状

塩基度	粘性 (Poise at 1250°C)
1.0	3.0

(3) 浸漬Nozzle

Tundish内の溶鋼を大気に触れることなく、鑄型に鑄込むためには浸漬Nozzleの使用は必須の条件である。しかしながら、連々鑄で長時間鑄込む場合、溶鋼中に懸濁する微小介在物がNozzle内壁に折出し、Nozzle閉鎖を起す場合がある。これを防止するために溶鋼中へCaを添加する方法も有効な手段の一つであるが最も多く採られている対策はAr gasのNozzleへの吹込みである。図-5.3はGas吹込み用浸漬Nozzleの一例である。

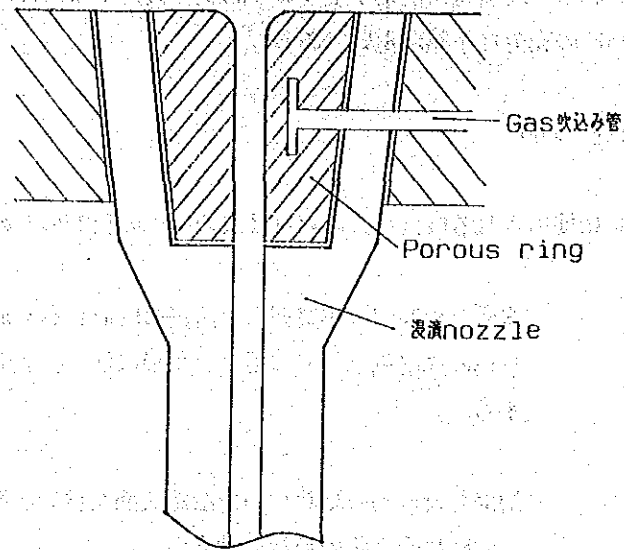


図-5-3 Gas吹込み浸漬Nozzle

Gasの吹込みによってNozzleの内壁に付着しようとする介在物はGasによって妨げられ、Arの気泡と共に浮上分離するものである。

(4) 二次冷却

鑄型から引抜かれた鑄片は二次冷却水によって強制的に冷却される。冷却が強すぎると鑄片の内、外間に熱応力が生じ、亀裂を生じる。図-5-4には二次冷却水の比水量 ($l/steel\text{-}kg$) と割れの関係を示したが、比水量が $0.4\text{-}liter/steel\text{-}kg$ を越すと割れの発生が急激に増加することを示している。

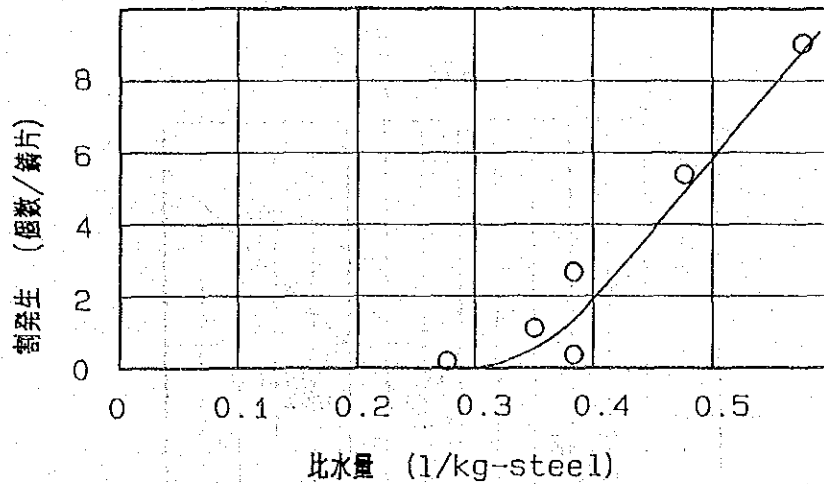


図-54 鑄片の割れと比水量の関係

一方、比水量が少なすぎると引抜速度が遅れることにより、生産性の低下に繋る。均一冷却を得るためには、従来のSpray冷却よりMist冷却が効果的である。

2.5 造塊法

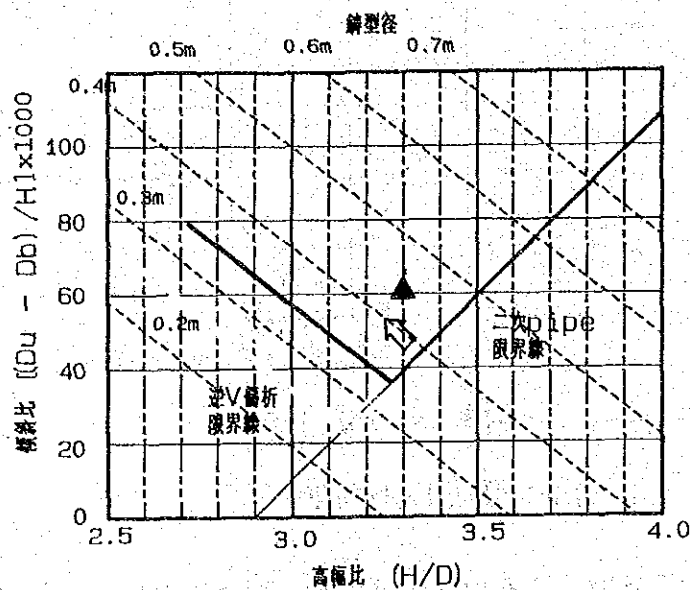
現在、南京第二鋼鐵廠では下注造塊法により下広鑄型($\phi 192 \times \phi 164 \times 1,400$)を用いて300Kgの鋼塊を製造している。しかし、特殊鋼の溶製に当っては鑄型の形状を含めて現状の造塊方法を全面的に見直す必要がある。

ここでは将来、南京第二鋼鐵廠で特殊鋼製造に当って圧延等の諸条件を考慮しての造塊方法を述べる。

2.5.1 鑄型設計

鋼塊の内部品質に対し鑄型形状の影響は最も重要な要因の一つである。鑄型の設計に当っては傾斜比、高幅比に留意する必要がある、傾斜比が少なすぎる場合、押湯直下に二次Pipeが発生し易くなり、高幅比が小さすぎると鋼塊内部に逆V偏折が発生する。一方、傾斜比が多すぎる場合、鋼塊の上部と下部との断面積の差が大きく鋼材の両端の圧延(鍛造)比が異なり、内部組織、しいては同一の鋼材でありながら特性値に差異を生ずることとなる。又、過小さな高幅比は圧延Pass回数の増加に繋り、圧延能率の低下、Costの上昇をきたすこととなる。

図-55 は鋼塊内部品質に及ぼす鑄型諸元の影響を示す。



H: 高さ (mm)
 Du: 鑄型上部径 (mm)
 Db: 鑄型下部径 (mm)
 D: $(Du + Db) / 2$

図-55 鑄型諸元と鋼塊品質

図中の逆V偏折限界線と二次Pipe限界線の内側が鋼塊品質の良好域である。

南京第二鋼鐵廠の現用の鑄型と近代化後(第6段階)に採用すべき特殊鋼用の鑄型を
 図-56に示した。

特殊鋼用鑄型は圧延の孔型と成品寸法を前提にして設計したものであり、鋼塊単重は押湯
 (10%)を含めて1093kgである。先の図-55の中にPlotされた如く、品質的にはこの鑄型の
 諸元値は“良好領域”に入っている。

南京第二鋼鐵廠では暫定的に最終段階に至るまで、品質を考慮して現用鑄型の諸元値を見直
 したいと考えている。この場合前提となるのが Pusher 炉の能力より単重は 300kg以下に抑
 えられ、また圧延機の条件より鋼塊の高さは 1200mm 以上、最大径は 300mm以下である。
 この条件を満たすための鑄型の諸元値は

- 鋼塊本体部の高さ : 1200mm
- 平均径 : 175mm
- 鋼塊重量 : 300kg (本体 : 270kg、押湯部 : 30kg)

この場合の高幅比は 6.7 程度となり特殊鋼用の鑄型としては実質的に採用不可能である。当面は上部径200mm 下部径150mm 程度の鑄型を設計し、品質を確認しながら品質的に問題の少ない用途に向けられる特殊鋼に限定して使用すべきである。

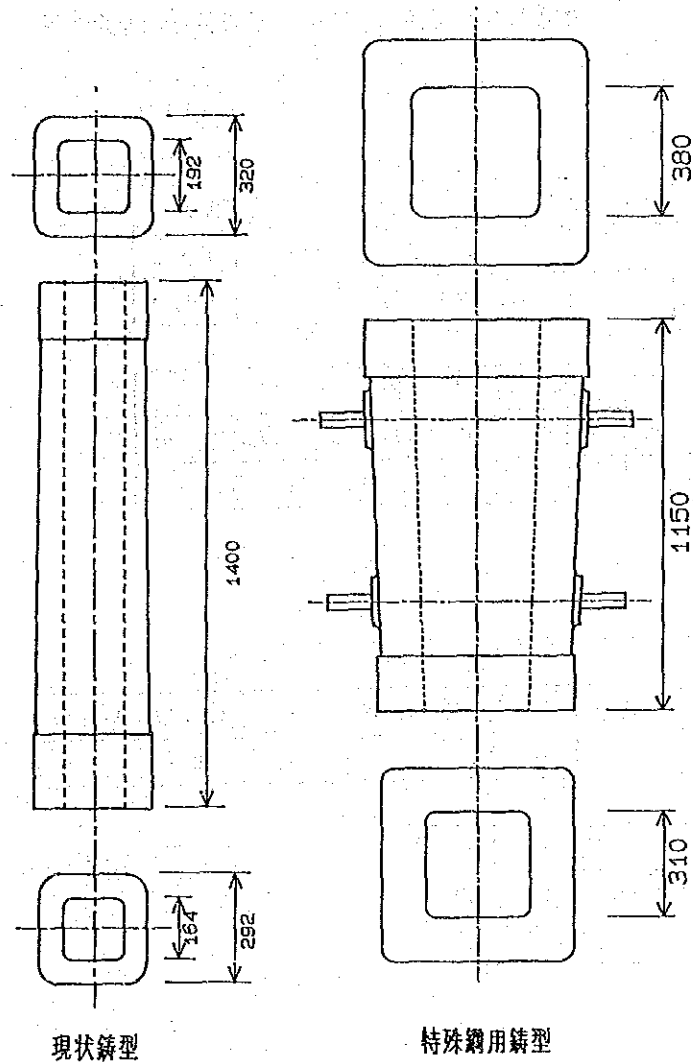


図-56 現用鑄型と特殊鋼用鑄型

2.5.2 押湯

Killされた溶鋼の比重は約7.2であるが、凝固には約7.8に増加する。すなわち、鑄型中に鑄込まれた溶鋼は凝固することによって収縮する。凝固によって発生する収縮孔が鋼塊本体へ影響を及ぼさぬ様に押湯が必要となる。

押湯部には収縮孔が発生するだけでなく、鋼塊のうちで最も遅く凝固する部分でもある為に硫黄等の不純物もこの部分に濃縮し、この部分は圧延時に於て切断除去される。

押湯棒には発熱性のものと断熱性のものがあり、断熱性は比較的大型の鋼塊に、発熱性は小型鋼塊に用いられる。 casting 終了後、押湯内の溶鋼を保温するために頭部に保温剤が投入される。断熱性の押湯棒及び保温剤の化学成分と物性値の一例を表-2.5に示す。

表-2.5 押湯棒及び発熱保温剤の化学成分と物理的性質

押湯棒

化 学 成 分 (%)					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	T・Fe	CaO	MgO	T・C
68	10	0.5	8	1	6

物 理 的 性 質			
嵩 比 重	水分 (%)	抗折力 (Kg/cm ²)	気孔率 (%)
0.56	0.7	16.0	68

保温剤

化 学 成 分 (%)						
M・Al	Al ₂ O ₃	SiO ₂	T・Fe	T・C	CaO	MgO
22.0	28.2	13.0	1.7	10.0	0.8	4.5

物 理 的 性 質	
嵩 比 重	発熱量 (kcal/g)
0.8	2665

2.5.3 鑄込み作業法

鋼塊の品質は鑄込み作業によって決定付けられると言っても過言でない。二次精練設備の導入によって得られた清浄な溶鋼も次の不適切な鑄造作業によっては鋼塊内に非金属介在物、割れ、気泡の発生等、種々の欠陥が発生する。このためには充分な準備と完全な鑄込み作業が要求される。

(I) 鑄込み温度

鑄込み温度が高すぎた場合、煉瓦の溶損による介在物や割れの発生あるいは鋼塊内の気泡の原因となる。一方低すぎると、介在物の浮上分離を妨げるだけでなく、時には

湯道が凝固し鑄造不能となる。

鑄込み温度は取鍋下の注入流の溶鋼温度で管理され、その温度は連続鑄造の項にて述べた様に“凝固温度+Super heat”で示され、下注造塊のSuper heatは表-26の如くである。

表-26 下注鑄造に於けるSuper heat (°C)

炭素鋼	肌焼鋼	強靱鋼	軸受鋼
60	55	50	80

(2) 鑄込み速度

鑄込み速度は鋼塊表面の“鑄じわ”の原因となり、時には介在物の浮上分離を妨げる場合もある。一方、早すぎる鑄込み速度は表面の割れやPin holeの原因となる。鋼塊の品質を考慮して経験的に得られる鑄込み速度は以下の式で表わされる。

$$t \text{ (min)} = \frac{\text{鋼塊表面積 (m}^2\text{)}}{0.58 \text{ (m}^2\text{/min)}}$$

(3) Casting Powder

注入管を通して鑄込まれた溶鋼は鑄型内で露出し、空気酸化や表面の温度降下により凝固殻が生成し、これ等が表層に巻込まれて鋼塊欠陥の原因となる。この問題を防ぐために下注造塊ではCasting powderが用いられる。

一般的に用いられるCasting powderの化学組成と物理的性質は表-27の如くである。

表-27 Casting powderの特性の一例

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	C	F ₂	軟化点(°C)	嵩比重
33	11	35	5	5.5	6	1,140	0.80

Casting powderは鑄込み前に予め鑄型内に吊しておき、鑄造作業中に湯面が露出したら少量のPowderを補給する。

2.6 分析装置

特殊鋼の溶製に当っては当然ながら含有する化学元素の正確且つ迅速な分析が必要である。鋼中に含有する不純物を含めて諸元素は特殊鋼の特性に多大な影響を及ぼすため、それら化学成分の調整に当っては高い分析精度が要求される。

一方、近代化後に於ては最新の製鋼整備が導入されることとなり、製鋼能率も大巾に向上する。これに伴って分析装置も迅速な製鋼作業に追従し得るものでなければならず、以下に近代化後に於ける南京第二鋼鐵廠に導入すべく分析装置について述べる。

(1) X線分析法

鋼中の主要化学成分の分析用機器として一般的には分光分析装置の他にX線分析装置が広く用いられている。X線分析装置は装置から発生する一次X線を試料に投射し、そこから発生する二次X線の波長とその強度から元素とその含有量を定量的に分析するものである。しかし、この方法では含有金属元素の他にその化合物（例えば酸化物）も同時にTotalとして分析されるため特に特殊鋼の溶製に重要なSoluble AlやSoluble Bの分析は困難である。

一方、X線分析装置は酸化物の分析が可能であるためSlagや煉瓦の分析が可能であり、Off line的にこれ等を分析することによって操業解析に利用されている。

(2) 発光分光分析法

この方法は分析すべき試料に黒鉛電極を用いてSparkさせ、この発行したArcをSlitを通して回折格子にて元素特有の屈折率に屈折させ、入光する測光器にて定量分析を行うものである。この方法はSlag等の酸化物の分析には不向きであるが、先に述べたSoluble AlやSoluble Bの分析も可能である。分析装置を当面1基で行なおうとするならば、X線分析装置よりはむしろ発光分光分析装置を採用すべきである。

(3) 燃焼（機器）分析法

先に述べたX線分析法や発光分光分析法はH, N, OやCの如く低質量元素の分析には不向きである。そのためこれら低質量元素の分析用として'HORIBA'や'LECO'に代表される燃焼式の機器分析が広く用いられている。

この方法は試料を一旦るつぽ内で燃焼させ、そこから発生するCO, N₂, H₂ gasを吸着分離し、化学的に分析した結果を電氣的に解析し分析値をDigital表示するものである。

機器分析を機能的に分けると上記の3種類に分類される。将来的には上記の装置を全て導入することとしても当面は主要元素の分析用として発光分光分析装置とC及びGas分析用に燃焼式分析装置を準備する必要がある。

2.7 生産能力の算定

南京第二鋼鐵廠では近代化が完了後品質の改善と併せて生産能力も大巾に向上する。この章では電弧炉LF及び連続鑄造設備の歩留と能力を試算する。

(I) 電弧炉の生産能力

(A) 歩留

能力の算出に当っては溶解歩留の予測が必要である。溶解歩留は使用される屑鉄の品質や溶製される鋼種によって異なるがJICAの推奨する溶製processの導入に加えて、特殊鋼化によって発生量が増大するであろう良質の廠内屑鉄の配合比率が増加する。これらの点を考慮すると、溶解歩留は現状の91.6%より93%程度まで改善されるであろう。

(B) 生産能力

電弧炉は将来20t電弧炉×3基体制を採るが、近代化後の当分の間は20t電弧炉×2基、5t電弧炉2基の4基体制にて生産を行う。稼働時間については年間7200時間とし算出する。上述の前提を基にした生産能力は以下の如くである。

< 5t電弧炉 >

$$\frac{7200 \text{ (h/y)} \times 60 \text{ (min/h)}}{* 100 \text{ (min/heat)}} \times 12 \text{ (t/heat)} \times 93\% \times ** 80\% \times 2 \text{ 炉} = 77,140 \text{ t/年}$$

< 20t電弧炉 >

$$\frac{7200 \text{ (h/y)} \times 60 \text{ (min/h)}}{* 100 \text{ (min/heat)}} \times 25 \text{ (t/heat)} \times 93\% \times ** 80\% \times 2 \text{ 炉} = 160,700 \text{ t/年}$$

但し、* : 平均Tap to tap時間

** : 稼働率

この計算は常時4炉体制にあるものとして計算されたものであり、近代化後の南京第二鋼鐵廠の溶鋼の生産能力は237,800t/年となる。

(2) LFの生産能力

LFの操業Patternは一般的に加熱、精練が30分で脱gas処理が20分で1heatの処理時間は平均的には50分である。電弧炉4基に対し、LFが2基であり且つ真空設備が1基であるために実操業に当っては互いに干渉し、稼働率は70%程度まで低下するものと予想される。この様な条件下でのLFの年間の生産能力は以下の如くである。

$$\frac{7200 \text{ (h/年)} \times 60 \text{ (min/h)}}{50 \text{ (min/heat)}} \times (12+25) \text{ (t/heat)} \times 93\% \times 70\% = 208,100\text{t/年}$$

(3) 連続鑄造の生産能力

(A) 連続鑄造は多連続鑄造操業によって耐火材やEnergy costの他に鑄造歩留も改善される。この為、連続鑄造設備が稼働したら如何に同一鋼種を連続的に鑄造するかがCost低減の“要”となる。この報告書では経験的な値として94.5%の鑄造歩留を予測した。

(B) 生産能力

連続鑄造の能率は引抜速度に最も影響を受け、鋼種が高級化するに従って品質確保のため低速鑄造となる。鑄造速度と鑄片Sizeの関係は2.4.1に述べたが、一般的にはφ180 X 220mmの特殊鋼の鑄片では1.2m/min程度である。これを基にして能力を算出する。

$$180 \text{ (mm)} \times 220 \text{ (mm)} \times 7.7 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 1.2 \text{ (m/min)} \times 7200 \text{ (hrs)} \times 60 \text{ (min/h)} \\ \times 94.5\% \times 80\% \times 2 \text{ (sl)} = 239,000\text{t/年}$$

2.8 集塵装置

電弧炉とLFからの粉塵発生量は詳細検討を行った上で算出しなければならないが、ここでは、Data不足であるため、われわれの経験から次のように設定する。

20(電弧炉+LF最大Gas 発生量 280,000N m^3 /h (Max.) 温度 60 $^{\circ}\text{C}$)

