

# 鐵 と 鋼 第十一年 第八號

大正十四年八月二十五日發行

## 論 說

### 兼二浦製鐵所所屬熔鑛爐の設計に就て

河 村 驍

#### 目 次

##### 緒 論

##### 第一節 原 料

A) 鐵鑛 B) 燃料 C) 熔劑 D) 原料の重量

##### 第二節 諸 計 算

A) 裝入物計算 B) 爐頂排棄瓦斯の成分  
C) 排棄瓦斯より利用せらる可き動力

##### 第一章 兼二浦現在の150噸爐の設計

##### 第一節 爐の内形

A) 爐の内容積(豫想) B) 爐の高さ C) 爐腹の徑 D) 爐床の徑 E) 爐床の高さ F) ホツシュ角及朝顔の高さ G) 爐腹圓筒部の高さ H) シャフトの高さ I) シャフト角及ストックラインの徑 J) 爐の内容積(決定) K) 羽口數 L) 羽口の徑 M) 羽口の突出 N) 羽口の高さ O) 熔銑及熔滓の高さ P) 補助羽口 Q) 裝入物降下時間

##### 第二節 爐の装置の概要

A) 爐の基礎 B) 爐床の構造 C) 羽口ジヤケットの構造 D) 朝顔部の構造 E) シャフトの構造 F) 裝入鐘及漏斗 G) 瓦斯放ばし H) 瓦斯下降管及除塵器 I) 送風主管 J) 裝入裝置 K) 冷却裝置 L) 送風機

##### 第二章 現熔鑛爐の改造

150 噸二爐の内一臺は鑄物銑を目的とし一日出銑 200噸他の一臺は鹽基性銑を目的とし一日出銑 250噸を目的とす

A) 爐の内容積 B) 爐の有効高 C) 爐床の徑 D) 爐床の高さ E) ホツシュ角 F) ホツシュ高 G) 爐腹の徑 H) 爐腹圓筒部の高さ I) シャフト角 J) ストックラインの徑 K) 爐の内容積及裝入物降下時間

##### 結 論

#### 緒 論

##### 第一節 原 料

A) 鐵鑛 西鮮地方に於て 兼二浦を中心とし繞る事約八十哩の範圍内に 兼二浦銀山面价川載寧殷栗等の諸鐵鑛床賦存し其鑛質は極めて還元し易き褐鐵鑛にして何れも物理的並に化學的性狀を同くす含有鐵分も亦多少の差違あるも平均50%内外にして硅酸其他の不純物少なし殊に顯著なるは各鑛石共滿俺分の含有に富み製鐵作業上より概觀する時は鹽基性平爐銑の製造に對し理想的原料と稱するを得可く鑄物銑の製造に對しては滿俺含有量の稍々高きに過ぐるの觀なきにあらざるも滿俺少なき適當の鑛石——例令へば支那桃冲又は太平の如き赤鐵鑛——の適當量を配合する時は生成せらる可き銑鐵中

の滿俺を低下し得るのみならず普通鑄物作業に於ては古鑄鐵屑又は滿俺少なき他種の鉄鐵——例令へば鞍山鉄釜石鉄等——を配合する事に依りて適當に滿俺量を調節し得るを以て寧ろ滿俺の含有高きは強靱なる鑄物の鑄造上適當に之を利用する事を得可きを以て之れ等の鑄石は鑄物鉄製造用として差支なきのみならず利用方法宜しきを得ば大に其長所を發揮せしむるを得可し。

西鮮地方褐鐵鑛中多少の赤鐵鑛を含有する場合なきにあらざるも鑛質概して多孔質にして極めて還元し易きを以て熔鑛爐頂より近距離に於て已に C-Deposition を惹起する恐れあり兼二浦製鐵所に於ては屢々褐鐵鑛90%以上の配合を以て長時日間爐頂懸滯 (Top Hanging) を起す事なく操業する場合あるも安全なる操業は褐鐵鑛70—85%に對し赤鐵鑛15—30%を加ふるにあり。

以下説述する兼二浦熔鑛爐の原設計は約十年以前の事にて當時の市場の狀況を考慮し鑄物鉄を製造するを目的とし爐の内形 (Inner Profile) も亦之の基準に依り設計せり建設工事完了後第一熔鑛爐は大正七年六月十三日第二熔鑛爐は同年八月二十四日吹入れをなし爾來間斷なく概ね順調なる操業を續行し現時に至る迄未だ嘗て爐壁の修繕を行ふ事なし本論の第一章は之の熔鑛爐の原設計を示すものとす。

然るに前述の如く鑄石の性質は極めて溶解し易く且つ滿俺の含有高く加ふるに工場内外四圍の狀勢は其後著しく變化し工場内に於ては製鋼工場の設備加はり市場に於ても鹽基性鉄の需用喚起せられたる状態と爾後十年間に於ける熔鑛爐の發達進歩に鑑み二爐の内一爐は一日工程 200 噸の鑄物鉄を産出し他の一爐は一日工程 250 噸の鹽基性鉄を産出するに適當なるものを目的とし將來の改良爐内形の設計を試み之を第二章に掲ぐる事とせり。

第一表は兼二浦製鐵所に於て普通使用せらるる鑄石の分析を示す

Table I. Analyses of Iron Ores to be used in Konjiho Iron Works

	C.W.	Fe.	SiO <sub>2</sub> .	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	CaO.	MgO.	MnO.	P.	S.	Cu.
Ginzanmen.	—	51.150	9.220	3.035	0.385	0.560	2.243	0.058	0.020	0.062
Ditto.	9.835	51.625	7.883	2.820	0.530	0.513	2.657	0.046	0.026	0.117
Sainei.	10.120	56.560	6.720	0.330	0.370	0.280	1.340	0.036	0.018	0.013
Kaisen.	—	52.600	9.540	2.170	0.290	0.320	2.856	0.064	0.010	0.008
Ditto.	8.958	53.050	8.754	2.275	0.540	0.374	1.825	0.069	0.037	0.007
Tochu.	—	56.193	15.417	1.144	1.056	0.538	0.317	0.026	0.040	0.017
Ditto.	2.090	55.415	15.608	1.320	1.140	0.318	0.170	0.022	0.014	0.008
Taihei.	1.967	62.333	4.917	2.747	0.470	0.257	0.245	0.225	0.054	0.018
Ditto.	1.600	65.530	3.280	1.170	0.150	0.100	0.129	0.101	0.023	0.008

B) 燃料 由來朝鮮に於ては製鐵用コークス原料たる可き良粘結性炭を産出せざるを以て兼二浦製鐵所に於ては北支那開平炭を以て骸炭製造用主用炭とし之に南滿州本溪湖炭を配合する事とせり其標準的分析結果を擧ぐれば第二表に示すが如し。

	灰分	揮發分	固形炭素	全硫黄	灰中の燐
開平炭	14.70	31.70	53.60	1.183	0.249
本溪湖炭	20.54	21.52	57.94	0.143	0.155

第三表は此等原料を使用して製造したる骸炭及骸炭中に於ける灰分の分析結果を示す。

Table III. Typical Analyses of Cokes & their Ashes in Kenjiko Iron and Steel Works.

Cokes.	Moisture.	V. M.	F. C.	Ash.	S.	Porosity.	Crusing test.	
Kaiping 55, Honkeiko 45.	0.07	0.25	80.13	19.55	1.080	41.00	98.00%	
Kaiping 63, Honkeiko 37.	0.16	1.23	77.83	20.78	0.890	40.00	96.00	
Kaiping 100.	0.27	0.54	75.65	23.54	0.950	38.42	92.00	
Ashes.	Si <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	MnO.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .	SO <sub>3</sub> .	CaO.	MgO.
Kaiping 55, Honkeiko 45.	46.86	34.24	14.00	0.110	0.126	0.685	2.72	1.06
Kaiping 63, Honkeiko 37.	47.20	34.16	13.43	0.186	0.053	0.335	3.54	0.76
Kaiping 100.	46.38	32.34	16.46	0.074	0.149	0.410	4.30	0.89

第三表に依れば上記の原料より製造せられたる骸炭は比較的多量の灰分を含有し而も灰分は熔鑛爐作業上稍もすれば不利益なる Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有に富める事を知るべし併し従來開平單味又は本溪湖を配合して製造せる骸炭は氣孔度の點に於て遺憾ありとせられたるも適當なる型式の副産物製造骸炭爐 (By-Product-Oven) にて焦製せる骸炭は概ね相當の氣孔性を有する事を窺知するを得可し此れ等骸炭の最も顯著なる特質は原料炭の粘結性著しく強きを以て非常に堅硬にして破壊試験に於ても92%以上の硬度を有する事なり。

C) 熔劑 兼二浦製鐵所は附近ニケ處の石灰山を所有す一は兼二浦製鐵所を去る一哩半他は馬洞石灰山として知られ兼二浦を去る二十九哩の距離にあり此等石灰の分析は第四表に示すが如し。

第四表 石灰

産出箇所	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	P	S
兼二浦	3.78	48.25	3.47	1.42	1.14	0.007	—
馬洞	1.14	48.90	4.13	0.79	4.03	0.008	0.06

D) 原料の重量 前諸表に掲げたる熔鑛爐用原料の重量は第五表に示すが如し。

第五表

原料	Wt. in kg/cub. m.	原料	Wt. in kg/cub. m.
銀山面鑛	1,286	太平鑛	2,340
載寧鑛	1,600	骸炭	609
价川鑛	1,600	石灰石	1,436
桃冲鑛	2,130		

## 第二節 諸 計 算

A) 裝入物計算 下に掲ぐるが如き鉄鐵を目的とし第六表及第七表(卷尾にあり)に掲ぐる如く鑄物鉄並に鹽基性鉄に對する裝入物の計算を行ひたり。

	C	Si	Mn	S
鑄物鉄	>3.5	2.5	<1.0	<0.06
鹽基鉄	>3.5	0.8	>1.5	<0.04

之れ等計算に於て装入物は下記の基準配合に依るものと見做せり。

	鑄物鉄に對し	鹽基性鉄に對し	鑄物鉄に對し	鹽基性鉄に對し
太平鑄	25%	16%	价川鑄	—
桃沖鑄	25%	—	骸炭(鉄1に對し)	1.1
银山面鑄	50%	42%		1.0

計算の結果所要石灰石量は鑄物鉄製造に際しては鉄1噸に對し528kg 又鹽基性鉄に對しては640kgを要する事を知る。

B) 熔鑄爐排氣瓦斯の成分  $CO_2$ :  $CO$  の重量比を0.7と見做し鑄物鉄製造の際に於ける爐頂排氣瓦斯の成分を計算せる結果下の如し。

瓦斯	瓦斯成分		
	Vol %	1kgのPigに對する瓦斯の容量 in cub. m	1kgのPigに對する瓦斯の重量 in kg.
$CO$	26.41	1.140	1.437
$CO_2$	11.71	0.508	1.006
$N$	59.32	2.561	3.227
$H_2$	1.50	0.065	0.006
$CH_4$	0.70	0.030	0.021
$O$	0.30	0.010	0.019
	100.00%	4.317	5.716

C) 排氣瓦斯より得らる可き動力、爐頂排氣瓦斯の10%を損失とし40%は熱風爐に使用せらるゝものとし剩餘瓦斯を B & W 型ボイラーに燃焼し發生蒸氣を以て現時の進歩せる蒸汽タービンに用ゆる時は3600馬力を發生する事を得可く一平方呎に付6封度の常風壓を以て操業する各爐一臺合計二臺の送風機(Turbo-Blower)及 1000k.w. の發電機(Turbo-generator)を運轉して全製鉄工場用の動力を供給して餘ある可し。

## 第一章 兼二浦現熔鑄爐の設計

(一日工程 150噸)

### 第一節 爐の内形

A) 熔鑄爐の内容積 熔鑄爐の内容積は下の如く決定せらる。

$$V = v \cdot P$$

$V$ . = 熔鑄爐の有効内容積

$P$ . = 一晝夜の鉄鐵產出量(噸)

$v$ . = 一晝夜1噸を產出するに要する有効内容積

一晝夜一噸を産出するに要する有効内容積  $v$  は爐によりて著しく其値を異にし爐形著大にして送風壓力強大なる熔鑄爐特に鹽基性銑を目的とする爐に於ては日産銑鐵 1 噸に對し僅に 1 立米に過ぎざる事あるも爐形小にして殊に鑄物銑産出を目的とする場合に於ては 3 立米以上に達する事あり例令へばジムメルバハ (Simmerbach: Stahl. u. Eisen. 1914) は近時の獨逸熔鑄爐の例として次の如き數字を發表せり。

爐の種類	$v$ (cub. m.)
鑄物銑を目的とするもの (一晝夜工程 185 噸).....	2.89
スヒーゲルアイゼンを目的とする場合 (" " 165 噸).....	2.22
鹽基性平爐銑を目的とする場合 (" " 350 噸).....	1.31
トーマス銑を目的とする場合 (" " 450 噸).....	1.28
同上の場合 (" " 280 噸).....	1.10

又パプロフ氏 (Pavloff: Iron & Coal trades Review 1909) は次の如き範圍の數字を示したり。

ミネツテ地方熔鑄爐 (鹽基銑を目的とし一晝夜工程 200 噸).....	3.03—2.97
アラバマ地方熔鑄爐 (鑄物銑を目的とし一晝夜工程 150—225 噸).....	1.88—1.50

1915 年著者の親しく彼地に出張してアラバマ地方の熔鑄爐を調査せる結果は第九表に示すが如く一晝夜の工程 150—400 噸の熔鑄爐に於て  $v$  の値は 1.897—1.470 立米の範圍にありてパプロフ氏の數字と著しく一致せるを見る之の數字の大體に於て著しく低きは同地の熔鑄爐が一平方呎に付常壓 10—15 封度の高壓により作業する事は其主因たるものゝ如し。

著者の兼二浦熔鑄爐設計當時に於ける官立八幡製鐵所の實例は之を第八表に掲載せり乃ち

160 噸爐に對しては.....	2.75—3.03
------------------	-----------

Table VIII. Yawata furnaces as they stand April, taisho 3rd.

Blast Furnaces.	Yawata NO. I,	Yawata NO. II.	Yawata NO. III.	Yawata NO. IV.
	Blown in. 43/10/29	44/10/6	42/10/8	3/4/27
Effective vol. $V, m^3$ .	440	440	490	521
Capacity per 24 hrs. tons.	160	160	160	200
Vol. per ton pig. $m^3$ .	2.75	2.75	3.06	2.60
Effective height $H$ . m.	19.500	19.500	21.000	21.000
Diameter of bosh. $D$ . m.	6.500	6.500	6.000	6.800
Ratio $H/D$ .	3.000	3.000	3.500	3.088
Dia. of hearth. $d_2$ . m.	3.600	3.600	3.600	4.200
Ratio $d_2/D$ .	.554	.554	.600	.618
Ht. of bosh from bottom of fc. $h_2$ .	6.700	6.500	6.600	6.800
Ratio $h_2/H$ .	.344	.333	.314	.324
Ht. of hearth $N$ . m.	2.300	2.300	2.400	2.500
Ratio $N/d_2$ .	.639	.639	.667	.595
Diameter of stockline $d_1$ . m.	4.600	4.600	4.600	4.600
Ratio $d_1/D$ .	.708	.708	.767	.676
Ht. of shaft $h_1$ . m.	11.280	11.480	12.900	12.680

Ht. of bosh. P. m.	4.400	4.200	4.200	4.300
Ht. of cylindrical part at bosh Q.	1.520	1.520	1.500	1.520
Shaft angle. $\beta$ .	85°11'	85°16'	85°34'	85°03'
Bosh angle. $\alpha$ .	71°	71°	71°	73°11'
Ht. of ordinary tuyere $x_1$ . m.	1.900	1.900	2.000	2.200
Ht. of 1st. emergency tuyere. $x_2$ . m.	2.600	2.900	3.000	3.200
Ht. of 2nd emergency tuyere. $x_3$ . m.	3.250	3.400	3.500	3.600
Ht. of cinder notch from bottom. m.	1.000	1.000	1.000	1.000
Ht of tuyere above cinder N. m.	.900	1.000	1.000	1.200
Ht. of bottom of bosh above tuyere m.	.400	.300	.400	.300

Table IX. Details of Alabama Furnaces.

Furnaces.	Ensley NO. I.	Eusley NO. II.	Ensley NO. III.	Ensley NO. IV.	Ensley NO. V.	Bessem- er NO. I.	Bessem- er NO. III.	Oxmoor NO. I.	Oxmoor NO. II.
Effective vol. V. m <sup>3</sup> .	602.600	587.880	587.880	500.830	434.330	275.320	378.080	303.520	290.170
Capacity per 24 hrs. tons.	400	400	400	300	300	150	200	160	160
Vol. per ton pig. m <sup>3</sup> .	1.507	1.470	1.470	1.669	1.633	1.835	1.890	1.897	1.813
Effective height H. m.	22.688	22.767	22.767	20.895	20.292	13.597	20.116	20.403	19.783
Diameter of bosh. D. m.	6.959	6.868	6.868	6.629	6.324	4.826	5.791	5.181	5.131
Ratio H/D.	3.260	3.315	3.315	3.152	3.209	3.853	3.474	3.958	3.856
Diameter of hearth $d_2$ . m.	4.724	4.724	4.724	4.419	4.267	3.354	3.429	3.591	3.276
Ratio $d_2/D$ .	.679	.688	.688	.667	.675	.695	.592	.691	.638
Ht. of bosh from bottom of Fg. $h_2$ . m.	6.857	6.857	6.857	6.363	5.962	5.487	6.858	5.943	6.248
Ratio $h_2/H$ .	.302	.331	.331	.305	.295	.333	.349	.291	.316
Ht. of hearth N. m.	2.438	2.692	2.692	2.553	1.223	2.133	2.236	2.134	2.134
Ratio N/ $d_2$ .	.516	.570	.570	.578	.521	.636	.667	.596	.651
Diameter of stockline $d_1$ m.	4.978	4.876	4.876	4.673	4.267	3.657	4.267	3.657	3.810
Ratio $d_1/D$ .	.715	.710	.710	.705	.675	.758	.737	.706	.742
Ht. of Shaft $h_1$ m.	15.831	15.910	15.910	14.532	14.412	10.976	11.124	14.459	13.435
Ht. of bosh P. m.	4.153	3.962	3.962	3.810	3.657	3.354	4.572	3.810	4.214
Ht. of cylindrical part at bosh. Q. m.	0	0	0	0	0	2.133	2.133	0	0
Shaft angle. $\beta$ .	86°25'	86°25'	86°25'	86°9'	85°55'	86°57'	86°5'	86°59'	87°11'
Bosh angle. $\alpha$ .	74°56'	74°56'	74°56'	73°50'	74°42'	77°37'	75°32'	78°8'	77°5'
Ht. of tuyere. m.	2.235	2.235	2.235	2.095	1.756	1.524	1.676	1.524	1.524
Thickness of shaft wall. m.m.	254	1.448	1.448	1.143	1.029	1.920	.686	.617	.914
Ht. of cinder notch from bottom.	1.067	1.067	1.067	1.039	.775	.864	1.086	.864	.864
Ht. of tuyere above cinder. N. m.	1.168	1.168	1.168	1.067	.991	.660	.590	.660	.660
Ht. of bottom of bosh above tyr. m.	.267	.457	.457	.457	.457	.610	.610	.610	.610

200 噸爐に對しては.....2.60

當時八幡に於る送風機の常壓は 3.5—4.5 封度にして兼二浦に於て新に採用す可き常風壓 6 封度に比すれば著しく低位にあるのみならず八幡熔鑪の装入物は赤鐵鑪を主用し補助として褐鐵鑪を使用するも兼二浦にては之と反對に褐鐵鑪を主用し赤鐵鑪を補助となす豫定なるにより兼二浦熔鑪の工程が八幡より小なるに拘はらず  $v$  の値を 2.6 と取るの穩當なるを認めたり乃ち兼二浦熔鑪の有効内容積

は下の如し。

$$V = 150 \times 2.6 = 390 \text{ cub. m. or } 13,767 \text{ cub. ft.}$$

B) 熔鑄爐の高さ パブロフ氏に従へば熔鑄爐の高さは次の如く計算せらる。

$$V = k \times D^2 \times H.$$

$V$  = 立方呎に於ける爐の有効内容積

$H$  = 爐底より装入床迄の爐の全高(呎)

$D$  = 爐腹の内徑(呎)

$k$  = 係數 0.46—0.50にして普通 0.49を使用す

$\frac{H}{D}$  の比は普通 4.0—4.5 の間にあり今兼二浦熔鑄爐の場合に於て  $V = 13,767 \text{ cub. ft.}$  にして  $\frac{H}{D} = 4.2$  or  $D = \frac{H}{4.2}$  と取る時は

$$H = \sqrt[3]{\frac{13,767 \times 17,64}{0.49}} = 79.14$$

or  $\approx 80$  呎.

