

鋼滓成分か或は鋼滓の流動性に依るものかは目下研究中で追て発表し得る機会を期待する。尙此の機会に附言したいのは、熔鋼中に水素の吸収せらるゝ過程は、鹽基性電氣爐の場合は、装入する焼石灰に吸収せられて居る水分、又平爐に於ては發生爐瓦斯の燃焼生成物たる水分より來ると想像すれば、酸性電氣爐にては焼石灰の使用は稀であり、又爐内氣圈の影響はない理で、水素吸収の機会が少いことは注目すべき點であると考へる。

#### IV 操業上の故障又は困難とする點

以上述べた處に依れば、酸性電氣爐の優秀なる點のみを挙げたかに見ゆるも、實際この成績を繼續して居るのである。然らば酸性電氣爐の點、又は困難とする點如何を考へる必要がある。これに對し概括的に無しと答へるより他はないが、以下當然と考へられることであるが、強て言へば次の事柄を挙げたい。

##### (1) 材料の撰擇を必要とすること

この問題は一般酸性爐と同様であるが工場の種類に依ては問題でない。

##### (2) 成品鋼種に制限あること

極めて低い炭素及珪素を要求せらるゝものは酸性平爐と同様である。

##### (3) 大鋼塊の鑄造困難なること

電氣爐の容量は操業上の困難から、其の最大容量に自ら制限がある。従て2基の合せ湯とするも生産鋼塊の大きさに制限が生ずる。

### V 結 言

以上の如く酸性電氣爐操業は圓滑に作業を繼續して居るその成績は總括するに經濟的で且成品は優良である。又今日問題になつて居る白點も、酸性電氣爐鋼には極めて稀である。且その操業法は簡單である。著者は銑熔解の經驗はないが、一般銑熔解に對しても酸性電氣爐は推奨出來ると考へる。

酸性電氣爐の操業は、開始以來2箇年になるが普通作業を行つて居るので、常に研究的な作業をすることが出來ず以上簡單にその成績を取纏めた。我國官民各工場に於れても研究せられ相共に完成を期したい。諸賢より御批評、御指導を得たいと衷心希て居る處である。

## 大型鑄鋼品鑄造法の研究

(日本鐵鋼協會第 18 回講演大會講演 昭和 12 年 10 月)

結 城 竹 治\*

### ON THE FOUNDRY FOR LARGE STEEL CASTINGS.

Takeji Yuki.

*SYNOPSIS*:—The recent progress in various industries in Japan demands large steel castings for machines and apparatus whilst the quality of the castings influences in a great deal upon the efficiency of the machines and apparatus.

The Muroran Works of Japan Steel Works have manufactured many large steel castings and their quality has been gradually improved during the past 30 years.

As an example of the improvements made in the Works, the author deals with, in this paper, the changes in foundry and the improvement in quality of steel castings for hydro-electric power plants (runner and spiral castings) in order to enrich material for the study on foundry work of this kind.

### I 緒 言

近時各種工業の發達に伴ひ諸機械設備は何れも大規模大馬力のものが設計せらるゝことになった。一方鑄鋼品の利用は過去數ヶ年間に顯著なる増加を來し必然的に大型鑄鋼

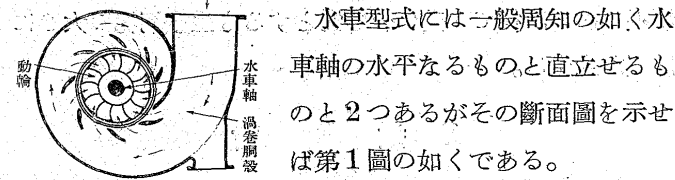
品を要求せらるゝ機会が多く其の鑄造成績の良否が其等の機械設備の能率に及す影響も亦尠くない。