集塵Systemの概要を図-57に示した。

集塵Systemは次の3系統に大別される。

① 直接吸引系統

出鋼時以外は常に吸引されている。Gasは炉の第四の孔から引かれ、水冷Ductを経て燃焼塔に導かれ、危険なCOを酸化させた後、再び水冷Ductを通った後Buffer塔を経て送風機により集塵(Bag filter)室に導かれ濾過される。

② Dog house 系統

電弧炉はDog house と呼ばれる箱状の施設に覆われる。このDog houseの天井は屑鉄装入時に開放されるが、他の時には閉じている。また、Dog houseの前面は扉構造になっており、必要に応じて開閉される。Dog houseにも吸引Ductが設けられている。Dog houseの主目的は防音であるが、集塵にも役立っている。

③ Canopy系統

いわゆる建屋集塵である。

以上3系統の集塵回路のうち、主体は直接集塵である。電弧炉の炉内圧力制御は燃焼塔の後のDumperによって行われている。他の2系統のDumperは風量制御に用いる。

Bag filterへの入口温度はFilter材質にもよるが、Polyesterの場合には通常130 $^{\circ}\text{C}$ 以下になるように制御される。このため、Buffer塔には入口温度が設定値上限を超えたときに外気を吸引するための弁が用意される。

送風機は誘導Motorであれば約1,000kWの容量が必要であろう。

Bag filterは200mg/N m^3 以下の塵埃を保証するだけの濾過面積が必要であり、それは約3,500 m^2 になろう。

Bag filterには逆洗(Bag-cleaning) systemが必要であるが、機械的振動装置の逆洗Systemよりも、高圧空気(圧力3気圧~5気圧)によるPulse方式を推奨する。

Bag filterの数量は各製造者の設計思想により異なる。しかし、Bag filter保全の上から、少なくとも、通常運転用Bag filter室(約5室)+Filter交換のためBag filter室(1室)、合計6室に収められていなければならない。

捕捉された塵埃は、Bag filterの下部に設置されたHopperからConveyerによってGranulating unitに運ばれ、運搬に都合の良い粒度の粒に成型され、処理される。

(集塵装置は高価であり、これをどのように鋼鉄廠に導入するかは鋼鉄廠自身の今後の問題であり、近代化計画には組入れない)

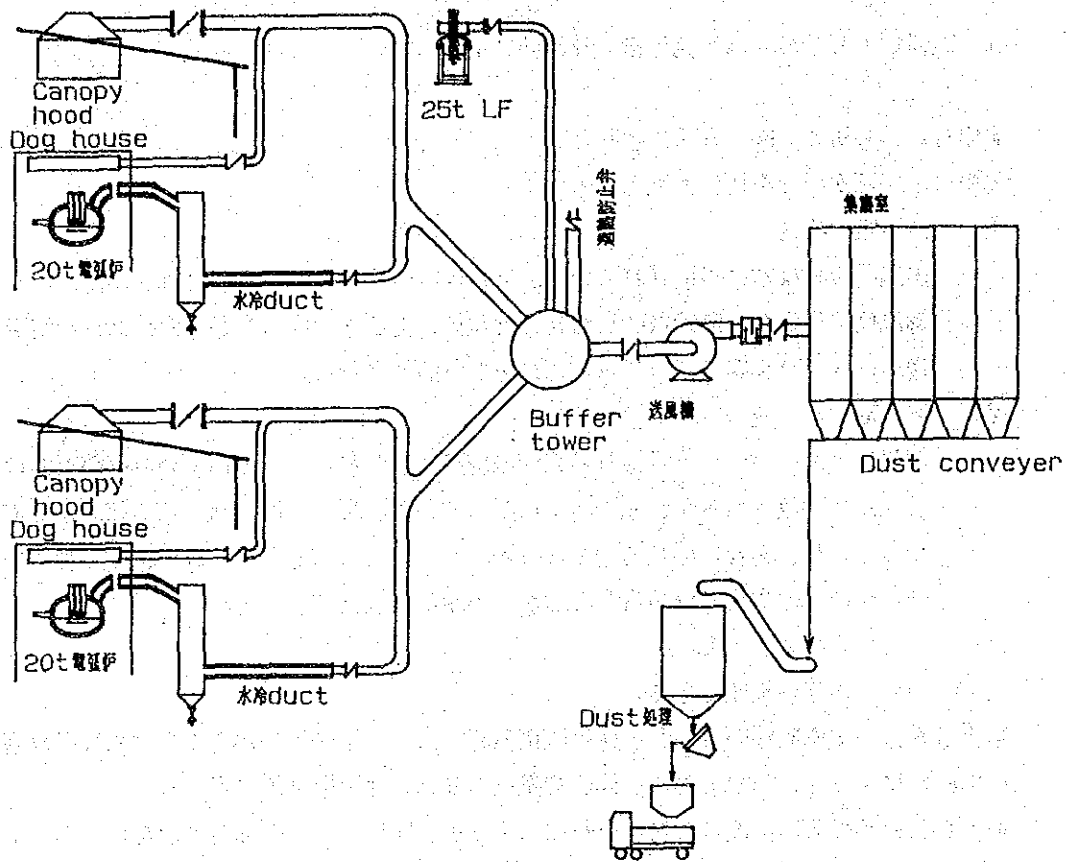


图-57 集塵System

2.9 要員計画

近代化の完了によって新設備が稼働することとなるがこれに伴い新たな人員の配置が必要となる。表-28には“原料-製鋼”までの生産に直接携わる者の人員計画であり、技術員は含まれていない。

表-28 近代化後の人員計画

職 種	人員/直	直 数	計	備 考
原 料 準 備	8	1	8	屑鉄回収, 切断, Press 等
原 料 配 合	4	3	12	
電 弧 炉 操 業	16	3	48	4人/炉
L F 操 業	3	3	9	
B o i l e r	1	3	3	真空用
連 続 鑄 造	7	3	21	
Tundish 整備	5	1	5	設備管理含まず
鋼塊鑄込み	5	3	15	鑄型set, 鑄込み, 型抜
定 盤 煉 瓦	4	3	12	
耐 火 材	10	1	10	取鍋, 電弧炉
起 重 機	12/5	3/1	36/5	
計	-	-	184	

2.10 新設備の投資額（概算）

基礎、建屋及び起重機を除いた主要設備の概算金額は以下の如くである。

表-29 主要設備の概算金額

設備名	金額 (百万円)
Scrap press	65
20t 電弧炉x2	1,050 (変圧器を含む)
合金投入装置	190
LF X 2	1,020 (真空槽を含む)
蒸気発生装置	110
連続铸造	3,200 (但し、基礎工事を除く)
Tundish x 8	76
発光分光分析	49
機器分析 (C, S)	15
" (O, N)	20
" (H)	18
計	5,813

2.11 製鋼工場の全体layout

図-58に製鋼工場の全体図を示す。原料棟と溶解棟は各炉1本のClam shell用台車線で結ばれ、将来の高効率操業に対応可能とした。4基の電弧炉（20t 電弧炉は現在の基礎のみが完成）は現状の儘とし、新設のLF 2基は20t 電弧炉の間に設置し、電弧炉操業との情報の緊密化とLFの分析試料の搬送の便利性を考慮した。CC設備は現在の鋼塊精整Yardに設置するものとし、鑄片はRoller gangにて圧延工場へ直結する。

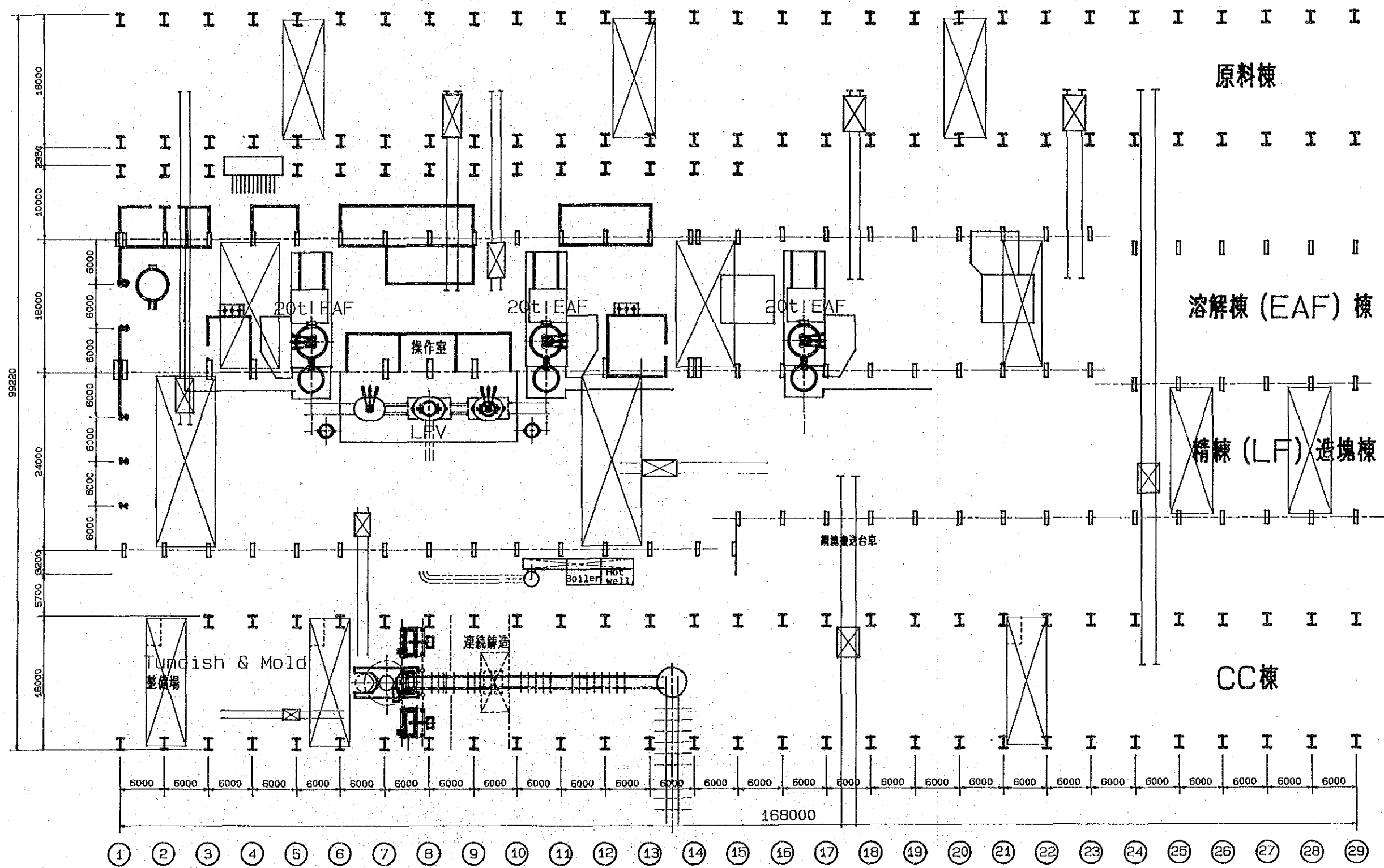


図-58 製鋼工場全体図

VI 章 工場近代化計画

3 第一圧延工場の近代化

3. 1	加熱	-----	VI-84
3. 2	圧延	-----	VI-102
3. 3	要員計画	-----	VI-131
3. 4	主要設備仕様および概略予算	-----	VI-132

3 第一圧延工場の近代化

3.1 加熱

3.1.1 加熱炉の現状 (図-61参照)

第一圧延工場の既存加熱炉の仕様を以下に示す。

— 形式	石炭焚PUSHER式連続加熱炉
— 能力	設計値: 30t/h 1989年実績 (平均): 22t/h
— 有効炉長	30.8m
— 有効炉幅	3.48m
— Pusher能力	押込み力: 30t Motor: 45kW Stroke: 2m
— Pusher基数	2台 (2列装入)
— 最高温度	通常1200°C 最高1250°C (良質石炭を使用した場合)
— 温度制御	手動操作 (2人/直) 精度: ±50°C (±10°Cは困難) 制御項目: 石炭投入量、空気量、石炭CONVEYER速度
— 燃焼帯	6帯
— 石炭消費量	130kg/t (制御良好時) ~180kg/t (通常制御時)
— 石炭真発熱量	5500~6000kcal/kg (平均5750kcal/kg)
— 平均熱効率	19.7%

3.1.2 近代化についての検討

(1) 諸元

年間作業時間	6930h/y
年間作業量	鋼塊 86,885t/y (38.3%) (一般鋼61,825t/y) (軸受鋼25,060t/y) CC鋼片 140,522t/y (61.7%)

鋼塊寸法

図-59に工場近代化最終段階で製造される鋼塊寸法を示す。
なお、一般鋼の内、54,289t/yは購入鋼塊により生産されるが、現状の320kg鋼塊および470kg鋼塊では小さ過ぎるため、同一加熱炉では加熱能力が不足する。よって、購入鋼塊は南京第二鋼鐵廠で生産される鋼塊とほぼ同じ寸法、重量であることが望ましい。

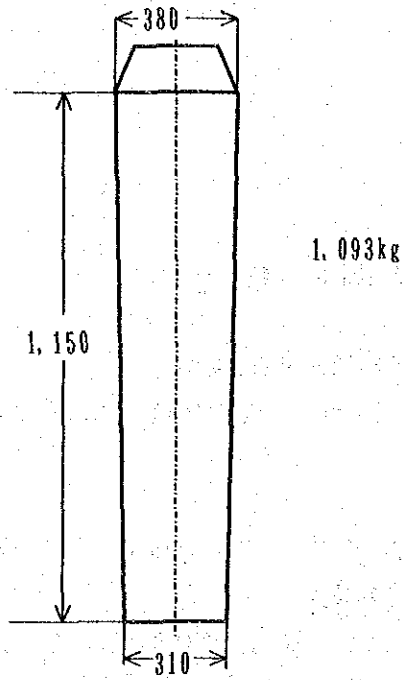


図-59 鋼塊寸法

CC鑄片寸法 180mm x 220mm x 3200mm長 950kg

鋼塊とCC鑄片の物流

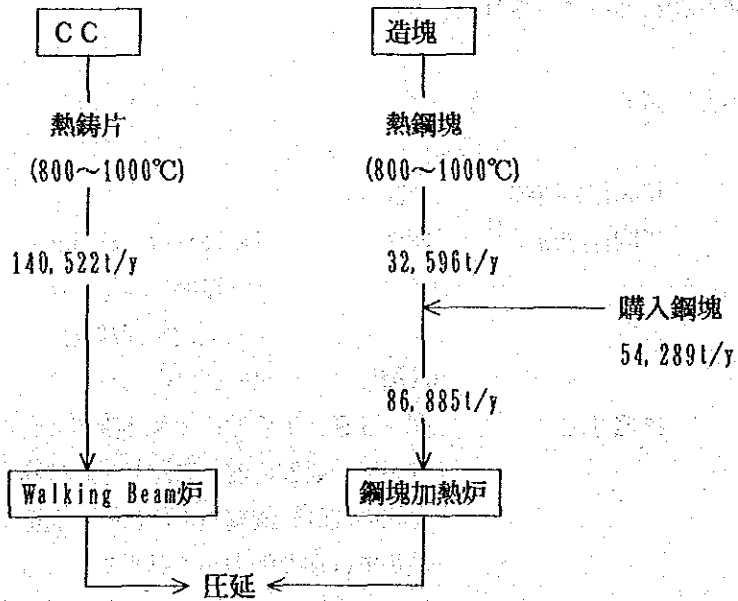
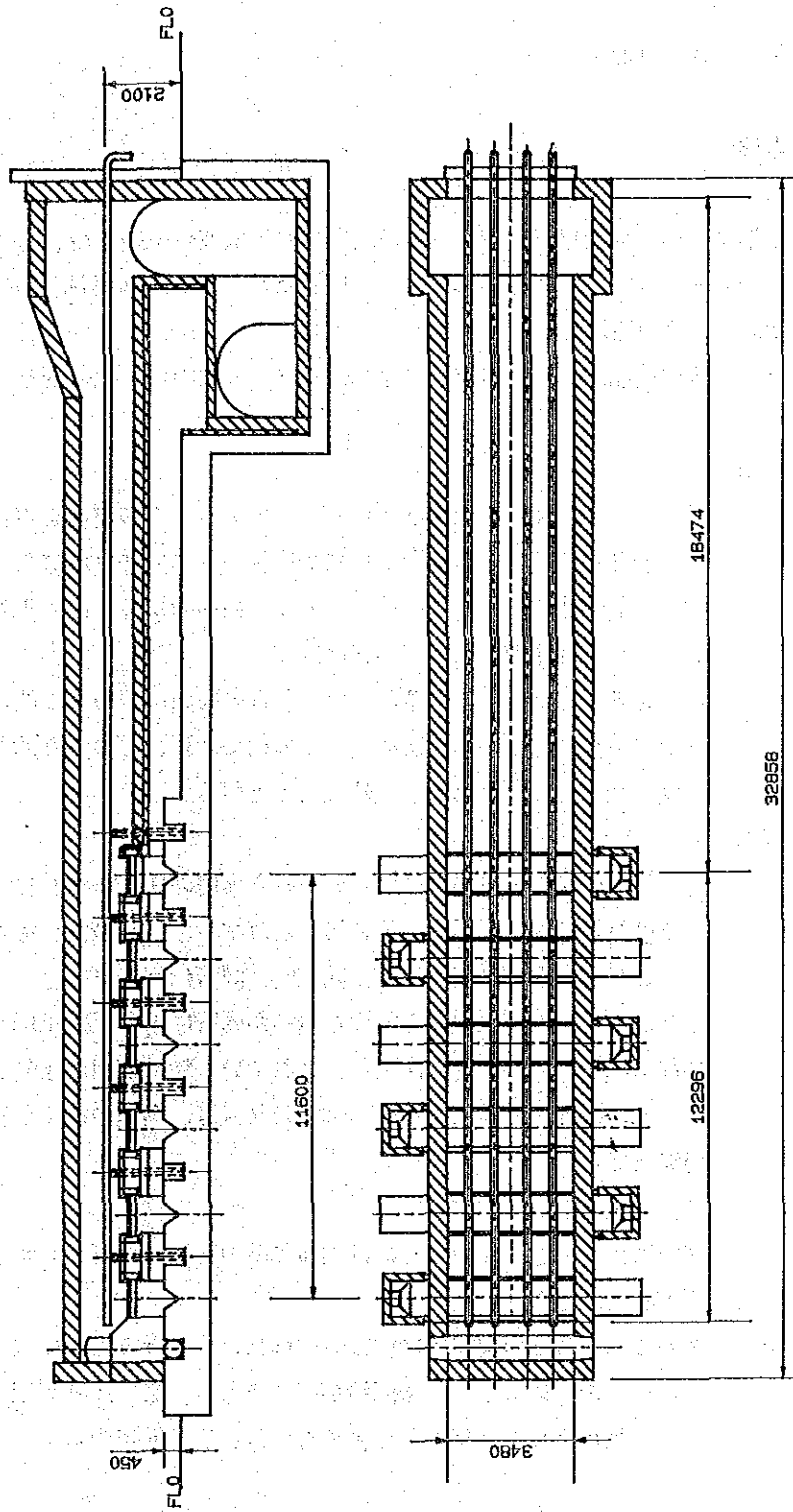


図-60 鋼塊とCC鑄片の物流



既存鋼塊加熱炉

図-61 既存鋼塊加熱炉

(2) 現状の炉の検討

鋼塊の加熱

全鋼塊の内、自工場で製造される32,472t/yの鋼塊は型抜き後、省エネのために高温(800℃~1000℃)で加熱炉に装入したい。ただし、購入鋼塊54,289t/yは常温で加熱炉に装入される。

Pusher式連続加熱炉は高温装入には適合しない。理由は下記の通りである。

理由1:

近代化後の鋼塊は鋼塊重量は1,093kgである。この鋼塊を現状のPusher式加熱炉で加熱するには次の能力が加熱炉に備わっていないなければならない。

① 加熱能力35t/h (3H-φ750mm 圧延機能力は32t/h) (現状は22t/h)

