

大物鑄鋼品鑄造記録

—沼澤沼發電所分岐管鑄造記録—

清野信二* 戸田知夫* 北見喜次* 早川 巖*

A Casting Report of th Large Steel Casting

—A Casting Report of the Branch Pipes used
at the Numasawanuma Hydro-Strage Plant—

By Nobuji Kiyono, Tomoo Toda, Yoshiji Kitami and Iwao Hayakawa
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

This paper deals with the manufacturing process of branch pipes of steel casting for use at the Numazawanuma hydro-strage plant which is under construction on the down-stream of the Tadami River, Fukushima prefecture. The plant, equipped with two 23,000 kW power generating units, is to pump up water in wet seasons and use the storage water in dry seasons for power generation, and the subject branch pipes connect the pipe line to either the turbine or the pump.

One branch pipe as cast weighs 26 tons, a record weight as a cast steel product, and, moreover, it has to undergo a hydro-static test pressure of 50 kg/cm². Accordingly the castings had to be perfectly free from the growth of scabs and cracks. To this end, every possible precaution was taken in the design of patterns, adding up of molten metals and other processes, and, as the results, satisfactory products were obtained in spite of their tendency to cause cracks.

[I] 緒 言

沼澤沼發電所は福島縣只見川の下流に建設中であり、最大出力 23,000 kW 2 臺の水車、發電機及びポンプが設けられる。この發電所は豊水期にポンプで揚水して貯水し、渇水期に水車を廻して發電するように設計されている。分岐管はポンプから鐵管へ及び鐵管から水車への 2 つの水の通路の分岐點に用いられるもので、その用途から云つて非常に重要な部品である。鑄放重量は 26 t で 50 kg/cm² の水壓試験に合格する必要がある、鑄鋼品として記録的のものである。この高水壓に耐えるため龜裂掬われの發生を絶対に防止する必要があり、方案及び鑄造作業に於て、この點に萬全を期して作業した結果良好な製品を造ることができた。以下その鑄造記録をまとめて御批判を仰ぐ次第である。

* 日立製作所日立工場

[II] 方 案

方案に際して特に考慮した龜裂の防止方法、湯道の付け方、鑄込方法について次に記述する。

(1) 龜裂の防止方法 分岐管は高水壓に耐えるため第 1 圖に示すように縦方向、横方向に肉厚 60 mm の深い力骨が箍のように幾重にも嵌められている。この力骨及び 3 個のフランヂが鑄物の收縮の際抵抗となつて力骨及びフランヂの付根に龜裂を生じ易い。特に龜裂を防止する必要のある厚さ 60 mm の平肉の作業に慎重を期した。

(A) 平肉と力骨の交叉部 (第 2 圖参照)