日本製鋼所室蘭製作所は既往約 30 ヶ年間に涉り各種大型鑄鋼品の製作に従事して居り之が鑄造方法も幾多の變遷を経て今日に至る。

著者は同所に於ける大型鑄鋼品鑄造法改善の一例として

\* 日本製鋼所室蘭製作所

水力發電設備用鑄鋼品（動輪及渦卷胴殻）に就き之れが鑄造法の變遷と之れに伴ふ製品の改善狀況を實例を撃げて論述し將來此方面の研究に資する一端たらしめんとするもの



である。水車型式には一般周知の如く水車軸の水平なるものと直立せるものと2つあるがその断面圖を示せば第1圖の如くである。

## II 鑄鋼製大型動輪鑄造法

水力發電用水車に於ける動輪の位置が最も重要なるもので其の鑄造成績の良否は水車能率延ては發電所の能力を左右することは言を俟たない、即ち動輪は設計上の要求よりして羽根の流水曲線が正確齊一なること、羽根肉厚の均一なること、羽根のピッチに不同なきこと等の鑄造上の至難なる條件があつて之れが不完全なる時は設計通りの馬力を出すことが出来ない、而も最近に至ては高壓高速度に耐ふべき材力も缺くべからざる要素とせらるゝに至る爲め從來の鑄鐵、砲金等に代て鑄鋼製動輪が使用される様になつた。

然るに鑄鋼は收縮量大なる爲め吊切れ、鑄引け、或は寸法把握困難、湯熱高き爲の焼付、砂喰等の鑄肌不良其他鑄鐵、砲金に比し湯足悪く羽根肉薄部の湯廻不良等鑄造上種種の困難が伴ひ前述べた設計上の要求を満足せしむる様な鑄鋼製の動輪を製作することは容易ならぬことで特に大型のものになると一層困難になつて来る。

鑄鋼製動輪が國産品として使用される様になつたのは僅僅10數ヶ年前であつて其れ以前には鑄鐵製又は合金製或は軟鋼製の羽根を鑄鐵にて鑄包みしたもののみで使用されたのである。

當所に於ては大正13年初めて羽根と本體とを一體に鑄造する鑄鋼製動輪（恐らく本邦に於ても嚆矢ならん）の製作に着手し爾來製作總數196個鑄放重量約900tに達しその間種々なる難問題に遭遇したが逐次缺陷を改善し現在にては稍理想に近きものを製作し得る様になつた。

以下順を追ふて其の概要を述べよう。

先づ動輪の鑄型製作要領を説明し次に第1次の鑄造法より現行に至る研究改善の要點及其の成績を述べることにする。

### (1) 動輪鑄型の製作要領

(i) 鑄込方法 凡て鑄物の鑄込を行ふ場合には水平鑄造、傾斜鑄造或は堅入横入等種々なる鑄込方法の内最も容易に健全なる品物を得る方法を採用すべきものであつて動輪の如き品物には何れが適當なりやを判斷するに、

- ① 注型に際し湯廻が良好なること
- ② 鑄込後の收縮が平均に行はるゝこと
- ③ 鑄込後品物の自重による變形なきこと
- ④ 押湯の効果を完全ならしめ得ること
- ⑤ 鑄型製作容易なること

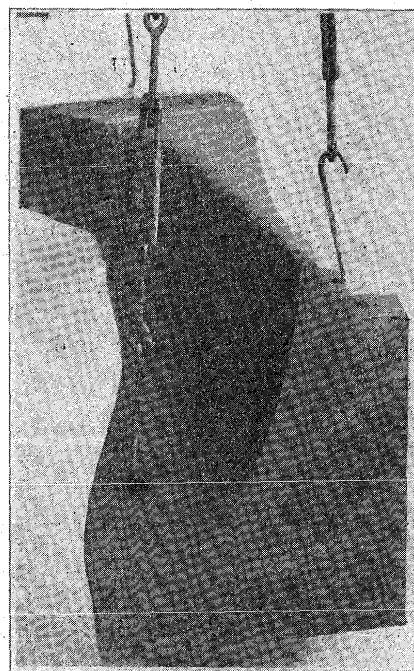
等の諸點よりして水平鑄造が最も適當であることは異論なき所で以下述べる所も皆之れを採用して居る。