② Pusher能力: 100t (現状は30t)

この要求を満たそうとするならば、既存のPusher炉の大々的な改造を行わなくてはならない。しかも、次に述べる理由により、この大々的な改造もCC鑄片の圧延と両立しないため、無意味なものとなる。

理由2:

近代化後の第一圧延ではCC鑄片の圧延と鋼塊の圧延が交互に行われる。製鋼工場では21基の20t電弧炉は連続鑄造と直結し、1基の20t電弧炉は造塊に直結し、これらの作業は基本的には独立的に同時に行われる。

したがって、製鋼工場から鑄片と鋼塊が同時に第一圧延工場へ搬送されることになる。もし、CC鑄片の圧延が行われている時に鋼塊が圧延工場に搬入されてきても、既存の連続加熱炉への鋼塊の装入は、鋼塊の抽出が行われないため不可能となる。

以上の理由により、近代化のためには鋼塊加熱炉としてはBatch炉(Pit炉あるいは出入れ炉)が必要となる。

出入れ炉の場合、鋼塊の運搬・操作はManipulatorで行うことになるが、Manipulatorの走行には多くの床面積が必要である。第一圧延工場の当該面積は小さいため、出入れ炉よりも面積を多く占めないPit炉を推奨する。

以下にPitの検討を行う。

(A) 前提条件

最大圧延能力 鋼塊: 40t/h

加熱時間 一般鋼塊: 熱鋼塊 1.5h 冷鋼塊 4h

軸受鋼鋼塊：20h
 Pit 容量 25t/heat (25t 電弧炉1heat 分一 鋼塊22本)
 加熱作業時間 (289d/y + 52d/y) x 24 = 8,184h/y
 圧延作業時間 (年間6,930h≒289d) だけでなく、日曜日も
 利用

(B) 必要炉数

熱鋼塊 (一般鋼) 加熱時間

$$\frac{(32,596-24,936) \text{ t/y} \times 1.5 \text{ h/heat}}{(1.093 \times 22) \text{ t/heat}} = 477.8 \text{ h/y}$$

冷鋼塊 (購入鋼塊) 加熱時間

$$\frac{54,289 \text{ t/y} \times 4 \text{ h/heat}}{(1.093 \times 22) \text{ t/heat}} = 9,030.9 \text{ h/y}$$

軸受鋼加熱時間

$$\frac{25,060 \text{ t/y} \times 20 \text{ h/heat}}{(1.093 \times 22) \text{ t/heat}} = 20,843.4 \text{ h/y}$$

合計加熱時間 30,352.1h/y

必要基数： $\frac{30,352.1 \text{ h/y}}{8,184 \text{ h/y/炉}} = 3.7 \text{ 炉} = 4 \text{ 炉}$

炉修理1炉を考慮し、合計5炉とする。

CC鑄片の加熱

現状のPusher式加熱炉で950kg の熱鑄片を連続加熱することは、次の理由により困難である。

- (A) CC鑄片の圧延能力は最大40t/h (平均能力の20%増)である。熱鑄片加熱時間は2hとすると、炉の中に滞在する鑄片は84本で十分であるが、現状の炉長は30.8m であるため、172本の鑄片が装入されることになる。これら鑄片を押し込むに必要なPusher用電動機は150kW 以上でなければならない。現状の45kW電動機では不足である。
- (B) 現状の炉は、炉長30.8m 加熱装置が設置されているのは12.3m のみであり、他は燃焼装置がない予熱帯である。このため、熱鑄片は予熱帯でかえって冷却さ

れることになるため、予熱帯にも燃焼設備が必要となる。

- (C) 現状の炉の燃焼帯は石炭焚きの下部燃焼帯のみである。近代化時には±10℃の加熱精度が要求される。このため、上部加熱も必要になる。上部加熱は石炭焚きでは困難であるため、重油（あるいはGas）燃焼によるBurnerを設置しなければならない。
- (E) 3,200mm 長さのCC鑄片を700mm幅のSkid rail上で押込むことはできないため、Skid rail の幅を2,000mmに拡大しなければならない。また、荷重も約2倍になるため、より太いSkid構造にする必要がある。
- (D) 天井走行式起重機で熱鑄片をPusher部分に、人手で整列させることは困難である。新たに自動装入設備の設置、もしくは特殊起重機を導入を計らなくてはならない。

このような改造を行うとするならば、全く新しい炉を製作することと何ら変わらないことになる。CC設備からの熱鑄片の第一圧延工場への瞬時的供給能力と、瞬時的圧延能力は同一ではない。これをできる限り調整しながら加熱するにはWalking beam炉が最も適性である。

(3) 近代化後の鋼塊加熱炉およびその周辺設備

(A) 鋼塊加熱炉

炉体概略形状：図-62参照

燃焼制御： 図-63参照

(a) 炉形式：

重油燃焼Pill式加熱炉（以下、Pill炉と言う）

(b) 有効寸法：

炉幅：3,200mm (300 + 1150 + 300 + 1150 + 300)

炉内高：2,080mm

鋼塊受けれんが高さ300mm + 鋼塊上部径（最大）380mm + 燃焼空間1,400mm

炉長：7,395mm

鋼塊11 x (380 + 310)/2 + 鋼塊間隔300 x 12 = 7,395mm

（鋼塊2列装入）

(c) Burner

本数 8本（片側4本）

冷塊装入を設計基準とする。

必要全熱量

$$\frac{1,093\text{kg/鋼塊} \times 22 \text{ 鋼塊} \times 1250 \text{ }^\circ\text{C} \times 0.17\text{kcal/kg/}^\circ\text{C}}{4\text{h} \times 0.35}$$

$$\cong 3,650,000\text{kcal/h}$$

0.35: 熱効率

Burner 1本当たり熱量

$$\frac{3,650,000\text{kcal/h}}{8\text{本}} = 652,000\text{kcal/h}$$

$$\times 0.7$$

0.7: Burner 開度70%平均

形式 蒸気噴霧式重油Burner

蒸気使用量 65kg/h (3kg/cmf)

炉蓋”開”の時、Burner開度は約10%に絞られること

(d) 送風機能力: 理論空気量 10.23Nm³/kg

ただし、燃料成分は次のように想定した。

C	H	O	N	S	不燃物
83.0	10.5	0.5	0.4	2.0	3.6

$$\text{送風量} : \frac{10.23\text{Nm}^3/\text{kg} \times 1.2 \times 3,650,000\text{kcal/h}}{9,750\text{kcal/kg}} = 4,600\text{Nm}^3/\text{h}$$

送風機用電動機: 40kW

$$: \frac{4,600\text{Nm}^3/\text{h} \times 1,200\text{mmAq} \times 1.3}{60\text{min/h} \times 6120} \cong 40\text{kW}$$

(e) 炉蓋

昇降距離 100mm 昇降速度 20mm/s

走行距離 約4,500mm 走行速度 24m/min

Sealing 炉蓋とPit 上端のSealing (気密保持) はMetallic knife とSand jointで行われること。

(B) 鋼塊搬送台車

型抜きされた鋼塊はStripper Craneによって断熱が施された鋼塊搬送箱に装入される。天井走行起重機により鋼塊搬送箱は搬送台車に積載され、Pit 炉区域に運ばれ、Soaking crane によってPit 炉へ装入される。

鋼塊搬送箱 数量 3 (予備1を含む)

内側寸法 高さ 1,500mm

幅 1,660mm (300 + 380 + 300 + 380 + 300)

長さ 7,780mm (380 x 11 + 300 x 12)

装入鋼塊数/箱 最大 22鋼塊

台車 定格荷重 35t (鋼塊搬送箱2箱を積載)
 荷台寸法 幅 2,000mm
 長さ 10,000mm
 駆動 Trolley 式自走
 走行速度 150m/min

(G) Soaking pit crane

鋼塊のPit 炉への装入およびPit 炉からの抽出のために用いる。抽出頻度は最大で98秒に1鋼塊である。このため、1台のCrane は抽出作業のみに用いられ、装入作業はできなくなる。したがって、2台のSoaking pit crane が必要となる。

形式 自重掴み式 (鋼塊の自重と掴み装置自重の双方がTongに作用する掴み力に寄与し、機構が簡単で保守点検、修理が容易である。また、巻上げ装置が故障してもTrolley 上の掴み装置が炉上にあるときはTongの開閉装置によって掴み装置の退避が可能である)

把持力 4t
 Tong開放 最大600mm 最小100mm
 Tong昇降速度 20m/min
 Tong旋回速度 7rpm
 掴み速度 80m/min
 起重機走行速度50~100m/min

(H) 鋼塊供給台車 (1式)

Soaking pit から抽出された鋼塊をSoaking crane で圧延Lineまで運搬していたのでは圧延Pitch に追従できない。Soaking pit crane から抽出された鋼塊は、そのPit 炉の近くに待機している鋼塊供給台車に積載され、圧延Lineへ運搬される。Soaking pit crane は鋼塊の装入・抽出作業のみを行う。

この台車の操作はSoaking pit crane の操作者によって行われる。

定格荷重 1.5t
 駆動 Winch 式
 台車速度 4m/s
 停車定位置 6箇所 (5 pit 炉+圧延鋼塊供給箇所)

(I) 重油Tank : Tank容量 : W・B炉と共用

3日分 162kℓ ⇨ 100kℓ 2基

$$\text{Pit 炉 } 3,650,000\text{kcal/h} \times 4 \times 3 \times 24 \div 9,750 = 108 \text{ kℓ}$$

$$\text{WB炉 } 7,370,000\text{kcal/h} \times 3 \times 24 \div 9,750 = 54 \text{ kℓ}$$

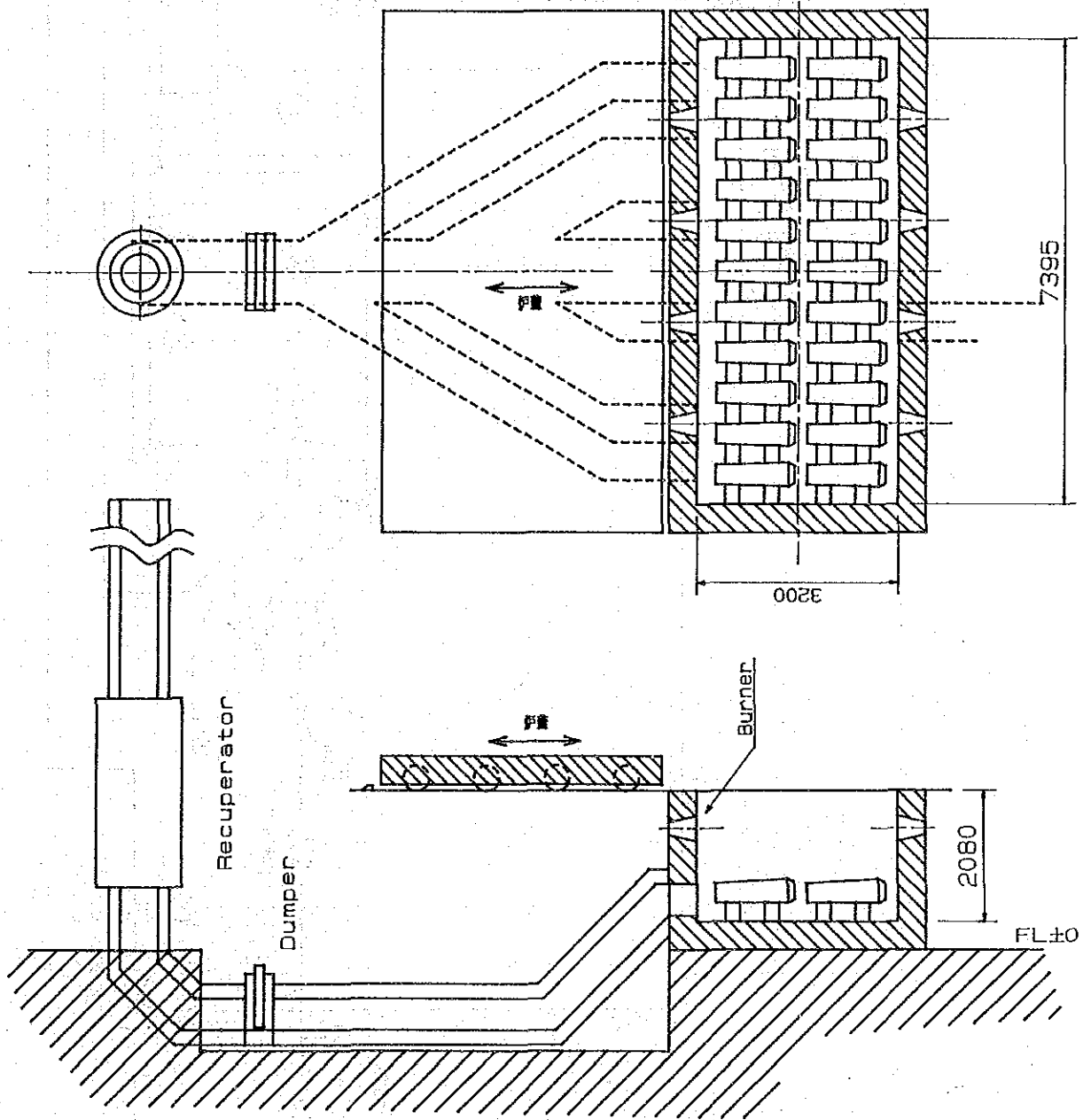


图-62 Pit炉概略形状

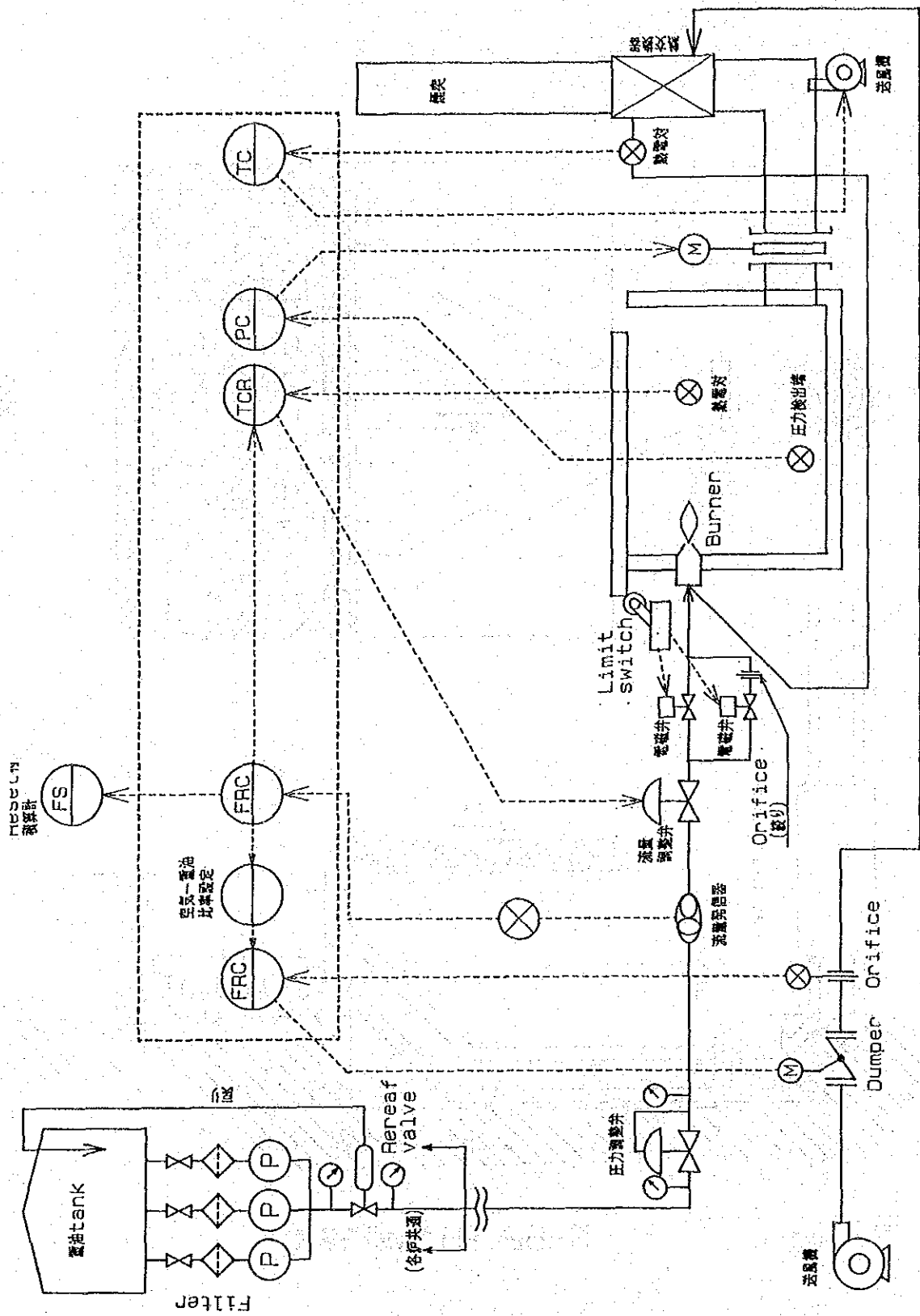


图-63 燃烧控制系统

(4) Walking beam炉

(A) CC鑄片寸法: 180mm x 220mm x 3,200mm (950kg)

(B) 鑄片量: 熱鑄片 140,522t/y

(C) 加熱能力: 45t/h

(D) 加熱時間: 2h (熱鑄片)

(冷鑄片を加熱することもあり得るが、特例とする)

(E) 装入方法: 側面Roller table+Pusher 最大装入Pitch: 2 鑄片/254s

(F) 抽出方法: 側面Roller table 最大抽出Pitch: 1 鑄片/76s

(G) Walking Cycl: 上昇: 200mm 6.5s

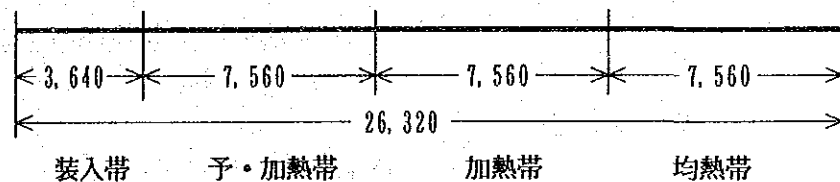
送り: 280mm 5.0s

下降: 200mm 6.5s

戻り: 280mm 5.0s

合計 23.0s/cycle

(H) Beam長: (mm)



駆動Beamの動きを図-64に示した。すなわち、水平方向には同時駆動であるが、上下方向の動きに対しては、それぞれの駆動Beamは完全に独立しなければならない。

(I) 燃焼Zone: 予熱Zone 11,200mm

加熱Zone 7,560mm

均熱Zone 7,560mm

(J) Burner:

設定最高温度: 1,300°C

装入最低温度: 800°C

平均必要熱量: $45,000\text{kg/h} \times 500^\circ\text{C} \times 0.17\text{kcal/kg/}^\circ\text{C}$

$0.3 \times 2\text{h}$

$= 6,375,000\text{kcal/h}$

最大燃焼能力: $\frac{6,375,000\text{kcal}}{0.7} = 9,100,000\text{kcal/h}$

0.7

Burner形式: Side-burner

表-30 Walking beam炉のBurner容量

Zone	Burner 本数	Burner 容量 kcal/h	熱量 合計 kcal/h	熱量 割合 %
予熱帯 (上部)	10	150,000	1,500,000	16.5
(下部)	10	200,000	2,000,000	22.0
加熱帯 (上部)	8	200,000	1,600,000	17.5
(下部)	8	250,000	2,000,000	22.0
均熱帯 (上部)	8	100,000	800,000	8.8
(下部)	8	150,000	1,200,000	13.2
(合計)	52	-	9,100,000	100.0

(K) 送風機：送風量： $10 \times 23 \text{ Nm}^3/\text{kg} \times 1.2 \times 9,100,000 \text{ kcal/h} = 11,458 \text{ Nm}^3/\text{h}$
 $9,750 \text{ kcal/kg}$