爐の装入標準線(Stockline)と装入床との高さを10呎と取る時は出銃口底より装入標準線に至る有効高は70呎乃ち 21.335米突となる。

パブロフ氏は爐の高さは主として使用骸炭の性質によるものとなし各種の骸炭に對する爐高を下の如く例示せり乃ち

骸 炭 種 類	爐の有効高(米突)
オーバーシレンヤ及南露に於ける軟骸炭	18.29—19.81
普通の歐洲及南露の骸炭	21.33— <del>22.86</del>
ウェストフアリヤ、クリーブランド及米國良骸炭	24.36— <del>25.91</del>
クリーブランド、コンネルスピルの最良骸炭及ダラーム骸炭	27.43—28.95

米國アラバマ地方に於ける熔鑄爐の有効高は第九表に示す如く 150—400噸爐に對し 18.60—22.77 米突の間にあり當時の八幡熔鑄爐は二瀨70開平30又は二瀨80本溪湖20の配合に依る中等骸炭を使用し爐の有効高は19.50—21.00米突の間にあり。

骸炭の外鑛石の還元性及操業の方法も亦高さの決定上考慮す可き事にて兼二浦にては開平單味又は開平本溪湖の配合に依る質堅硬なる骸炭を使用するも一方鑛石は還元し易き褐鐵鑛を主用し送風常壓は6封度内外の豫定なるを以て前掲の計算に依る 21.335米突は穩當なる數字と認め之を採用せり。

C) 爐腹部の徑、前項の計算に依り

$$D = \frac{H_t}{4.2} = 19 \text{ }^f \text{ or } 5.791 \text{ m.}$$

$$\frac{H_c}{D} = \frac{H_t - 10}{D} = 3.684$$

但し  $H_t$  = 爐の全高

$H_c$  = 爐の有効高

$D$  = 爐腹の徑

本設計當時八幡製鐵所にては  $H_c/D$  は 3—3.5 なりしもこは當初八幡に於ける軟骸炭を標準として設計せられたるに依るものにて疑もなく比較的 low 数字を示すアラバマに於ては第九表に示す如く  $H_c/D = 3.152—3.938$  にして其小なる数字は大形爐に相當し大なる数字は小形爐に相當せり  $\frac{H_c}{D}$  の普通なる範圍は 3—4 の間にあるを以て前計算の 3.684 なる数字は略ぼ其中間に位し適當なる数字たるを信ず。

D) 爐床の徑 パプロフ氏の計算式に依れば

$$d_2 = k\sqrt{C}$$

本式に於て  $d_2$  = 爐床の徑(呎)

$k$  = 係數 0.75—0.85

$C$  = 24 時間に裝入さるゝ骸炭量

本設計の場合に於ては平方時に就き 6 封度の風壓を以て操業するものなるを以て  $k$  なる係數は安全に 0.85 と取り銑鐵に對する骸炭消費量を 1.1 と取れり乃ち

$$C = 1.1 \times 150 = 165 \text{ tons per 24 hrs.}$$

$$d_2 = 0.85 \times \sqrt{165} = 10.9 \text{ or } 11 \text{ ft}$$

本計算の結果爐床の徑は 11 呎なるも以後の計算に於て朝顔の高さを可成低からしめん爲め計算の結果より少しく増大して 11'—2" or 3.403m と取れり依て

$$\frac{d_2}{D} = \frac{3.403}{5.791} = 0.588$$

$\frac{d_2}{D}$  なる比に就ては Simmerbach 氏は次の数字を與へたり

銑 種	$\frac{d_2}{D}$
鑄物銑に對し	0.40—0.61
ヘマタイト銑に對し	0.44—0.63
トーマス銑に對し	0.45—0.73
鹽基性平爐銑に對し	0.53—0.73

上表は  $\frac{d_2}{D}$  なる比は鑄物銑に對しては小さく鹽基銑に對しては大なる事を示す。

本設計當時に於ける八幡熔鑄爐は第八表に示すが如く  $\frac{d_2}{D} = 0.554—0.618$  にしてアラバマに於ける實例は第九表に示す如く  $\frac{d_2}{D} = 0.592—0.695$  にて米國の慣習は一般に他國のそれに比し稍々大なる値を取れり。

之れ等の諸例を參酌し上記の 0.588 なる比は本設計の場合に於て適當なるものと認めたり此の場合に於ける爐床面積一平方呎に對する骸炭の量乃ち骸炭燃燒率は下の如し。



$$\frac{165 \times 2240}{97.93} = 3774 \text{ lbs.}$$

E) 爐床の高さ 先づ一晝夜1噸の銑鐵を産出するに要する爐床羽口中心線以下の容積を 4.37 cub. ft or 0.124 cub. m. と取れり

$$150 \times 4.37 = 655 \text{ cub. ft.}$$

$$\frac{655}{97.93} = 6' - 8\frac{1}{4}" \text{ or } 2.038 \text{ m.}$$

羽口の中心線と朝顔の最下部迄の距離を 15 3/4" or 400 m.m. と取り爐床の高さを  $N$  にて示す時は

$$N = 6' - 8\frac{1}{4}" + 15\frac{3}{4}" = 8' \text{ or } 2.438 \text{ m.}$$

$$\frac{N}{d_2} = \frac{2.438}{3.403} = 0.716$$

一晝夜1噸の銑鐵を産出するに要する爐床の内容積に關してパプロフ氏の與ふる處に依れば

トーマス銑及鹽基性平爐銑に對し	0.08—0.09 cub. m.
酸性ベセマー銑に對し	0.09—0.10 "
鑄物銑及ヘマタイト銑に對し	0.10—0.12 "

又 Simmerbach 氏の與ふる例は下の如し。

鑄物銑に對し	0.049—0.166 cub. m.
ヘマタイト銑に對し	0.033—0.170 "
トーマス銑に對し	0.062—0.155 "
鹽基性平爐銑に對し	0.077—0.128 "

此等の引例に依ればパプロフ氏の與へたる數字は近世熔鑄爐の諸多の實例に比し稍々低きの嫌あるを以て予はパプロフ氏の與ふる最大數よりも少しく大に且つジムメルバハ氏の最大數字よりも低き 0.12 4 cub. m. を取れり  $\frac{N}{d_2}$  なる比に關しては

Stevenson 氏は一般的に  $\frac{N}{d_2} = 0.7—0.8$

Simmerbach 氏は鑄物銑に對し  $\frac{N}{d_2} = 0.473—1.0$

なる數字を與へたり當時

八幡の實例は  $" = 0.595—0.667$

アラバマの實例は  $" = 0.510—0.667$

乃ち八幡及アラバマの實例は共に Simmerbach 氏の與ふる範圍内に位し Stevenson 氏の與ふる數字よりも低位にあり予はジムメルバハ氏の與へたる範圍の約中間に位し且つステベンソンの與へたる最低數に近き 0.716を採用せり。

又  $\frac{N}{H}$  なる比に關してはレーデプアー氏の與ふる數字は  $\frac{1}{10} - \frac{1}{8}$  or 0.10—0.125 にして本設計の場合に於ては

$$\frac{N}{H} = \frac{2.403}{21.335} = 0.114$$

にしてレーデブアー氏の與へたる數字の中間に位するものなり。

F) ポツシュ角及ポツシュの高さ

パプロフ氏の與へたるポツシュ角の實例は下の如し。

近代の熔鐵爐に適するもの	75°
還元容易なる鑛石又は高硅素鉄	72°
還元困難なる鑛石又は低硅素鉄	78°

ジメルバハ氏の與ふる處に依れば

鑄物鉄に對し	70°—77°½
ヘマタイト鉄に對し	67°—76°
トーマス鉄に對し	71°—76°½
鹽基性平爐鉄に對し	70°½—77°
當時の八幡の實例は	71°—73°11'
アラバマの實例は	73°50'—78°8'

之等の諸例を參酌し且つ近代の傾向が漸次急傾斜に傾きつゝある事實に鑑み予は當時に於て75°と取る事を最も穩當なるものと認めたり。

今  $P$  を以て朝顔の高を表はすものとせば

$$P = \frac{D - d_2}{2 \cot \alpha} = \frac{5.791 - 3.403}{2 \times \cot 75^\circ} = 4.458 \text{ m.}$$

$P$  の高さに関してはパプロフ氏の數字は下の如し。

骸炭使用爐に對し	3.657—5.181m.
當時の八幡の實例は	4.200—4.400m.
アラバマの實例は	3.810—4.572m.

$\frac{P}{H}$  なる比に關してジメルバハ氏の與ふる處に依れば

鑄物鉄に對し	0.39—0.23
ヘマタイト鉄に對し	0.35—0.18
トーマス鉄に對し	0.36—0.18
平爐鉄に對し	0.35—0.14

本設計の場合に於ては  $\frac{P}{H} = \frac{4.458}{21.335} = 0.21$  にして鑄物鉄に對しジメルバハ氏の與ふる數字に比し幾分低きもポツシュ高は近年漸次低下の傾向あるに依り之の數字を採用したり。

$\frac{P}{D}$  なる比に關してジメルバハ氏の與ふる處に依れば

鑄物鉄に對し	1.10—0.76
ヘマタイト鉄に對し	1.07—0.53
トーマス鉄に對し	0.97—0.59
平爐鉄に對し	0.95—0.54

本設計の場合に於ては  $\frac{P}{D} = \frac{4.458}{5.791} = 0.77$

今  $h_2$  を以てポツシュ以下爐底迄の高さを示すものとせば  $\frac{h_2}{H}$  なる比に關しジメルバハ氏の與ふる

數字は下の如し

鑄物銑に對し	0.30—0.47
ヘマタイト銑に對し	0.26—0.45
トーマス銑に對し	0.27—0.45
平爐銑に對し	0.28—0.48
當時の八幡の實例は	0.314—0.344
アラバマの實例は	0.302—0.349

$$\text{本設計の場合 } \frac{h_2}{H} = \frac{6.896}{21.335} = 0.323$$

乃ち此數字は前記諸例の中間に位するものなり。

G) 爐腹圓筒部の高さ (Q)パブロフ氏に依れば爐腹圓筒部の高さは 0—12ft 乃ち 0—3.66m の範圍に上下し最も普通なる範圍を 5—8ft 乃ち 1.52—2.44m と取れり當時の八幡の實例は 1.50—1.52m にしてアラバマの實例は 0—2.13m なり之れ等を參酌して予は 1.549 と取れり此際に於ける  $\frac{Q}{D} = .268$  となる。

#### H) シャフト高さ

シャフトの高さを  $h_1$  を以て表はす時は下の如く單純に計算せらる。

$$\begin{aligned} h_1 &= H - (Q + P + N) \\ &= 21.335 - (1.549 + 4.458 + 2.438) = 12.890 \text{ 米突} \end{aligned}$$

#### I) シャフト角及ストツクラインの徑、シャフト角に關し

オザン氏は最も普通の場合に於て  $86^\circ$  を最良とし

フオアサイス氏は  $85^\circ - 87^\circ 30'$  を普通の範圍とし

パブロフ氏は粉鑛に對し  $85^\circ$

混合鑛(塊粉)に對し  $86^\circ$

塊鑛に對し  $87^\circ$

と與へジムメルバハ氏も亦普通  $86^\circ$  と取る事を推奨し且つ次の如き實例を與へたり。

鑄物銑に對し	$85^\circ - 87^\circ$
平爐銑に對し	$81^\circ \frac{1}{2} - 86^\circ \frac{1}{2}$
トーマス銑に對し	$81^\circ - 86^\circ \frac{1}{2}$

之れ等の諸例を參酌する時は鑄物銑に對しては疑もなく最も穩當なる角度は  $86^\circ$  附近にある事を知る可し。

又ストツクラインの徑と爐腹の徑との比に關しては

レーデブアー氏は  $\frac{d_1}{D} = 0.715$  を與へ

パブロフ氏は  $\frac{d_1}{D} = 0.70 - 0.75$  を與へ其小なる數字は鐵分に富める粉鑛に對するものとし大なる數字は鐵分に乏しき塊鑛に適し中間の數字は鐵分に富める塊鑛に適するものとせり又ジムメルバハ氏は

$$\frac{d_1}{D} = 0.61 - 0.81$$

なる範圍を與へたり。

之れ等諸例を參酌し予はジムメルバハ氏の中間の數字にして且つレーデプアー氏の數字に近似する 0.711 を採用せり乃ち

$$d_1 = 0.711 \times 5.791 = 4.115 \text{ m}$$

之よりシャフト角を算出すれば

$$\text{Cot } \beta = \frac{D - d_1}{2 \times h_1} = \frac{5.791 - 4.115}{2 \times 12.890}$$

$$\beta = 86^\circ 16'$$

となる之の角度は前述の如く當時極めて穩當なるものとして之を採用せり。

#### J) 爐の全有效内容積

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

但し

$V$  = 爐の全有效内容積

$V_1$  = シャフト部分の内容積 ..... = 250.25 cub. m

$V_2$  = 爐腹圓筒部の内容積 ..... = 41.44

$V_3$  = 朝顔部の内容積 ..... = 75.51

$V_4$  = 爐床の内容積 ..... = 22.17

全有效内容積 ..... = 389.37

此の數字は(A)項に於て予想したる有效内容積 390 cub. m. に極めて近似のものにて此際に於ける一晝夜産出鉄鐵 1 噸に對しては  $\frac{389.37}{150} = 2.595$  乃ち約 2.6 cub. m. となる。

#### K) 羽口の數

熔鑛爐に於ける羽口數は爐の大き及工程に應じて變化す可きも近代米國に於ける實際の慣習は爐床の徑如何に大なるに拘はらず圓周上 12 本を超えざるを常とし爐床圓周の各 1 米突に 1 本又は爐床内徑の各 1 呎に付 1 本と取るが如き古來の慣習は最早今日にては何たる意義をなさざるに至れり此點に關しオザン教授の與へたる公式は最も能く現代の熔鑛爐の慣習に合致す乃ち

$$N = \frac{P}{1.5} + n.$$

本式に於て  $P$  = 爐床の圓周(米突)

$$n = 1 - 3$$

$N$  = 羽口數

但し本公式の採用に當り最も注意す可きは本式に依る計算の結果より出滓口の數を減す可き事なり本設計の場合に於ては

$$N = \frac{10.69}{1.5} + 3 = 10.13 \text{ 之を } 10 \text{ と取る}$$

鑄滓口は2個を設くる豫定なるを以て羽口數  $N=10-2=8$ 個にして各羽口間の間隔は

$$\frac{10.69}{8} = 1.34 \text{ m}$$

となり鑄物鉄爐に對しジメルバハ氏の與へたる .770—1.88 m の中間にあるを以て之の結果を穩當と認めたり。

L) 羽口の内徑

鑄物鉄に於て一晝夜出鉄一噸に對し幾何の羽口面積を與ふ可きやに關し下の實例あり。

ジメルバハ氏の與ふる數字……………3.84—13.3 sq. cm.

フオアサイス氏の與ふる數字……………6.15—9.10 sq. cm.

羽口面積を計算する方法は種々あれども最も論理的のものは豫定の出鉄に必要な送風量より計算する事なるべし第 538 頁に掲げたる熔鑄爐排棄瓦斯の成分を参照して計算をなす時は、1kg の鉄鐵を産出するに要する骸炭中の C をして  $\text{CO}_2$  及  $\text{CO}$  に燃燒せしむ可き全酸素の量は 1.552kg にして内 .588kg の酸素は石灰中に含まるゝ  $\text{CO}_2$  の酸素と裝入物中の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ , 及  $\text{P}_2\text{O}_5$  の酸素より供給せらる即ち

$$1.552 - .588 = .964 \text{ kg}$$

は送風より供給さるゝ酸素ならざる可からず然るに .964kg の酸素は  $.964 \times \frac{77}{23} = 3.227\text{kg}$  の窒素を伴ふが故に鉄鐵 1kg を生ずるに要する空氣の量は

酸 素…………… .964

窒 素…………… 3.227

合計空氣…………… 4.191 kg なりとす

乃ち一晝夜 150 噸の鉄鐵に對しては  $150,000 \times 4.191\text{kg}$  の空氣を要する事となる。

攝氏  $0^\circ\text{C}$  及 760m.m. 氣壓の下に於ける空氣 1cub.m の重量は 1.293kg なるを以て  $0^\circ\text{C}$  及 760m.m. に於ける一分間の空氣の量は

$$\frac{150,000 \times 4.191}{1.440 \times 1.293} = 338 \text{ cub. m. なり}$$

前項の計算より羽口數を 8 とする時は一本の羽口に於ける一秒時の空氣の量は

$$\frac{338}{60 \times 8} = .704 \text{ cub. m.}$$

今送風の最大熱度を  $600^\circ\text{C}$  とし使用常壓を 6 封度とする時は羽口一本に於ける前記の送風は

$$.704 \times \left(1 \times \frac{600}{273}\right) \times \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{15} \times 6}\right) = 1.6081 \text{ cub. m.}$$

となる依て今羽口に於ける 1 秒時の送風速力を 125m と取り  $r$  を羽口の半径とすれば

$$\pi r^2 \times 125 = 1.6081$$

$$\gamma^2 = \frac{1.6081}{3.1416 \times 125} = .0041 \text{ m.}$$

$$\gamma = \sqrt{.0041} = .064 \text{ m.}$$

$$\therefore d = 128 \text{ m. m.}$$

乃ち此場合に於て5吋羽口を採用すれば充分なり

前計算の結果羽口の徑を 128 m.m. とすれば羽口一本の面積は  $\frac{\pi \times 128^2}{4} = 128.680 \text{ sq cm.}$  にして羽口

八本の面積は  $128.680 \times 8 = 1.029.44 \text{ sq cm.}$  となり一日一噸の出鉄に對しては  $\frac{1.029.44}{150} = 6.860 \text{ sq cm.}$

となる之を前段のジメルバハ氏及フオーアサイス氏の引例と比較する時は最も穩當なる數字なるを知る可し。

M) 羽口の突出 米國に於ける現代熔鑄爐の中形のものは羽口の突出を 7"-9" or 178-229m.m. と取るを普通とす予は 229m.m. を採用せり。

N) 羽口の高さ (E)項に於て計算せるが如くクルーシブルの高さ乃ち羽口の高さは 2.038m. と取り之を鑄滓口以上及鑄滓口以下に分割する事下の如し。

鑄滓口以下 1.703m.

鑄滓口以上 .965m.

羽口の高さに関しては鑄物銃に對し

ジメルバハ氏は 1.250-2.250m.

レーデプアー氏は 1.500-2.500m.