(ii) 木型 動輪鑄型製作に必要な木型を擧げると外型及上型用廻し型、中具組立定盤用廻し型

水抜孔込め付用中具取り、羽根中具込め付用中具取り等であつて特に羽根中具込め付用中具取は動輪の羽根の流水曲線及ピッチの基礎をなすものであるから特に寸法の正確なることが必要であり且つ1個の中具取にて動輪1個に對し羽根數丈の中具を込めねばならぬ故變形破損の惧なき頑丈なるものでなければならぬ、之等に使用する材料は充分乾燥せる狂ひ少なき良質の檜或は杉を用ふるのが普通であつて此の外鑄型に附與すべき所要の伸尺、仕上代、掛増を有すべきは勿論である。

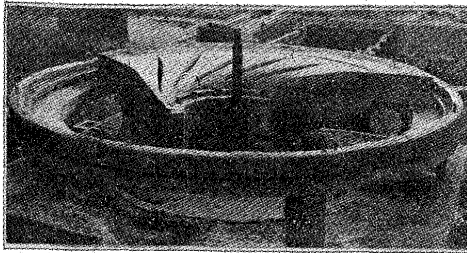
(iii) 中型 動輪鑄型中最も重要なる羽根を構成するものは中型である、何んとなれば動輪の中型は圓を羽根

第 2 圖

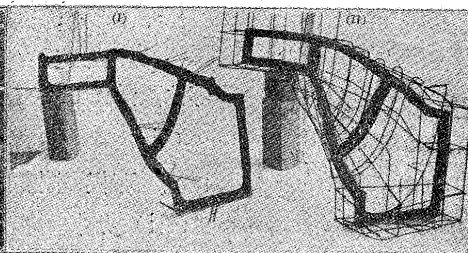


數にて割出した扇形の中具を同一中具取で製作し之れを割出しの角度に合せて羽根數丈組立てて出来るものであるから個々の中具が正しく羽根の流水曲線を有すると共に角度正しく組合せられて居らなければ設計通りの羽根曲線とピッチ正しき動輪を

第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖



得られぬからである。

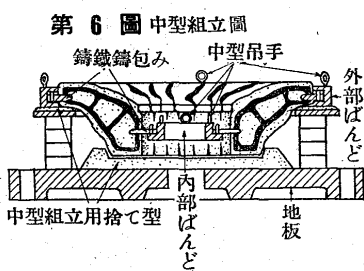
而して中型の製法には羽根型の焼抜法と中具組合せ法の二つあるが前者は羽根の鑄肌を平滑ならしむるに非常なる難關あるを想ひ後者の方法を採用した。

次に其の製作要領を述べる。

中具製作 動輪の中型は第2圖の如き中具を第3圖に示す如く中型組立用捨て型上にて組合せて製作するのであるがその個々の中具は先づ鑄鐵製の眞金(第4圖I)を鑄造し之れに肌砂を保持せしむる鋼線を取付け(第4圖II)中具取(第5圖)に入れ周囲は鋼線にもたせて肌砂を搗固し内部には通氣良好なる粒の粗き芯砂を充填するのである。

中型組立 上述の如くにして製作したる中具は中型立用捨て型にて組合せ完全なる圓形となすのであるがこの際各中具は割出しの角度に正確に合せぬと羽根のピッチが不同を來す恐れがある。

組合せを終れば第6圖に示す如く内外に鑄鐵製バンドを取付けその突出部と中具眞金とを鑄鐵熔湯を注入して鑄込み内外バンドにより中型を均等に締め付け中具間の分離歪み、捻れを防止し且つ懸吊を容易ならしむるのである。