送風機用電動機：70kW

： $\frac{11,458 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 1,200 \text{ mm}^2 \times 1.3}{60 \text{ min/h} \times 6120 \times 0.7} = 70 \text{ kW}$

(L) 装入用Roller table:

Roller寸法：φ300mm x 500mm (Face) 長

Roller pitch: 1,000mm

No. 1 roller table 速度 0.15 ~ 1.5m/s

No. 2 roller table 速度 0.05 ~ 0.5m/s

Roller駆動 単独駆動、もしくはできるだけ少数RollerのGroup 駆動
 各Roller table終点にはStopper が設置されること。

(M) 鋳片位置・長さ制御測定装置

鋳片位置測定 Photo cell

鋳片長さ測定 Laser

(N) 中間抽出Table :

形式 Walking beam

最大積載量 26鋳片 (24.7t)

概略寸法 幅 8m

長さ 3.5m

(O) 概略炉形状：図-6-5および図-6-6参照

(P) 燃焼制御系統：図-6-7参照

(Q) 重油Tank：Tank容量：3日分 100kℓ 2基

Pusher式鋼塊加熱炉と共用

T-T 時間=110min, 2 strands CC
 24.7t/55min=26歩分/55min
 歩みpitch=2歩分/254s
 歩みpitch=1歩分/76s

Walking cycle=23s/cycle
 Walking pitch=280mm

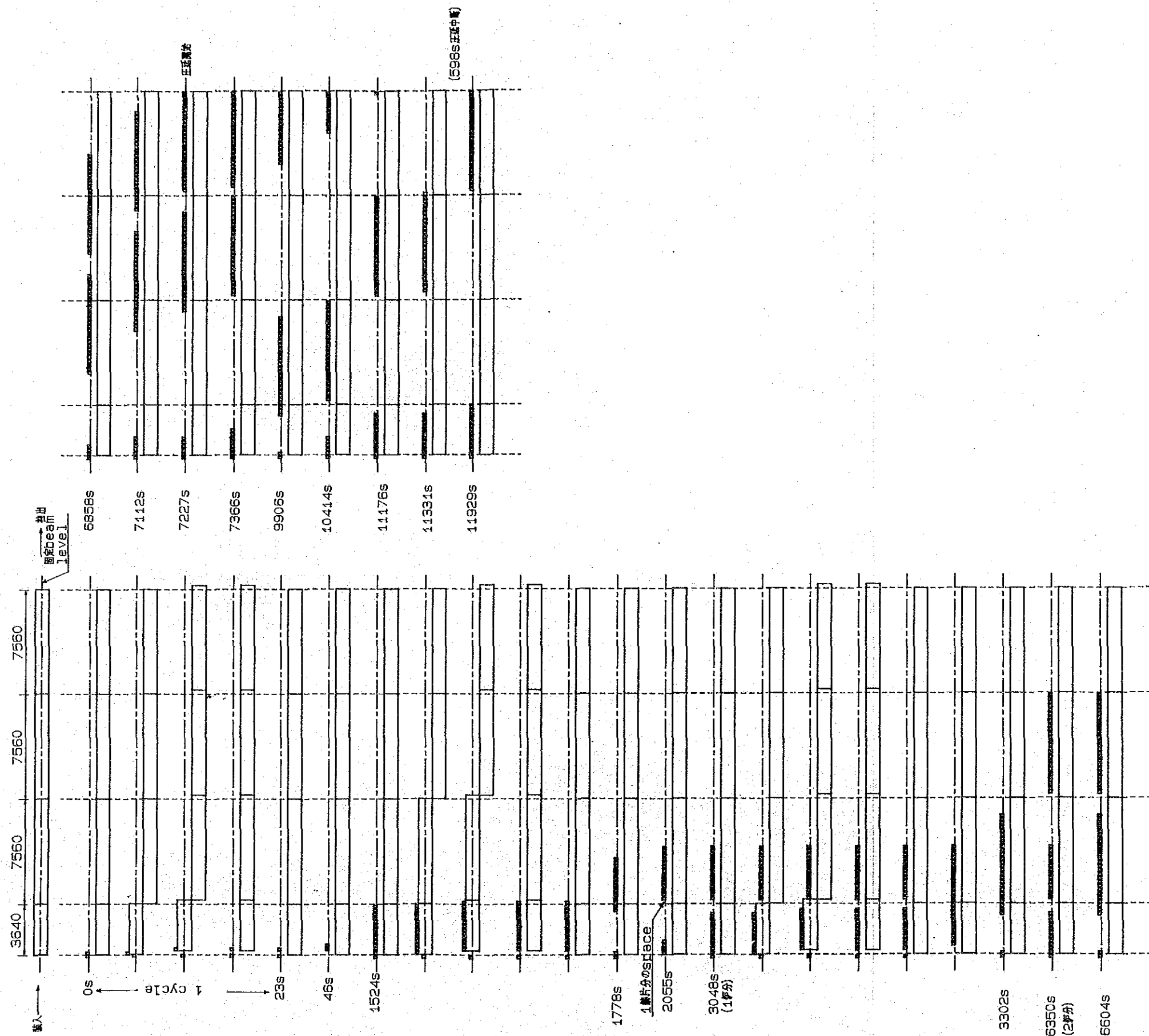


図-6-4 駆動Beamの動き (例)

DS-WA00-0

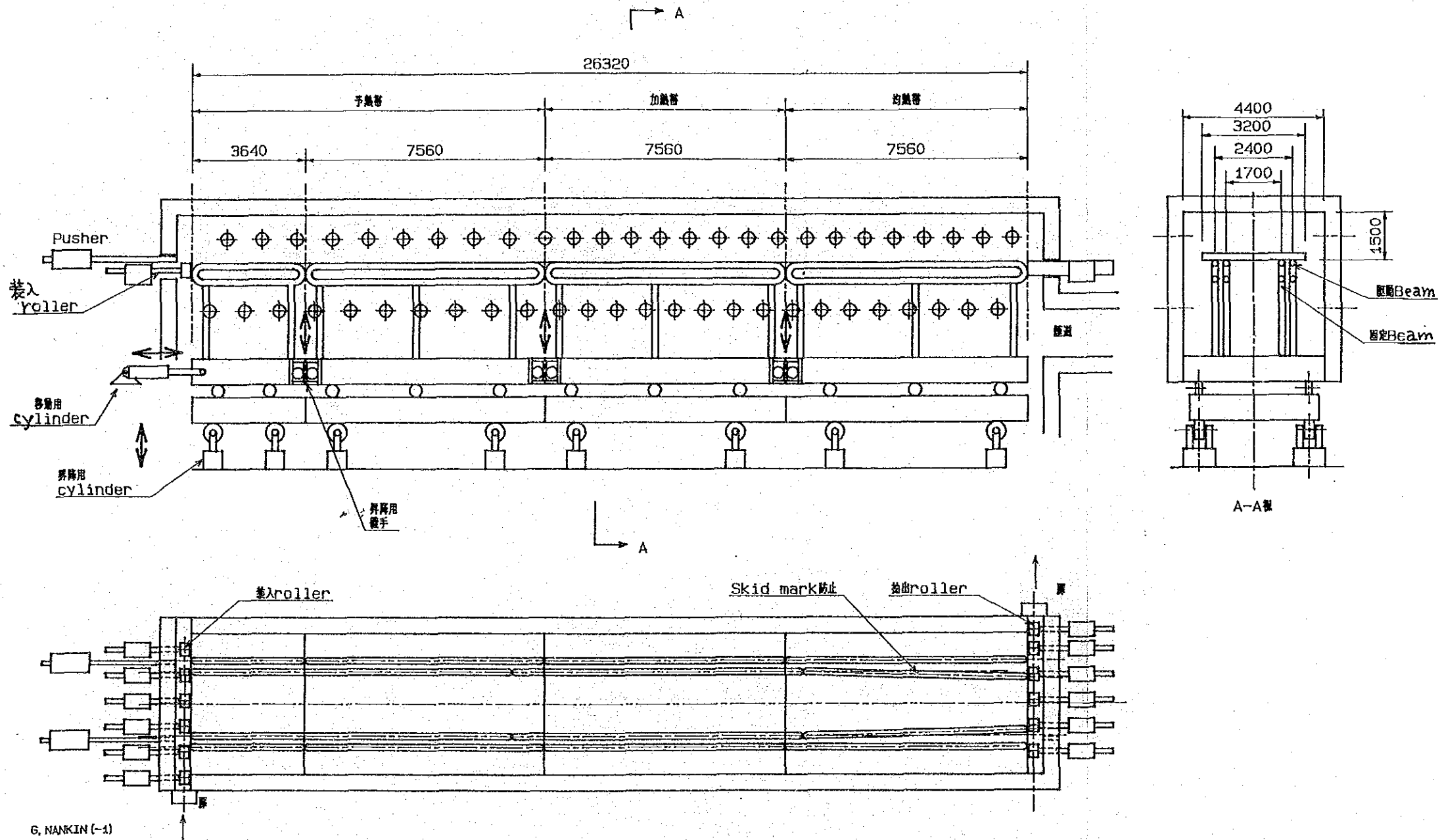


图-65 Walking beam 炉概略形状

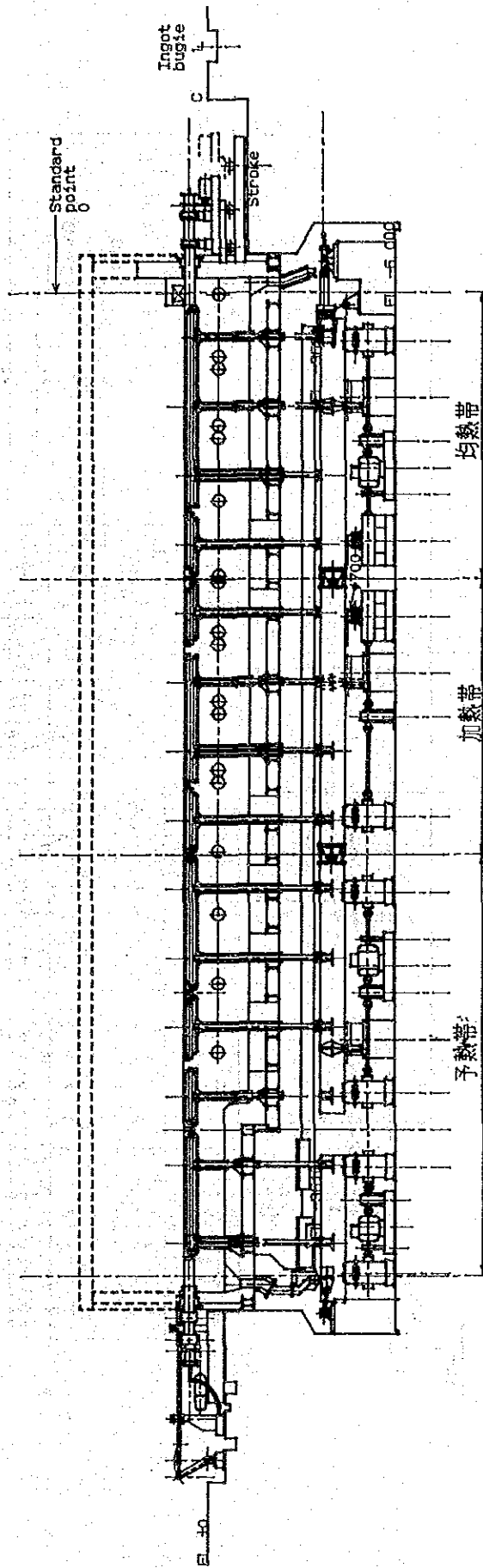


图-66 Walking beam 炉 (参考图)

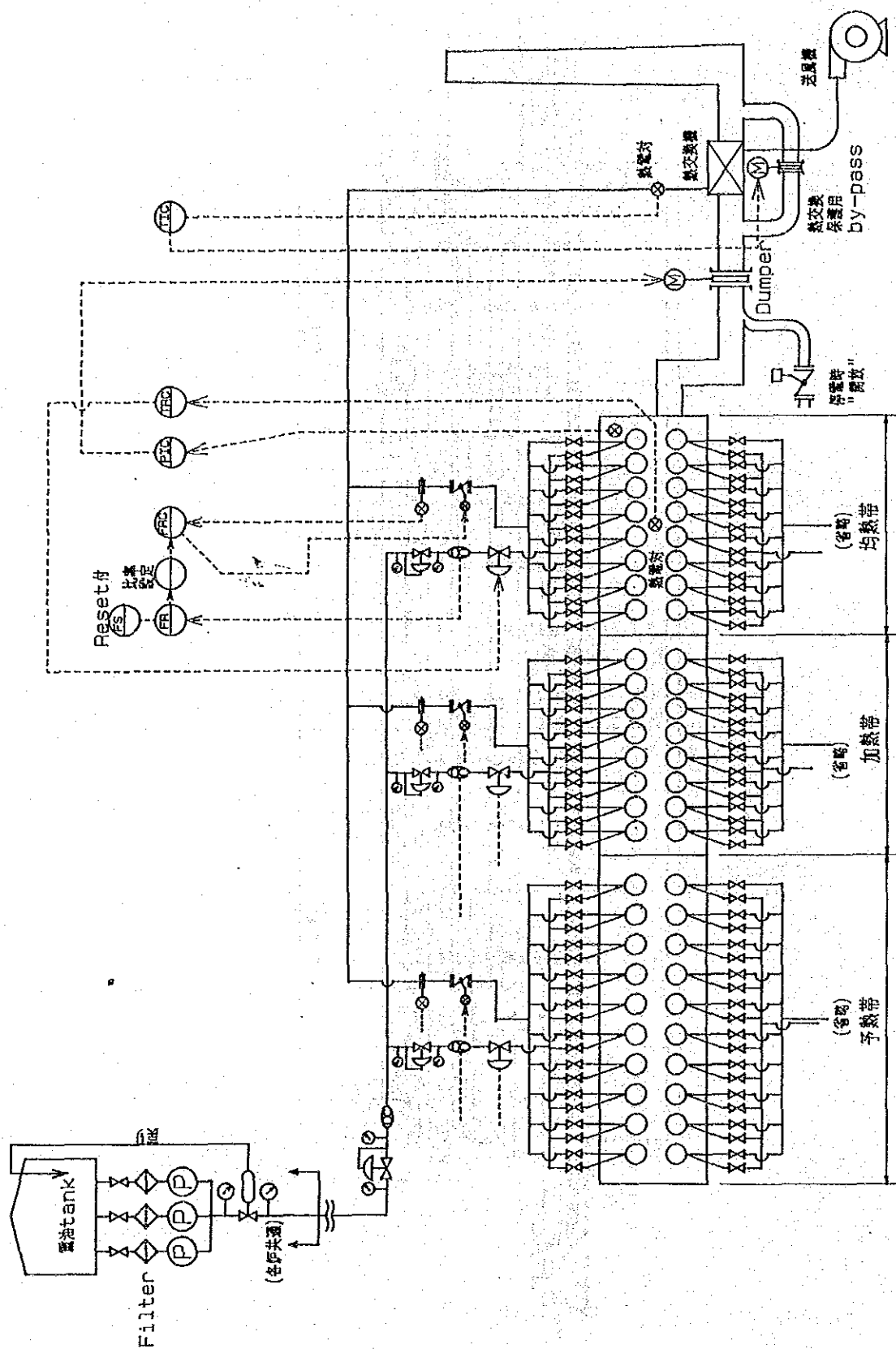


图-67 Walking beam furnace combustion control system

(5) 加熱炉配置図

図-68にW・B炉とPit炉の配置図を示す。

熱鑄片はCCの抽出Table からRoller tableによって、W・B炉に装入される。CCから抽出された鋼片は2つのTurn tableによって方向転換される。W・B炉に鑄片が一杯に装入され装入が不可能な場合、あるいは、W・B炉の故障、圧延設備の故障などによりW・B炉へ装入不能な熱鑄片はRoller tableの途中に設置されているWalking beam式のTable（中間Table）を経て、起重機によって一時鑄片置き場に保管される。再度、圧延に供せられる場合は、冷鑄片となって起重機によって再びこのWalking beam式Tableへ積載され、W・B炉に装入される。

Roller tableは、W・B炉近くのTurn tableによってNo.1 roller tableとNo.2 roller tableとに区分される。No.2 roller tableは低速度の駆動が要求される。

中間Table周辺の作業のために新建屋と1台の天井走行起重機が必要になる。この建屋は次Pageの配置図よりも、でき得るなら雨天時を考慮し、製鋼工場まで延長することを推奨する。

W・B炉の抽出Rollerの中心は#2st 圧延機の中心と同一にする。

現状の加熱炉の煙突はW・B炉に利用できない。新しい煙突が必要である。

鑄型から型抜きされた鋼塊は断熱箱に装入され、鋼塊搬送台車によって製鋼工場からPit炉地域に搬送され、Soaking pit craneによってPit炉に入れられる。

圧延の要求によって、加熱された鋼塊は順次Soaking pit craneによって抽出され、専用の台車によって圧延lineまで搬送される。この台車にはRoller tableが備えられており、圧延lineに組込まれているTurn tableに達すると、このRoller tableが駆動し、鋼塊をTurn tableへ送り出す。鋼塊の搬送が完了すると、台車は自動的にSoaking pit craneの運転者が指定した場所に高速で戻る。

Pit炉の炉蓋はSoaking pit craneの運転者によって無線操縦される。

両炉の操作室は炉の配置上の理由から、共用にはできないため、それぞれ独立させる。

重油Tankの設置場所は、重油消費量の中心点が望ましいが、重油の主Pump容量が十分に大きければ、特に指定しない。

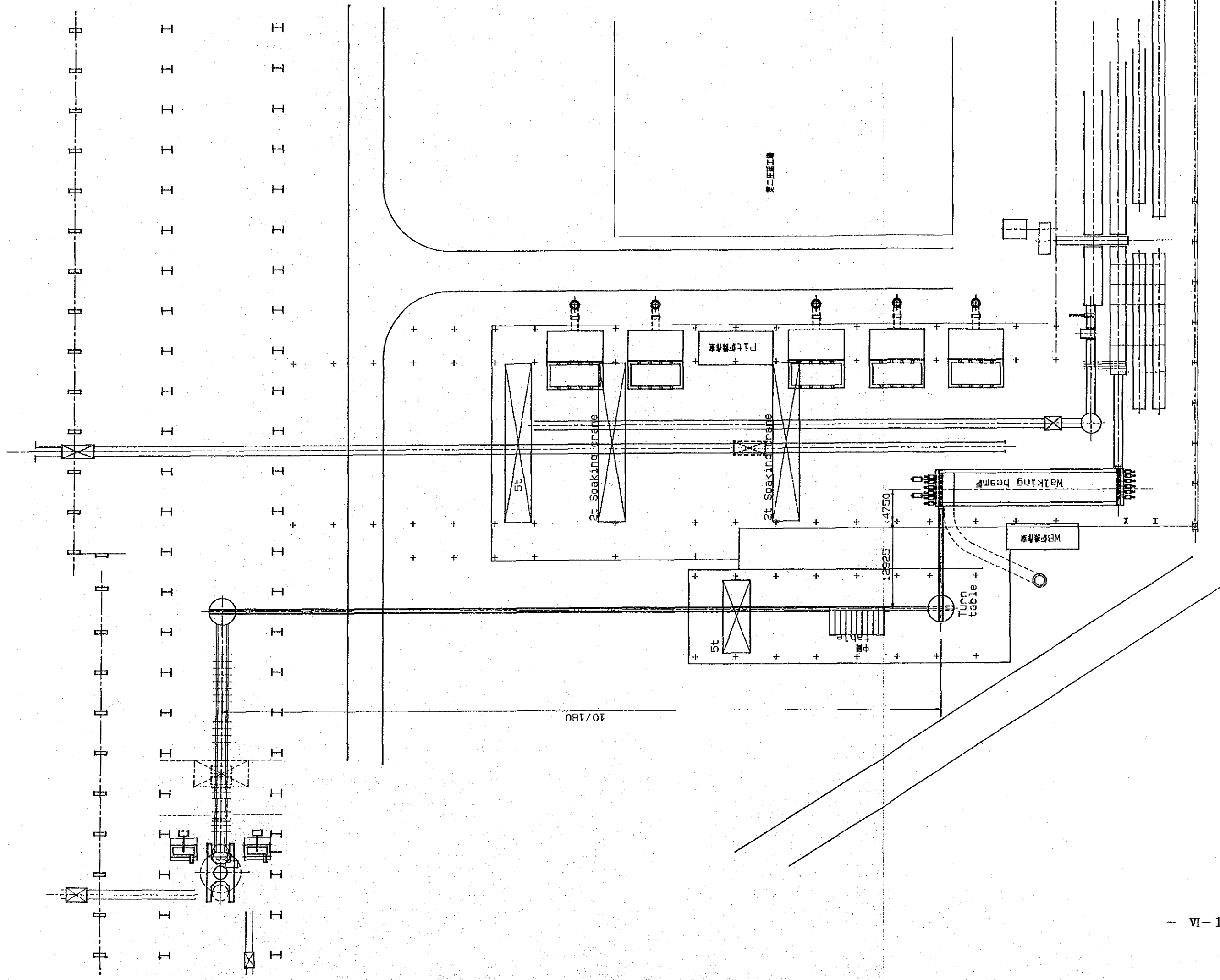


图-68 第一压延加热炉配置图

3.2 圧延

3.2.1 圧延 size 及び圧延量

(1) 圧延 size

φ50, φ50	± 0.4
φ55, φ55	± 0.6
φ60, φ60	"
φ65, φ65	"
φ70, φ70	"
φ75, φ75	"
φ80, φ80	"
φ85, φ85	± 0.9
φ90, φ90	"
φ95, φ95	"
φ100, φ100	"