と與へたり乃ち本設計の場合に於ける 2.038 は是等の範圍の中間に位せり。

O) 熔鉄及熔滓の高さ 一晝夜六回の出鉄をなすものとし鼠鉄の比重を 7.1 と取り鉄鐵一噸の容積を 0.141 cub. m. と取る時は熔鉄の高さは 0.388m. に等しく第六表に示すが如く鉄鐵1に對する鑄滓の量を .698 と取り鑄滓の比重を 2.5 と取る時は爐床内の鑄滓の高さは 0.767m. に當る乃ち

$$\frac{\text{鑄滓口の高さ}}{\text{羽口の高さ}} = .526$$

$$\frac{\text{一回の出鉄の高さ}}{\text{鑄滓口の高さ}} = .362$$

之れ等の關係は羽口をして鑄滓より遠からしめ且つ鐵と鑄滓とを完全に分離せしむるに充分なる可し

P) 補助羽口 歐洲大陸に於ける熔鑄爐は時々非常羽口を使用する事あるも米國の熔鑄爐には全然其設けなし之れ米國にては使用鑄石の性質が殆んど一定し且灰分少なき極めて堅硬なる骸炭を用ひて操業し爐況概ね一樣にして變化少なきに因る。

我國の場合に於ては八幡製鐵所の經驗に依れば非常羽口は屢々爐を不規則狀態より救出せり殊に懸滯の場合に於て然りとす故に本設計の場合に於ても補助羽口4本を採用し之を通常羽口永準以上1米突の距離に設く此等兩羽口は夫々各別の豫備を保有する事の繁を避くる爲め同一口径となせり。

Q) 装入物降下時間、装入物の降下時間は下の如く計算せらる。

$$t = \frac{24V}{v}$$

但し  $t$  = 装入物降下時間

$v$  = 一晝夜 150 噸の銑鐵を産出するに要する装入物に依り占有さる可き容積

$V$  = 爐の有効内容積

装入物の計算の結果に依る装入配合及装入各原料の重量より計算すれば装入物に依りて占有せらる可き容積は 477.55 cub. m. となり壓縮による容積收縮率を 20% と取るときは

$$v = 477.55 - 95.5 = 382.05 \text{ cub. m.}$$

之を前式に當て簀むる時は装入物降下時間は約25時間となる。

之の結果は一平方呎6封度の風壓を用ひ容易に到達せらる可く前記諸計算の結果に依る爐の寸法は一晝夜 150 噸の鑄物銑を産出するに充分なりと認む。

## 第二節 熔鑄爐の装置概要

### A) 熔鑄爐の基礎

熔鑄爐の基礎は爐體金物の總重、爐壁並に爐底煉瓦及爐の装入物の重量に對し充分堅固安定ならざる可らず兼二浦熔鑄爐の場合その總重量は下の如し。

	Tons.
爐金物總重量	1.160.000
爐體煉瓦	1.184.575
装入物重量	491.250
基礎煉瓦	1.039.200
總計	3.825.025

此重量は基礎面積の一平方米突に對し約22噸に相當す兼二浦熔鑄爐設置場所の位置は幸に岩盤に達する深さ甚しからざるを以て岩盤に達する迄掘穿し之にコンクリート地行を施こし煉瓦積を開始せるを以て最も安全堅固なるものと謂ふ可し。

### B) 爐床の構造

爐底並に爐床壁は最上等の耐火煉瓦を用ひ最も注意深く積立つるを要す歐州一般の慣習は熔銑の竄入して爐底煉瓦を浮上せしめざる様爐底を安固ならしむる爲め楔形煉瓦を有利として使用す其積立方法に二種あり第一圖及第二圖(卷尾にあり)に示すが如し米國専門家の意見に従へば此等兩方法共共通の弱點を有し爐床壁の下部が何等かの動機に依り浸蝕せらるゝ事あらんか爐底煉瓦の外周に位する煉瓦は上部よりの重壓を失ひて浮上す可く一部の浮上は惹ひて全煉瓦の結合を失はしめ忽ち爐底全部の浮上を見るに至る可しと加之楔形煉瓦は之を製作し及び之を積立つる事普通煉瓦に比し困難にして比較的不經濟たるを免れず故に予は市場に於ける在庫品として比較的容易に得られ且つ注意して積立

つる時は少くも楔状煉瓦と等しく浮上作用に抵抗するの力ある普通形直煉瓦を採用せり爐底用普通形直煉瓦の寸法は  $18'' \times 9'' \times 4\frac{1}{2}''$  (or  $457 \times 229 \times 114$  m.m.) にして爐底に於ける耐火煉瓦層の全厚は  $7'-1\frac{1}{2}''$  or  $2.172$  m.m. と取れり凡て耐火煉瓦を積立つるに注意す可き第一要點はモルタルは可成薄く之を用ひ單に組鬆なる煉瓦面を平滑ならしむるに止む可き事なり。

爐床及朝顔部分は熔鑛爐の構造上特に充分なる注意を拂ふ可き最重要部分にして熔鑛爐の順調なる操業を確保せんが爲め最も必要なり蓋し従來内外熔鑛爐の此等部分の構造上の弱點は屢々爐の操業上大なる失敗を惹起するの因をなしたればなり殊に煉瓦の選擇上最も慎重なる注意を拂ふを要す近來本邦煉瓦製造技術は相當發達したるを以て精選せる原料を用ゆる時は満足なる結果を齎す事あれども如何せん原料の關係上品質時に均一を缺くの恐あるを以て最上の安全を保證する爲めには内國製によるよりも品質一定せる最優等なる外國煉瓦を採用する方有利なる場合あり之の理由により兼二浦製鐵所に於ける現熔鑛爐煉瓦は米國ピツバーグ市ハーピソン、ウォーカー會社製を採用せるに其結果著しく良好にして既に今日迄七個年の絶えざる操業に堪え尙ほ相當の期間持續す可く期待せらる爐床壁の厚さは  $800-1000$  m.m. と取るを普通とし兼二浦熔鑛爐に對しては  $914$  m.m. と取れり。

爐床の外部の構造に就ては種々の型式あるも米國最新型にして卓越せる實蹟を表はしたる下の型式を採用せり乃ち爐床煉瓦積の外周は二十枚の弓形鑄鐵製ジャケットを以て圍繞し其外部を徑  $18'-0''$   $\times$  高さ  $9'-6''$   $\times$  厚さ  $1\frac{1}{4}''$  の鉄綴鋼板にて圍繞す弓形鑄鐵製ジャケットは高さ  $9'-6''$   $\times$  厚さ  $3\frac{1}{2}''$  にして其中に徑  $1\frac{1}{4}''$  の Lap-welded-pipe を鑄込み通水冷却せしむるものとし外部鋼板の縦の繼目は二重繼目板を施こし板の突き合せの兩側各五吋の間隔を以て徑  $1\frac{1}{4}''$  の鉸鉄三列を施す事とせり之の構造は爐床内部の壓力に對抗して熔銑の噴出を防ぐに極めて有效なるものとす、出銑口 1 個鑛滓口 2 個は装入物の降下を爐内各部可成均等ならしむ可く三方に配置し出銑口底の高さは爐底上  $305$  m.m. とし出銑時の流銑による煉瓦の浸蝕を防げり。

C) 羽口ジャケットの構造 順調なる操業に於ては鑛滓は羽口水準より  $300$  m.m. 以内に來る事稀れなるも鑛滓羽口の閉塞して開口困難なる場合に於ては時に羽口より流出さるに至る事あり之れ等熔滓は煉瓦を浸蝕する事勿論なるも羽口附近の煉瓦積の浸蝕は爐床の高熱高壓下に於ける送風の反撃(殊に其内に下降装入物の粒を交ふ)により煉瓦の磨滅するに主因するものゝ如し羽口附近高さ一時の圓筒を想像する時之の面積に對する全側壓力は  $P$  を以て之を表はし爐床の徑は  $d$  (吋) にて表はしポンドに於ける最大風壓を  $p$  にて表はす時は

$P = d \times p$  にして本設計の場合に於ては  $P = (11' \times 12 + 2'') \times 15 = 2,010$  lbs. となる之の壓力により爐壁は内部より外部に壓出せらるこの壓力に對抗して爐を丈夫ならしむる爲め外部より緊帶するを要す時に或は番胴を施すのみにてジャケットを用ゐざる場合あるも爐の堅牢を期するの外各羽口の位置を



正確に維持する爲めには厚鋼板製ジャケットを用ゐ之に羽口冷却板等に對し必要なる開孔を設くるに  
加かざるなりジャケット厚の計算に關して F. H. Wilcox 氏の與ふる處は

$$T = \frac{p \times d \times f}{2 \times s}$$

但し  $T$  = 鋼板の厚さ

$d$  = 爐床の内徑(吋)

$p$  = 一平方吋に對する最大風壓

$f$  = 安全率 = 10

$s$  = 鋼板の抗張力(毎平方吋)

予の場合に於て本式を適用する時は

$$T = \frac{15 \times 134 \times 10}{2 \times 55000} = 0.183'' \text{ or } 4.6 \text{ m.m.}$$

となる然るに經驗上之の部分は爐内の高熱に依る膨脹歪曲又は浸蝕等に對し前記の如き計算式より求  
めらるゝ厚さよりも非常の安全を見積る事は爐の絶體的堅固を期するに最も必要にして米國最新熔鑛  
爐の例に倣ひ厚さ1"の鋼板を用ゆる事とせり本設計に於ける羽口ジャケットは内徑16'-6"高さ8'-6"  
にして下部普通羽口八本及上部補助羽口四本は之の鋼板を貫きて爐内に開孔す又ジャケットの上下兩  
端は6"×6"×7/8"の山形鋼により補強せしむ、ジャケット全周は弓形四鋼板より成り其繼目には厚さ  
1"の二重繼目板を用ひ繼目の兩側は四列の鉸鉸を施す事とせり。

D) 朝顔部の構造 朝顔並に爐床部は熔鑛爐構造上特に注意を要する部分にして此兩部は爐内の高  
熱と溶解物の浸蝕に對し絶體的安全を期せざる可からず耐火煉瓦は比較的粗粒にして高度の耐火度を  
有するものを使用するを普通とす米國ハーピソン會社より購入したる耐火煉瓦の成分は下の如し。

SiO <sub>2</sub>	53.09%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42.46%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.00%
CaO	0.34%
Alkalies	1.60%
Segel No.	34

此の如き煉瓦一爐に付 646 噸を購入して爐床朝顔及シャフトの下部を積立てシャフトの上部は品川  
煉瓦 489 噸を使用せり。

朝顔部の外圍は Band 式を採用せり此部分に薄き煉瓦積を用ひ外套鐵板に注水して冷却する装置が  
内外諸工場に於て採用されたる事あるも之を以て標準型と見做す程の發達の域に達せず予は米國の標  
準型を採用し朝顔部には厚さ1"巾12"の六本の Band を用ひ各番胴間には合計 223 箇の冷却板を挿入  
する事とせり各番胴は 4 個の Section より成り繼目には9"×3/4"の鉄接板を用ひ各鉄接板は徑1"のボ

ールト18本を以て番胴と螺接する事とせり。

E) シャフト部の構造 朝顔とシャフトの中間に位するマンテルは厚さ1"の鋼板により組成しマンテルとシャフトの外套を結合するには二重の6"×6"× $\frac{7}{8}$ "アングルを用ひたり、マンテル板はシャフト、セルの外煉瓦の總量を支ふ凡ての鉸鉸は徑 $1\frac{1}{4}$ "とし鉸鉸孔は穿孔を施す事とせり。

マンテルプレートは八本の鑄鐵製柱により支へしむ之の柱は爐底以下の水準に於て基礎中に入り此基礎の周圍は柱を圍繞して徑36'×高さ5'-0"×厚さ $1\frac{1}{4}$ "のファウンデーション、ジャケツトにより補強すファウンデーション、ジャケツトは鋼板八枚より成り繼目には $27\times\frac{7}{8}$ "の繼目板を内外に施し各繼目の兩側は5"の距離に $1\frac{1}{4}$ "鉸鉸の四列を施す事とせり。

シャフト部の煉瓦の厚さは1029 m.m. と取れり此部分の厚さ過當なる時は其浸蝕不同の爲めに却て順調なる操業を害する事あり又嘗て米國に於て9"-13"の薄き煉瓦積を使用し外部より注水冷却したる事あるも外部よりする激冷は熱の損失を多からしむるのみならず質地經驗の結果煉瓦の保存期餘りに短期にして到底有利なる構造と稱するを得ず、又シャフトの上部煉瓦は相當熱度に耐ふる必要ある外、裝入物の磨滅作用に耐ゆるものなるを要す乃ち相當耐火度強く質堅硬にして而も脆弱なる可からず此の目的に對し下記の如き品川製耐火煉瓦を使用せり。

$Al_2O_3$	>35%
Sp. gr.	2.5
Strength	150 kg/sq. m. m.
Segel No.	>32#

シャフト上部の煉瓦は其磨損を防ぐ爲め鑄鐵製 Wearing Plate を施せり Wearing Plate は六段に分ち各段の距離は $1'-3\frac{5}{16}$ "にして全數120枚の小切より成り之を煉瓦に積込み破れ目を生じ又は彎曲する事なからしむる様拵めたり。

シャフト煉瓦積は或はバンドにより緊締し又は全部鋼板の Shell に依り包裝する事あり甲は多く歐洲大陸に行はれ乙は英米二國に於て賞用せらる予は此等兩方法に就き其優劣を詳論するは無益なりと信ず何となればこは單に其國々に發達したる風習と見做す可きものなればなり併し Steel Shell を用ゆる習慣は設計として隨により安全にして且つ堅牢なりと考ふ殊に爐況の不良にして或は Slip を起し又は Explosion を起す場合危險少なきを以てなり故に予は米國式を採用せり。

Shell 煉瓦との間隙約2"は可及的熱を遮斷する爲め完全に鑄滓綿を填充せり。

本熔鑄爐の Shaft Shell は頂部に於て20'-0" 下部マンテル板に於て徑26'-0"にして高さ55'-6" 八段の Ring より成るマンテル側より第一 Ring は厚さ1" 第二乃至第七迄6 Ringsは $\frac{5}{8}$ "最頂乃ち

第八 Ring は  $\frac{3}{4}$ " とす第一第二及第八 Rings の縦の繼目は二重繼目板を用ゐ 三列の鉸鉄を 施こし中間の Rings の縦の繼目は三重鉸鉄の重ね繼とす鉸の太さは 1" 板には  $1\frac{1}{8}$ "、 $\frac{3}{4}$ " 板には 1"、 $\frac{5}{8}$ " 板には  $\frac{7}{8}$ " の徑を用ゆ而して Shell の最頂部には  $6" \times 6" \times \frac{1}{2}"$  の山形材を鉸綴する事とせり。

マンテル板より上部シャフト壁中には幾段かの鑄鐵製冷却板を入るゝを普通とす此習慣は次第に其範圍を擴め特に米國にては送風壓力強く且つ朝顔の高さ低きを以て之の急速操業に對し煉瓦の浸蝕を輕減する爲め次第に上方に數多の冷却板を使用するに至り現今マンテル以上八段の冷却板を施すを普通とするも兼二浦の場合に於ては朝顔の高さ 14'-7" 風壓 6 lbs. にてはマンテル以上四段の冷却板を用ゆるを以て充分なりと信じ之の數を採用せり。

シャフトの上部裝入床は外徑 34'-0" 鋼板の厚さ  $\frac{1}{2}"$  とし Shaft Shell より Bracket により支持せしめ且つ周圍には Hand-Rail を施用せり。

#### F) 裝入鐘及裝入漏斗

裝入鐘大小二個を設け裝入に際し瓦斯の損失なからしめん事を期せり裝入鐘及裝入漏斗は共に鑄鋼にて作り構造の安全を期せり裝入大鐘は徑 9'-0" 小鐘は 4'-6" にして大鐘の周圍爐壁迄の距離は 27" とし鐘の傾斜は  $45^\circ$  と取れり。

#### G) 瓦斯放ばし

爐の周圍互に相對して二個の瓦斯放ばしを設く各瓦斯放ばしは徑 30"  $\times$  高 40'-0" にして其頂部には瓦斯放出瓣を設け地上より之を開閉せしむる装置となせり爐によりては四本の瓦斯放ばしを設け爐頂の構造物は凡て之に支持せしむるの装置となせども本設計にては別に組立て支柱を爐の裝入床に hinge し爐及斜面鐵路の膨脹收縮に對し伸縮自由ならしむるの装置となせり。

H) 下降瓦斯管及煙塵清淨器 爐周反對側に二本の下降管を設け爐内瓦斯の上昇をして可成均一ならしめん事を期せり下降管は内徑 5'-0" 鋼板の厚さ  $\frac{3}{8}"$  とす之の徑は下降管に於ける瓦斯の速力をして一秒時 4m. を超えざらしむるを目的とせるものにて之に徑 18'-0" の除塵器を接続する時は瓦斯の速力は一秒時 600 m.m. に降り瓦斯一立方米突に對し 5 gm. 以上の煙塵を保有する事なかる可くこの程度の瓦斯は屢々直ちに熱風爐又はボイラーの燃焼に使用する事あるも熱風爐格子煉瓦又はボイラー管の腐蝕を避けんが爲めには適當なる瓦斯清淨装置を設けざる可からず之の目的に向つて予はブラツセルト式セントリフューガル、クリーナーを採用し而も其二個を相連續して使用し清淨の効果を高むる事に努めたり之の装置は複雑なる他の濕式除塵法と殆んど同一の効果を有し且つ構造及操作簡單にして經費を要する事最も少なし之の瓦斯清淨装置により瓦斯中の煙塵は一立方米突中煙塵 1 gm 以下に減す可し。

除塵器は徑 18'-0" 垂直部の高さ 25'-0" 上部圓錐部の高さ 5'-0" 下部圓錐部の高さ 8'-0" とし頂上

に於ける圓錐形頸部の徑 8'-0" × 高さ 12'-0" とし其上に徑 4' の鑄鐵製爆發孔を備へしむ除塵器用鋼板は厚さ  $\frac{3}{8}$ " とし全體を組立柱により支へしめ下部徑 20" の鑄鐵製煙塵排出鐘を設く凡ての縦繼は二重鉸鉄重ね繼とし横繼は單鉸鉄重ね繼とす鉸鉄の徑は凡て  $\frac{3}{4}$ " とす。

除塵器より瓦斯は内徑 5'-0" の瓦斯管によりブラツセルト式瓦斯清淨器に輸送せらる之の瓦斯清淨器の外筒は上部の徑 12'-0" より下部の徑 15'-0" に内筒は上部の徑 7'-0" より下部の徑 12'-0" に擴大し清淨器主體の高さは 55'-9  $\frac{3}{8}$ " にして底部圓錐漏斗中には 5" Z パー 24 本又外筒の内面にも 5" Z パー 80 本を取付け瓦斯清淨の動作を司どらしむ鋼板は凡て  $\frac{3}{8}$ " 厚さのものを用ひ組立鋼柱上に支へしむ

I) 送風主管 送風主管は徑 48" 中心圓徑 32'-3" 厚さ  $\frac{5}{16}$ " の鋼板より成り 1 Ring は長さ 5'-0" の鋼板二枚繼とす凡ての繼目は單鉄重ね繼にして鉄の徑  $\frac{3}{8}$ " とす送風主管には 2 個の徑 20" 鑄鐵製人孔と 12 個の鑄鋼製接續管を附し通常及補助兩羽口の分岐に備ふ。

送風管の裏付煉瓦は可成輕量ならざる可からず之の目的に對しては粘土及鋸屑を混合して燒成せる品川製輕量煉瓦を使用せり其厚さ 9" とす。

J) 裝入裝置 鑄鐵爐の捲揚裝置は其種類夥多なりと雖も今日最新式として一般に使用せらるゝものは斜面捲揚裝置にしてスキップ又はバケツトを使用し自動的裝入をなさしむるを常とす前者は米國に主用せられ後者は歐洲大陸に專用せらる兩裝置は互に優劣あるもスキップ式はバケツト式よりも構造簡單なるを以て米國にて好んで之を用ひ只同國內數個所に於てニerland式バケツト型を採用せるに過ぎず歐洲にて愛用せらるゝバケツト型はポーリヒ又はステーラー・ベンラート式にして此等バケツト型は裝入骸炭の柔軟にして破碎し易き場合に於ては遙にスキップ式に優ると雖も急速度の操業に際し加速又は休止期に於てバケツトの動搖あると斜塔の構造が強大なるを要するの缺點あり此關係より云へば斜塔は特にスキップ裝置に適するものと云ふ可し。