取付けその突出部と中具眞金とを鑄鐵熔湯を注入して鑄込み内外バンドにより中型を均等に締め付け中具間の分離歪み、捻れを防止し且つ懸吊を容易ならしむるのである。

むるのである。

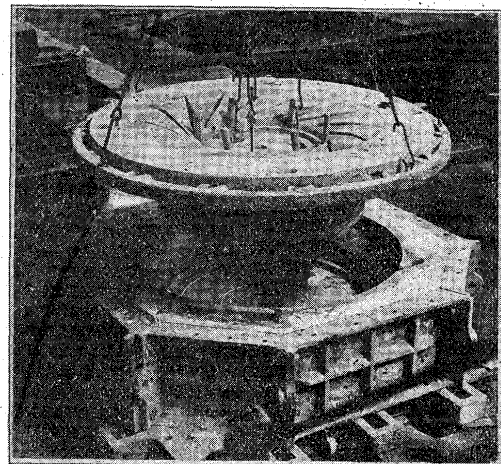
外型及上型製作 動輪の外型及上型は圓形であるから至極簡単で廻し型をスピンドルに取付けて一般の圓物と同様に製作されるから別に説明を要しない。

鑄型乾燥及鑄型被せ 出來上りたる鑄型は充分に乾燥を行ふのであるが特に中型は乾燥不充分の時は羽根の湯廻不良、鑄肌不良の原因となる故入念に乾燥する、而も乾燥による型割れ變型の起らぬ様徐々に慎重に行はねばならぬ。