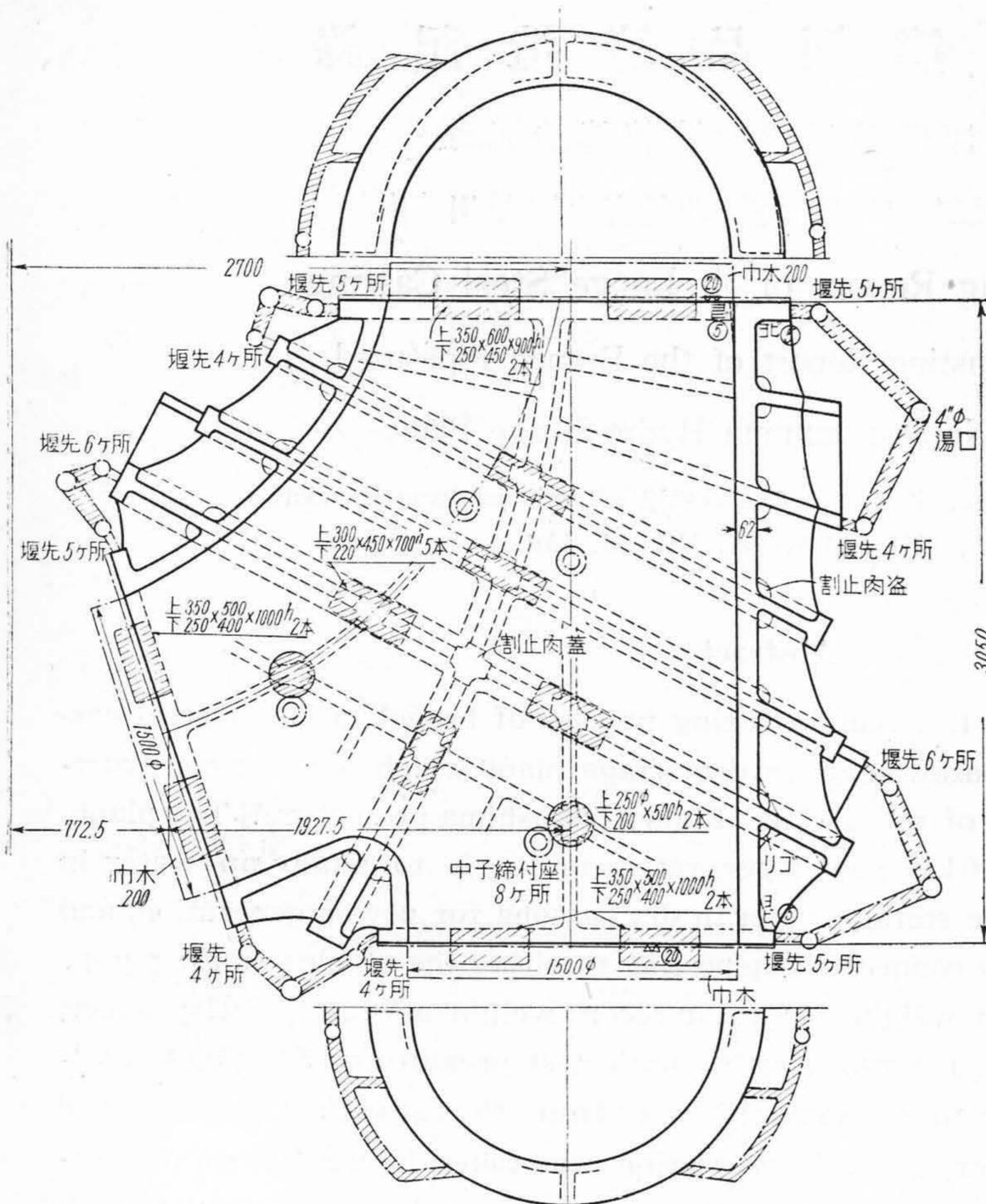
(a) 骨の付根は R を極力大きくする。

(b) 鑄括みは適當の丸鋼を網狀に組合わせ使用する。

(c) 主中子の骨交叉部に薄板をあてる。

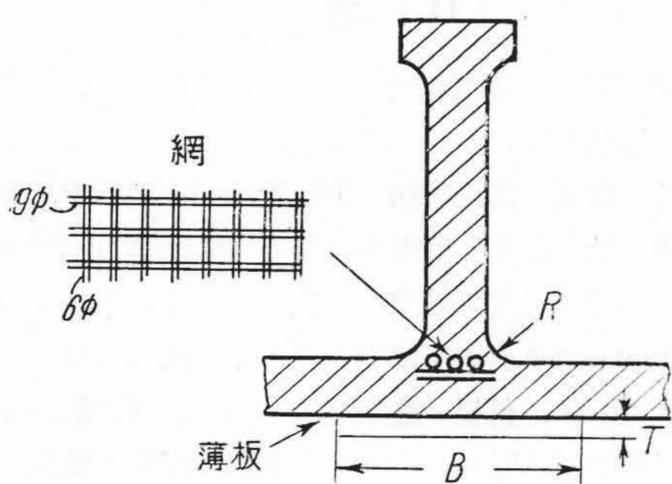
(B) 平肉と 2 本の力骨との交叉部 (第 3 圖参照)

2 本の力骨と平肉との三面の交叉部は第 3 圖 (A), 又

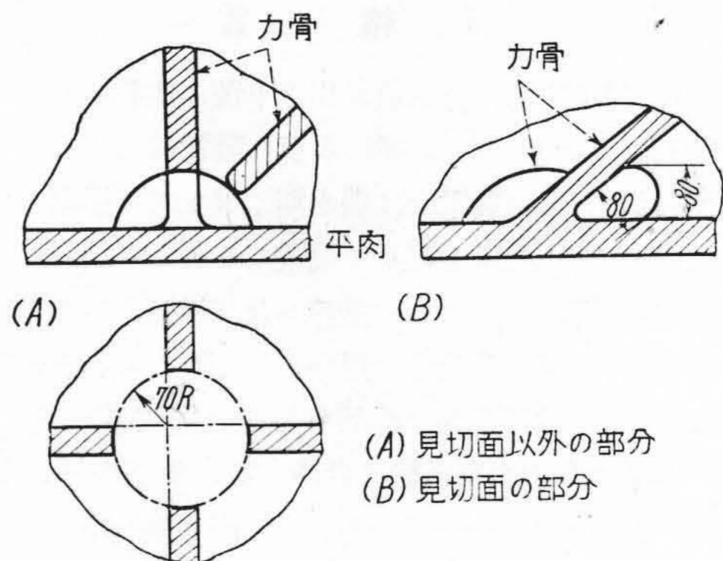


第1圖 木型及び鑄造方案圖
Fig. 1 Design of Pattern and Moulding.