此等の理由と兼二浦骸炭の硬度とより予はスキップ式を採用せり。

スキップ式採用に當り特に注意を要するは裝入機械裝置乃ち裝入物分配裝置とす。

ブラウン、ベーカー、ニューマン、又はマツキー式は一様に裝入物を分配する爲めに使用せられ殊にマツキー式は最も賞用せらるゝが如し然れども之を概觀するに爐の操業は頗る過激なるを以て萬一機械的裝置に故障あらんか爐の作業上重大なる結果を來すを慮り予はケネデー式固定漏斗を採用する事とせり。

ケネデー固定式漏斗に長き頸部を附したる裝置は設計として安固なる裝置なるのみならず裝入物の精選に相當の注意を拂ふ時は結果良好なる事は實際上證明せられたる處なり。

兼二浦斜面塔の傾斜は 60° にして複胴式捲揚機米國オーチス會社製を採用し 150 H.P. 電動機と直結せらる此モートルはステートル及ロートル共に高速及緩速用二個の捲線を有し起動及全速運轉に對

しては高速捲線を又停止前に於ける緩速運轉には緩速捲線を使用す緩速より停止に至るモートルの働  
作は Stop motion switch により達せられ自動的にモートルの速度を調節するものとす其他 Limit  
switch を備へ自動的停止装置の故障ある場合スキップの進行を限定す。

K) 冷却装置 鑄鐵製二重樋 (The Combination Cast iron water box) はH形の斷面を有し冷却水  
の分配と兼て循環後の温水を排水するの用をなさしめ高壓水管並に排水樋の分立せる場合に比し構造  
をして簡易ならしむ配水樋より Coolers に至り Coolers より排水管を経て排水溝に至る諸管の配列は  
完全に整頓して配置し且つ色別をなし排水管の何れかゞ閉塞せる場合直に之を發見し得る様装置し且  
つ Pilot lamp を配置して夜間排水状態を監察するに便ならしむ。

熔鑛爐冷却水の量は爐の構造及大きさに應じて變化あるも標準型中位の爐は産銑鐵一噸に付一分時一  
立方呎 (or 28.3 litre) と取れば充分なり冷却水は平方時に付15-25 lbs の壓力を有せざる可からず今  
平均 20 lbs を取る時は約水頭50呎に相當し熔鑛爐の最高位にある冷却板の位置は地上44 ft. にあるを  
以て工場配水槽の位置は Pipe の摩擦其他に歸因する Loss of Head に對し充分なる餘裕を見積り  
100 ft. 以上なれば充分なり。

L) 送風機 適當なる條件の下に設けられたる瓦斯エンジン送風機の經濟的なる事は歐米諸多の工  
場に於て已に實證せられたる事にて瓦斯エンジンは殊に Calorific Power の低き熔鑛爐瓦斯に適し且  
つ近代の瓦斯機關の進歩は米國に於けるか如き高壓 (up to 15 lbs per sq. inch) の下に於ても一樣な  
る風量を送風するに些も差支ある事なし然し四個よりも少き熔鑛爐を以て瓦斯エンジンを採用する事  
は餘り安全なる方策と稱するを得ざる可し何となれば爐自身の故障の外に爐の附屬装置が或は機械的  
に或は電氣的に故障を起したる場合時に瓦斯の不足を來す場合あればなり。

次に Turbo-Blower は設置起業費も安價に設置場所も少さく Efficiency も相當高く其操業は極め  
て簡便なるの利あり只米國にては粉鑛を裝入する事多く爐内の抵抗一般に大きく且つ急變あるにより  
未だ全然絶えず一定不變の風量を送入するに適するやを疑問となす向あるも我邦にては一般に出來得  
る限り粉鑛を除去して塊狀鑛を主用するを以て二爐操業の場合に於ては瓦斯機關又は Reciprocating  
Steam Engine を使用するよりも Turbo-Blower を使用するを得策とす予は米國 Ingersoll-Rand Co.  
製 Turbo-Blower を採用せり本機は Volume-Indicator の装置を有し隨時送風量を觀測するの便宜を  
有す。

送風量を計算するに米國の設計者は一分時使用該炭の一封度に對し 55 cub. ft. 又は一分時産出銑  
鐵の一封度に對し 60 cub. ft. を基礎とす予は相當なる餘裕を見込み最大回轉數一分時 3.625 に於て  
25,000 cub. ft を送風し得るものを採用せり之れ將來の必要に應じ一晝夜出銑量250噸を産出するに足  
る可き餘裕を見込たればなり。

爐の不規則作業殊に爐の懸滯の場合に於て送風機の堪え得る最大壓力は其常壓の 1.5-2.0 倍と取ら  
ざる可からず之の意味より云へば予の場合一平方時に付 12 lbs. と取れば充分なるも將來爐の工程を

増進するに必要な送風壓力の増加を見込み最大壓力を一平方吋に付 15 lbs. と取れり之の事情は第二章に於て論ずる如く兼二浦熔鑄爐の内形を改良して出鉄の増加を計るに至極適切なるものと信ず。

熱風爐、鑄床、貯鑄場等の諸装置も製鉄工場の全設計を論ずるに當りては詳説するの必要あるも茲には單に熔鑄爐のみの設計を論ずるを目的となすを以て之を省略せり（爐の構造に就ては卷尾挿入第參圖參照）

## 第二章 原熔鑄爐の改造に就て

（現在の 150 噸熔鑄爐二台の内壹台は鑄物鉄一日 200 噸を産出するを目的とし他の壹台は鹽基性鉄 250 噸を産出するを目的とす）

兼二浦熔鑄爐原設計後過去十年間に内外各國に於ける熔鑄爐の Practice は如何に變化せるやの狀勢を窺はんが爲め予は内外國各地熔鑄爐の實例を蒐集し次に述ぶるが如き考察を拂へり。

附圖 Plate I & II. 大正十二年中八幡、東洋製鐵、輪西、釜石、本溪湖、鞍山等の諸製鐵所技術者の報告より計算調製す。

Plate III; "British Blast furnace Practice" By Fred Clements. Iron & Steel Institute. No. 1. 1920 により計算調製す。

Plate IV Blast furnaces at Continental Europe. Burbach No. 1.-No. 8. は 1920 年予の親しく彼地に於て調査せし處に依る、Hochofen Nr. 25 & 26. S. U. E. 1914 Nr. 20 より引用す。

Plate V. American Blast Furnaces. 1915 年予の親しく彼地に出張して調査せし處による Plate V. American Blast Furnaces. 1917-1923 年間に雑誌 Iron Age 其他に掲載せられたる諸例を引用す。

### A) 熔鑄爐の内容積

舊來熔鑄爐の工程は爐の大きさを増大する事に依り増加せられ殊に爐腹の徑並に爐の高さは之の目的にて漸次擴大せられたり然るに近年に至り熔鑄爐の工程の増加は之に比例して内容積の増加を計る事なく單に内形各部の比例的寸法を改良すると同時に裝入原料の精選送風量並に送風壓力を調節する事により達せらるゝに至れり。

英國及歐洲大陸に於ては Plate III 及 IV に示すが如く近年尙ほ一定の爐の工程に對し大なる内容積を與ふ例令へば英國にては Plate III に示すが如く熔鑄爐の内容積は一噸の鉄鐵に對し 1.272 - 4.356 cub. m. の廣き範圍にあるも最も多數の場合に於ては 2.5 - 3.0 cub. m. の範圍にあり又歐洲大陸の代表的熔鑄爐として予の採用したる Burbach にては Plate IV に示すが如く 2.0 - 3.1 cub. m. の範圍にあり。

米國の實例は是等に比して著敷進歩の跡あり鉄鐵一噸に對する内容積は Plate V 及 Plate VI に

示すが如く 1.0-1.35 cub. m. の間にあり。

本邦に於ける現時の實例は Plate I 及 Plate II に示すが如く之より一噸の出鉄に對する容積を比較すれば下の如し。

工場名	出鉄一噸に對する内容積 設計上數字	摘要 實驗上數字
八幡製鐵所	2.123—2.223 cub. m.	1.911—2.693
東洋製鐵	2.442—2.202 "	.....
兼二浦	2.595 "	最大 200 噸を産出する場合 1.947 となる
本溪湖	2.239—2.335 "	.....
輪西	2.469—2.550 "	.....
釜石	3.534—3.637 "	最大 200 噸を産出する場合 2.182 となる
鞍山	2.7 "	.....

内外各地に於ける熔鑪の近世の傾向は各爐共漸次其工程増進の趨勢を辿りつゝある事は勿論なるも之と反對に出鉄一噸に對する内容積は漸次減少しつゝあり本邦にても亦此傾向を辿り例令へば八幡製鐵所の例を取れば明治 34 年創設當時の熔鑪は出鉄一噸に付内容積 3.4 cub. m. なりしも現在にては約 2 cub. m. に減じたり之れ一面に於ては骸炭の性質改善せられ他方に於ては送風壓力も當初の 3.5—4.5 lbs. に對し現今 6—7 lbs. に増加せるに歸因す。同所に於ける現時の常風壓 6—7 lbs. は現在の送風器の最大風壓 10 lbs. を以てしては得らる可き最大の常用風壓と見做す可きものなり併し送風機を改良する事に依り其工程は著しく擴大せらる可し何となれば八幡に於ける現時の骸炭を以て 10 lbs の常風壓にて操業する事は何たる障害を及ぼす事なきのみならず工程の増進を來すは勿論爐の設計上出鉄一噸に對する内容積の減少せらるゝ事疑を容れざればなり。

熔鑪の内容積は勿論熔鑪の工程を支配する要素たるに相違なきも前述の如く近世熔鑪の發達の趨勢より云へば寧ろ二次的要素と稱するを得可く熔鑪各部の寸法にして都合好き比例を保ち使用骸炭が相當の硬さを保つに於ては送風量及送風壓力は爐の工程を支配する主因子たる可し故に予は近時の熔鑪の設計に於ては豫め出鉄一噸に對する豫想内容積を決定して其他の寸法を算出するよりも寧ろ先づ熔鑪各部の適當なる寸法を定め後必然的にその内容積を決定するを可とするものなり。

B) 熔鑪の有効高

附圖 Plate I—VI. に依れば熔鑪の有効高は下の如し。

英國の實例	17.678—23.316 m.
歐大陸の實例	20.250—26.700 m.
米國の實例	20.573—24.383 m.
本邦の實例	16.700—22.200 m.

上表米國の實例中原雜誌に裝入床の高さのみを與へ、ストックラインの高さを示さざるものはストックライン以上裝入床迄の距離を凡て 15 ft と假定し之を差引たり。

一般に熔鑪の高さは次の如き條件に支配せらる。

- 1° 使用骸炭の硬さ
- 2° 鐵鑛の還元性
- 3° 操業の状態

装入骸炭が充分なる硬度を有し爐内の重壓に堪ゆる場合は其柔軟にして破碎し易き場合に比し爐の高さを高くし得る事は論を俟たず又鑛石が還元性に富む時は還元困難なる場合に比し低き爐高にて差支なきは勿論なり併し一方に於ては操業状態にも關係ありて送風壓力強く装入物の降下急速なる場合は爐内装入物の通過時間短く鑛石の還元に対し充分なる時間を與ふる爲めに必要なる高さを要求するが如く見ゆるも他方送風壓力の増加は瓦斯の通過速度を増加し爐内の高温帶は高上し瓦斯の還元作用は増進し従て還元の様子は促進せらるゝを以て高さはそれ丈低くとも差支なき譯なり兎に角爐内必要なる還元を完結するに必要以上の高さを與ふる事は無益なるのみならず骸炭が  $\text{CO}_2$  gas により消耗さるゝ範圍を増大し且つ必要以上送風壓力を上昇せしむるの害あり。

米國にても嘗て熔鑛爐の高さは爐底より装入床迄 100 呎以上の高さにとられたる場合あるも昨今新に建設せらるゝものは90呎内外を標準とし同國にては内15—20呎はストックラインより装入床迄の距離と取るを以て爐の有効高は 70 ft(21.34m)—75 ft(22.86m)の間にあるを普通とす乃ち近年熔鑛爐の高さは實際上の經驗により殆んど一定數字に近接しつゝあるを見る予は本邦熔鑛爐の場合に於ては鑛石還元の難易に應じ下の如き標準に依るを適當なりと信ず。

還元困難なる鑛石に対しては	± 22 m.
還元中庸なる鑛石に対しては	± 21 m.
還元容易なる鑛石に対しては	± 20 m.

之れ等の考察に依り兼二浦製鐵所に於ける堅硬なる骸炭と還元し易き鑛石を用ひ送風壓力は鑄物鉄産出に対しては 8 lbs. 鹽基性鉄の産出に対しては 10 lbs. を以て操業する事とし且つ現時の操業の實績を照合し爐高は鑄物鉄に対し褐鐵鑛及赤鐵鑛を等分に使用するものとし現時の 21.335 は適當の高さと稱す可く鹽基性鉄に対しては褐鐵鑛84%赤鐵鑛16%を使用する場合は 20m. に低下するも差支なきものと認めたり。

ストックラインより装入床に至るの距離は爐頂の設計に應じ普通 3—5m. にして鑄物鉄に対しては 3.0479 m. 鹽基鉄に対しては 4.383 m と取れり乃ち此兩場合に於て装入床の高さは現在と同一とす。

### C) 爐床の徑

従來爐腹の徑は熔鑛爐の工程を支配する重要な因子とせられ大なる爐腹を有する脊高き熔鑛爐は内外諸工場に於て採用せられたり(最も本邦にては骸炭の性質上一般に制限を蒙り餘り高きものなく150噸以上の熔鑛爐に於て有効高 22.2 m. を超ゆるものなし)

長年月の爐の操業の經驗に依り近來殊に米國の經驗家は爐の工程を支配する主要の條件は爐腹の徑にあらずして爐床の徑を以て重要なものとなせり此の事は米國サウスチカゴの Brassert 氏に依り主



唱せられたり (H. A. Brassert: Modern American Blast furnace Practice. A. I. & S. I. 1914.) 同氏の説に従へば爐腹の徑よりも爐床の徑は爐の工程を支配する事重大なり故に新爐の設計に當りては先づ爐床の徑を算出し之に適當なる朝顔の高さと Bosh Angle を與ふる時は爐腹の徑は自然に決定せらるゝとなせり。

A. K. Reese 氏は1922年英國鐵鋼協會講演會の席上“Effective Bosh Area”なる新しき言葉を用ゐたり (A. K. Reese- Bases Modern Blast Furnace Practice. I & S. I. No. 2. 1922) 同氏の説に従へば或る一定の装入原料に對する熔鑛爐の工程は“Effective Bosh Area”に比例し之の Effective Bosh Area は装入原料の状態一分時の送風量、熔鑛爐の内形に依り支配せられ操業の成効は可成この Area を増加するにありとなせり併し他の條件にして同一なりとせば爐床の徑を小さくし Bosh Angle を緩にし又は朝顔の高さを高むる事は爐腹の部分に於て装入物の固定して凝塊を生ずるの傾向を助長し所謂 Effective Bosh Area を狭少ならしむるものなるを以て爐の設計の關する範圍に於ては實際上 Reese 氏の所論は Brassert 氏の説と一致するものと認むるを得可し之を詳言すれば爐の設計に於て大なる Effective Bosh Area は他の條件が同一なりとせば爐床の徑を大にし Bosh 角を急にし且つ朝顔の高さを低くする事により到達せらるべし。

Table X.

Hearth diameter calculated from the Formula,

$$d = K\sqrt{C}, \text{ when coke : pig :: 1.0:1.0.}$$

Capacity of furnace Tons.	Cokes required Tons.	$\sqrt{C}$	Diameter in meters. when			
			K=0.23	K=0.24	K=0.25	K=0.26
100	100	10.0000	2.300	2.400	2.500	2.600
150	150	12.2474	2.817	2.939	3.062	3.184
200	200	14.1421	3.253	3.394	3.536	3.677
250	250	15.8114	3.637	3.795	3.953	4.111
300	300	17.3205	3.984	4.157	4.330	4.503
350	350	18.7083	4.303	4.490	4.677	4.864
400	400	20.0000	4.600	4.800	5.000	5.200
450	450	21.2132	4.879	5.091	5.303	5.515
500	500	22.3607	5.143	5.366	5.590	5.814
550	550	23.4521	5.394	5.628	5.863	6.098
600	600	24.4949	5.634	5.879	6.124	6.369

Table XI.

Hearth diameters calculated from the Formula,

$$d = K\sqrt{C}, \text{ when coke : pig :: 1.1:1.0.}$$

Capacity of furnace Tons.	Cokes Required Tons.	$\sqrt{C}$	Dia. of hearth in meters.			
			K=0.23	K=0.24	K=0.25	K=0.26
100	110	10.4881	2.412	2.517	2.622	2.727
150	165	12.8452	2.954	3.083	3.211	3.340
200	220	14.8324	3.411	3.560	3.708	3.856
250	275	16.5831	3.814	3.980	4.146	4.312

300	330	18.1659	4.178	4.360	4.541	4.725
350	385	19.6214	4.513	4.709	4.905	5.102
400	440	20.9762	4.825	5.034	5.244	5.454
450	495	22.2486	5.117	5.340	5.562	5.785
500	550	23.4521	5.394	5.628	5.863	6.098
550	605	24.5967	5.657	5.903	6.149	6.395
600	660	25.6905	5.909	6.166	6.423	6.680

Table XII.