乾燥を終了すれば第7圖に示す如く外型に中型を納めそ

の上に上型を被せ上下型を緊締し、且つ所要の湯樋を取付

第 7 圖



け鑄込を行ふ。

鑄込突切 其他鑄込は靜かに迅速に行ふことは他の鑄物と同様で鑄込後は收縮を容易ならしむる爲

め前述のバンドと眞金との鑄包みを除去する突切作業を行ふものである。

突切終れば其儘型中に徐冷し適當の時期に引上げ砂落することゝなる。

以上を以て動輪の鑄型製作の要領を簡単に述べたが次に鑄造法の變遷と研究の經過を述べる。

(2) 第1次鑄造法 最初に製作した大正13年の鑄造方案は第8圖に示す通りで其の要點を挙げると次の如くである。

(i) 鑄込方法 水出口を下型にデスク部を上型とせる水平鑄造。

(ii) 伸尺 全部一様に 16/1,000

(iii) 掛増及仕上代 掛増は水出口の周邊に適當に附し、其他には掛増せず、仕上部には適當の仕上代を附した。

(iv) 押湯 ポス上部に全周押湯を附せしのみ。

(v) 湯口 押湯より湯口2本上注ぎ。

鑄造成績

(i) 寸法の誤差 伸尺及掛増の不適當による寸法の誤差は水入口の幅に於て多少狭くなり反對に水出口に於て廣くなった。

(ii) リング部に於ける鑄引け 第9圖に示す如くり

ング部の上方附近に多數の鑄引けを生じた。之は該部に押湯を附けなかつた爲めである。

(iii) 羽根附根の鑄割れ 各羽根の附根に小割を生じたが之れは中具製作方法が堅きに過ぎた爲めである。

(v) 羽根の鑄肌不良及湯廻不良 上注ぎによる湯の飛散動搖の爲め湯境、アバタを生じ甚だしきは湯廻不良を來した。

(v) 其他掬はれ、砂喰、滓嚙、ブローホール 湯が鑄型に激突し飛沫が型の壁に絡み付き掬はれを生じ同時に砂喰、滓嚙、ブローホールを生じた。

大體以上の如き故障はあつたが羽根のピッチも概ね正確であつて動輪が鑄鋼で製作可能なることを實證し得た。

(3) 第2次の鑄造法 上注鑄込を廢し且つリング部にも押湯を附けた。その鑄造方案の要點は第10圖に示す如くである。

(i) 鑄込方法 水平鑄造

(ii) 伸尺 16/1,000

(iii) 掛増及仕上代 前回に於ける收縮を考慮して各部分に掛増及仕上代を附した。

(iv) 押湯 ポス上部4個所沿周押湯とし外にリング部に湯口兼用にて4個所押湯を附した。

(v) 湯口 上注を廢して周圍より4個所等配2段廻し堰とした。

鑄込成績

(i) 寸法誤差 各部に掛増を附したるを以て寸法誤差は僅少となつたが掛増のみにて加減した爲め羽根の曲線等は設計に正しく合致しない缺點があつた。

(ii) リング部に於ける鑄引け 尙押湯不足による湯口先 羽根の附根に相當深さの鑄引けを生じた。

(iii) 羽根附根の鑄割れ 羽根の上部附根各所に相當大の鑄割を發生した。

(iv) 羽根附根の鑄肌不良 羽根の下端に於て多數のアバタを生じたが之れは該部附近の注湯が穩かに行かぬ爲めである。

第2回目には上注湯口を周圍より廻し堰となしたることにより羽根の鑄肌は前回に比し著しく良好となつたがリング部に於ける鑄引け防止は未だ不充分であつた。

(4) 第3次鑄造法 前回の方法にて相當多數の動輪を鑄造したがリング部に於ける鑄引けは毫も改善せられないので第3回目には鑄造方案を第11圖の如く立案した。

(i) 鑄込方法 水平鑄造

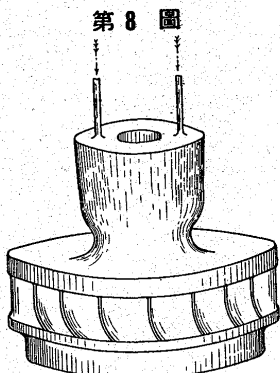
(ii) 伸尺 16/1,000

(iii) 掛増及仕上代 前回同様

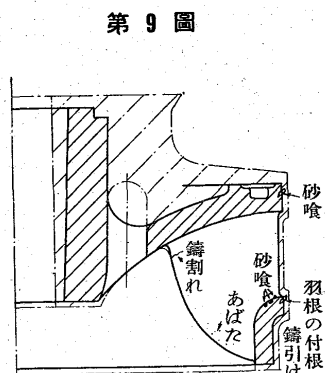
(iv) 押湯 ポス部押湯は4個所分立し、リング部各羽根の附根に押湯を附した。

(v) 湯口 前回同様

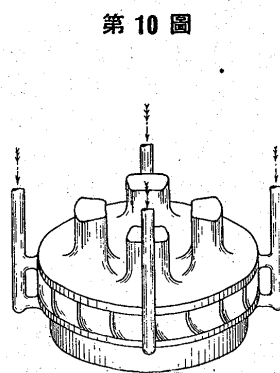
(vi) リブ及補肉 羽根上部附根の割疵防止の爲めリブ及補肉を附した。



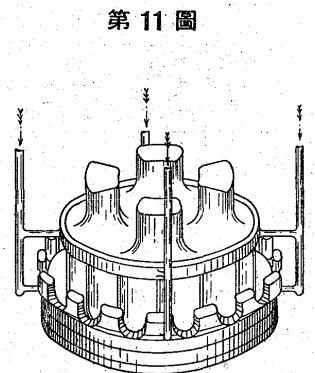
第12圖



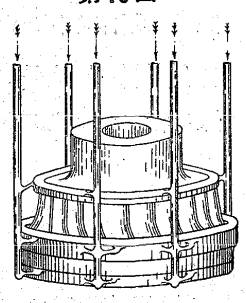
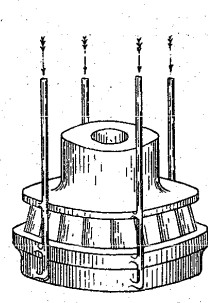
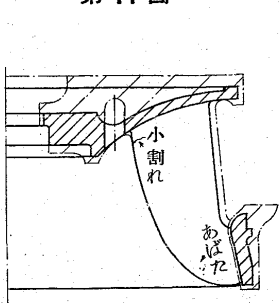
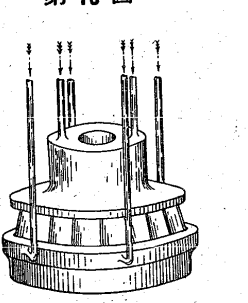
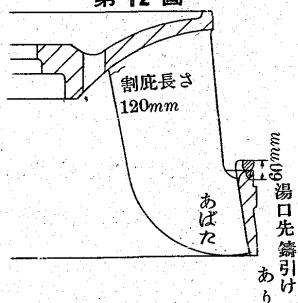
第13圖