- てる。
 - (c) 内面に薄板を當てる。
 - (d) 鑄括みとして適當の丸鋼を網狀に組合わせて入れる。
 - (D) 骨の交叉部 (第5圖參照)
 - (a) 骨交叉部の R を大きくする。
 - (b) 鑄括みは適當太さの丸鋼を使用する。
- なおリブは平肉と骨の交叉部フランジ付根、骨の交叉部等に使用することとした。
- (2) 湯道の付け方 湯道の付け方は鑄物の良否に大きな影響を持っているので特に慎重を要する。この場合は次の三方法が考えられる。
- (a) 3 個のフランジのみから注湯する方法
 - (b) フランジ及び縦方向の力骨から注湯する方法
 - (c) フランジ及び横方向の力骨から注湯する方法
- 以上の方法を検討した結果、連続的に急速に静かにとの注湯の原則から最善と考えられる (c) 方法を採用し、第1圖に示



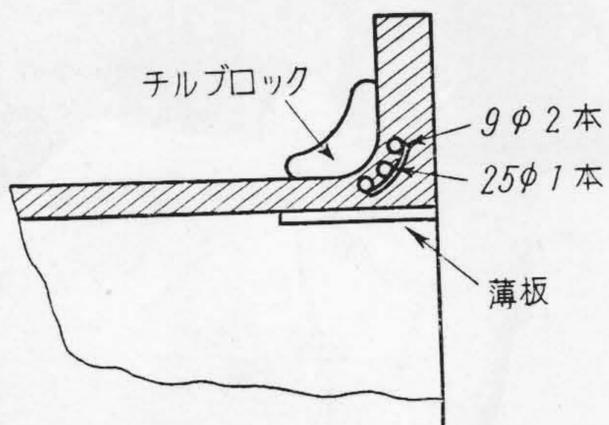
第2圖 平肉と力骨交叉部の對策
Fig. 2 Design of Cross-section.



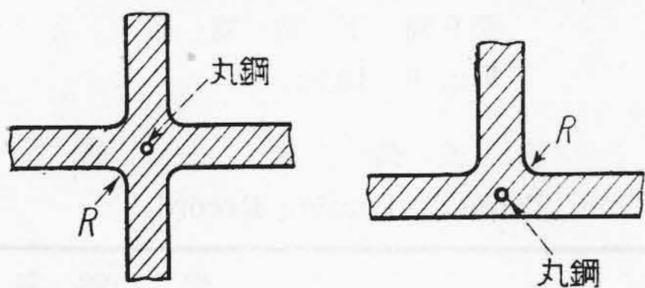
第3圖 龜裂止肉盜
Fig. 3 Prevention of Cracks.

- は (B) の龜裂防止の肉盜みをした。
- (C) フランジ付根 (第4圖參照)
- (a) フランジ付根の R を大きくする。
- (b) チルブロック (chiel block) をフランジ付根に當

- す湯道をつけた。
- (3) 鑄込方法 分岐管は鑄放重量 26 t, 押湯重量計 36 t の鑄込重量を有するので、鑄込時間が長くなり、

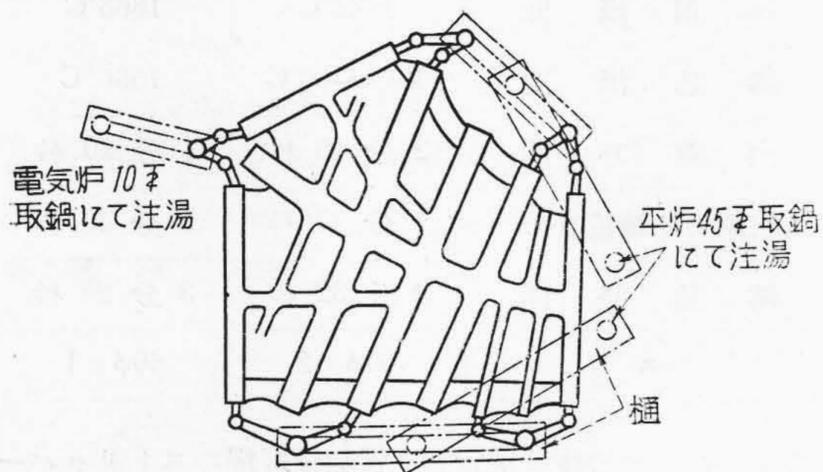


第4圖 フランジ付根の対策
Fig. 4 Design of Flange.