Hearth diameter calculated from the Formula,

$$d = K\sqrt{C}, \text{ when coke : pig :: 1.2 : 1.0.}$$

Capacity of furnace. Tons.	Cokes required. Tons.	$\sqrt{C}$	Diameter of hearth in meters. when			
			K=0.23	K=0.24	K=0.26	K=0.26
100	120	10.9544	2.520	2.629	2.739	2.848
150	180	13.4164	3.086	3.220	3.354	3.488
200	240	15.4919	3.563	3.718	3.873	4.028
250	300	17.3205	3.984	4.157	4.330	4.503
300	360	18.9737	4.364	4.554	4.743	4.933
350	420	20.4939	4.714	4.919	5.123	5.328
400	480	21.9089	5.039	5.258	5.477	5.696
450	540	23.2379	5.345	5.577	5.809	6.042
500	600	24.4949	5.634	5.879	6.124	6.369
550	660	25.6905	5.909	6.166	6.423	6.679
600	720	26.8328	6.171	6.440	6.708	6.976

爐床の徑を決定するには Prof. Pavloff 氏の公式は今日に於ても適切にして近世熔鑄爐の實例と能く一致す本式は已に掲載せるも最も重要なる公式なるを以て茲に再録せんとす。

$$d = K\sqrt{C}$$

但し  $d$  = 爐床の徑  $C$  = 一晝夜に於ける骸炭消費量

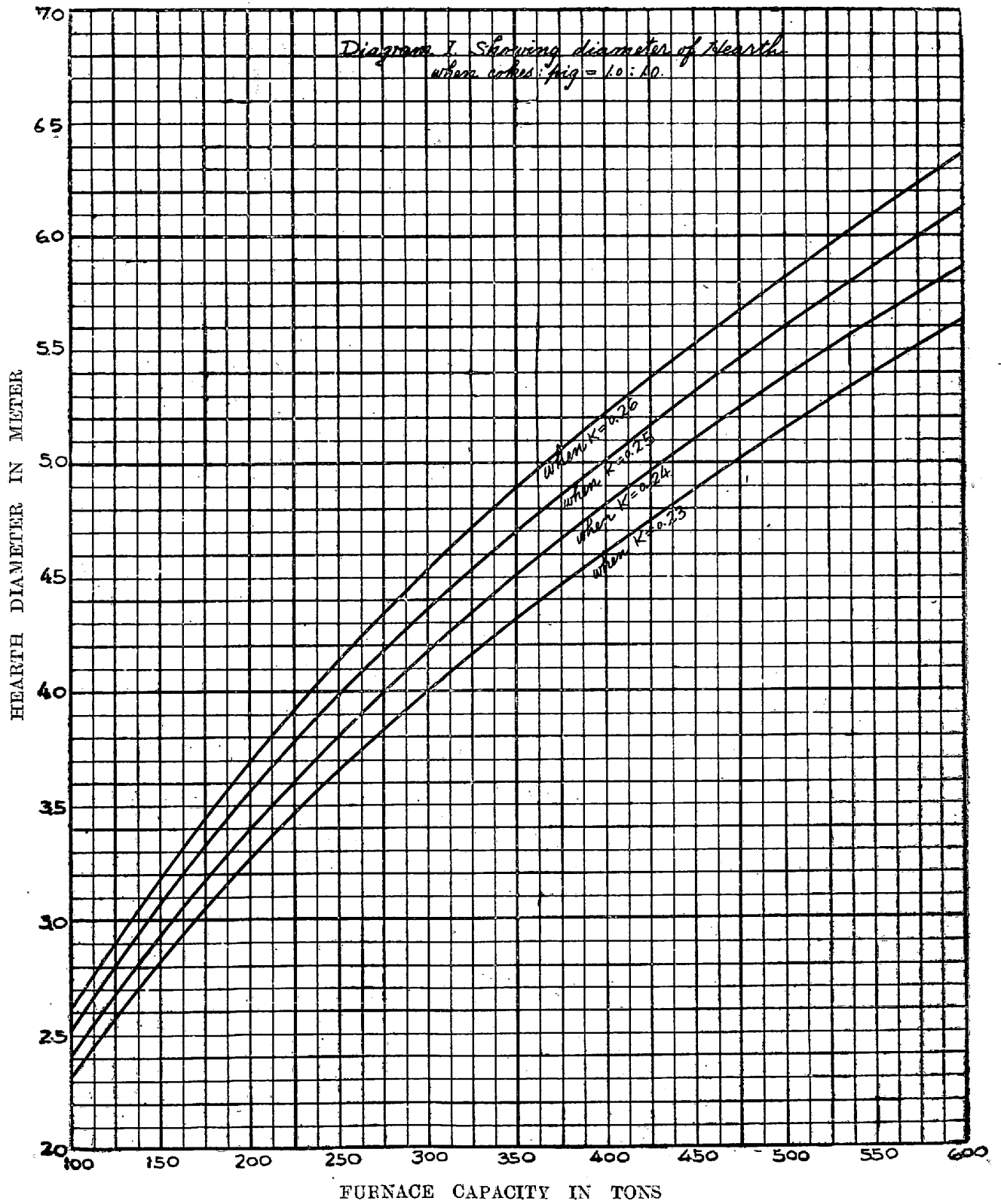
$K=0.75-0.85$  ( $d$  が ft. にて表はさるゝ場合)

$K=0.23-0.26$  ( $d$  が m. にて表はさるゝ場合)

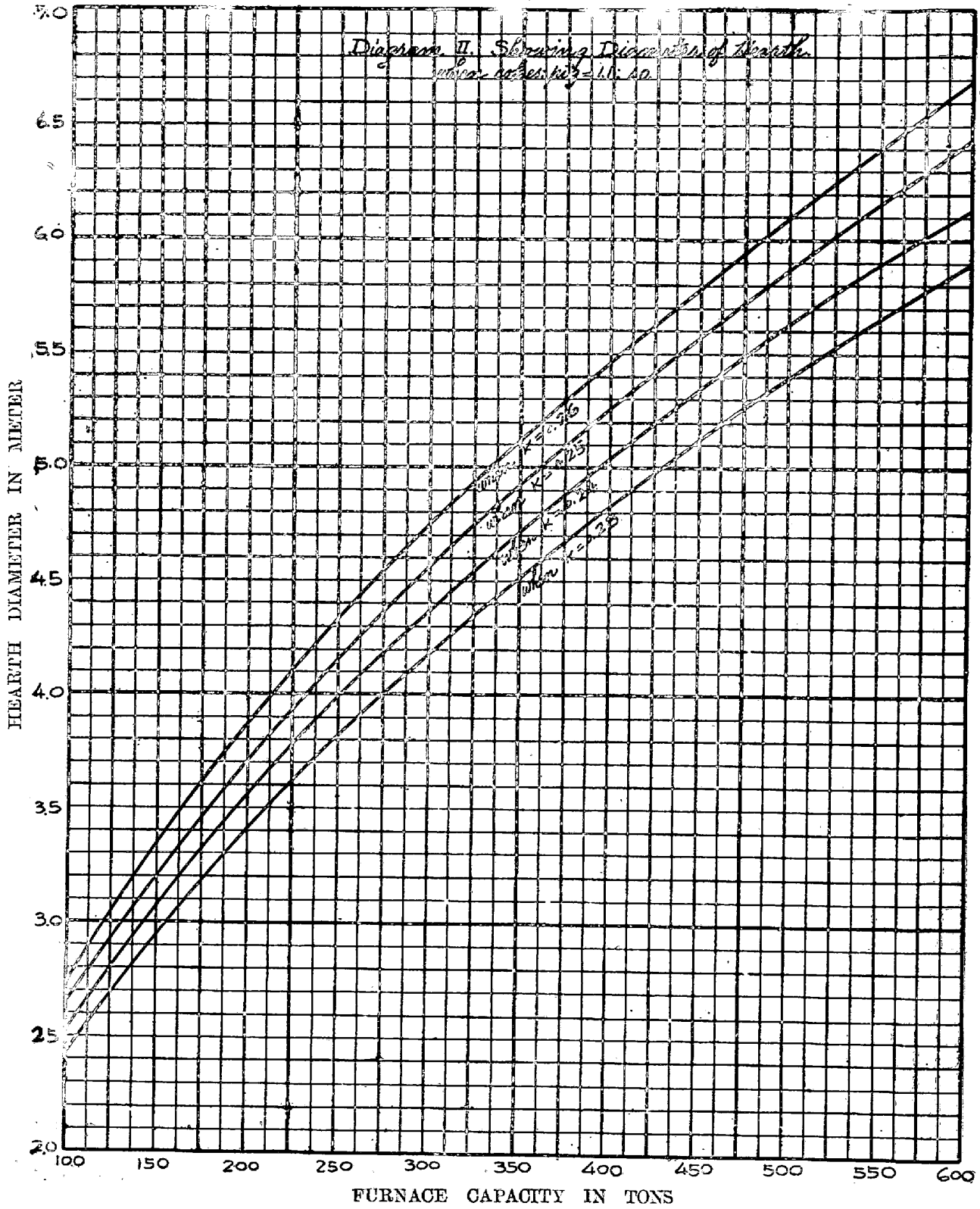
第十表乃至第十二表に於て係數  $K$  を 0.23 と取りたる場合は風壓 14-15 lbs を以て操業する米國の急速操業の場合と一致し  $K=0.26$  と取りたる場合は我八幡製鐵所に於けるが如く 6-7 lbs の操業の場合に適し其中間に於ける係數 0.24 は風壓 11-13 lbs 係數 0.25 は風壓 8-10 の場合に適合せるものと見るを得可し。

之を詳言すれば吾人が米國の實際の如く急速操業を目的とする場合は爐床の單位面積に對する燃焼率は大にして比較的小なる爐床面積を以て大なる出鉄をなす事を得可く之に反し風壓にして我八幡製鐵所の場合の如く比較的低き時は出鉄を大ならしむる爲めには比較的大なる爐床を要する事となる Diagram I. II. III. は此れ等三表を曲線にて圖示したるものにて任意の工程に對し直に爐床の徑を決定するに便利なりとす。

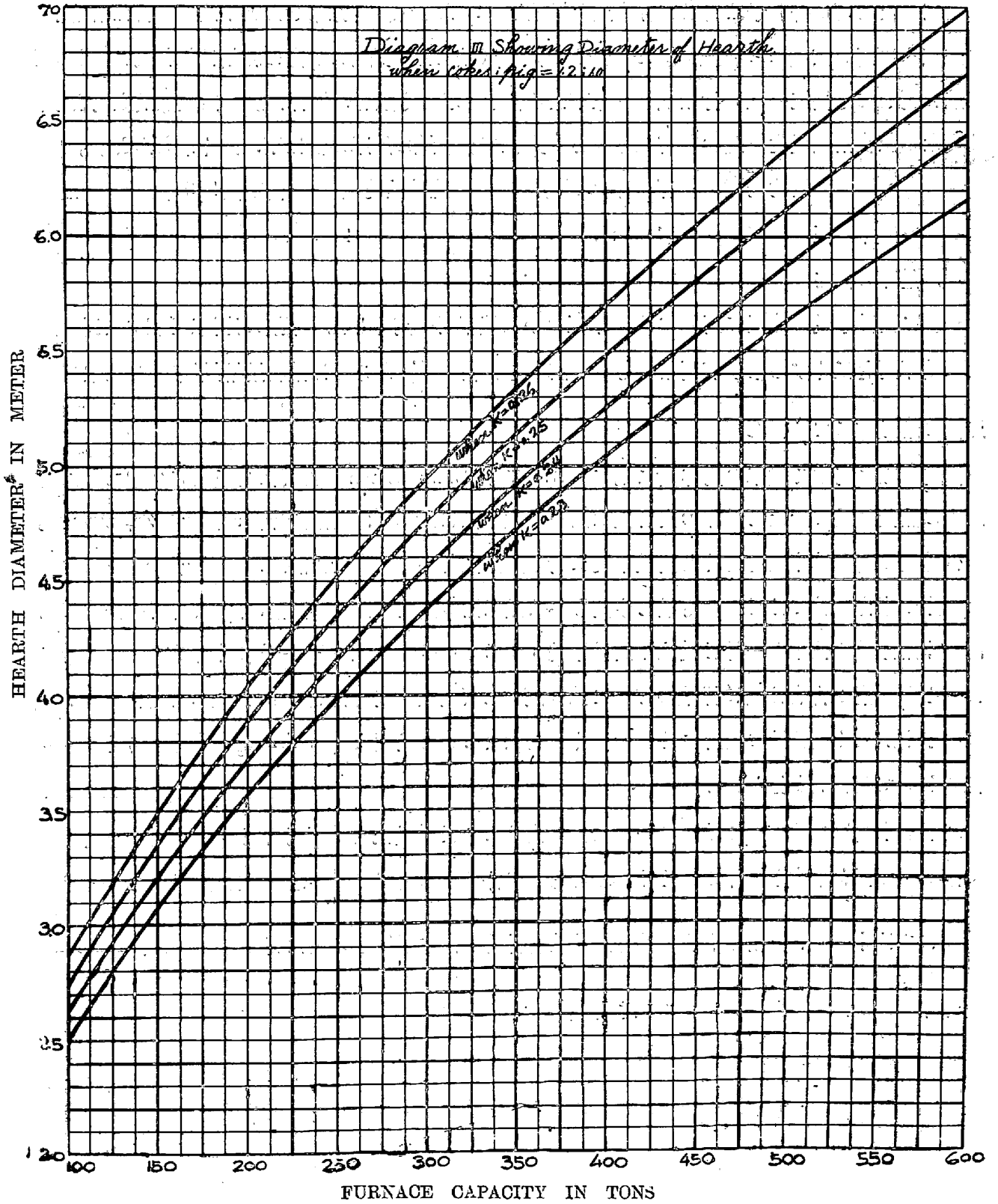
圖表第一



圖表 第二



圖表 第三



兼二浦熔鑄爐の場合鑄物鉄に對し風壓 8 lbs. 鹽基鉄に對し風壓 10 lbs. を採用する時は操業の性質該炭の硬度及現在送風機の最大風壓 (15 lbs.) 最大風量 (25,000 cub. ft.) を考慮し普通の場合と同じく鉄鐵 1 に對し該炭 1.1 と取る時は係數  $K$  は鑄物鉄の場合に於ても鹽基鉄の場合に於ても 0.25 と取れば充分なる可し併し予は尙ほ充分安全を見込み 0.26 なる係數を採用せんとす之の場合は恰も十二表の鉄鐵 1 に對し該炭 1.2 係數 0.25 の場合と近似す (兼二浦製鐵所の實際の結果は鑄物鉄に對しても鹽基鉄に對しても出鉄一噸に付該炭 1.0 以下なる結果を示すも設計の場合に於ては實際的立場より少しく大なる該炭消費量を見込むを安全なりとす) 依て改造爐の爐床の徑は下の如く取らんとす。

鑄物鉄爐(一晝夜工程 200 噸)

鹽基性鉄爐(一晝夜工程 250 噸)

爐床の徑

3.856 m.

4.312 m.

## D) 爐床の高さ

一般に高硅素鉄の産出に對しては爐床徑を小に爐床高を高くし低硅素鉄の産出に對しては爐床徑を大に爐床高を低くする事が有利なるものと認められ従て  $\frac{N}{d_2}$  なる比は鑄物鉄熔鑄爐にては大に鹽基鉄産出の熔鑄爐にては低し。

出鉄一噸に對する爐床の内容積に就て Pavloff 及 Simmerbach 氏の與ふる處は 539 頁に示すが如し此等の諸例に於て大なる爐床の内容積は同一の爐床徑に對しては勿論爐床高の高きもの程大なり。

低硅鉄に對し爐床高を低くし高硅素鉄に對し爐床高を高くすと云ふ前述の Principle は合理的なるも實際の場合に於ては必ずしも然らず例令へば兼二浦の實例に依れば湯溜の高さは何れも 6.4 ft. なる同一型熔鑄爐を使用し一爐は鑄物用高硅素鉄 Si. 2.5% 以上を目的とし一爐は鹽基性鉄 Si 1% 以下を目的とし硅素の含有は共に操業の方法に依り調節し (鹽基性鉄を目的とする場合の鑄滓は第六表第七表に示すが如く鑄物鉄の場合に比し少しく鹽基性ならしめ風壓は 1-2 lbs. 高くし送風熱度は約 100°C 低くし) て此目的を達したり。

又最近米國にては一般に鉄鐵の種類如何に拘はらず比較的高き爐床高を使用す而も同國の慣習として漸次爐床徑を増大し爐床の高さは必ずしも之に伴はざるを以て  $\frac{N}{d_2}$  なる比は米國にては一般に低く

英獨にては米國風に設計されたる少數の場合を除き一般に  $\frac{N}{d_2}$  なる比は高きを常とす今 Plate I—VI

を参照する時は  $\frac{N}{d_2}$  なる比は次の如き範圍に在り。

米	國	0.417—0.615
英	國	0.620—1.101
歐	大 陸	0.406—0.855
日	本	0.553—0.800

爐床  $N$  の高さを算出するには次式に依るを便利なりとす。

$$N = \frac{Q \times \mu}{\frac{\pi}{4} \bar{d}_2} + L$$

但し  $N$  = 爐床の高さ(米突)、 $Q$  = 熔鑄爐一晝夜の出鉄量

$\mu$  = 係數 0.11—0.14 (爐の工程及鉄鐵の種類により變化す)

$L$  = 羽口の中心線以上爐床の高さ 300—500 m.m

予の場合に對しては次の如く取れり。

	鑄物鉄爐	鹽基性鉄爐
$\mu$	0.12	0.11
$L$	445 m.m.	445 m.m.
$N$	2500	2500
$\frac{N}{\bar{d}_2}$	.648	.580

E) ボツシュ角

ボツシュ角、ボツシュの高さ及爐床徑は爐腹以下の爐の内形を決定するに重要なる三項なる事は前述の通りにして Johnson, Brassert, Reese 氏等の近代の卓越せる冶金家の意見は皆此三項を適當に定むる事によりて爐腹の徑は自然的に決定さるゝものなる事に一致す。

ボツシュ角の急傾斜なる程爐腹以下爐内降下物は抵抗を受くる事少なく従て急速に降下す可く反之ボツシュ角の傾斜緩なる程降下徐々たる事は論を俟たざる處なり且つボツシュ角が緩徐なる時は爐腹の隅角に於て粘稠なる下降物の固着してアーチを生ずるの機會を與へ殊に鑄滓が石灰質にして且つ熔解困難なる場合然り反之鑄滓が比較的硅酸質にして熔解し易き性質なる場合は或る程度迄の緩傾斜は差支なし乃ち鑄滓の性質が熔解し難きもの程朝顔の高さは低く且つボツシュ角は急傾斜を有せざる可からず鹽基性鉄産出爐に對し鑄物鉄の場合よりも急傾斜を與ふるは之に職由するものと考へらる。

Plate I-VI に示す實例に依れば

米國の實例	73°44'—82°10'	13爐の内 { 77°より小なるもの 1爐 77°より大なるもの 19爐 80°より大なるもの 3爐
英國の實例	66°—74°	12爐
歐大陸の實例	72°—75°30'	10爐
日本の實例	73°04'—77°35'	18爐の内 { 75°より小なるもの 5爐 77°より大なるもの 1爐

今熔鑄爐設計の變遷の状態を觀察するにボツシュ角の度數は舊時よりして現今に至る迄大なる變化を來せるを見る乃ち各國共最初多くの熔鑄爐は狭き爐床と高き朝顔と急角度のボツシュを有したるも近年に至りては先づ米國に於て大徑の爐床と低き朝顔高と急角度のボツシュ角を與へ經濟的に爐の工程を促進せしめしより以來各國も亦漸次之に追從するの傾向を來せり。

米國熔鑄爐に於ける此の如き發達の徑路は最も雄辨に Brassert 氏により 圖示せられたり乃ち第四

圖（卷尾挿入）に示すが如し。

今日にては最早何人と雖も75°以下のボツシュ角を與ふる者なかる可く之と反對に米國の實際は83°25'迄の急角度を與へたるも未だ經濟上特に優越點を認むる能はざるを以て予はボツシュ角は75°—80°の範圍に取り小なる角度は可成爐床に熱度を集中するの見地より鑄物銑に對し大なる角度は可成工程を促進するの見地より鹽基銑に對するものとなすを穩當なりと認む故に兼二浦改良爐に對しては

鑄物銑爐に對し  
76°

鹽基性銑爐に對し  
78°

を採用せんとす。

#### F) 朝顔の高さ

近代の熔鑄爐に於て裝入物の降下は送風壓力の増大に伴ひ漸次その速度を増加し所謂急速操業の狀態に至れり而して此狀態に於て下降物が爐腹部よりその降下の方向を變換して朝顔の狹縮部に入るに當り爐腹の隅角に凝結せしめざる様熔解帶の限界を爐腹よりも少しく上部に置くの必要あり之れ爐腹部分に懸滯の故障を起さしめざらんが爲めに最も注意す可き點なり而して之の目的は朝顔の高さを低くする事に依り達せらる可し今附圖 Plate I—VI の實例に依れば

米國の實例	3.046—4.648m.	13爐の内4m. より大なるもの 3
英國の實例	3.726—4.801	12爐の内4m. より小なるもの 4
歐大陸の實例	4.500—6.100	10爐の内5m. より小なるもの 1
本邦の實例	3.000—4.545	18爐の内4m. より小なるもの 6

予の場合に於ては凡て之を4m. 以下と取るを至當と認め送風壓力及目的とする銑種を考慮し下の如き數字を採用せんとす。

鑄物銑爐に對し  
3.883 m.

鹽基性銑爐に對し  
3.480 m.