第14圖



第15圖



鑄造成績

(i) 寸法の誤差 概ね前回同様にて肉不足の箇所はなきも羽根曲線は設計に對し少しく誤差を生じた。

(ii) リング部に於る鑄引け 各羽根の附根に押湯を附したが分立なる故比較的效果少く第 12 圖に示す如くリング部押湯下に大なる鑄引を生じた。

(iii) 羽根附根の鑄割れ リブ及補肉を附し豫防したるも羽根附根の鑄割れは依然として止まなかつた。

(iv) 羽根の鑄肌不良 注湯の平靜ならざる爲に生ずる羽根下端のアバタは前回と略同様である。

第 3 回目には主としてリング部の鑄引を防止する目的を以て多數の押湯を羽根の附根に分立し且つ羽根の上部附根の鑄割れを止める爲にリブを切たが結果は上述の如く殆んど進歩の跡を認められなかつた。

(5) 第 4 次の鑄造法 過去 3 回に渉る方案の改正に拘らず其の鑄造成績は依然として鑄引け 鑄割れ 鑄肌不良の跡を絶たず種々研究の結果全面的に方案を改革した(第 13 圖)。

(i) 鑄込方法 水平鑄造

(ii) 伸尺 伸尺は既往に於る多數製品の收縮の状況を調査した所大體に於て 12/1,000 程度の收縮あるを以て従來の 16/1,000 を 12/1,000 に改めた。

(iii) 掛増及仕上代 前回同様

(iv) 押湯 ポス部押湯は收縮を平等ならしむる爲め前回の分立を止め全周押湯に復歸しリング部は従來の押湯なき場合或は湯口兼用押湯及羽根附根に分立のものが何れも不結果なるを以て之亦全周押湯に改めた。

(v) 湯口 湯口は周圍より 4 個所等配にて先づリング部押湯より注入し熔湯が羽根中具を包みたる時之を止め同時にポス押湯より落込みとした即ち第 1 次方案と第 3 次方案を折衷したるものである。

(vi) リブ及補肉 羽根上部附根の割疵を防止する爲め前回同様にリブ及補肉を附した。

(vii) 鑄物砂配合 鑄物砂配合に就ては今迄特に述べなかつたが次表に示す如き變遷を経て第 4 回目には鑄型の通氣を良好ならしめ鑄造後の收縮を容易ならしむる爲め外型砂は粘土分を 10% より 8~9% に減量, 中具砂は同じく 9~10% より 8~9% に減量すると共に鋸屑 3% を添加することとした。

鑄造成績

(i) 寸法の誤差 既往に於る多數の實績より

動輪用肌砂配合變遷表

種別	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	
外型砂	古中粒銀砂	50	100	100	100	100
	古小粒銀砂	50	—	—	—	—
	木節粘土	10	10	10	8~9	8~9
中具砂	古中粒銀砂	—	100	100	100	100
	古小粒銀砂	100	—	—	—	—
	鋸屑	—	—	2	3	3
	木節粘土	9	9~10	9~10	8~9	7~8

註 配合は容積比%にて示す。古銀砂は一旦他の鑄型に使用したるものを古銀砂回収装置にて夾雜物を除去し洗淨したるものにて粒狀は圓味を帯び熱による膨脹率は新銀砂に比し極めて少い。