製品長さ : max 6 m

(2) 圧延量

1. 工程流れ図参照

表-31 圧延装入量t/y

区 分	鋼 塊			C C 鑄 片			計
	(丸)	(角)	(鋼片)	(丸)	(角)	(鋼片)	
普通炭素鋼	—	54,289	1,094	—	9,404	19,652	84,439
構造用炭素鋼	922	367	1,142	16,126	6,404	19,659	44,620
構造用合金鋼	526	306	2,905	9,216	5,337	50,014	68,304
軸 受 鋼	10,869	—	14,191	—	—	—	25,060
ば ね 鋼	—	—	274	—	—	4,710	4,984
合 計	12,317	54,962	19,606	25,342	21,145	94,035	227,407

86,885

140,522

(3) 計画圧延時間

実働時間 : 6,930 h/y (577.5 h/m)

暦時間 : 24 h/d × 365 d = 8,760 h/y

実働率 : 6,930 / 8,760 = 79.1%

休転20.9%の中に Maintenance休転を含むものとする。

3.2.2 基本的な考え方

- (1) 現状の $\phi 515 \times 2 \text{ st}$ の圧延機は $\phi 600 \times 2 \text{ st} + \phi 750 \times 1 \text{ st}$ に置きかえる。
但し、当面 (1 ~ 5 段階) は $\phi 600 \times 3 \text{ st}$ にて、特殊鋼CC材及び普通鋼鋼塊を圧延し、
特殊鋼鋼塊 (1.1ton) は第6 段階で $\phi 750$ を採用した時点で圧延開始する。
- (2) $\phi 550 \times 3 \text{ st}$ 圧延機を製品圧延用として増設する。
- (3) 鋼片用 shear line はそのまま活用し、新たに製品用 Hot saw line を増設する。
- (4) 冷却床は製品用、鋼片用の両用として、新たに 6 m 材の処理が出来るものを設置する。

3.2.3 Pass schedule 及び Lay out

図-69に Pass schedule

図-70に Layout を示す。

(1) 使用素材

- 鋼塊 : 特殊鋼用 - $\phi 380 (\phi 310) \times 1100 \text{ kg}$ (第6 段階で採用)
普通鋼用 - $\phi 200 (\phi 174) \times 320 \text{ kg}$
 $\phi 250 (\phi 220) \times 460 \text{ kg}$ (~ 480kg)
- CC 鑄片 : $180 \times 220 \times 950 \text{ kg}$ (3.2m)

(2) $\phi 600 \text{ st}$ (#1 ~ #3 st)

(A) #1 st は鋼塊粗圧延用

#2 st は CC 鑄片粗圧延用とする。

普通鋼用鋼塊は $\phi 250$ については #1 st の途中から $\phi 200$ については #2 st から
圧延開始する。

表-32 #1 - 2st Pass 回数

	#1 st	#2 st
$\phi 380$ 鋼塊	13 pass	7 (6) pass
$\phi 250$ 鋼塊	5 pass	7 (6) pass
$\phi 200$ 鋼塊	-	8 (7) pass
CC 鑄片	-	8 (7) pass

基本的に孔型は同一としてすべての素材を圧延出来る様にする。孔型配列については図-76~77参照。

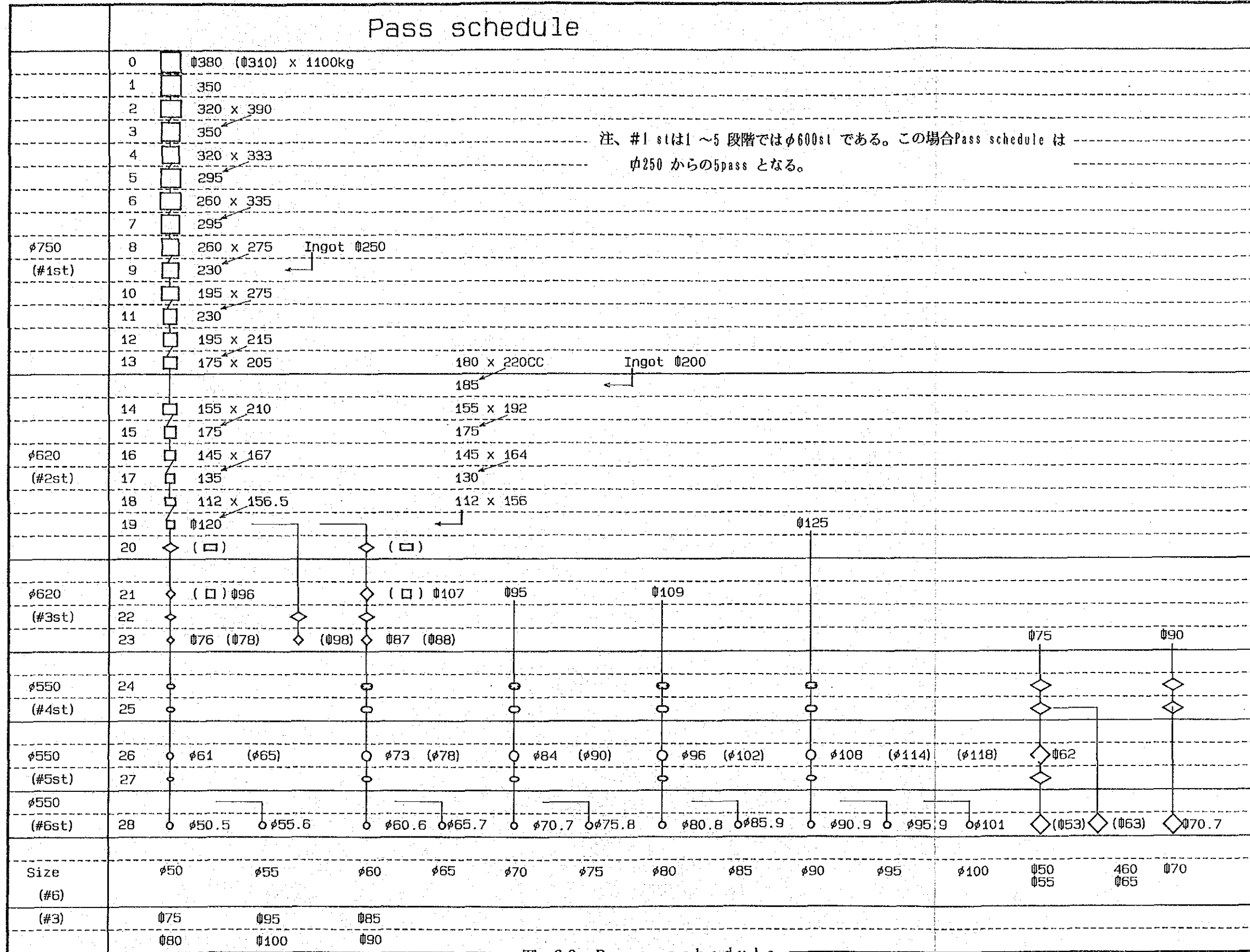
(B) #1 st の孔型は、9種類として、I, II及III, IVは上下に配列し、各 4 pass ずつの圧延とする。

IXの孔型は、#1 st の最終 pass 用で、#2 st へ送る材料を圧延する。

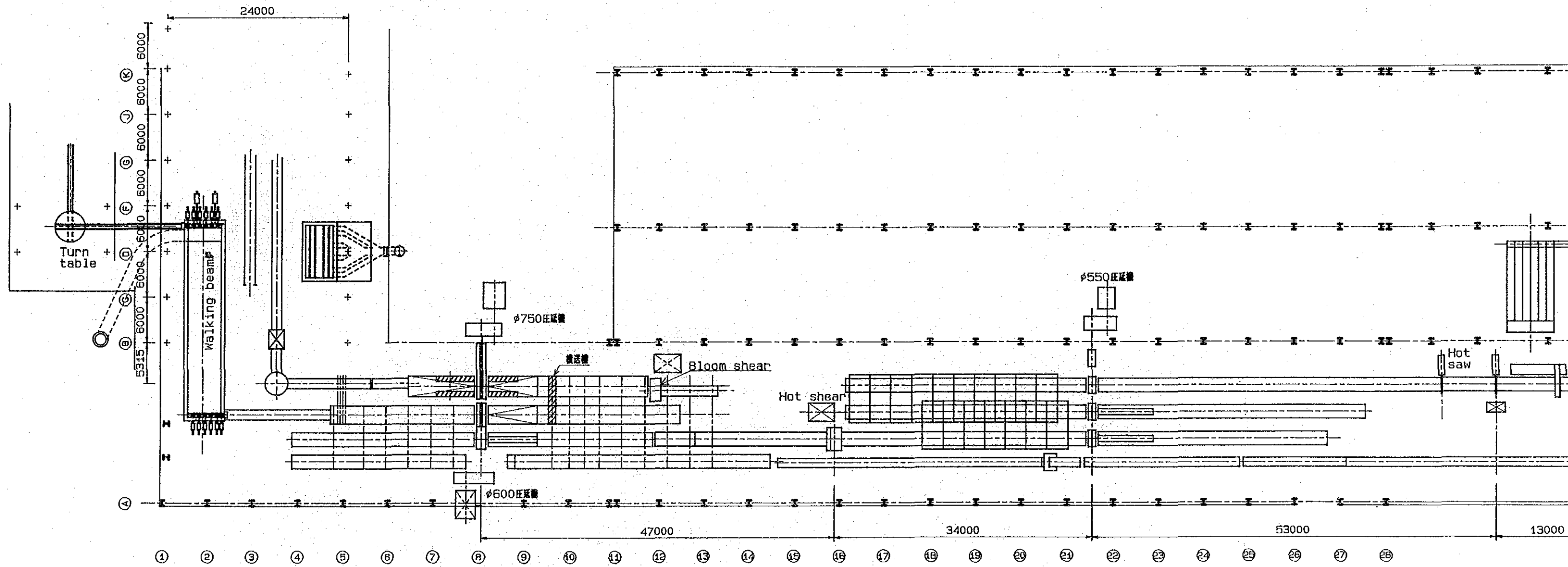
#2 st へ送る材料 (175×205) の長さは、

1100kg 鋼塊 ... 4 m

460kg 鋼塊 ... 1.7 m

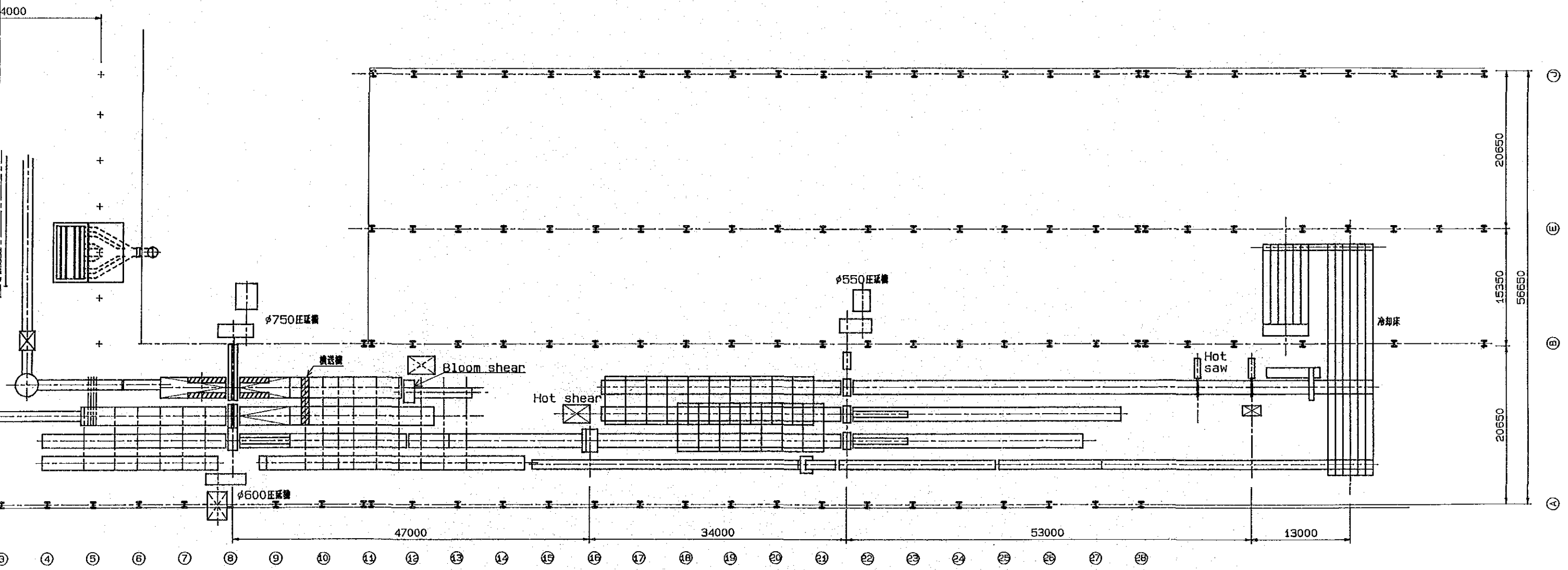


- 69 Pass schedule



近代化後の第一圧延工場 (1/500)

図-70 Layout



近代化後の第一圧延工場 (1/500)

図-70 Layout

であり、1.7mは現状の横送機では送ることが出来ない。

専用の横送機を設ける必要がある。

- (C) $\phi 750$ st 前後面には Manipulator 付の Tilling table が必要である。
また、後面延長 Table 上に Bloom shear が必要である。(特殊鋼塊材の Crop 切断用)

- (D) #2 stへは、CC 鑄片は前面から給材する。

#1 stからの材料は後面から給材する。

#2 stでは、太丸 $\phi 90 \sim \phi 100$ 圧延の場合、若干の寸法調整が必要である。

#3 stへの給材は、菱形(\diamond)を採用している。

\diamond の場合は、後面からの給材に人力が必要であり、 \square とする場合は、人力不要となるが、 \square の場合、#3 stの初 pass が \square (box)となるため、角製品の寸法調整に若干困難があるため、ここでは \diamond としている。

#2st の前面 Table $\phi 200$ (1.3m) 搬送のため、Roller pitch を小さくする (≈ 500 mm) 必要がある。

- (E) #3 stは、 $\diamond - \diamond$ 3pass として、ここで角製品 $\phi 75 \sim \phi 100$ 及び $\phi 550$ 圧延機の送り角を作る。

#2 stから#3 stへの送りは、前面送りが主体となるが、 $\phi 95$ 、 $\phi 100$ の圧延の時のみ後面送りになる。

角製品は Round corner の製品であるため、2 size ずつ同一孔型にて仕上げる。即ち、

孔型 $\phi 78$: $\phi 75$ と $\phi 80$

$\phi 88$: $\phi 85$ と $\phi 90$

$\phi 98$: $\phi 95$ と $\phi 100$

孔型は中間 size として、Roll gap 調整にて小さい size 及び大きい size を圧延する。(図-75 参照)

この際調整のため、#3st の孔型はすべて $\diamond - \diamond$ とした方が圧延しやすい。

後面からの給材(上、中ロール圧延-2 pass目)には、V型 Roller trough がよいと考える。

- (3) $\phi 550$ st (#4 ~ #6 st)

- (A) 増設する $\phi 550 \times 3$ stにて丸製品($\phi 50 \sim \phi 100$)及び角製品($\phi 50 \sim \phi 70$)を圧延する。

寸法精度を上げるため、Roll neck brg. として Roller type とした方がよい。

(B) 丸製品

角からの 5 pass ですべて仕上げる。

#4 st - 2 pass

#5 st - 2 pass

#6 st - 1 pass (仕上)

角は $\phi 600$ の #3 st 及び #2 st から送る。

現状では、丸製品の圧延は行っていないが、 $\bigcirc \rightarrow \bigcirc$ への圧延の場合、圧延機入口に Roller guide が必要である。

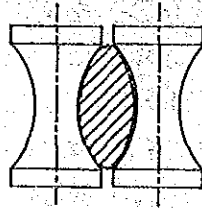


図-71 Roller guideによる材料保持

(C) 角製品

$\phi 50$, $\phi 55$... $\phi 75$ からの 5 pass

$\phi 60$, $\phi 65$... $\phi 75$ からの 3 pass

$\phi 70$, ... $\phi 90$ からの 3 pass

仕上孔型は $\phi 50$, $\phi 55$ は同一孔型

$\phi 60$, $\phi 65$ は同一孔型とする。

(D) 孔型配列は図-72~77に示す。

基本的にすべての孔型を同時に保有し、いつでもどのような size にも対応可能なものとする。

角製品の場合、2 size ずつ同一孔型にて仕上げることになるが、もしこれをすべての size に仕上用孔型を持てば、Roll の種類が増加し、そのための Roll 組替休転が増え、生産性を低下させる。

Roll 組替は、1 cycle の圧延 (すべての size の圧延) が終了した時点で、Maintenance 休転の時に行うことになる。

工程上では、製鋼部門での 1 change 毎の圧延となり、1 change の中で、丸、角、鋼片に分けて圧延する。

製品圧延時、size change のために Guide change (特に Roller guide change) が必要となるが、この時間は、 $\phi 750$ st 及び $\phi 600$ st で鋼片を圧延すれば休転はなくなる。