#### G) 爐腹の徑

Plate I—VI の實例に依れば爐の有効高と爐腹徑との比  $\frac{H}{D}$  は下の如し。

米國の實例	$\frac{H}{D}$ の比	3.163—3.552
英國の實例	"	2.900—3.825
歐大陸の實例	"	3.068—3.709
本邦の實例	"	3.182—3.732

之れ等の實例より見る時は  $\frac{H}{D}$  なる比は依然大約 3—4 の間にある事を知る可し併し過去に於ては此の比は爐の設計上最も重要視せられたるも近代の熔鑄爐に於ては爐の工程を支配するは Reese 氏の所謂 Effective Bosh Area にして實際の爐腹徑にあらず而して Effective Bosh Area を増加する爲めには爐床徑を増大し朝顔の高を低くしボツシュ角を急にする事に依り達せられ之の三項より Bosh の實際の徑は必然的に定まるものなり乃ち



$$D = d_2 + 2(P \times \cot \alpha)$$

但し  $D$  = ボツシュの徑  $d_2$  = 爐床の徑

$P$  = 朝顔の高さ  $\alpha$  = ボツシュ角

尙ほ  $\frac{d_2}{D}$  なる比は Plate I—VI の實例に依れば

米國の實例	$\frac{d_2}{D}$ の比	0.698—0.883
英國の實例	"	0.386—0.675
歐大陸の實例	"	0.500—0.625
本邦の實例	"	0.556—0.684

予の場合に於ては

	鑄物銑爐	鹽基性銑爐
$d_2$	3.865	4.312
$P$	3.883	3.480
$\alpha$	76°	78°
$D$	5.791	5.791
$\frac{d_2}{D}$	.667	.745

乃ち現時と同一なる一定の爐腹徑 5.791 m. を採用し一爐は鑄物銑 200 噸一爐は鹽基性銑 250 噸を産出するに適當なる爐形を與ふる事を得可し。

#### H) 爐腹圓壩部の高さ

爐腹圓壩部を有するの必要は裝入降下物が固形より半熔體に變じ爐腹の最廣部より朝顔の狹摺部に入るに際し其方向變換が瞬時に完結し得るものにあらざるを以て圓壩部を設けて其變換に對し餘裕を與ふるにあり Plate I—VI の實例に依れば米國近時の熔鑄爐は何れも之を採用するの傾向にあり英國及歐洲大陸にては尙ほ之を有せざるもの多く本邦にては何れも皆之を有するは注目し値する事なり。

米國の實例	$Q=0.—3.048$	13爐の内爐腹圓壩部なきもの—3
英國の實例	$Q=0$	12爐中圓壩部を有するものなし
歐大陸の實例	$Q=0$	10爐中圓壩部を有するものなし
本邦の實例	$Q=1.020—1.800$	18爐凡て圓壩部を有す

上例に依れば爐腹圓壩部は 0.—3m の間にあり予は鑄物銑、鹽基性銑爐共 2m. と取れり。

#### I) シャフト角

從來シャフト角は鑄石の堅さ及形狀を考慮し決定せられたり乃ち鑄石にして硬く且つ塊狀なる時は急角度に取り鑄石にして軟く且つ粉狀なる時は緩斜を取れり此の考は勿論或る程度迄合理的なるも予は寧ろ鑄石の堅さ又は塊粉なる事よりも鑄石の還元性に依り決定するを一層有理なりと信ず。

褐鐵鑄の如き甚だ還元性に富める鑄石を使用する場合爐の裝入床より極めて近距離に於て C-Deposition を生ずる事は周知の事實にして此の傾向は鑄石の還元性に應じて變化し赤鐵鑄にては褐鐵鑄に比し比較的其傾向少なく磁鐵鑄に於ては殆んど全然之の傾向を有せず、之の C-Deposition は容積

の膨脹を意味し原料は爐壁に對し水平に横壓さるゝを以て終に上部懸滯を惹起するに至る可し之の故に磁鐵鑛の如き還元困難なる鑛石にてはシャフト角は急角度なるも可なる可く褐鐵鑛の如き還元容易なる鑛石にてはシャフト角は緩傾斜を與ふ可きなり、(The use of Magnetic ore in the Blast furnace by G. P. Pilling. Iron & coal trade Review. Feb. 16. 1923)

Johnson 氏も亦 C-Deposition の爲め膨脹の傾向ある鑛石を使用する場合は爐の閉塞を防ぐ爲めにシャフト角は緩傾斜を使用す可き事を力説せり之を約言せば自ら次の如き規則を與ふるを得可し。

還元困難なる鑛石には大なるシャフト角を與へよ。還元容易なる鑛石には小なるシャフト角を與へよ。

附圖 Plate I-VI の實例は次の如し。

米國の實例	85°14'10"-87°19'	(13爐)
英國の實例	85°8-88°6'	(12爐)
歐大陸の實例	85°-86°	(10爐)
本邦の實例	85°-87°	(18爐)

予は次の角度を標準と定め場合に應じ多少の加減をなす事を推舉せんとす。

還元困難なる鑛石には	±87°
還元中庸なる鑛石には	±86°
還元容易なる鑛石には	±85°

此等の考察に基き兼三浦改良爐の場合に於ては次の如き角度を採用せんとす。

鑛物銃爐に對し	鹽基性銃爐に對し
褐鐵鑛50. 赤鐵鑛50を標準とし	褐鐵鑛84. 赤鐵鑛16を標準とし
85°30'	85°

J) ストックラインの徑

ストック、ラインの徑を決定するに必要な條件は爐頂排棄瓦斯の逃出口に對し充分なる面積を與へ其速度を適當にし装入物中の粉塵を多量に運び去らしめざるにあり若し此注意を缺きストック、ラインの徑過小にして瓦斯の速度過大なる時は装入物中の粉塵を誘出して瓦斯輸送管の掃除及瓦斯利用上の困難を來すのみならず有價なる鑛石の損失過大なるに至る可し。

之の不便不利を避くる方法として時としては特に爐頂に圓筒部  $h_0$  を設けシャフトの勾配を有する部分の高さを減却する事あり此場合若し鑛石にして甚だしく還元性に富む時は決して C-Deposition を起こす可き範圍迄  $h_0$  の高さを延長せしむ可からず乃ち普通 2m. 以下と取り如何なる場合も決して 3m を越えしめざるを安全とす故に予は鑛物銃の場合有效高 21.335m. に對し  $h_0$  を 1.335m. と取り鹽基性銃の場合有效高 20m に對し  $h_0$  を 1m と取る事とせり一般にストックラインの徑は下の如く決定せらる。

$$d_1 = D - 2(h_1 \times \cot\beta)$$

但し  $d_1$  = ストックラインの徑

$D$  = 爐腹の徑

$h_1$  = 爐腹頂よりストックライン迄の徑  $\beta$  = シャフト角

兼二浦改良爐の場合に於て

	鑄物銑爐の場合	鹽基性銑爐の場合
$d_1$	3.962m.	3.863m.
$h_0$	1.335m.	1.000m.
$\frac{d_1}{D}$	.684	.667
Bell と 爐壁の間隙	.609m. or 24"	.560m. or 22"

Plate I—VI の實例に依れば  $\frac{d_1}{D}$  の比は

米國の實例	0.711—0.783
英國の實例	0.645—0.857
歐大陸の實例	0.597—0.769
本邦の實例	0.630—0.767

本例を參酌する時は前掲の數字は米國の實例に比し稍々小なるが如きも其他の實例に比し決して過小なるものにはあらず且つ最近米國爐の例によるも Bell と 爐壁との間隔は 18"—24" (450—600m.m.) と取るを以て裝入物の分配上適度となすを以て前掲の數字は予の場合適正なるものと信ず。

### K) 熔鑄爐の内容積及裝入物降下時間

計算の結果下の如し。

	鑄物銑爐	鹽基性銑爐
V. ....	389.84 cub. m.	274.25 cub. m.
出銑一噸對内容積	1.949 cub. m.	1.497 cub. m.
裝入物降下時間	18 hr. 22'	約 14 hr.

前記 A) — K) に至る各項の考察及び計算の結果を概括すれば次のスケッチに示すが如し。

## 結 論

前述する處より結論すれば下の如し。

(1) 熔鑄爐の工程は爐腹の徑も爐の高さも増加せず従て爐の内容積を増加せざるも爐腹以下の各部の比例の改良によりて増加する事を得可し乃ち爐床徑を大にしポツシユ角を急傾斜にし朝顔高を低くし送風量並に送風壓力を増加する事により目的を達し得可し之の條件は殊に鹽基性銑の製造を目的とする場合に於て最も緊要とす。

(2) 兼二浦製鐵所の場合の如く褐鐵鑄が裝入原料鑄石の大部分を占むる場合に於てはシャフト角は上部懸滯を惹起せしめざる様充分緩傾斜ならざる可からず若し此場合に於てストックラインの徑過小に失するの恐れある時は爐頂ストックライン以下に圓壘部を設けてシャフトの勾配を有する部分の高さを減却するをよしとす最も圓壘部の高さは決して上部懸滯を生ずるの恐れある部分迄下方に延長せざるを要す。

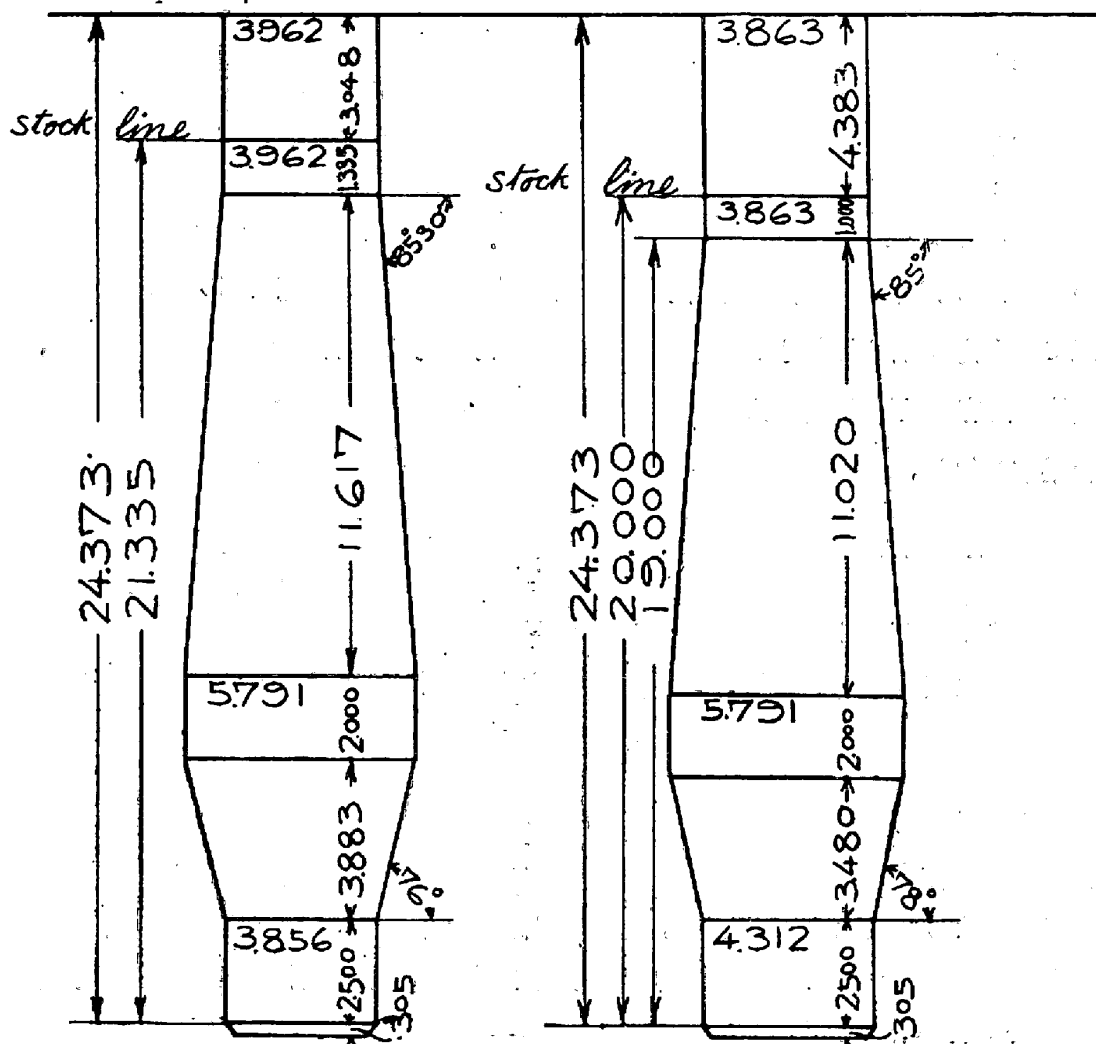
(3) 兼二浦製鐵所にては現時の送風機の大さ及送風壓力は改造後の熔鑄爐の工程増進に對し充分

なる餘裕を有するも若し他の工場に於て送風機的能力不充分なる場合は熔鑄爐改造に當りて先づ送風機の改造を必要となす可し。

(4) 兼二浦に於ける改造後の熔鑄爐は必ずしも補助羽口を設くるの必要な可し何となれば爐の内形改良の結果上部並に下部に於ける懸滯の懸念絶體に消失したればなり。

(5) 兼二浦熔鑄爐の裝置の詳細に互りては(内形改良の外)更に何たる改良を要せざる可し何となれば爐の構造は頗る安全堅固にして送風機其他の諸裝置の能力も改造後の熔鑄爐に對し少しも不足なければなり。(終)

Charging Platform



Furnaces  
Capacity per 24 hrs.  
Effective Volume.  
Vol, per ton pig  
Travelling time  
Dia. of Tuyere when & Tuyeres, used  
" " 10 "  
Pressure of Blast.  
Temperature of Blast.

Foundry pig Furnace.  
200 Tons  
389.84 Cub. m.  
1.949 " "  
18 hrs, 22'  
148 m. m. or 6"  
132 m. m. or 5 1/4"  
8 lbs.  
650°C

Basic pig Furnace  
250 Tons  
374.25 Cub. m.  
1.497 " "  
14 hrs.  
150 m. m. or 6"  
140 m. m. or 5 1/2"  
10 lbs.  
550°C

Table VI. Example of charge Calculation. (for foundry pig)

Analytical Data of Raw Materials										
Materials	Fe	Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	Mg O	Mn O	P	S	Cu	Remarks
Tochi.	50.193	15.417	1.341	1.950	0.538	0.317	0.020	0.040	0.017	
Taihei.	62.333	4.917	2.747	0.470	0.257	0.215	0.225	0.054	0.018	
Ginzanmon.	51.150	9.230	3.035	0.385	0.560	2.243	0.058	0.020	0.062	
Limestone.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.740	3.780	1.420	48.250	3.470	---	0.007	---	---	
Coke Ash.	" 14.000	46.800	34.240	2.720	1.060	0.110	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.126	1.080	---	S in coke

I. By Platz Method							
Constituents	Tochi	Taihei	Ginzanmon	Coke Ash	Limestone	Remarks	
① Si O <sub>2</sub> in Raw Material:	15.417	4.917	9.230	46.800	3.780	from Analysis	
② Si O <sub>2</sub> to be reduced	3.237	4.500	2.916	0.504	0.040	$Fe \times \frac{99.0}{100} \times \frac{100}{92.5} \times \frac{2.5}{100} \times \frac{60}{28}$	
③ Si O <sub>2</sub> to be slugged off	12.180	1.327	0.281	46.296	3.734	① - ②	
④ Acid Radicals	Si O <sub>2</sub>	12.180	1.327	0.281	46.296	3.734	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.144	2.747	3.035	34.240	1.420	
	Sum	13.324	4.074	0.310	80.536	5.154	
⑤ Limestone required for $\frac{RO}{SiO_2 + Al_2O_3} = \frac{50}{50}$	13.324	4.074	0.310	80.530	5.154	$④ \times \frac{50}{50}$	
⑥ Limestone for S	0.070	0.095	0.055	0.607	---	$S \times \frac{56}{32} \times X = \frac{Sin\ Coke}{1055} \times \frac{56}{32}$	
⑦ Total Limestone	13.394	4.169	0.365	80.203	5.154	⑤ + ⑥	
⑧ Basic Radicals	Ca O	1.056	0.470	0.385	2.720	48.250	from Analysis
	Mg O	0.538	0.257	0.560	1.060	3.470	" "
	Mn O	0.159	0.123	1.123	0.055	---	$Mn O \times \frac{50}{100}$
	Fe O	0.722	0.801	0.658	0.126	0.010	$Fe \times \frac{1}{100} \times \frac{72}{56}$
Sum	2.475	1.651	2.725	3.961	51.730		
⑨ Deficit of Base	10.919	2.518	6.629	86.212	- 46.576	⑧ - ⑦	
⑩ Required amt of Limestone	23.413	5.406	14.233	86.199	---	$\frac{⑨}{46.576} \times 100$	

II. By Practical Method							
Constituents	Tochi	Taihei	Ginzanmon	Coke Ash	Limestone	Remarks	
① Slag forming Constituents	Si O <sub>2</sub>	12.180	1.327	0.281	46.296	3.734	from ③
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.144	2.747	3.035	34.240	1.420	from Analysis
	Ca O	1.056	0.470	0.385	2.720	48.250	" "
	Mg O	0.538	0.257	0.560	1.060	3.470	" "
	Mn O	0.159	0.123	1.122	0.055	---	$Mn O \times \frac{50}{100}$
	Fe O	0.722	0.801	0.658	0.126	0.010	$Fe \times \frac{1}{100} \times \frac{72}{56}$
	Ca S	0.090	0.123	0.045	12.429	---	$S \times \frac{72}{32} \times X = \frac{Sin\ Coke}{1055} \times \frac{72}{32}$
Sum	15.889	5.847	12.089	90.926	56.894		
② Limestone to form 32% Slag	19.320	- 2.053	5.865	35.318	- 46.215	$\frac{①}{①+X} = \frac{35}{100} \times X = \frac{① \times 100 - ① \times 35}{35}$	
③ Limestone required	41.508	- 4.412	12.691	14.954	---	$② \times \frac{100}{46.215}$	
Corrected Amount of Limestone	32.516	0.482	13.402	25.577	---		

Weight of resulting slag.