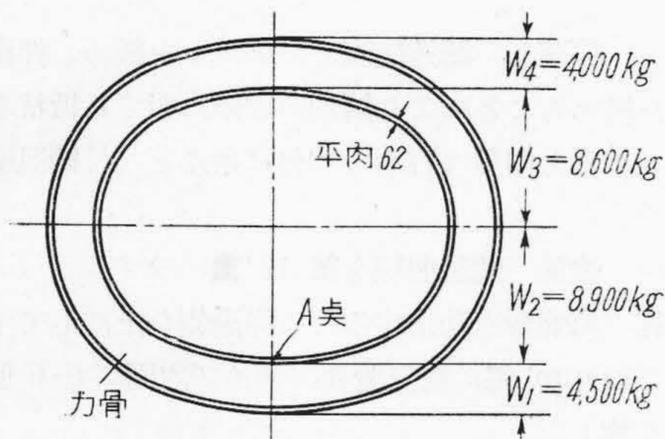


第5圖 骨交叉部の鑄括み
Fig. 5 Internal Chill of Rib Cross-section.

その結果掬われ等の缺陷を生じ易い。そのため平爐、電氣爐の合せ湯を計畫し、45 t 平爐取鍋 (2 本ストッパー付) 10 t 電氣爐取鍋 (1 本ストッパー付) を用い合計 3 本のストッパーで急速に注湯を完了することとした。(第 6 圖参照) 特に平肉の鑄込を急速にするため鑄込を始め



第6圖 鑄込方法
Fig. 6 Pouring Method.



第7圖 重量分布
Fig. 7 Weight Distribution.

てから湯が下部力骨を満し平肉に達するまで (第 7 圖 A 点) は 45 t 取鍋の 2 本ノズルより注湯し、電氣爐の 10 t 取鍋はできるだけストッパーを絞る。A 点に達した後は電氣爐取鍋のストッパーも全開して 3 本のノズルで注湯することとした。

分岐管の鑄放重量分布を第 7 圖に示す。これによつて A 点に達するまでの時間を 30 秒と推定した。

(4) その他 鑄型の運搬及び乾燥による變形のため平肉の肉厚減少を防止するため豫備 2 mm をつけた。

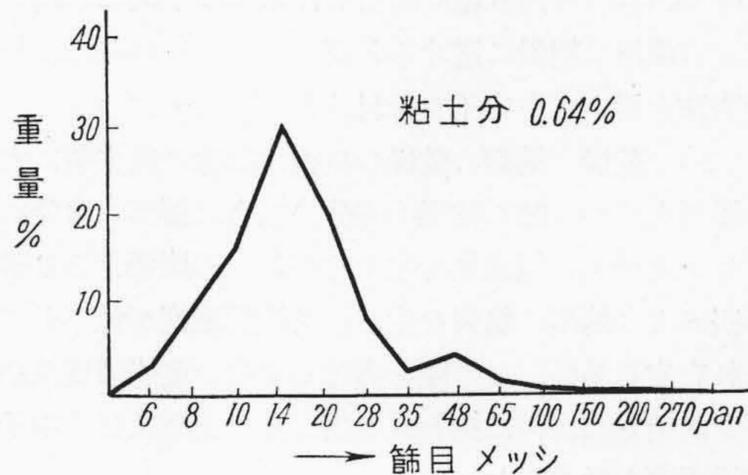
[III] 鑄物砂

鑄物砂の配合を第 1 表に示す。

第 1 表 鑄物砂の配合
Table 1 Mixing of Moulding Sand.

土岐津 3 號硅砂	木節粘土	カタメロン	水分 %
100	15~17	3	5.5~4.5

木節粘土、カタメロンは硅砂 100 に對する容量比、水分は重量%を示す。3 號硅砂の粒度分布を第 8 圖、硅砂及び木節粘土の分析結果を第 2 表に示す。



第 8 圖 土岐津 3 號硅砂粒度分布
Fig. 8 Grain Distribution of Tokitu silica Sand.

第 2 表 土岐津 3 號硅砂及び木節粘土の化學成分
Table 2 Chemical Composition of Tokitu Silica sand and fir clay.