(E) #4 st, #5 stでの後面からの給材(中、上ロール圧延)は、Roller trough typeがよいと考える。

(4) 中間Hot shear について

最大1100kgの素材を圧延すれば、小 size の圧延では長さが問題となる。このため、材料を2分割する必要がある。

又、CC材については、先後端温度低下及び端面の変形を改善するため、Crop切断をする必要がある。

このため、#3 stと#4 stの間に Hot shearを設置し、分割用及び Crop 切断用とする。

(A) 分割用 : CC材(950kg) … 丸- $\phi 50 \sim \phi 60$ 、角- $\phi 50 \sim \phi 55$

Ingot 材(1100kg) … 丸- $\phi 50 \sim \phi 65$ 、角- $\phi 50 \sim \phi 60$

2分割後は、一本ずつ#4st以降の圧延を行う。

圧延最大長さ : $\phi 65$: 約35m

$\phi 60$: 約33mとなる。

(B) Crop用 : CC材 … 最小限(50mm程度)の切断

#6 stand

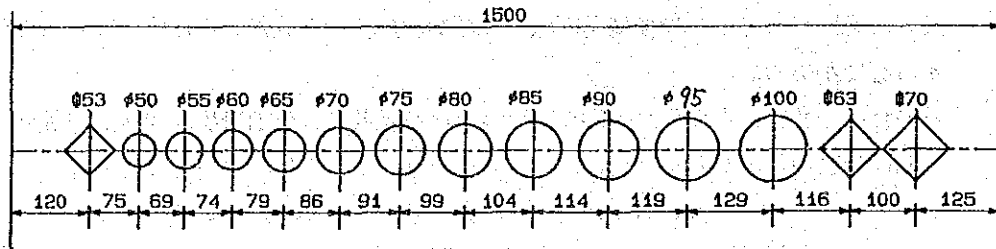


图-72 孔型配列-1

#5 stand

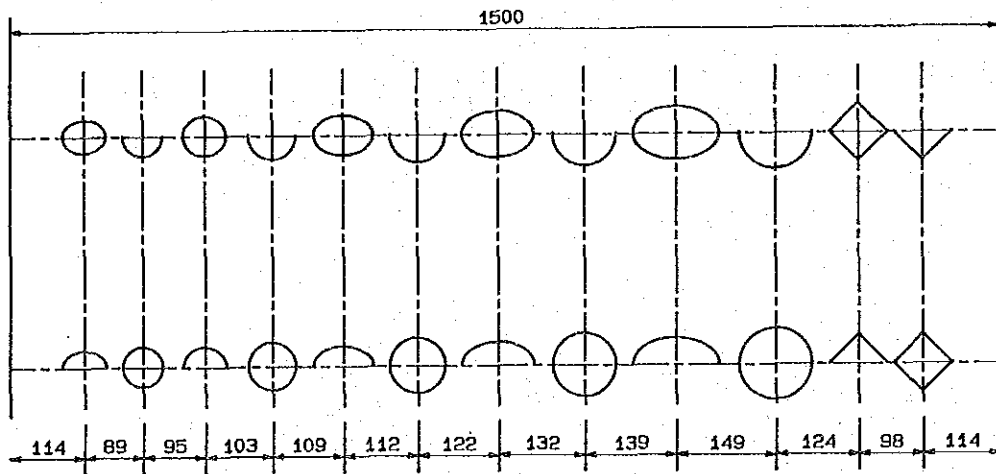


图-73 孔型配列-2

#4 stand

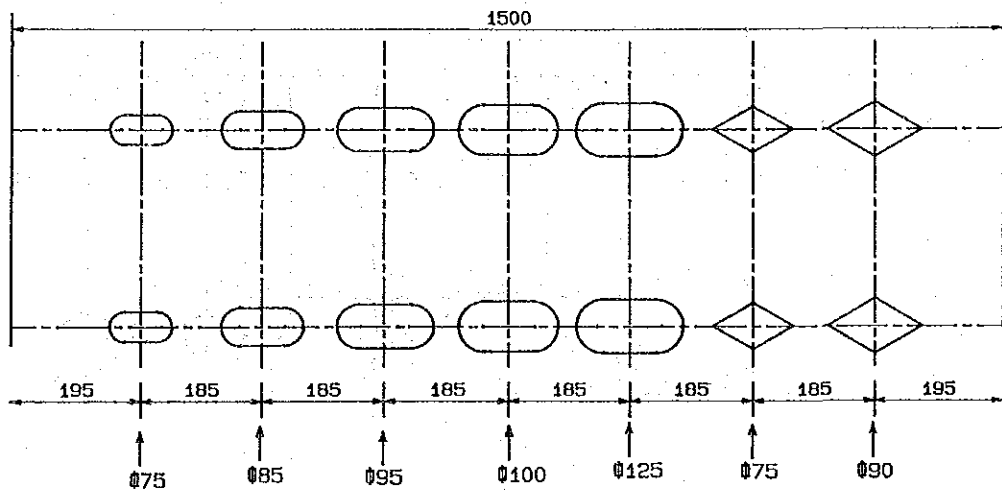


图-74 孔型配列-3

#3 stand

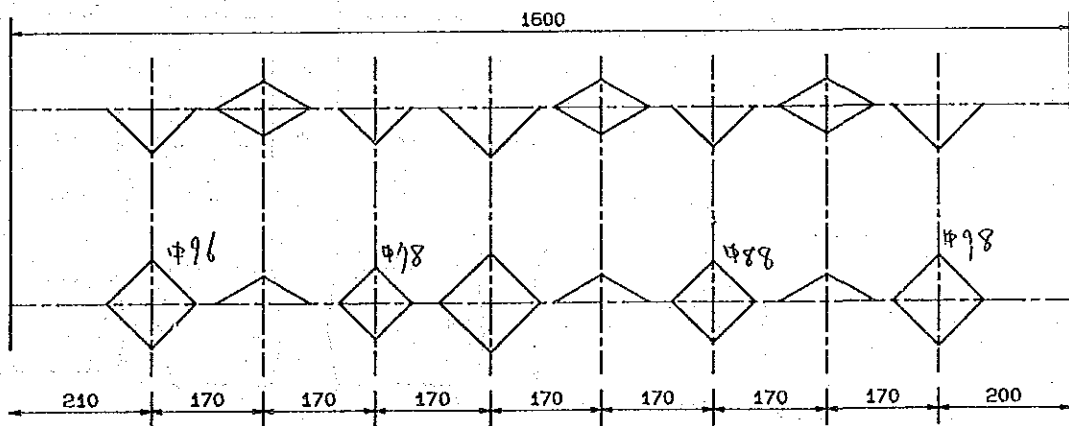


图-75 孔型配列-4

#2 stand

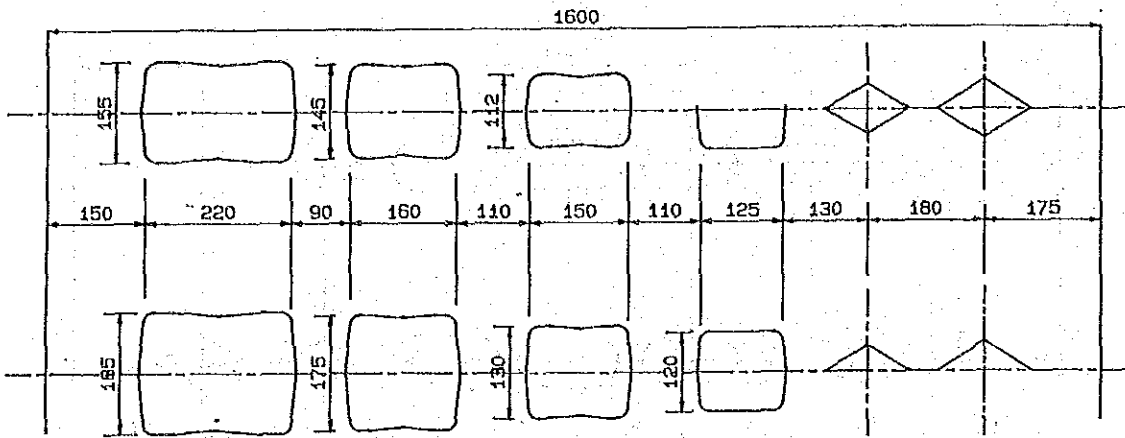


图-76 孔型配列-5

#1 stand

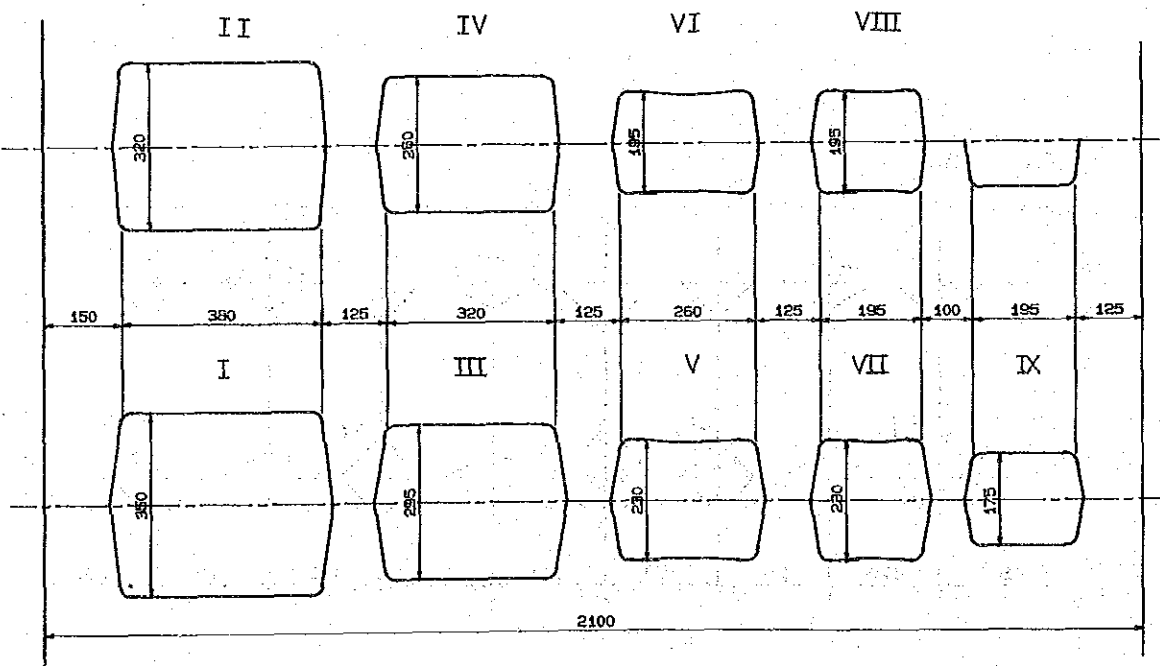


图-77 孔型配列-6

(5) 各 size のrolling 方法について

(A) $\phi 50 \sim \phi 65$ - max. 28 pass

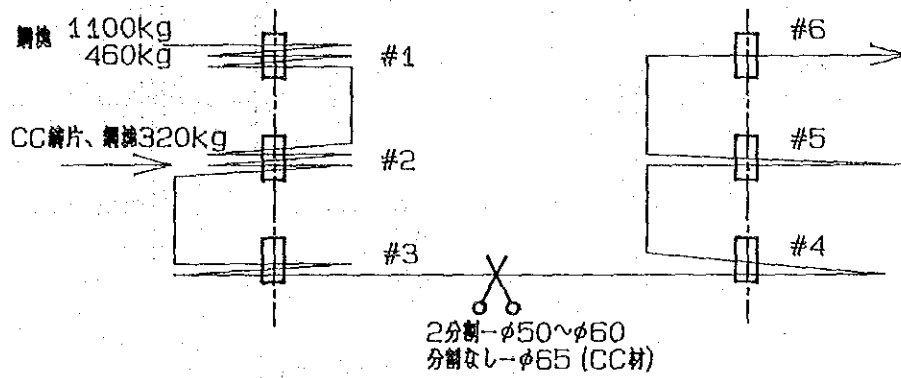


図-78 $\phi 50 \sim \phi 65$ 圧延法

(B) $\phi 70 \sim \phi 85$... max. 26pass

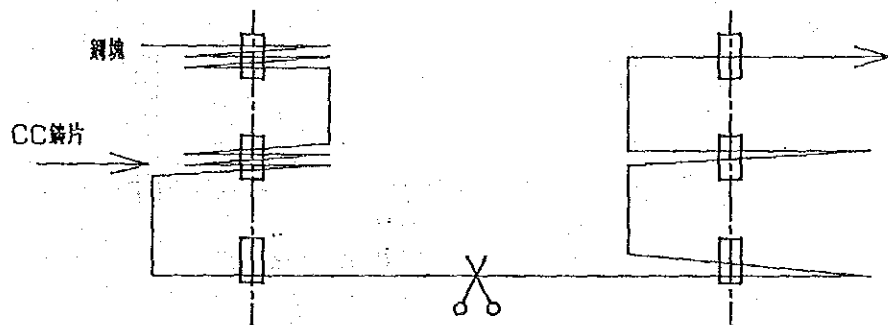


図-79 $\phi 70 \sim \phi 85$ 圧延法

(C) $\phi 90 \sim \phi 100$... max. 24pass

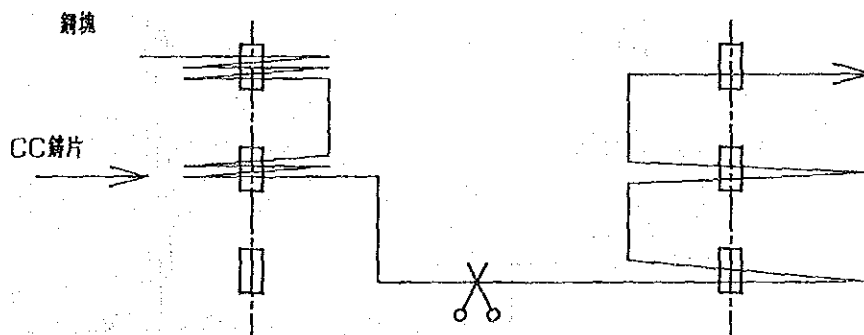


図-80 $\phi 90 \sim \phi 100$ 圧延法

(D) $\phi 50 \sim \phi 55$

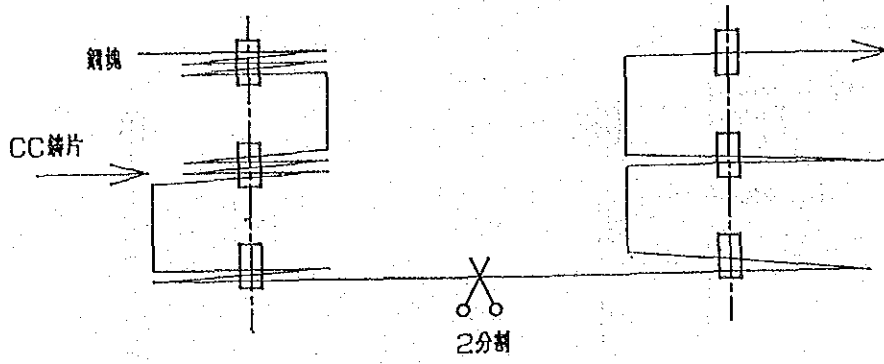


图-81 $\phi 50 \sim \phi 65$ 压延法

(E) $\phi 60 \sim \phi 70$

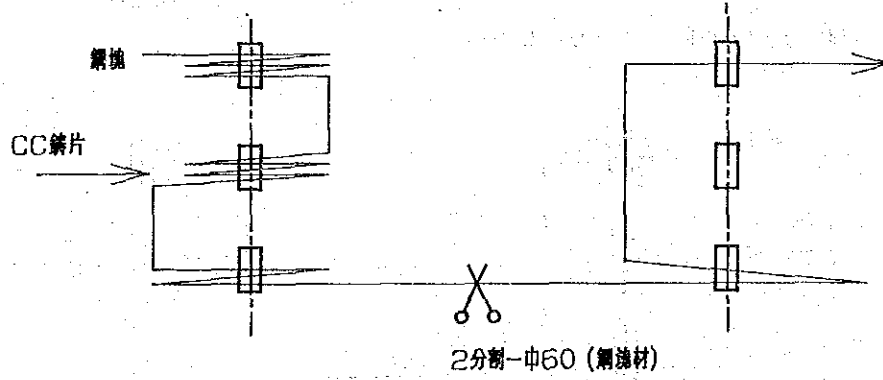


图-82 $\phi 60 \sim \phi 70$ 压延法

(F) $\phi 75 \sim \phi 90$

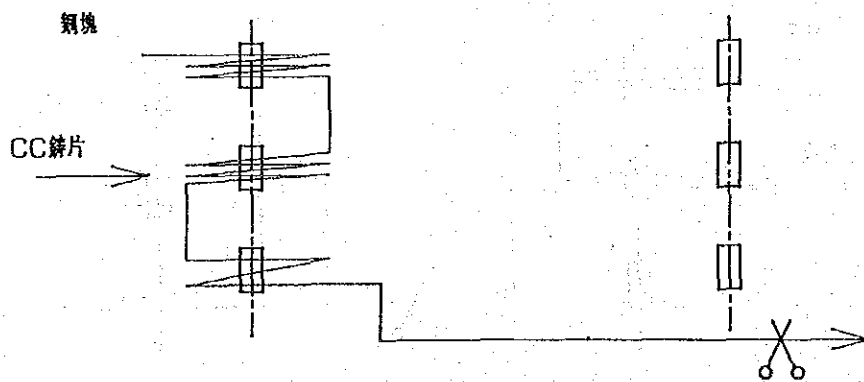


图-83 $\phi 75 \sim \phi 90$ 压延法

(C) $\phi 95 \sim \phi 100$

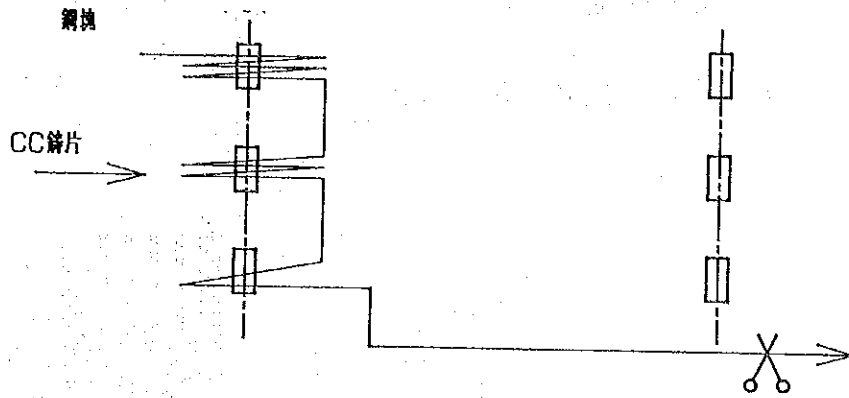


図-84 $\phi 95 \sim \phi 100$ 圧延法

(6) Billet長さについて

(A) CC材-950kgの場合

$\phi 60$: 33.6m / 14分割	→ 2.4 m × 66.5 kg
	(18分割)	→ 1.9 m × 52. kg) *1
$\phi 75$: 21.5m / 9分割	→ 2.4 m × 104 kg
$\phi 90$: 14.9m / 6分割	→ 2.5 m × 156 kg

(B) Ingot 材-1100kgの場合

$\phi 60$: 35.1m / 14分割	→ 2.5 m × 69 kg
	(19分割)	→ 1.85m × 51. kg) *1
$\phi 75$: 22.5m / 10分割	→ 2.25m × 96 kg
$\phi 90$: 15.6m / 7分割	→ 2.23m × 139 kg

*1 $\phi 60 \times 1.9$ m材は小型(第二圧延)向け $\phi 12$ bar用。

(7) 製品用切断 ~ 冷却床関係

(A) 新たに生産する角、丸製品についてはHot saw 切断が望ましい。このため#6 st 後の搬送 line 上に Hot saws を設置し、切断する。

角については、 $\phi 75 \sim \phi 100$ が#3 st 仕上であるので、現状の shear line に流れる。即ち、これらの角については shear切断となるが、この line は Billet が主体であり、shear切断でよいと考える。

$\phi 75 \sim \phi 100$ の中に saw 切断をしなければならぬものがある場合は、saw line への送込みのため、 $\phi 550$ stの前面を横送り、#6 st を pass through させる方法がある。この場合、#6 stの中、上 Roll は上方に吊り上げておく必要がある。

(B) Hot saw は、CC材圧延の場合の45t/h を確保するため、2台を設置する。
 (圧延能力検討 …後述)