Ingredients	Tochi 412 kg.	Taihei 412 kg.	Ginzanmon 823 kg.	Coke Ash 215 kg.	Limestone 528 kg.	Sum
Si O <sub>2</sub>	50.182	5.467	51.717	99.536	19.710	220.612
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.713	11.318	24.978	73.610	7.408	122.027
Ca O	4.351	1.930	3.109	6.849	254.760	270.999
Mg O	2.217	1.059	4.609	2.279	18.322	28.486
Mn O	0.055	0.507	9.234	0.118	---	10.514
Fe O	2.975	3.300	5.415	0.271	0.053	12.014
Ca S	0.371	0.503	0.370	26.729	---	27.966
Total	65.464	24.090	99.493	208.360	300.310	697.335

Composition of pig iron

	%
Fe	92.500
C	3.889
Si	2.500
Mn	0.800
P	0.200
S	0.040
Cu	0.015
	100.000

Composition of Slag

	%	%
Si O <sub>2</sub>	32.48	32.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.50	17.35
Ca O	33.70	or. 41.45
Mg O	4.08	4.04
Mn O	1.57	1.50
Fe O	1.72	1.71
Ca S	4.01	S. 1.76
	100.00	100.00

Table VII. Example of charge Calculation. (for Basic Pig)

Analytical Data of Raw Materials										
Materials	Pb	Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	Mg O	Mn O	P	S	Cu	Remarks
Taihei Ore.	62.333	4.917	2.747	0.470	0.257	0.245	0.225	0.054	0.018	
Ginzanma Ore.	51.150	9.230	3.045	0.385	0.560	2.243	0.058	0.020	0.062	
Kaisen Ore.	52.600	9.510	2.170	0.290	0.320	2.850	0.064	0.010	0.008	
Limestone.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.340	3.780	1.420	48.250	3.470	—	0.007	—	—	
Coke Ash.	" 14.000	46.860	34.240	2.720	1.060	0.110	1 1/2 O <sub>2</sub> 0.120	1.080	—	S in coke

I. By Platz Method							
Constituents	Taihei	Ginzanma	Kaisen	Coke Ash	Limestone	Remarks	
① Si O <sub>2</sub> in Raw Materials.	4.917	9.230	9.510	46.860	3.780	from Analysis	
② Si O <sub>2</sub> to be reduced	1.131	0.931	0.957	0.178	0.015	$Pb \times \frac{99.0}{100} \times \frac{100}{93.0} \times \frac{0.8}{100} \times \frac{40}{2.8}$	
③ Si O <sub>2</sub> to be slagged off	3.783	8.299	8.581	46.682	3.765	① - ②	
④ Acid Radicals	Si O <sub>2</sub>	3.783	8.299	8.583	46.682	3.765	①
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.747	3.045	2.170	34.240	1.420	from Analysis
	Sum	6.530	11.344	10.753	80.922	5.185	
⑤ Limestone required for $\frac{RO}{Si O_2 + Al_2 O_3} = \frac{51}{49}$	6.706	11.706	11.192	44.224	5.397	$④ \times \frac{51}{49}$	
⑥ L. mo for S	0.095	0.065	0.018	9.667	—	$S \times \frac{56}{32}, X = \frac{Si \text{ in Coke}}{19.55} \times \frac{56}{32}$	
⑦ Total L. mo	6.801	11.831	11.210	93.891	5.397	⑤ + ⑥	
⑧ Basic Radicals	Ca O	0.470	0.385	0.290	2.720	48.250	from Analysis
	Mg O	0.257	0.560	0.320	1.060	3.470	" "
	Mn O	0.098	0.897	1.112	0.044	—	$Mn O \times \frac{40}{100}$
	Fe O	0.891	0.658	0.676	0.126	0.010	$Pb \times \frac{1}{100} \times \frac{72}{56}$
	Sum	1.626	2.500	2.438	3.950	61.730	
⑨ Deficit of Base	5.205	9.331	8.782	89.041	— 40.333	⑧ - ⑦	
⑩ Required amt of Limestone	11.363	20.139	18.951	37.919	—	$\frac{⑨}{46.333} \times 100$	

II. Practical Method							
Constituents	Taihei	Ginzanma	Kaisen	Coke Ash	Limestone	Remarks	
① Slag forming Constituents	Si O <sub>2</sub>	3.783	8.299	8.583	46.682	3.765	from ③
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.747	3.045	2.170	34.240	1.420	from Analysis
	Ca O	0.470	0.385	0.290	2.720	48.250	" "
	Mg O	0.257	0.560	0.320	1.060	3.470	" "
	Mn O	0.098	0.897	1.112	0.044	—	$Mn O \times \frac{40}{100}$
	Fe O	0.891	0.658	0.676	0.126	0.010	$Pb \times \frac{1}{100} \times \frac{72}{56}$
② L. mo to form 31% Slag	0.122	6.045	0.023	12.429	—	$S \times \frac{72}{32}, X = \frac{Si \text{ in Coke}}{19.55} \times \frac{72}{32}$	
③ Sum	8.278	14.879	13.204	57.301	56.305		
④ Limestone required	3.186	11.269	12.805	44.221	— 45.533	$\frac{③}{③ + X} = \frac{33}{100}, X = \frac{③ \times 100 - ③ \times 33}{33}$	
⑤ Corrected Amount of Limestone	0.187	24.749	29.122	18.960	—	$④ \times \frac{100}{145.533}$	

Table IXa. Weight of resulting slag.

Ingredients	Taihei 273 kg.	Ginzanma 718 kg.	Kaisen 718 kg.	Coke Ash 195.5 kg.	Limestone 610 kg.	Sum
Si O <sub>2</sub>	10.328	59.687	61.626	91.263	24.026	246.930
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.499	19.791	15.581	66.939	9.088	120.898
Ca O	1.281	3.761	2.092	5.318	308.800	320.247
Mg O	0.702	4.091	3.298	2.072	22.208	31.301
Mn O	0.268	6.440	8.200	0.086	—	14.994
Fe O	2.187	4.721	4.854	0.216	0.064	12.075
Ca S	0.333	0.323	0.165	23.299	—	25.120
Total	22.600	99.650	94.806	190.223	364.250	771.535

Composition of pig iron

Pb	0.000
C	4.208
Si	0.800
Mn	1.743
P	0.164
S	0.030
Cu	0.055
Total	100.000

Composition of Slag

Si O <sub>2</sub>	32.01	31.78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.07	15.50
Ca O	41.01	43.23
Mg O	4.06	4.03
Mn O	1.83	1.82
Fe O	1.57	1.56
Ca S	3.25	S 1.43
Total	100.00	100.00

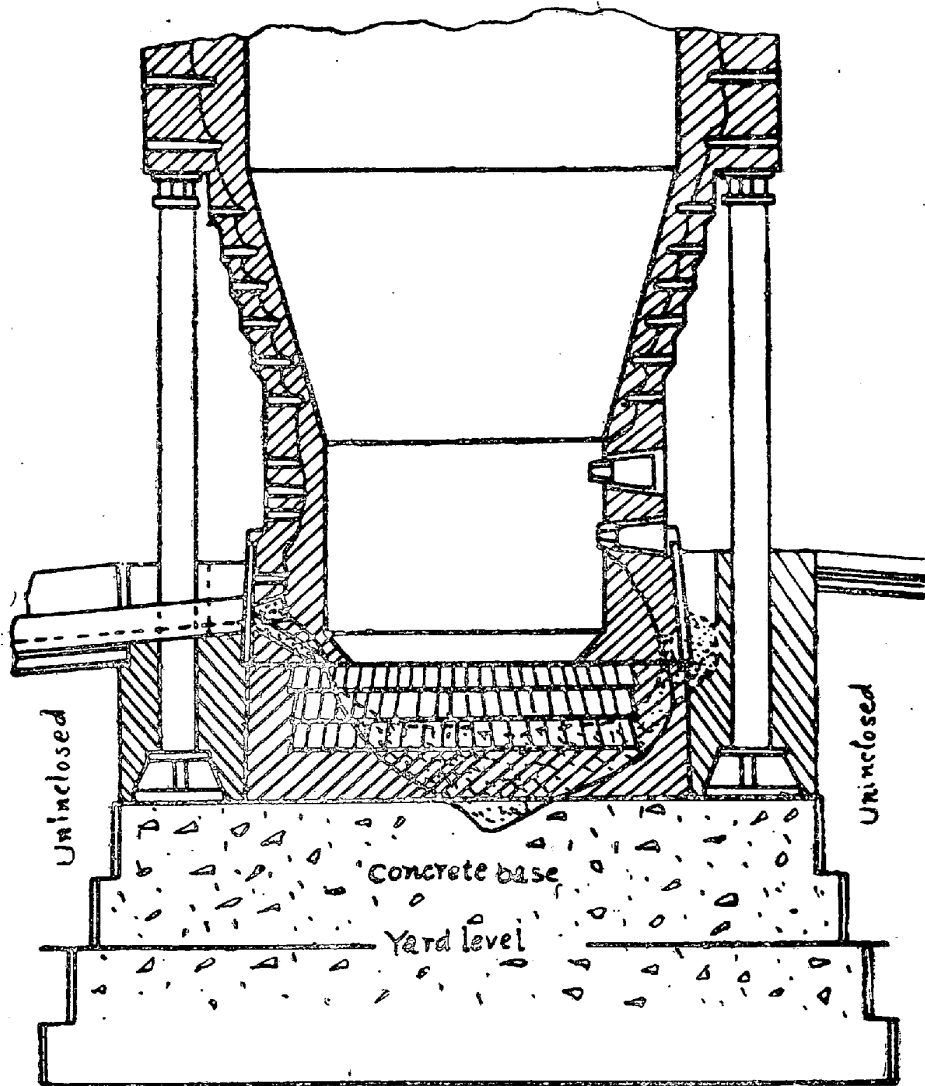


FIG 1 Diagram showing how hearth wells are attached

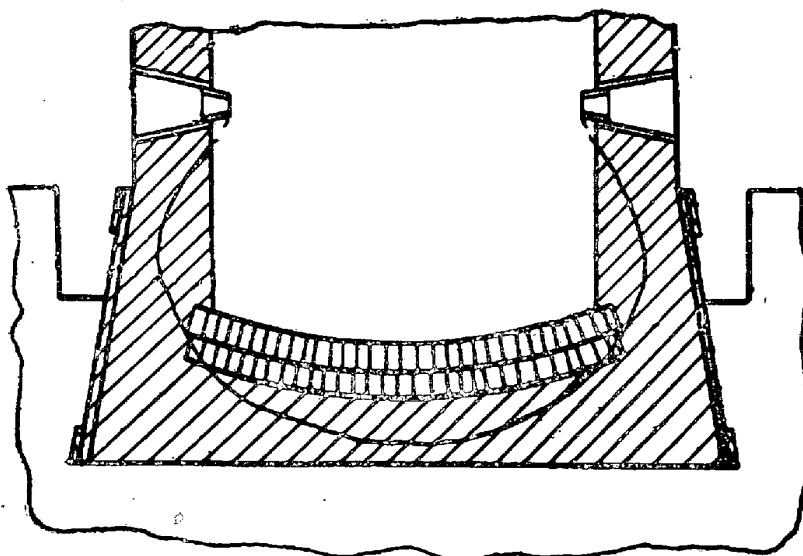
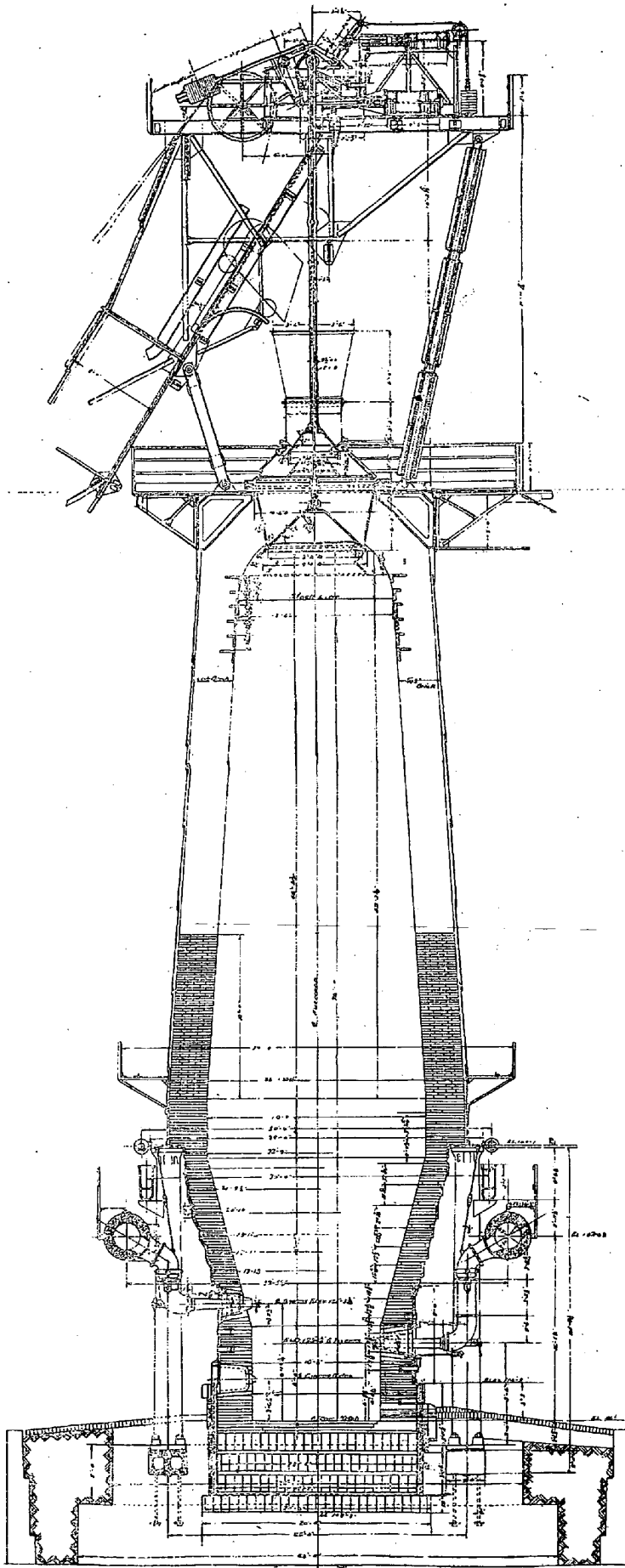


FIG 2 concave hearth bottom

Fig. 3 KENJIHO BLAST FURNACE. SCALE 1-0' = 1/2"





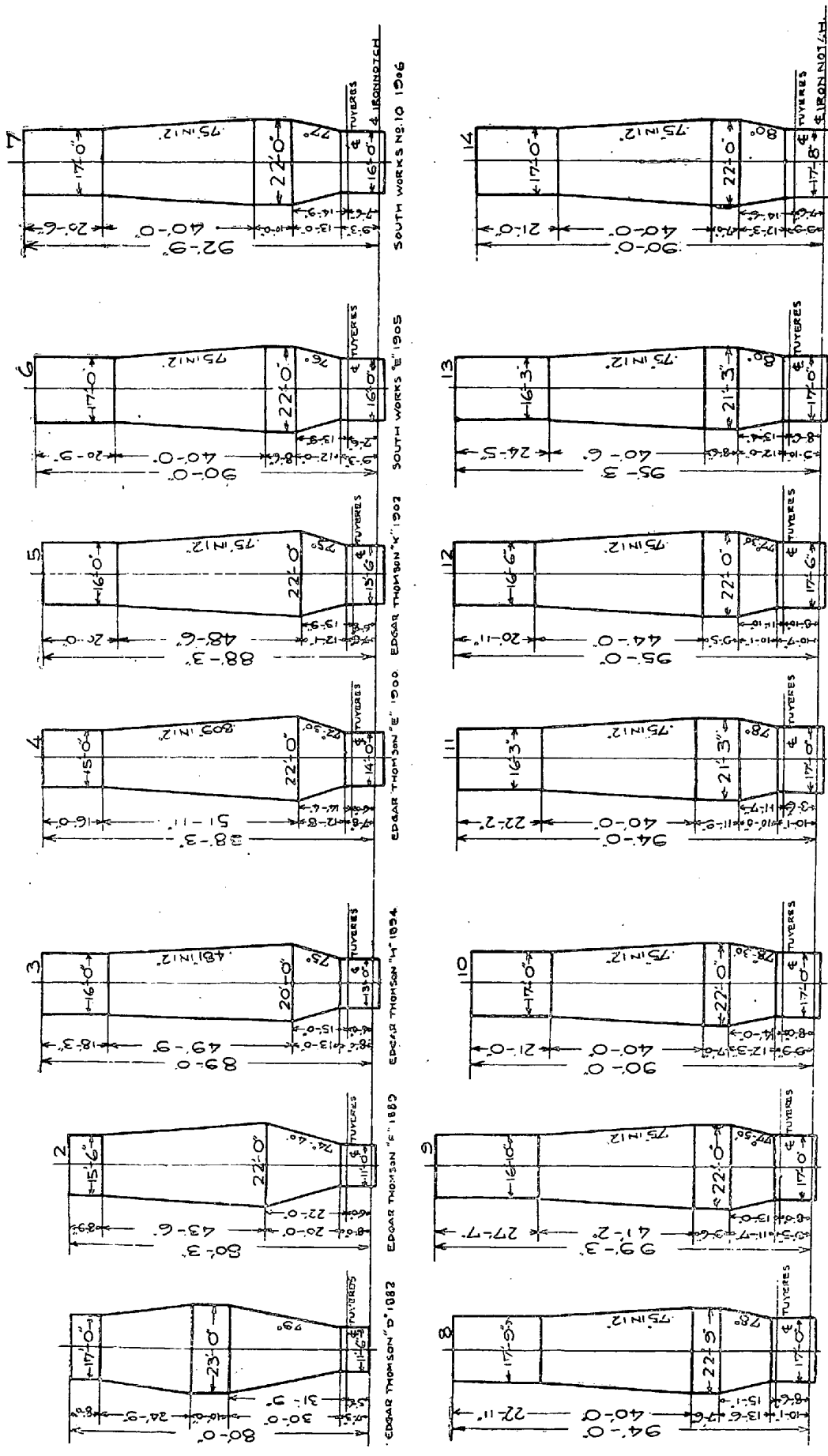
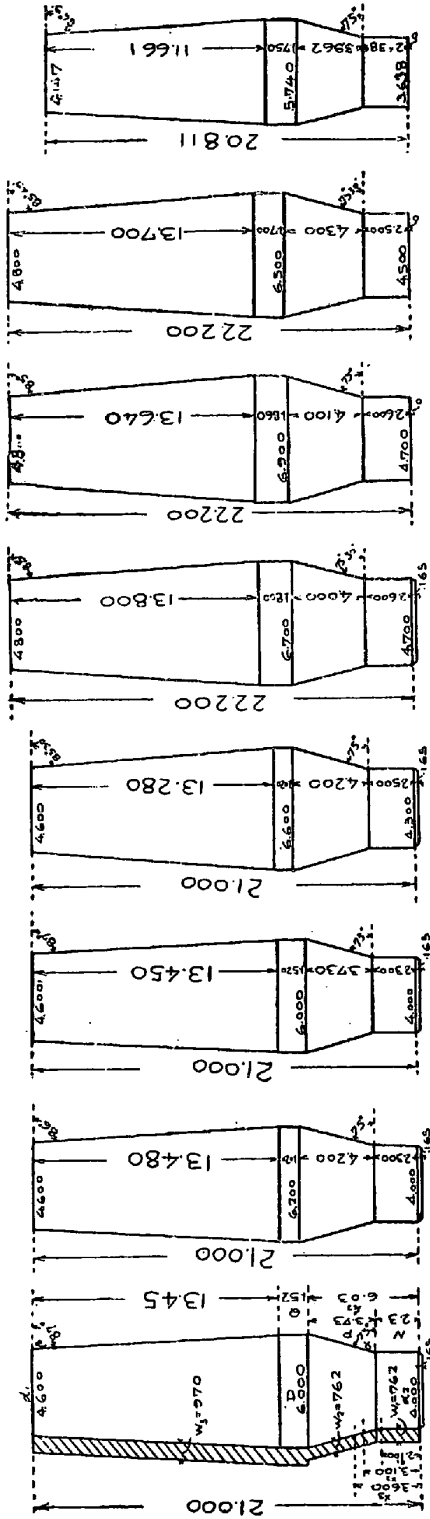


Fig. 4. Showing the development of Blast Furnace Lines from 1882 to 1914, as illustrated by the Furnaces built at the Edgar Thomson Works, Carnegie Steel Company and the South Works Illinois Steel Company.

PLATE I. Blast furnaces at Kyushu district, Japan.