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	gloss
土岐津 3 號	94.10	0.76	3.74	0.74	Tr	0.45
木節粘土	71.31	2.46	19.34	0.84	Tr	5.57

粘土量が餘り多過ぎると肌砂の高温強度が急激に大となり、鑄物の收縮が不充分となるので龜裂を生じ易いため、生型強度を 5~6 lbs/□ を目標として調砂した。又カタメロンは乾態強度を増加し掬われを防止するのに効果があり 3% を添加した。

砂試験の結果を第 3 表に示す。

第 3 表 鑄物砂試験結果

Table 3 Test Results of Moulding Sand.

生型抗壓 lbs/□'	生型通 氣 度	乾態剪斷 lbs/□'	乾態通 氣 度	水 分 %	備 考
5.8	1073	>73.5	1214	4.72	外 型
5.8	1214	>73.5	1638	4.62	//
5.7	1638	68.5	2485	4.78	//
6.7	1978	—	—	5.14	//
5.6	1073	67	1214	5.10	中 子
5.3	1073	>73.5	1638	4.68	//

なお塗物は耐火度の高い人造珪砂を粉砕して使用した。

[IV] 鑄造作業

(1) 造型 造型作業においては龜裂の防止に慎重を期し、鑄型の収縮を良好にするため藁、ほろ砂、炭殻を用い、湯壓に耐え得る最小限の強度を保つことを目標とした。またフランジ及び押湯内面にも束ねた縄を全周に入れた。主中子は芯金に縄を巻き内部に炭殻、ほろ砂を用いた。

50 kg/cm³ の高水壓に耐えるためには平肉におけるケレンの使用は絶対に避ける必要がある。そのために特殊の方法を用いて主中子を締付けた。

(2) 乾燥 鑄型の乾燥の良否は鑄物の出来栄に大きな影響をもつ。即ち乾燥不十分の場合は鑄型の水分によりピンホール、氣泡巣を生ずるが、一方焼過ぎると砂の膨張により鑄型に龜裂を生じ、又鑄型強度が低下して拘われを生じ易い。この点を考慮して次の乾燥温度及び時間を決定した。特に拘われを生じ易い上型及び主中子は乾燥温度を低くした。

第 4 表 乾燥温度及び時間

Table 4 Drying Temperature and Time.

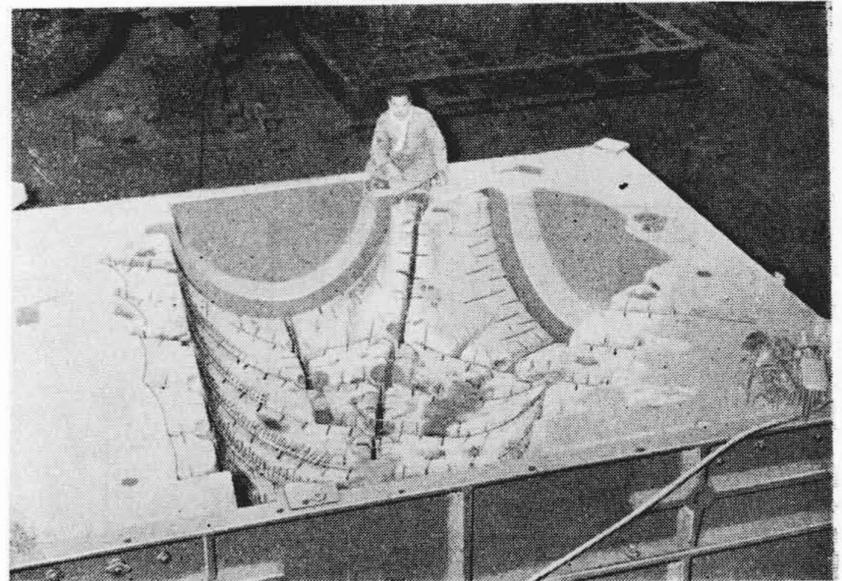
	乾燥温度 °C	上昇時間 hr	保持時間 hr	冷 却
上 型	350	10	6	爐 冷
下 型	400	10	6	爐 冷
中 子	350	6	4	爐 冷

(3) 覆せ 平肉と骨交叉部の龜裂止中子は、下型のものが特に浮力及び注湯の際の衝撃で浮き上り易いので慎重に外型に締め付けた。鑄括みはすべて 6φ の釘を打って支えた。第 9 圖に下型の寫眞を示す。

[V] 鑄込作業

鑄込記録を第 5 表に示す。

第 7 圖 A 點に達する迄の時間を測定したところ 32 秒



第 9 圖 下 型 寫 眞

Fig. 9 Drag.