(C) Billet line と製品 line の結合

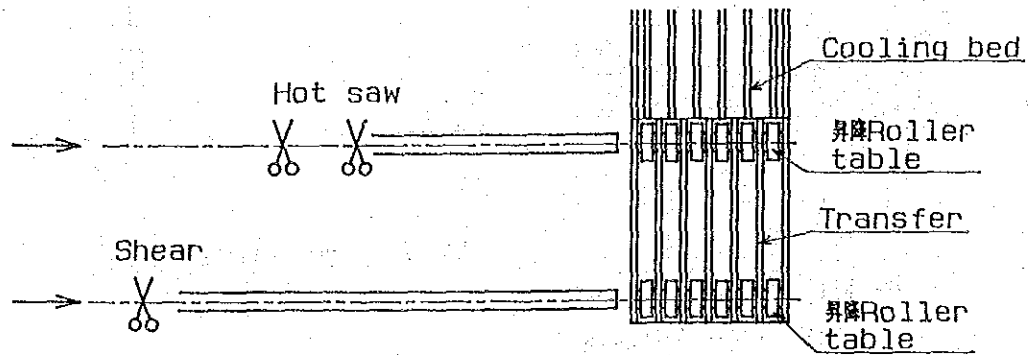


図-85 製品Transfer Line

2つの line を結合して、同一冷却床へ送る機構としては、昇降式の Roller table と Transfer にて行う。

→ 別添 図-91参考図参照

(D) 冷却床

a. 冷却能力

実績経験値による計算 (Walking beam type)

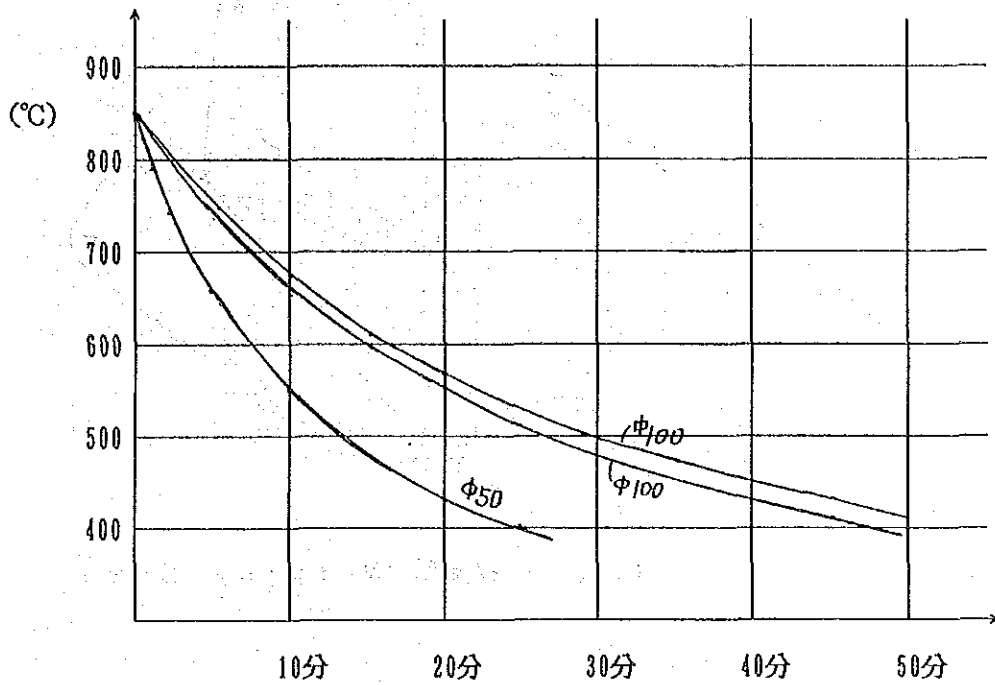


図-86 冷却Curve

CC材 (950kg) - 45 t/hとすると (圧延 pitch 75s)

φ50 - 製品10本/1 CCBloom、500°C以下に冷却する。

冷却床 Rake pitch を 200mmと仮定すると、

冷却床長さ : $10本 \times 200mm \times (14分 \times 60s / 75s) = 22,400mm$

φ100 - 製品3本/1 CCBloom

$3 \times 200 \times (27分 \times 60s / 75s) = 12,960mm$

φ100 - 製品3本/1 CCBloom

$3 \times 200 \times (29分 \times 60s / 75s) = 13,920mm$

500°C以下に冷却するのに25m程度の冷却床長さが必要である。

b. 冷却床の type は walking beam 式として、1pitch の送り毎に材料が90° 転回する type とする。(下図)

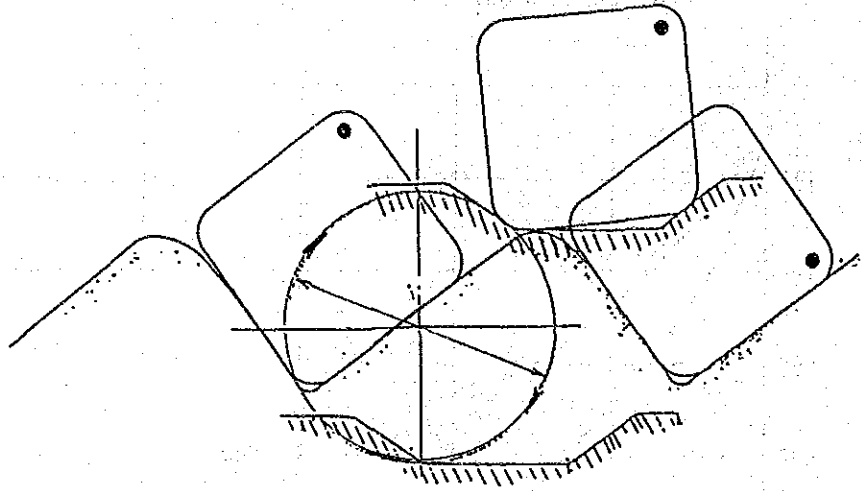


図-87 材料転回式Walking Beam

(B) 徐冷材について

徐冷対象鋼種：軸受鋼、High Cの合金鋼

(但し、Billetについては不要)

冷却床早送り (Walking 連続運転) して、山積後、徐冷Cover をかぶせる。
山積にはClaw craneが必要。

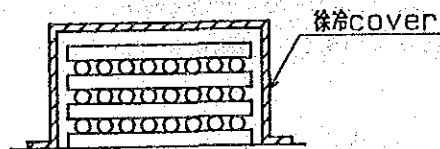


図-88 徐冷法










3.2.4 生産能力想定

(I) CC鋳片 (950kg) の場合

(A) 圧延 pitch の想定

φ600、#2stで圧延能力は制約される。

表-33 圧延Pitch-CC

	(材料長さ)	(速度)	(pass-time)	(Idle-time)
0	 3.2m			10sec
1	 3.7	2.16m/s	1.7sec	5
2	 4.3	2.35	1.8	3
3	 4.6	2.25	2.0	5
4	 5.3	2.40	2.2	3
5	 6.4	2.48	2.6	5
6	 7.3	2.57	2.8	3
7	 8.8	2.53	3.5	5
8	 11.5	2.69	4.5	
			20.9 s	39 s
			┌────────── 59.9 s ─────────┐	

(注) Roll rpmは現状と同じとした。

(B) 圧延能力

計算上は60s pitchの圧延と想定できるが、実際には計算能率と実際能率との比(達成率)を考慮する必要がある。

・計算能率 : $3.600 \div 60 \times 0.95 = 57 \text{ t/h}$ (装入ton)

・実際の能率は達成率を 0.8~0.85 (実績経験値) とすると、

$57 \text{ t/h} \times 0.8 \sim 0.85 = 45 \sim 48 \text{ t/h}$

程度と想定する。

φ600、#2st以外のstandでは、能率上の制約はない。

(2本分割圧延でもbottle neckとならない。)

尚、φ600、#2stでは、2本通し、圧延も可能であるが、ここでは1本毎の圧延とした。

(2) 鋼塊 (1100kg) の場合

(A) 圧延 pitch の想定

φ750、#1st の圧延 pitch

表-34 圧延 Pitch-鋼塊

	(size)	(長さ)	(速度)	(pass-time)	(idle-time)
0	φ 380×1100kg				10s
1	350×385	1.2m	1.43m/s	0.8s	5
2	320×390	1.2	1.53	0.8	7
3	350×327	1.3	1.43	0.9	5
4	320×333	1.4	1.53	0.9	7
5	295×328	1.5	1.62	0.9	5
6	260×335	1.7	1.74	1.0	7
7	295×268	1.9	1.62	1.2	5
8	260×275	2.1	1.74	1.2	7
9	230×268	2.4	1.84	1.3	5
10	260×275	2.7	1.96	1.4	7
11	230×205	3.1	1.84	1.7	5
12	195×215	3.5	1.96	1.8	7
13	175×205	4.1	2.0	2.1	
				16	82 s
				98	

計算上98s 程度の圧延 pitch

計算能率 : $3,600 \div 98 \times 1.10 = 40.4$ t/H (装入ton)

実際能率 : $40.4 \times 0.8 \sim 0.85 = 32 \sim 34$ t/H

(尚、この場合は、前面 table 上の転回操作のため、2本通し圧延は困難である。)

(3) 普通鋼鋼塊の場合

(460kg 鋼塊)

φ750、#1st は、5 pass の圧延であり、1100kg 鋼塊の場合より、pitch は短い。

#2st では、1本圧延をすると制約が出るので、2本通しをする必要がある。

(320kg 鋼塊)

現状とほぼ同じの圧延であり、2本通し圧延が可能である。

現状最大圧延pitch 45s を採用する。

$$460\text{kg} : 3,600 \div 45 \times 0.46 = 36.8 \text{ t/h (装入ton)}$$

$$320\text{kg} : 3,600 \div 45 \times 0.32 = 25.6 \text{ t/h (装入ton)}$$

従って、460kg : 29~34t/h

320kg : 20~22t/h

460kg鋼塊と 320kg鋼塊がどのような割合になるか不明であるが、平均的には 25 t/h 程度と想定する。

(4) Hot saw 切断能力想定

(A) 実績経験値をもとにして、切断cycle をHot saw 1台の場合と 2台設置する場合について想定したものを次に示す。

表-35 Hot saw 切断Cycle (950kg CC材の場合)
(2台の時) (1台の時)

	φ50	φ65	φ100	φ50	φ65	φ100
材 料 長	29.6m	35	14.8	29.6	35	14.8
同時切断本数	2	1	1	2	1	1
製 品 本 数	5×2	6	3	5×2	6	3
先端位置決め	12s	12	12	12	12	12
切断時間 + Idle時間	10s×3 =30s	9×4 =27	8×2 =16	10×6 =60	9×7 =63	8×4 =32
材料送り時間	7.5s×2 =15s	7.5×3 =22.5	7.5×1 = 7.5	3.5×5 =17.5	3.5×6 =21	3.5×3 =10.5
後端位置決め	10s	10	10	10	10	10
計	67 sec	71.5	45.5	99.5	106	64.5

(B) Hot saw 1台では能力不足する。

2台の場合、φ65の切断の時（1本切断）で約71.5s cycle →47.8 t/hとなる。

(5) 圧延時間想定

(A) 圧延能率

CC 鋳片 … 45t/h (装入ton)

鋼塊 … 特殊鋼-32t/h (装入ton)

普通鋼-25t/h (装入ton)とする。

(B) 圧延時間

表-36 圧延時間想定

	装入量 (t/y)	能率 (t/h)	時間 (h/y)
CC 鋳片	140,522	45	3,123
鋼塊、特殊鋼	31,502	32	984
普通鋼	55,383	25	2,215
計	227,407	36	6,322h/y (527h/m)

計画圧延時間6,930 h/y に対し、充分能力はある。

(6) 休転時間について

暦時間：24 h × 30日 = 720 h からMaintenance 休転10 h × 2回 = 20 hを引いて、1ヶ月の可能最大稼働時間を700 h/m と仮定すると、

休転時間は：700 - 527 = 173 h/m 以下とする必要がある。

現状の休転時間

90年 1月 224.3 h (設備関係：89.6 h, 生産関係：134.7 h)

” 2月 201.0 h (” : 57.6 h, ” : 143.4 h)

” 3月 183.1 h (” : 44.3 h, ” : 138.8 h)

設備関係の休転では、Roller table関連が多いと聞いたが、これらの整備、更新が必要となろう。

3.2.5 Main Motor容量について

(1) $\phi 750$ st

pass schedule に基づいて各パスの圧延圧力及び負荷動力を計算したものを下記に示す。

1100kg鋼塊 Roll rpm : 65

鋼 種 : SAE4140

抽出温度 : 1,250 °C

表-37 #1 st 圧延動力計算-鋼塊

pass	height (mm)	width (mm)	ton (圧延圧力)	kg-m (torque)	kw (負荷)	temp (°C)
0	380.0	380.0				1250
1	350.0	385.0	258	29905	2009	1243
			258	29894	2008	1243
2	320.0	390.0	265	31758	2132	1237
			264	31678	2127	1238
3	350.0	327.0	259	34627	2326	1231
			259	34624	2326	1231
#1 st 4	320.0	333.0	229	27448	1843	1225
			228	27371	1838	1227
5	295.0	328.0	260	36049	2429	1219
			260	36050	2429	1219
6	260.0	335.0	260	35858	2419	1213
			260	35750	2412	1215
7	295.0	268.0	222	31622	2131	1207
			223	31640	2132	1207
8	260.0	275.0	218	30026	2026	1200
			217	29923	2019	1202
9	230.0	268.0	253	40679	2743	1194
			253	40719	2745	1193
10	195.0	275.0	231	33766	2279	1186
			230	33626	2269	1188
11	230.0	205.0	193	31082	2096	1179
			194	31150	2100	1178
12	195.0	215.0	180	26328	1777	1170
			179	26190	1767	1172
13	175.0	205.5	194	28928	1926	1162
			195	29023	1932	1161

最大負荷時は、No.9 pass : 2,745 kw

over load 定格 200% (+ 100%)、friction loss 20%とすると、

$$2,745 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{0.8} = 1,716 \text{ kw}$$

最大負荷はいつも起きるわけではないので、通常 Fly wheel で補償する。
Fly wheel 効果を30%程度みれば、

$$1,716 \text{ kw} \times \frac{1}{1.3} = 1,320 \text{ kw}$$

(RMSについて)

表-38 #1 st RMS-鋼塊

	pass	kw	pass-time	(kw) ² × t × 10 ³
#1 st	1	2009	0.8	3229
	2	2132	0.8	3636
	3	2326	0.9	4869
	4	1843	0.9	3057
	5	2429	0.9	5310
	6	2419	1.0	5852
	7	2132	1.2	5454.5
	8	2026	1.2	4925.6
	9	2745	1.3	9795.5
	10	2279	1.4	7271
	11	2100	1.7	7497
	12	1777	1.8	5684
	13	1932	2.1	7838.5
		16	74419.1	

圧延 pitch 98sec とすると

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{74,419.1 \times 10^3}{98}} = 871 \text{ kw}$$

- φ750 用Motor は、瞬時最大負荷を考慮して、
1,400kw 程度が必要である。
(但し、Roll rpm=65, over load 定格は 200%以上)

(2) $\phi 600$ st

(B) 950kg C C 铸片

下記に圧延負荷動力計算を示す。

Roll rpm : $495/5.23 = 94.6$

鋼種 : SAB4140

抽出温度 : 1,200 °C

表-39 #2 - #3 st 圧延動力計算

pass	height	width	ton	kg-m	kw	temp
0	220.0	180.0				1200
1	185.0	186.0	156	20213	2030	1168
			156	20217	2030	1168
2	155.0	192.0	151	18717	1840	1159
			150	18567	1826	1163
3	175.0	158.0	89	8139	800	1155
			89	8158	802	1154
#2 st 4	145.0	164.0	134	16066	1548	1144
			132	15923	1534	1148
5	130.0	152.0	137	16315	1590	1140
			137	16390	1597	1138
6	112.0	156.0	99	9269	907	1127
			98	9155	896	1132
7	120.0	120.0	116	13669	1359	1122
			117	13770	1369	1119
8	118.5	159.2	151	12703	1200	1099
			149	12485	1179	1106
9	123.8	123.8	106	8956	850	1092
			108	9102	864	1086
#3 st 10	92.9	128.1	139	10228	939	1059
			135	9930	912	1070
11	98.0	98.0	82	5858	541	1052
			85	6069	561	1038

表-40 #2 st-#3 st最大負荷

#2 st	2,030
#3 st	939
計	2,969 kw

Over load 定格 200%、friction loss 10%、Fly wheel 効果30%とすると、

$$2,969 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{0.9} \times \frac{1}{1.3} = 1,427 \text{ kw}$$

表-41 #2 st-#3 st RMS

	pass	kw	pass-time	$(\text{kw})^2 \times t \times 10^3$	
#1 st	1	2030	1.7	7005.5	
	2	1840	1.8	6094	
	3	802	2.0	1286	
	4	1548	2.2	5272	
	5	1597	2.6	6631	
	6	907	2.8	2303	
	7	1369	3.5	6559.6	RMS
	8	1200	4.5	6480	834kw
	9	864	5.5	4106	
	10	939	6.7	5907.5	
	11	561	8.3	2612	459kw
計					1,239kw

瞬時最大負荷を考慮して、1,500kw 程度のMotor が必要と考える。

(但し、Over load 定格：200%)

(2) φ550 st

太丸圧延時の負荷により Motor 容量は決定される。

(A) φ90 圧延時の動力計算— 950kg C C 材

表-42 #4 st—#6 st 圧延動力計算—φ90

	pass	height	width	ton	kg-m	kw	temp	
	0	125.0	125.0				1000	
#4 st	1	100.0	131.5	131	12200	1299	990	speed 2.5m/s と とした。 (Roll rpm:100)
				130	12042	1282	995	
	2	95.8	134.7	119	9368	964	974	
				115	9015	928	987	
	3	113.8	102.5	142	13686	1424	971	
				140	13544	1409	975	
#5 st	4	84.5	121.6	163	13599	1341	956	
				156	12985	1280	971	
	5	90.9	90.9	104	8165	818	953	
#6 st				104	8175	819	953	

表-43 #4 st—#6 st 最大負荷

#4 st	1,299 kW
#5 st	1,424
#6 st	818
計	3,541 kW

Over load 定格 200%、friction loss 10%、Fly wheel 効果30%とすると、

$$3,541 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{0.9} \times \frac{1}{1.3} = 1,513 \text{ kw}$$

表-44 #4 st—#6 st RMS

	kw	sec	(KW) ² t × 10 ³	
#4 st	1299	3.9	6581	RMS
	964	4.6	4275	425kW
#5 st	1424	5.3	10747	
	1341	6.4	11509	609
#6 st	818	7.5	5018	289
計				1,323 kw

瞬時最大負荷を考慮して、1,500kw 程度の Motor が必要と考える。

(但し、Over load 定格：200%)

3.2.6 $\phi 750$ reversible stand と鍛造工程について

本計画では第1～5段階では $\phi 600 \times 3st$ でCC材と普通鋼鋼塊を圧延する。
第6段階で特殊鋼鋼塊 (1.1t) を圧延するため、 $\phi 600$ の#1 stを $\phi 750$ (3H) に
おきかえる。

この場合、代替案として次の2つが提案された。

(1) 2 H reversible式 $\phi 750$ 案

(2) 鍛造工程をとる案

(1) は能力増大を計るもの。

(3) は大鋼塊を鍛造して圧延用のBloom として使用するものである。

(2) 2 H reversible $\phi 750$ の場合

鋼塊: 1.1ton ($\phi 380 \times 1.15m$)

$\phi 750$ (3H) の代わりに、2 H reversible, $\phi 750$ とする。

(A) Layout

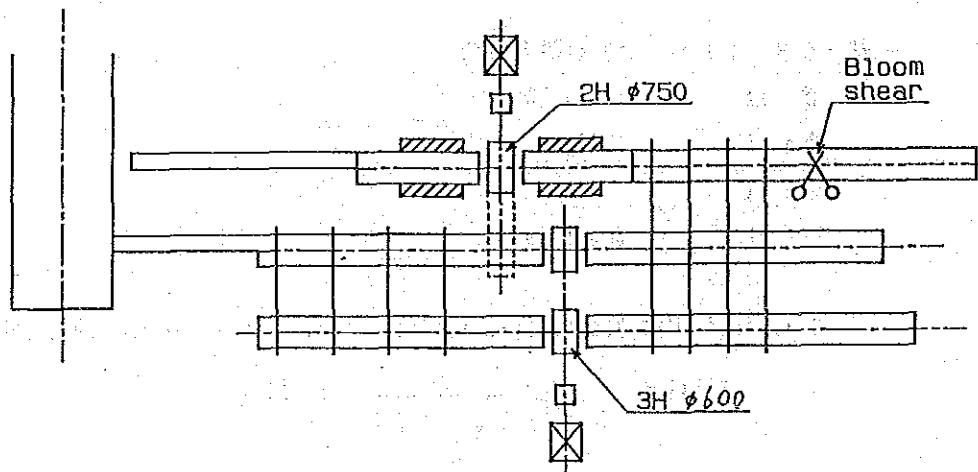


図-89. $\phi 750$ 、2H rev. Layout

• 2H re. $\phi 750$ は3H $\phi 600$ とずらして設置する。

(Roll組替のため)

• Bloom shear 設置

(B) pass schedule 及び passtime

表-45 Pass schedule- $\phi 750$, 2H rev.