12/1,000 の伸尺を使用したる結果は甚良好にして大體に於て設計に近き寸法の製品が出来た。

(ii) リング部に於る鑄引け 該部の押湯を全周に改めたるにより鑄引けは皆無となり其他の部分に於ても鑄引の不安なき健全なる鑄物を得られる様になつた。

(iii) 羽根附根の割疵 前述の如く中具砂を改め收縮容易となりたるを以て處々に小なる割疵現出するも著しく改善せられた。

(iv) 羽根の鑄肌不良 羽根の下端に於るアバタは該部に於る注湯が平靜ならざる爲め第 14 圖に示す如く未だ改善せられない。

第 4 次の鑄造方法に於ては既往に於る伸尺を 12/1,000 となし, リング部の押湯は全周となし羽根附根に於る割疵を防止する爲め中具砂を改めた。

その結果は概して良好であつて略其の目的を達し得たが猶羽根附根の小割及羽根の下端のアバタは充分防止し得なかつたので爾今は専らこの方面に主力を注ぐこととした。

(6) 第 5 次(現行)鑄造方法 鑄鋼製動輪の製作に着手以來相當の年月を経てその經驗も豊富となり缺陷も遂次改善防止せられて來たが羽根附根の割疵及羽根下端のアバタのみは未だ依然として其の跡を絶たず之れが改善方法を研究の結果第 15 圖の如き方案を立てた。

(i) 鑄込方法 水平鑄造

(ii) 伸尺 12/1,000

(iii) 掛増及仕上代 前回同様

(iv) 押湯 ポス部は開きズンベ全周押湯, リング部はポケット全周押湯

(v) 湯口 湯口は周圍より 4 個所等配廻し堰とし特に羽根下端のアバタ防止の目的を以てリング部の底にも堰を設け 3 段堰に改めた。

(vi) リブ及補肉 前回同様

(vii) 鑄物砂配合 中具砂は通氣率を良好ならしめ且つ收縮を容易とする爲め能ふ限り粘土量を減じ7~8%とし、鋸屑は前回同様3%添加した。

(viii) 中具製作方法 鑄造の收縮を容易ならしめガス抜を良好となす爲め中具製作方法を研究したが結局肌砂は出来る丈薄くし中具内部には乾燥せる心砂を入れる等の方法を講じた。

### 鑄造成績

(i) 寸法の誤差 引續き 12/1,000 の伸尺を使用したは何れも寸法の誤差殆どなく結果良好なることを確認し現在に至る。

(ii) リング部に於る鑄引け 全周押湯の採用後は未だ曾てリング部に鑄引の現出を見ず且つ押湯の分立の場合に比すれば鑄込後の收縮を容易ならしめたるを以て従來防止し得なかつた割疵は皆無となった。

(iii) 羽根鑄肌 リング部の下端にも湯口を設け注湯が平靜に行はるゝ様になったので羽根下端に生じたアバタもなく羽根の鑄肌面も極めて平滑になった。

以上5回に亙る方案の改正によつて逐次缺陷を改め従來防止困難であつた種々の故障は全く改善され鑄鋼製動輪としては先づ申分なきものを製作し得るに至り、而も實際に使用したる結果は何れも設計上の要求を充足し豫期以上の成績を擧げて居る。

(7) 超大型鑄鋼製動輪鑄造法 鑄鋼製動輪の鑄造方法の變遷並製品改善の経過は既に述べたる如くであるが最後に本邦に於て現在までに製作せられた動輪の内最大のものと思はるゝ最近製作の大型動輪の鑄造法を説明し併せて其の成績を述べて見よう。

此の動輪の形狀及寸法は大略下の如く

水出入口直徑	約 3,700 mm
高さ	" 1,600 mm
鑄込重量	" 50 t

であつて水車用動輪としては曾て見ざる大型のものであるから之れが鑄造は特に慎重入念を期し既往に於る研究結果を基礎として第 16 圖に示す如き鑄造方案を立案し鑄造作業を実施した。

(i) 鑄造方法 大體前回通り

(ii) 湯口 従來のものは周圍より4本3段堰を採用し好結果を擧げて居たが本品は特に大型なるため湯廻を良好ならしめ湯口先は過熱による熱分布の不同を防止する

目的を以て6本3段堰となし下部2段は堰數を2倍とし各12個所に増加した。

(iii) 肌砂 大型なるを以て通氣率良好なると共に耐火度高く熔湯の差込みを防止し得ることが必要であり之等を考慮し下の如く配合を改めた。

肌砂種類	配合 古中粒 銀砂%	新中粒 銀砂%	微粉銀 砂%	鋸屑%	木節粘 土%
中具砂	100	—	—	3	8
外型砂	100	—	—	—	9
水抜中具砂	—	70	30	—	10