第 5 表 鑄 込 記 録

Table 5 Pouring Record.

		平 爐	電 氣 爐	
熔	番	B 980	D 1790	
分 析 値	C	0.25	0.25	
	Si	0.33	0.34	
	Mn	0.69	0.70	
	P	0.013	0.015	
	S	0.017	0.019	
出 鋼	温 度	1666°C	1665°C	
鑄 込	温 度	1564~60°C	1556°C	
出 鋼	時 間	2 分 15 秒	1 分 30 秒	
出鋼より鑄込まで		7 分 30 秒	5 分 40 秒	
鑄 込	時 間	4 分 32 秒	3 分 28 秒	
ノ	ズ	ル	60φ×2	60φ×1

であつた。その後は豫定通り電氣爐取鍋のストリッパーを全開した。

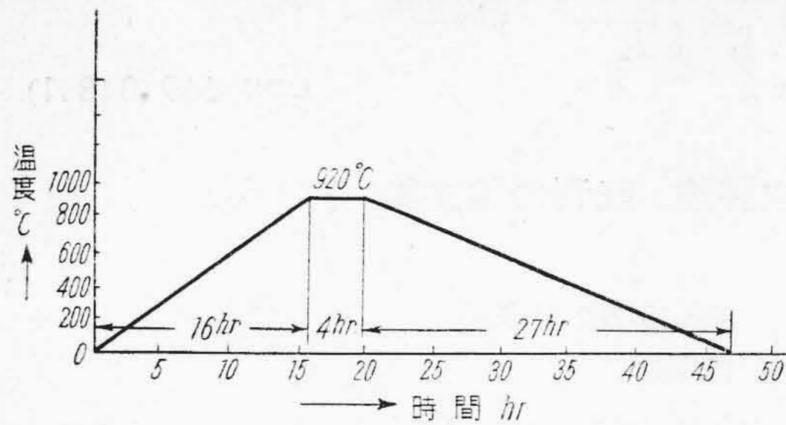
[VI] 鑄仕上作業

(1) 砂落とし 鑄込後直ちにボルトを緩め、押湯内面の砂を緩めることにより鑄物の収縮に対する抵抗を少くした。砂落とし作業は容易で焼付は殆んどなく鑄肌も良好であつた。

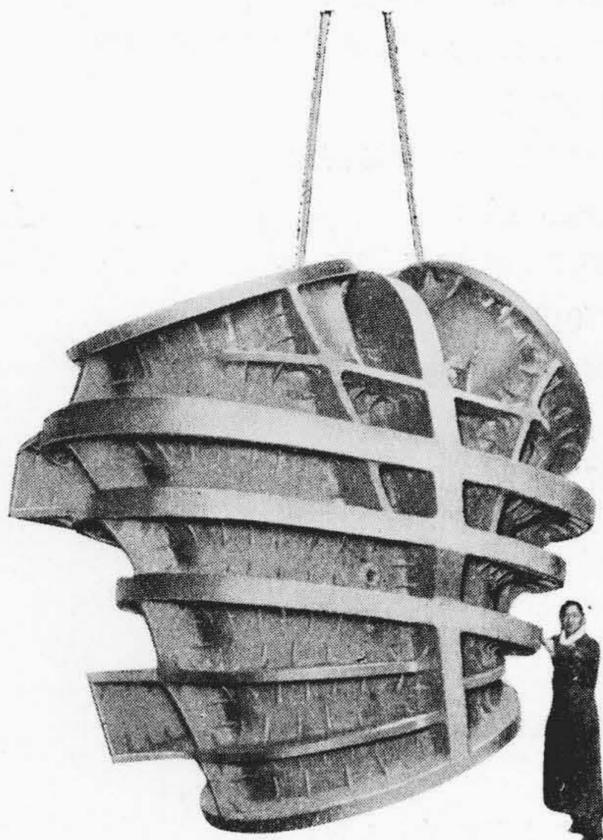
(2) 焼鈍 焼鈍曲線を第 10 圖に示す。

焼鈍の際變形を防止するため押湯側を上にして下部には約 300 mm 毎に臺を置き、パイプ内面にも 6 個所に支柱を施した。

(3) 熔接 鑄込状況も良好で龜裂拘われも殆んどなく熔接個所は非常に少なかつた。第 11 圖に鑄放品の寫



第10圖 焼鈍曲線
Fig. 10 Annealing Curve.