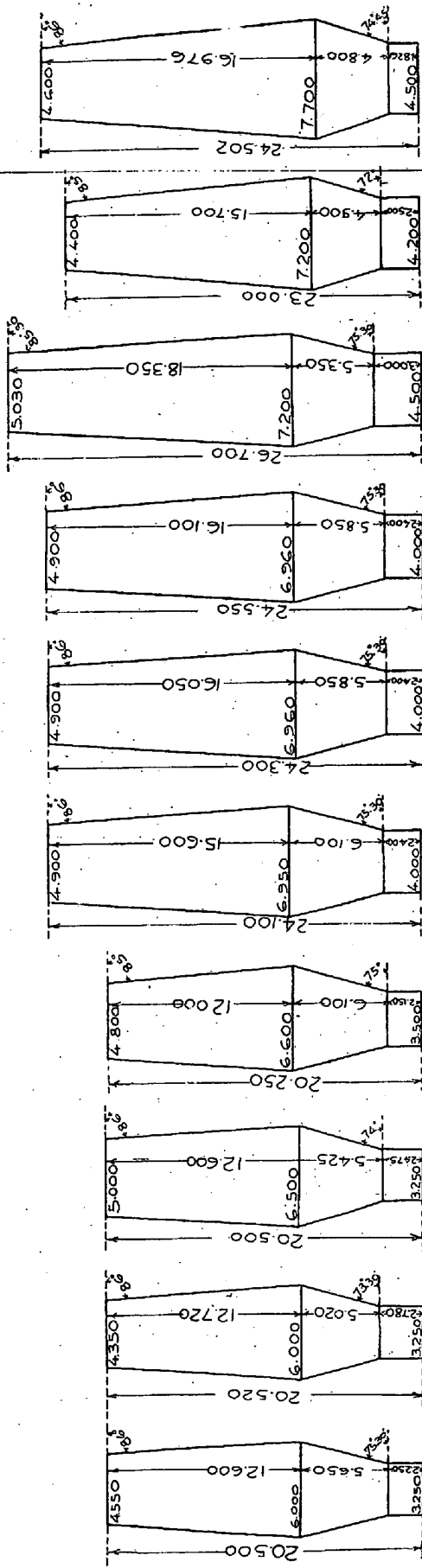


Blast Furnaces Data of Flowing In	Yawata No. 1 April Tashiro 24th	May Tashiro 31st	June Tashiro 11th	Oct. Tashiro 10	Yawata No. 5 under Construction	Yawata No. 6 April Tashiro 30th	Toyo Seitetsu No. III	Toyo Seitetsu No. IV
Effective volume, $V_e$ , $m^3$	444.6	457.3	444.6	501.2	573.3	594.6	576.3	369322
Capacity per 24 hrs. (designated)	21000	21000	21000	21000	22200	22200	22200	Designated 150
Capacity per 24 hrs. (actual)	21000	21000	21000	21000	22200	22200	22200	Actual 166390
Volume for ten pig $m^3$	21000	21000	21000	21000	22200	22200	22200	20811
Effective Height $H_e$ , $m$	4.000	4.000	4.000	4.000	4.700	4.700	4.500	5.740
Diameter of Bush $D$ , $m$	3.5	3.381	3.5	3.182	4.700	4.700	4.500	3.626
Ratio $H_e/D$	1.143	1.183	1.143	1.257	1.234	1.234	1.111	1.582
Diameter of hearth $d$ , $m$	0.887	0.645	0.887	0.652	0.701	0.681	0.662	0.637
Ratio $d/D$	0.246	0.191	0.246	0.205	0.149	0.146	0.147	0.173
Height of Bush from Bottom $h_1$ , $m$	0.287	0.287	0.287	0.287	0.287	0.301	0.300	0.271
Ratio $h_1/D$	0.080	0.080	0.080	0.091	0.077	0.081	0.066	0.073
Height of Hearth, $N$ , $m$	0.575	0.575	0.575	0.581	0.583	0.583	0.586	0.687
Ratio $N/D$	0.164	0.164	0.164	0.182	0.159	0.156	0.129	0.192
Diameter of Spoutline $d_1$ , $m$	4.000	4.000	4.000	4.000	4.800	4.800	4.700	4.147
Ratio $d_1/D$	1.143	1.183	1.143	1.257	1.234	1.234	1.111	1.582
Height of Spout, $h_2$ , $m$	13.450	13.450	13.450	13.290	13.800	13.017	13.700	11.061
Height of Bush, $V$	3.730	4.200	3.730	4.900	4.000	4.334	4.334	3.862
Height of cylinder at Belly, $Q$	1.50	1.020	1.50	1.020	1.800	1.800	1.702	1.750
Shaft angle $\beta$	87°	86°	87°	85°30'	86°	86°	85°40'	86°39'
Bush angle $\alpha$	75°	75°	75°	75°	75°30'	75°	75°30'	75°
Height of Ordinary tuyere $N_1$	Ht. 2100 No. 10 dia. 120	Ht. 2100 No. 8 dia. 130	Ht. 2100 No. 8 dia. 130	Ht. 2200 No. 12 dia. 130	Ht. 2300 No. 10 dia. 130	Ht. 2300 No. 10 dia. 130	Ht. 2300 No. 10 dia. 130	Ht. 1527 No. 8 dia. 130
" " " " " " " "	Ht. 3100 No. 10 dia. 100	Ht. 3100 No. 8 dia. 100	Ht. 3100 No. 8 dia. 100	Ht. 3200 No. 12 dia. 100	Ht. 3300 No. 10 dia. 100	Ht. 3300 No. 10 dia. 100	Ht. 3300 No. 10 dia. 100	Ht. 2300 No. 8 dia. 130
" " " " " " " "	Ht. 3400 No. 8 dia. 100	Ht. 3000 No. 4 dia. 100	Ht. 3000 No. 4 dia. 100	Ht. 3600 No. 6 dia. 100	Ht. 3300 No. 5 dia. 100	Ht. 3300 No. 5 dia. 100	Ht. 3300 No. 5 dia. 100	Ht. 2745 No. 8 dia. 130
Thickness of hearth wall, $W_1$	.762	.766	.758	.558	.356	.756	.762	.804
" " " " " " " "	.762	.766	.758	.558	.356	.756	.762	.804
" " " " " " " "	.762	.766	.758	.558	.356	.756	.762	.804
HT. of Bottom of T. Hearth $N_2$	.970	.970	.952	.949	.163	.949	.970	.641
HT. of Bottom of T. Hearth $N_3$	.165	.165	.165	.165	0	0	0	0
HT. of a of Chador Neck above Bottom of T. H.	1.050	1.050	1.050	1.150	1.210	1.200	1.210	1.210
HT. of C. of Tuyere above C. of C. N.	1.050	1.050	1.050	1.150	1.100	1.100	1.067	1.067
HT. of Bottom of Hearth above Tuyere	.200	.200	.200	.300	.300	.300	.200	.608



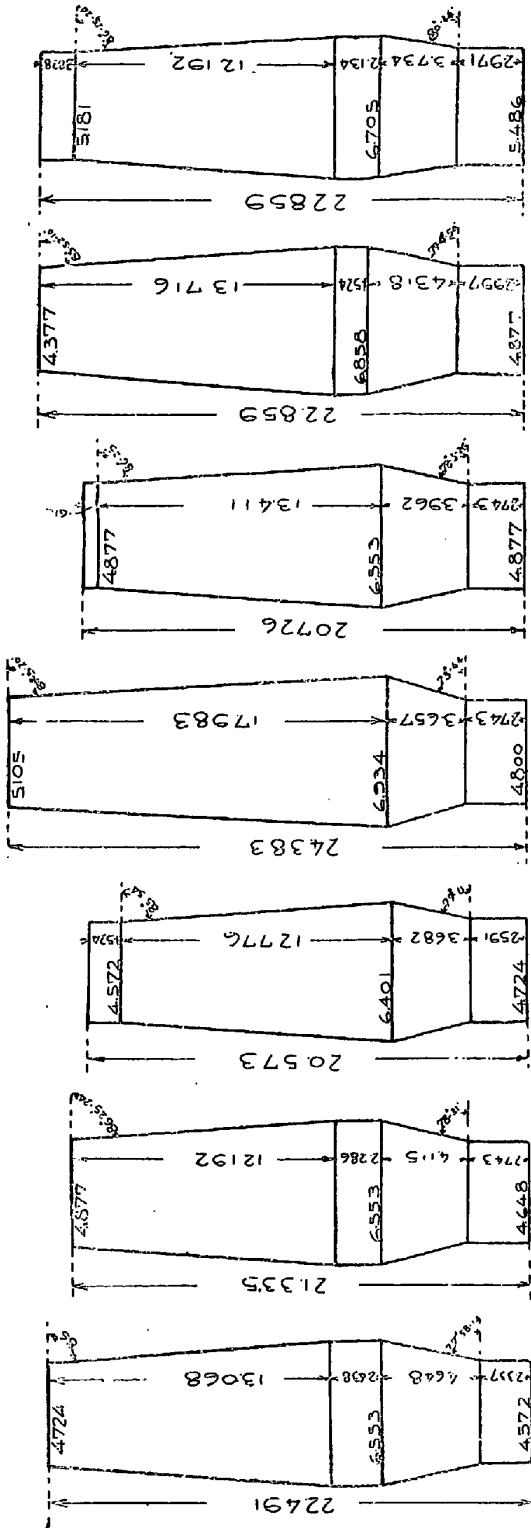


PLATE IV. Blast Furnaces at Continental Europe.



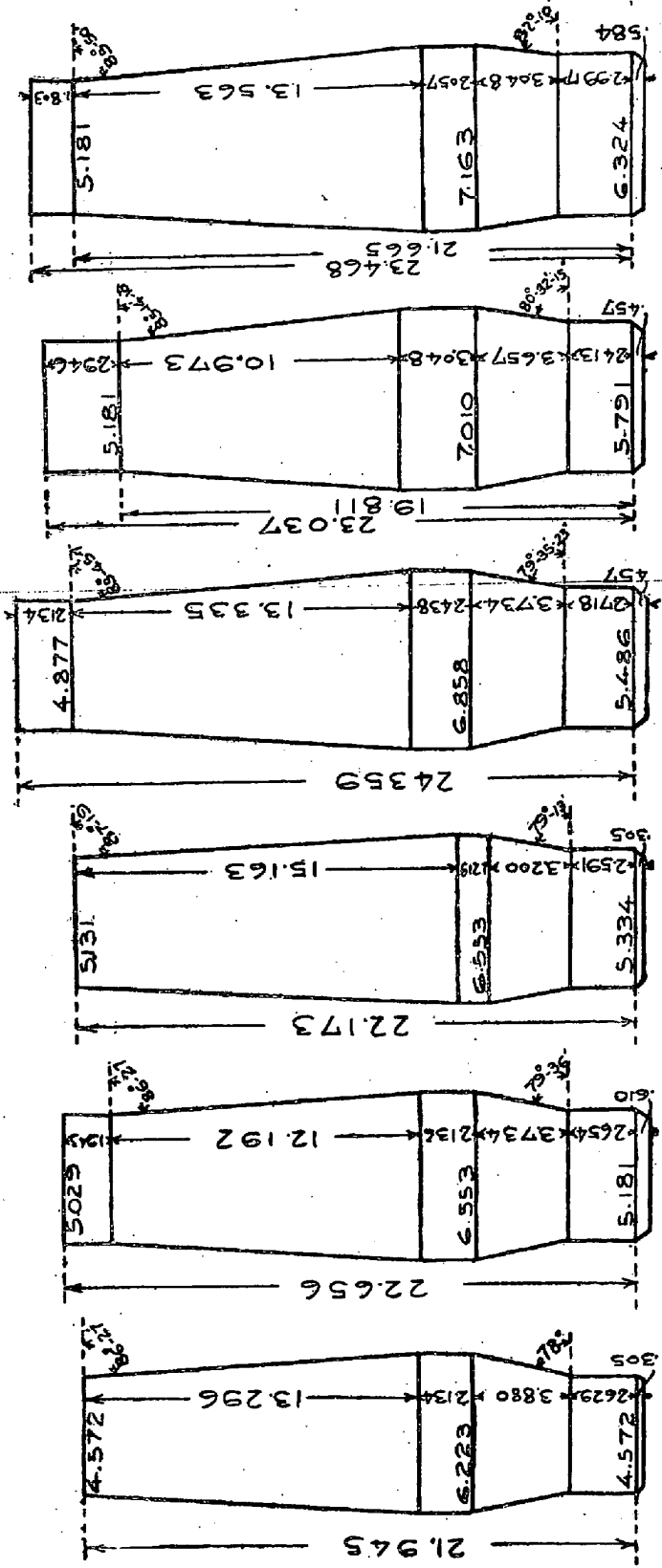
Blast Furnace	Burbank No. 1	Burbank No. 2	Burbank No. 3	Burbank No. 4	Burbank No. 5	Burbank No. 6	Burbank No. 7	Burbank No. 8	Burbank No. 9	Burbank No. 10	Hohefen Nr. 26 Total 14 BUR. 1914 No. 30	Hohefen Nr. 26 Total 14 BUR. 1914 No. 30
Capacity per 24 hrs.	150	187	173	171	231	230	239	230	230	480	480	480
Effective Volume $V_e$ , m <sup>3</sup> .	980,000	365,000	685,800	470,600	605,000	605,000	606,000	785,000	785,000	976,000	976,000	976,000
Volume per ton $V_d$ , m <sup>3</sup> .	2,800	3,100	3,000	2,750	3,750	3,480	3,550	3,300	3,300	3,850	3,850	3,850
Effective Ht. $H_e$ , ft.	20,500	30,030	29,950	30,250	34,100	34,200	34,800	35,700	35,700	42,800	42,800	42,800
Dia. of Stack, $D_s$ , m.	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Dia. $d_1$ , m.	3,417	3,428	3,254	3,108	3,410	3,401	3,472	3,709	3,709	4,200	4,200	4,200
Dia. $d_2$ , m.	3,250	3,250	3,250	3,250	3,250	3,250	3,250	3,250	3,250	3,250	3,250	3,250
Ht. of Hoveth, $H_h$ , m.	0.634	0.643	0.650	0.650	0.676	0.675	0.673	0.625	0.625	0.653	0.653	0.653
Ht. of Body, $H_b$ , m.	7,900	7,500	8,220	8,220	8,250	8,250	8,250	8,350	8,350	7,900	7,900	7,900
Ratio $H_b/H_h$	0.983	0.976	0.986	0.976	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983
Ratio $H_b/H$	2,250	2,700	2,475	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,500	2,500	2,500
Ratio of Hoveth, $H_h/H$	0.0309	0.0214	0.0214	0.0214	0.0214	0.0214	0.0214	0.0214	0.0214	0.0214	0.0214	0.0214
Ratio of Hoveth, $H_h/H_e$	4,550	5,000	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,410	4,410	4,410
Dia. of Stack, $D_s$ , ft.	19,784	19,723	19,723	19,723	19,723	19,723	19,723	19,723	19,723	19,723	19,723	19,723
Ratio of Stack, $D_s/H_e$	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
Ratio of Stack, $D_s/H$	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Stack angle, $\alpha$	88°	88°	88°	88°	88°	88°	88°	88°	88°	88°	88°	88°
Stack angle, $\alpha'$	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'
Stack angle, $\alpha''$	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'	78°30'
Pyrozone	No. 6. dia. 300.	No. 6. dia. 300.	No. 6. dia. 300.	No. 6. dia. 180.	No. 12. dia. 168.	No. 12. dia. 180.	No. 12. dia. 180.	No. 12. dia. 180.	No. 12. dia. 180.	No. 12. dia. 330.	No. 8. dia. 400.	No. 8. dia. 400.

PLATE V. American Blast Furnaces (1)



Blast Furnaces	Minnesota Steel CO. Duluth	Inland Steel CO. Gary	National Tube CO. Wheeling	Inokawara Steel CO. Buffalo	Pennsylvania Steel CO. Steelton	Pittsburg Steel CO. Monessen	Dillonia Steel CO. No. 3 South-Chicago
Effective Volume V.	540,172	541,104	465,185	605,477	511,564	601,524	693,626
Capacity per 24 hours. Tons.	400	400	420	500	500	design 500 actual 000	500
Volume per ton pig	1,373	1,353	1,108	1,353	21,383	1,200	1,576
Effective height H.	22,491	21,335	20,573	21,383	20,726	22,550	22,869
Diameter of Bosh D.	6,553	6,401	6,401	6,034	6,553	6,858	6,705
Ratio H/D	3,432	3,256	3,214	3,510	3,163	3,353	3,403
Diameter of Hearth d <sub>2</sub>	4,572	4,648	4,724	4,800	4,877	4,877	5,480
Ratio d <sub>2</sub> /D	0,698	0,700	0,738	0,792	0,744	0,711	0,818
Ht. of Bosh from Bottom h <sub>2</sub>	0,985	0,889	0,573	6,401	6,705	1,315	6,705
Ht. of Hearth N	2,307	2,743	2,501	2,743	2,598	2,907	2,971
Ratio N/d <sub>2</sub>	0,310	0,500	0,548	0,571	0,500	0,615	0,543
Dia of Stockline d <sub>1</sub>	4,724	4,877	4,572	5,105	4,877	4,877	5,181
Ratio d <sub>1</sub> /D	0,721	0,741	0,714	0,796	0,744	0,711	0,773
Ht. of Shaft h <sub>1</sub>	13,068	12,192	12,776	17,949	13,411	13,716	13,109
Ht. of Bosh P	4,648	4,115	3,682	3,657	3,962	4,318	3,794
Ht. of cylindrical part of Belly Q.	2,438	2,286	3,682	—	—	1,524	2,134
Shaft angle $\alpha$	800	777-55'-12"	85'-54'	87'-5'-20"	80'-25'	85'-52'-10"	86'-13'-24"
Bosh angle $\epsilon$	12	78'-31'	77'-11'	73'-44'	75'-3'-20"	72'-4'-50"	80'-44'
Tuyeres	5,486	5,486	6,096	4,207	5,181	NO 12	NO 12
Ht of cylindrical part on top	5,486	5,486	6,096	4,207	5,181	4,877	4,877
Ditto above stockline	5,486	5,486	4,572 Suppressed	4,207	4,572 Suppressed	4,877	4,877
Ht of tapping hole above bottom m/m	571	584	457	—	304,8	518	686

PLATE VI. American Blast Furnaces. (2)



Blast Furnaces	Crane Iron Works Catawbanque Pa.	Wisconsin Steel CO. Chicago.	Replong Steel CO. at Wharton	Midland plant Oranville Steel CO.	Midvale Steel & Ordnance CO.	Illinois Steel CO. South Chicago
Effective Volume V.	505.866	591.055	598.709	670.876	684.470	795.422
Capacity per 24 hrs.	400	500 actual 598	500	500	550	556
Volume per ton, pig	1.265	1.182 "	1.183	1.342	1.244	1.323
Effective Height	21.945	22.656	22.173	24.359	23.037	23.468
Diameter of Hearth D	6.223	6.553	6.553	6.858	7.010	7.103
Ratio H/D	3.526	3.457	3.884	3.552	3.256	3.276
Diameter of Hearth d <sub>1</sub>	4.572	5.181	5.391	5.486	5.701	6.324
Ratio d <sub>1</sub> /D	0.735	0.791	0.814	0.800	0.826	0.883
Height of Hesh from bottom h.	6.515	6.388	5.719	6.452	6.101	6.045
Height of Hearth N	2.629	2.654	2.591	2.718	2.413	2.997
Ratio N/d <sub>1</sub>	0.575	0.510	0.484	0.495	0.417	0.474
Diameter of Stookline d <sub>2</sub>	4.572	5.029	5.181	4.877	5.181	5.181
Ratio d <sub>2</sub> /D	0.735	0.767	0.783	0.712	0.739	0.723
Ht. of Shaft h <sub>3</sub>	13.208	12.192	15.163	13.335	10.973	13.563
Height of Hesh l'	3.880	3.734	3.200	3.734	3.657	3.048
Ht. of cylindrical part at Belly Q <sub>1</sub> m	2.134	2.134	1.219	2.438	3.048	2.057
Slant angle β	86°-27'	86°-24'	87°-19'	86°-45'-7"	85°-14'-10"	86°-50'
Slant angle α	78°	79°-38'	79°-13'	79°-35'-23'	80°-32'-15"	82°-10'
Tuyeres	Ht. 2.773 No. 13	Ht. 2.134 No. 13	No. 13	No. 12	Ht. 2.057 No. 12 dia 1.52	Ht. 2.438 No. 10
Ht. of Cylindrical part at top.	5.480	6.972	5.267	5.680	3.223	6.345
Ditto above Stookline	5.480	4.577	5.357	3.555	5.846	4.572
Ht. of Tipping hole above bottom	0.305	610	303	457	457	954
Ht. of cylinder notch above T. H.	1.181	1.270	1.219	—	1.793	1.422