	(size)	(長さ)	(速度)	(pass-time)	(idle-time)
0	$\phi 380 \times 1100\text{kg}$				10s
1	335×385	1.3m	1.8 m/s	0.7s	5
2	285×390	1.4	1.8	0.8	5
3	335×293	1.5	1.8	0.8	5
4	285×300	1.7	1.8	0.9	5
5	250×293	2.0	1.9	1.1	5
6	200×300	2.4	1.9	1.3	5
7	250×208	2.8	1.9	1.5	5
8	200×220	3.3	2.0	1.7	5
9	175×208	4.0	2.0	2.0	5
				10.8s	50s

$$3.600 / 60.8 \times 1.1 \times 0.8 = 52 \text{ t/h}$$

(C) 3H $\phi 750$ と比較すると、大きく能力upする。

(3) 鍛造工程を採用する場合

(工程) 大鋼塊 (造塊) → Hot charge → 均熱炉 → 鍛造 → Bloom冷却
→ 加 (均) 熱炉 → 分塊圧延

(A) 2回加熱が必要

鍛造用均熱炉

圧延用加 (均) 熱炉

の両者が必要となる。(但し、この場合は、長時間の均熱は鍛造用のみでよい。)

設備的には、鍛造工程をとらないときと比べて鍛造用均熱炉が大鋼塊用

(3~4ton) となり、compact化するため、加熱設備としては、他の2者の場合とあまりかわらないと思われるが、2回加熱のため、重油原単位は悪化する。

(B) 鍛造Bloomのwalking beam炉(CC材用)への装入は困難。

a, 鍛造後の熱間装入はCC材の装入と重なるため難しい。

b, 鍛造Bloomの冷間装入はWalking beam炉の能力を低下させる。

(炉能力upを計れば、設備費増大し、CC材の熱間装入のMeritが減少する。)

(C) 従って、均熱炉又は、pusher炉で加熱することになるが、この場合、鍛造Bloomの長さは普通鋼鋼塊と同じ程度とする必要があるため、1ton Bloomとはならない。

(但し、圧延能力としては、φ750 #1stが使用できるので、能力upの可能性はある。)

(4) 以上の2案と3Hφ750との比較

表-46 3案比較表

	3Hφ750	2H re. φ750	鍛造
設備費	7.5億円 (Bloom shear含)	15億円 (Bloom shear含)	(7.2億円)
能率	32.3t/h	52t/h	(5~6t/h?)
歩留	86.6%	86.6%	81%
原単位、重油 (軸受鋼)	20kg/t (30)	20kg/t (30)	20kg/t+60kg/t (30)

鍛造工程を採用する場合と、他の2者とを比較すると(軸受鋼対象)

・歩留 (86.6-81%) $\times 27,000$ 円/t $\times 24,936$ t/y = $37,700 \times 10^3$ 円/y
(注) 27,000円/t : 直接原価-鋼屑費 (実績値)

・原単位 $60\text{kg/t} \times 18$ 円/kg $\times 24,936$ t/y = $26,930 \times 10^3$ 円/y

・両者合せて $(37,700 + 26,930) \times 10^3 = 64,630 \times 10^3$ 円/yの費用が多くかかる。

・結論的に、

鍛造工程案・・・Running costが多くかかる。

2H rev. $\phi 750$ 案・・・Initial costが多くかかるが、能力upは計れる。

今回の計画に対しては、3H $\phi 750$ にて対応できるので、これを採用すべきと考える。

3.2.7 軸受鋼の加熱について

軸受鋼には長時間の加熱、均熱(≒20H)が必要である。

本計画では、第6段階でL11鋼塊を採用し、均熱炉および $\phi 750$ 圧延機を設置して、軸受鋼を圧延する。

この段階に入る前に、Pusher炉および $\phi 600$ 圧延機で軸受鋼を少量圧延する法案については、我々はかつてPusher炉に軸受鋼を装入し、休日を利用して均熱を行ない、休日明けに圧延していた。

本計画の第1-5段階にこの方法を適用する場合、鋼塊の大きさをmax $\phi 300$ ($\phi 600$ 圧延機制約)としても長さが短くなり、既設Pusher炉では装入、加熱上に問題が多いので、出来れば大鋼塊から、 $\phi 250 \times 1,200$ 程度に圧延した後でPusher炉に装入するべきと考える。・・・他工場依頼または購入。

この場合、2回加熱が必要となりcost up するが、少量であればやむをえない。

均熱は1ヒート目でも2ヒート目でも良い。

現状加熱炉で均熱を行なう場合、軸受鋼を加熱炉に装入完了した時点で圧延を止め、20H 加熱後、抽出、圧延する(この間 Maintenanceに当てる)

1回のChanceに加熱できる軸受鋼の量には限りがあり、多量に圧延するためにこのChanceを多く持てば、休転時間が増大し、圧延能力をさげる。・・・少量の圧延に限られる。

3.3 要員計画

第二圧延工場に要する人員を下記に示す

表-47 要員計画表

(1) 加熱炉、均熱炉		7人 x 4組	28人
(2) φ600 圧延機	運転	6 x 4	24
	調整	5 x 4	20
	交代要員	1 x 4	4
(3) Hot shear	運転	1 x 4	4
	Crop処理	1 x 4	4
(4) φ550 圧延機	運転	4 x 4	16
	調整	3 x 4	12
	交代要員	1 x 4	4
(5) Hot saw	運転	1 x 4	4
	Crop処理	2 x 4	8
(6) 冷却床関係	運転	1 x 4	4
	荷上	2 x 4	8
	Marking	1 x 4	4
	徐冷	2 x 4	8
(7) Claw crane	運転	1 x 4	4
(8) 準備、旋盤		3 x 4	12
(9) 組長		1 x 4	4
計		43人 x 4組	172人

(注1) 現状のCranesに要する人員とMaintenanceに要する人員は含んでいない。

(注2) Billet shear 要員はHot saw またはφ550 圧延機の要員を当てる。

3.4 主要設備仕様および概略予算

3.4.1 主要設備仕様

(1) ϕ 750 圧延機関係

• ϕ 750 圧延機

固定 3重式

Roll : ϕ 750 x 2,100L

Roll rpm : 65

Motor : ACI, 400KW (Overload:200%)

• CC材加熱炉用抽出Roller table

CC材 : 180 x 220 x 3,200L

Roller : ϕ 300 x 600L

" pitch: 1,000mm

" speed: 1m/s

Table 長さ: 約14m

• 鋼塊用Roller table関係

鋼塊 : ϕ 380 x 1150L

ϕ 250 x 1,300L

ϕ 200 x 1,300L

Roller : ϕ 300 x 750L

" pitch: 約450mm

" speed: 1m/s

Table 長さ: 約18m

Turn table: Ingot, Top Bottom turn (180°)

Ingot shifter: Wire rope type

(#1st 前面→#2st 前面移送用)

移送材— ϕ 200x1.3m (320Kg)

移送距離—約4.8m

移送速度—0.5m/s

(#2st 前面Table のRoller pitchは500m程度とする必要あり。)

• #1st. Tilting table関係 (前後面)

圧延材 : ϕ 380 x 1150L — 175 x 205 x 4,000L

Roller : ϕ 300 x 2,100L

" pitch: 約450mm

" speed: 2.0m/s

Table 長さ: 約 8m

Manipulator: 前後面 約3m

- 横送機 Wire rope type
移送材: 175 x 205 x 1,700
移送長さ: 約5.3m
- Bloom shear Down and up cut type
切断材: 175 x 205
剪断力: 500ton, Crop 処理装置付き
Roller table: 約6m長さ
- $\phi 600$ #3st. 後面Roller Trough
V Roller type
搬送材: $\phi 96-107$ (320-950Kg)
Roller speed: 2.5m/s
Trough長さ: 約8m

(2) Hot shear関係

- Hot shear Down and up cut type
切断材: Max. $\phi 125$
剪断力: 250ton, Crop 処理装置付き
- 前後面Roller Table
Roller : $\phi 300 \times 1,000L$
" pitch: 1,000mm
" speed: 2.5m/s
Table 長さ: 前面—約23m
後面—約11m

(3) $\phi 550$ 圧延機関係

- $\phi 550$ 圧延機 固定 3重式、3 stands (並列)
Roll : $\phi 550 \times 1,500L$
Roll rpm : 100
Motor : AC1,500Kw (Overload: 200%)
- 前後面Roller Table
Roller : $\phi 300 \times 1,500L$
" pitch: 1,000mm
" speed: 2.5m/s
Table 長さ: #4st 前面—約23m
#4st 後面—約30m
#5st 前面—約35m
#5st 後面—約35m
#6st 前面—約35m
#6st 後面—約25m

• 横送機
Wire rope type
#No. 4-#5st 送り: 20m長 x 5.5m幅
#No. 4-#5st 送り: 27m長 x 5.5m幅
Wire pitch : 約2m
横送速度: 0.9m/s

• #4st, #5st. 後面Roller Trough
#4st 用: Flat roller type
#5st 用: V roller type
Roller speed: 2.5m/s
Trough長さ: 約8m

(3) Hot saw関係

• Hot saws (2sets)
切断材 : $\phi 50-100$
 $\phi 50-100$
1set : 固定式
1set : 移動式
切断長 : 1.9- 6m

• Hot saw table
Roller : $\phi 300 \times 700L$
" pitch: 800mm
" speed: 2.5m/s
Table 長さ: 約38m

• 定寸機
長さ1.9- 6m 切断用

• Crop処理装置付き

(4) 冷却床関係およびその他

• Billet shear後面延長Table
Roller : $\phi 300 \times 700L$
" pitch: 800mm
" speed: 2.5m/s
Table 長さ: 約30m

• 昇降Roller table (2sets)
昇降Stroke: 280mm
Roller : $\phi 300 \times 700L$
" pitch: 800mm
" speed: 2.5m/s
Table 長さ: 約7m
中間Stopper: 昇降式
End stopper: 固定式

- Transfer Chain conveyor type
Conveyor速度: 1 m/s
約7m幅 x 13m長
- Cooling bed (2 面) Walking beam type
材料転回方式: 90° / 1pitch
Walking pitch: 200mm
No. 1- 約16m 長 x 7m 幅
No. 2- 約 9m 長 x 7m 幅
結合Table: V roller type
集材装置付き
- Claw crane 旋回式 5ton
- 徐冷Cover 8m幅 x 8m長 x 2m高さ
- 循環水関係 図-90参照

3.4.2 予算

表-48 予算表

(1)	Pit 炉、鋼塊台車、他	840,000 千円
(2)	Walking beam炉、Roller table、他	680,000
(3)	φ750 圧延機及び前後設備	750,000
(4)	φ550 圧延機及び前後設備	570,000
(5)	切断設備 (Shear, saw) 及び前後設備	480,000
(7)	冷却床関係他	399,000
(8)	電気設備関係 (Main motor 含)	339,000
		4,058,000 千円

- (注) 1. φ600 圧延機本体は含んでいない。
2. 基礎、据付費用は含んでいない。
3. 日本国内における調達価格である。

3.4.3 施工

施工については、現状設備と重なる部分が少ないため、生産停止等の大きな問題はない。

#1st. $\phi 750$ の施工については、

CCBloom を#2 及び#3st で圧延しながら、施工する

#1st-#3st 後面設備（横送機、Roller trough）の設置には若干の休転（生産停止）が必要である。

現状冷却床の撤去については、Billet shear後面延長Table 及び新冷却床を先ず設置し、この新lineで生産を続行しながら、撤去する。

3.4.4 その他・・・循環水について。

Roll冷却水およびHot saw blade 用冷却水は、原則として循環水を使用する。

即ち、使用された廃水はScale sluiceによってPoolに集められ、Scale を取のぞかれた後に、再び使用される。

Poolの概略図を図-90に示す。

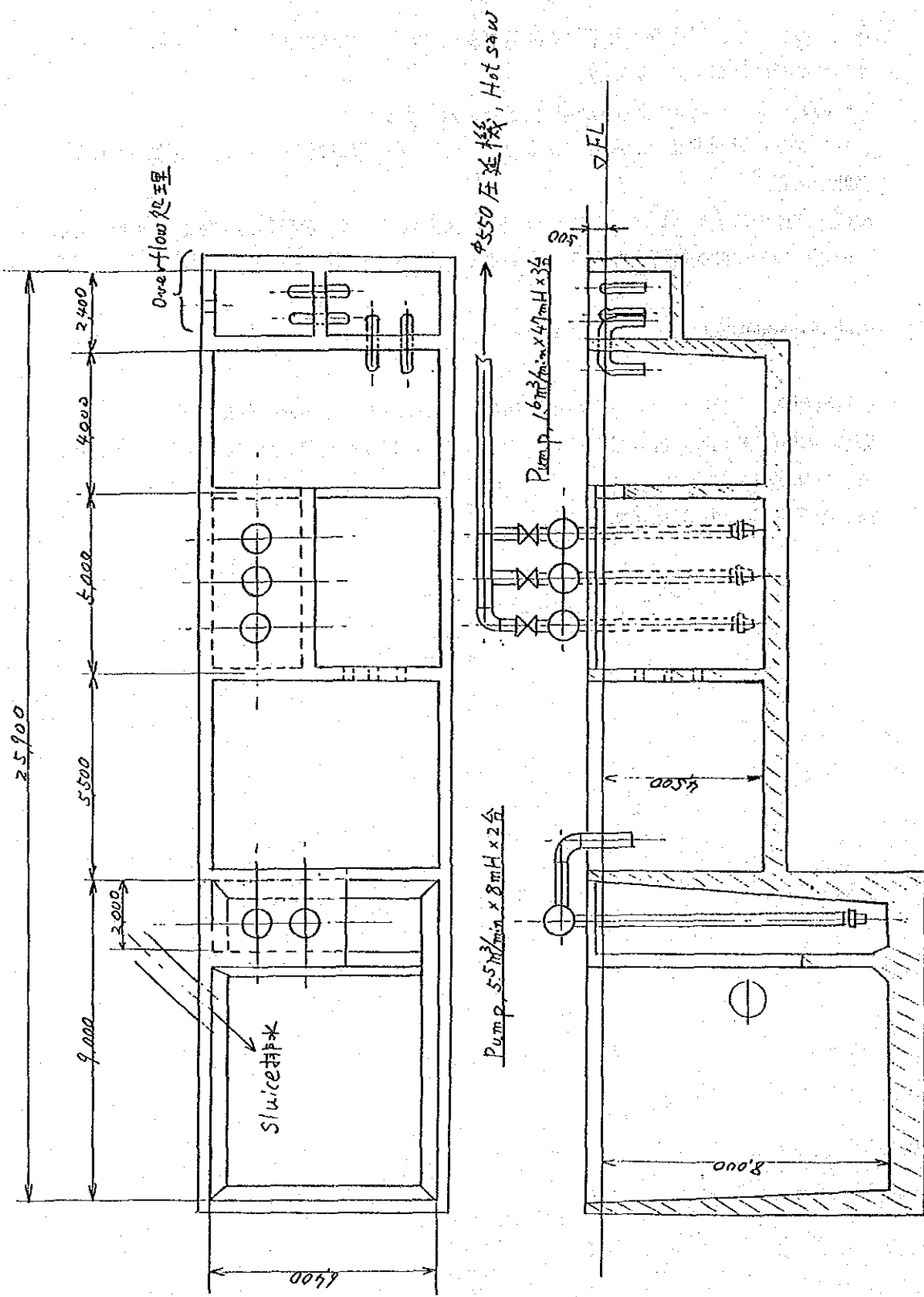
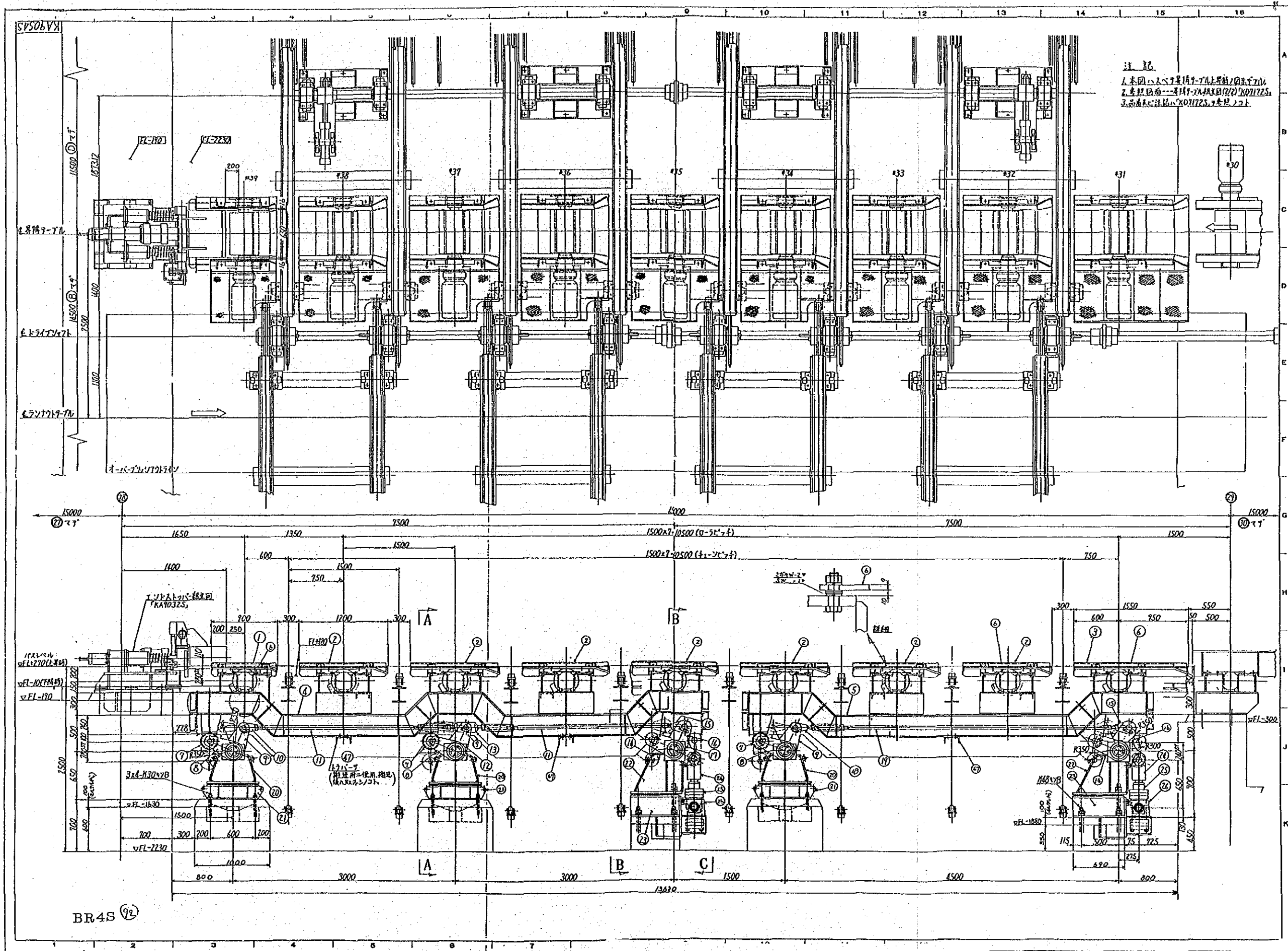


图-90 循环水用 Pool



別添 図-91 昇降Roller Table (参考用)