第11圖 鑄放品の寫眞
Fig. 11 Finished Casting.

眞を示す。

[VII] 製品検査及び材料試験結果

製品検査の結果、フランジ間の距離が多少延びていたが其の他の寸法には異常がなかつた。材料試験の結果を第6表に示す。各工場の水圧試験も優秀な結果を以て合格した。これが組立状況の寫眞を第12圖に示す。

[VIII] 結果の検討

(1) 龜裂 最も龜裂の發生し易いフランジ付根。及び平肉と力骨の交叉部には全く龜裂が生じなかつた。平肉と力骨の交叉部にはチルブロックを當てるのが理想であるが、鑄括み及び中子の板冷しによつて充分龜裂を防止し得る。この場合水壓部に對しては鑄括みは細い丸鋼

第6表 材料試験結果

Table 6 Results of Testing Material.

試番	熔番	T.S. kg/ mm ²	E.I. %	R.A. %	Y.P. kg/ mm ²	Bending	B _H	備考
SC 47 材料規格		47~61	>12			25K 60° 良		
K 282-1	B-980	51.3	27.2	31.4	26.9	25R 60° 良	143	平爐
K 282-2	D-1790	53.3	27.8	38.3	26.9	25R 60° 良	149	電氣爐

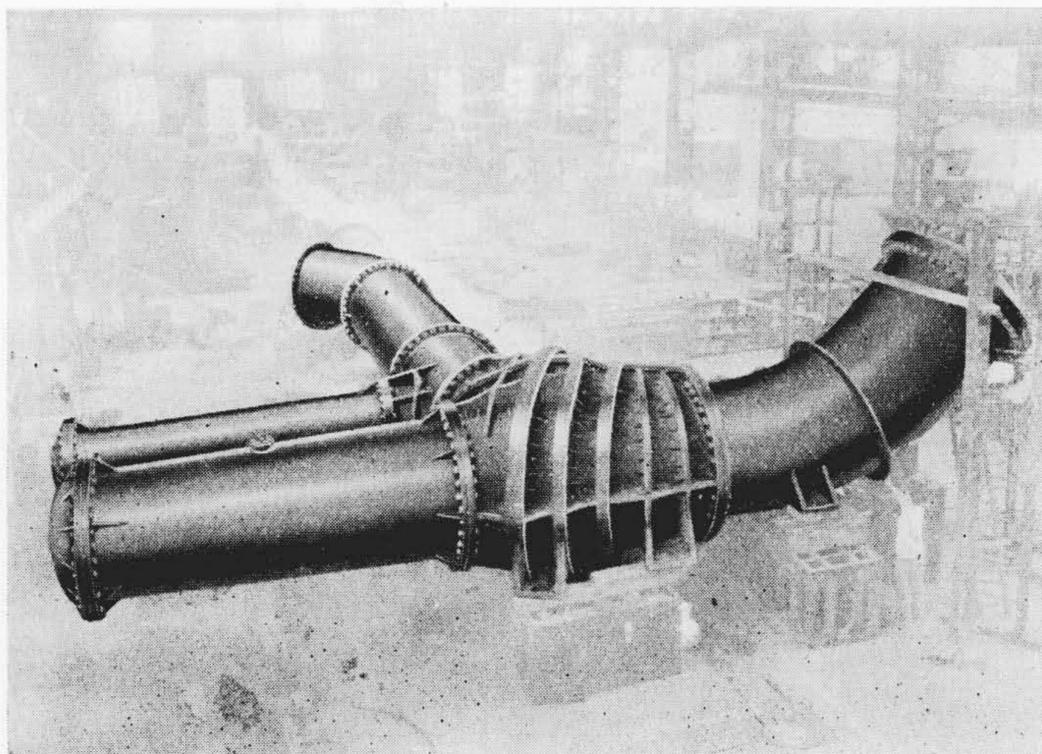
を數多く用いて、熔着を充分にすることが必要である。

(2) 湯道及び鑄込 平爐、電氣爐の合せ湯により36 t の湯を4分32秒で注湯することが出來た。今後この種大物鑄鋼品の鑄造の際有益な參考とならう。

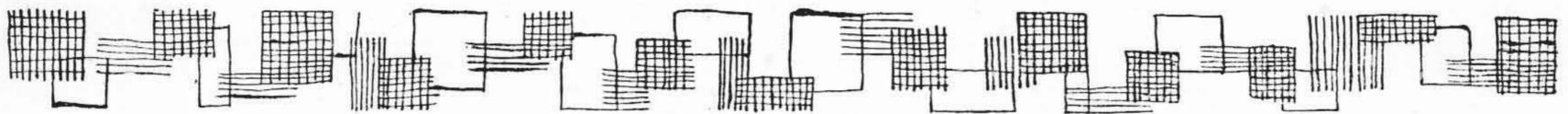
[IX] 結 言

50 kg/cm² の高水壓のかゝる大物鑄鋼品で種々苦心したが、缺陷を豫想して對策を構じつゝ作業したところ、優良な製品を製作することが出來た。以上分岐管の鑄造記録をまとめて參考に供する次第である。

終りに臨み種々御指導御鞭撻をいただいた田村副工場長、竹入課長に厚く謝意を表す。



第12圖 分岐管組立寫眞 Fig. 12 Assembled branch Pipes.



UDC 669(048.1)

(第110頁よりつづく)

冶金工學に関する日立評論、既刊の論文集(その八)

669. 15. 26. 28. 018. 29

構造用クロムモリブデン鋼

泉 八郎、武市彦四郎；

日立評論 24.10 (昭 16.10) 460

669. 15. 26. 71. 018. 54-426

鐵クロム、アルミニウム系電熱線の冷間加工性に及ぼすクロムの影響について

新持喜一郎； 日立評論々文集 1.1 (昭 23) 28

669. 15. 26. 74. 018. 1

Fe-Cr-Mn 三元素に於ける ϵ 相に就いて

小野健二； 日立評論々文集 1.1 (昭 23) 19

669. 15. 26. 74. 782-194-669. 15. 26. 71-194

Si-Mn-Cr 鋼及び Al-Cr 窒化鋼の焼戻脆性に就いて

小柴定雄、野原孝三郎；

日立評論、28.1 (昭 21.1) 27

669. 15. 26. 74. 782-194

強靱珪素、マンガン、クロム鋼の變態點及び顯微鏡組織に及ぼす最高加熱温度と冷却速度の影響に就いて

小柴定雄； 日立評論 32.1 (昭 25.1) 38

669. 15. 26. 782-194

シルクロム鋼の調質

菊田多利男、安田泰治；

日立評論 25.11 (昭 17.11) 700

669. 15. 27 タングステン鋼

669. 15. 27. 0. 18. 252. 3-194

低タングステン高速度鋼に及ぼす錫、アンチモン、及びチタニウムの影響

小柴定雄； 日立評論

第1報 32.4 (昭 25.5) 256

第2報 32.5 (昭 25.6) 313

669. 15. 74 マンガン鋼

669. 15. 74. 782. 018. 27

Si Mn 系發條鋼の恒溫變態とその利用に就いて

小柴定雄、野原孝三郎；

日立評論々文集 2.5 (昭 24) 34

669. 15. 74. 782. 018. 27-194

シリコン、マンガン發條鋼の恒溫變態について

根本 正； 日立評論 32.3 (昭 25.3) 172

669. 15. 782 珪素鋼

669. 15. 782

シリコンスティールの話

野上熊二； 日立評論 9.12 (大 15.12) 803

669. 15. 782-41-175

珪素鋼板の結晶粒粗大化に就て

今堀 熙； 日立評論 24.10 (昭 16.10) 419

669. 15. 782-41. 018. 583

珪素鋼板の材質改善に関する研究

和島藤助、今堀 熙；

日立評論 25.7 (昭 17.7) 395

669. 15. 782-41. 018. 583

冷壓延珪素鋼板の結晶配合

今堀 熙、河會 進；

日立評論 27.1 (昭 19.1) 62

669. 16 銑 鐵

669. 162. 263

砂鐵の還元

杉村 行； 日立評論 24.3 (昭 16.3) 148

669. 162. 3

砂鐵精鍊に関する研究(第1報)

操業改良前の木炭銑角爐操業の實態

中村信夫； 日立評論 33.2 (昭 26.2) 168

669. 18 製 鋼

669. 18. 018. 252. 3

高速度鋼の製造法

高橋 隆； 日立評論 22.9 (昭 14.9) 575

669. 18. 046. 586

鋼滓鹽基度に及ぼす各種鋼滓成分の影響

新持喜一郎； 日立評論 32.11 (昭 25.11) 958

669. 183

反射爐溶角の特性に就て

宮下格之助； 日立評論 21.10 (昭 13.10) 715

669. 184

轉爐鑄鋼法に就て

津川義正； 日立評論 5.1 (大 11.1) 23

669. 187

現今世界の電氣製鋼の趨勢並に電氣爐と電力供給に就て

(第135頁へつづく)