(iv) 中具製作方法 大型なるを以て鑄込時の中具の浮力に抗する如く充分丈夫なる鑄鐵製眞金を用ひ、然も收縮を容易ならしめ且ガス抜を良好となすため眞金の周圍に藁繩を巻き肌砂は40 mmの厚さに平均に込め付け内部には乾燥せる心砂を込め收縮容易、通氣良好なる中具を製作した。

(v) 鑄型乾燥 組立を終へたる中具は定盤に据付けたる儘コークスガスを燃料とする乾燥爐に入れ徐々に乾燥し最高温度 300°C 乾燥時間 50 時間とし急激なる加熱による膨脹變形なく然も充分なる乾燥を行た。外型は同じくコークスガスにて約5晝夜乾燥した。

鑄造成績 大略以上述べた様な鑄造法により出来上りたる動輪の鑄造成績は下の如くである。

(i) 寸法誤差 特に大型なる故従來把握して居た伸尺を其儘使用することは幾分疑問であつたが鑄込結果は頗る良好で圖面通りの製品を得られた。

(ii) 鑄引及ブローホール 大型にして羽根は特に肉厚なる故鑄引け殊に羽根の鑄引による引け切れを絶無ならしむる爲め押湯は充分に附したるを以て此部分に於る鑄引はなかつた。ブローホールはデスク部外周に微少なるもの多少現出したが使用上何等危険なるものでなく別に仕上代、押湯等を増す必要を認めない程度のものである。

(iii) 割疵 最も割疵を生じ易き羽根の附根にも全然割疵なく其他の個所には勿論割疵なく殆ど無疵の品物が出来た。

(iv) 鑄肌 大型なる故湯廻不良を考慮し湯口及堰を増加し猶注湯を迅速に行ひたるを以て鑄肌は平滑で湯境ひアバタ等を防止し得た。

之れを要するに本品の如く超大型の動輪も従來數次に亙つて逐次改正したる鑄造法により鑄引、割疵等の有害なる缺陷なく然も羽根のピッチ曲線も概ね設計上の要求を充足す

るに足るべき製品を鑄造し得たのであつて今後一層大型のものが續々設計せらるゝ現状に對しても充分自信を以て之れが要望に應じ得ることを確信して居る次第である。

### III 鑄鋼製大型渦卷胴殻鑄造法

水車用渦卷胴殻は以前は多くは鑄鐵製又は鐵板製（水質によりては合金製）であつたが最近水力發電の發達に伴ひ1臺當りの出力が増大され高水壓大型のものが設計されるので従來の如きものでは之に耐へることが困難となりたる事と鐵板製にては工作上困難なること等より漸次鑄鋼製に置換せらるゝに至た。而して渦卷胴殻の水車効率に及ぶ影響は動輪に次いで重大なるものがあり渦卷及流水曲線が可及的設計に一致することが必要であり且つ一旦据付後は其の取換等は殆ど不可能で永年の使用に耐へることを要する爲め鑄造上の缺陷なき優良品を製作せねばならない。

當工場に於ては大正 14 年鑄鋼製胴殻の製作に着手して以來製作總數 163 個、鑄込重量約 1,300 t 餘に達し其間種々の困難なる問題も起たが逐次解決して現在に於ては着々成果を擧げて居る。

以下其の鑄造法の變遷及利害得失に就て述べる。

#### (1) 渦卷胴殻鑄型製作の要領

渦卷胴殻は小型のものは圓吹き 或は 二つ割り となすものもあるも大型のものはかゝる方法にて鑄造することは困難なるのみならず發電所（交通不便なる土地に在るを普通とする）への運搬も至難であり勢ひ4個或はそれ以上に分割して鑄造し後之れを組立て1個の渦卷を形成する如き方法が行はれて居る。

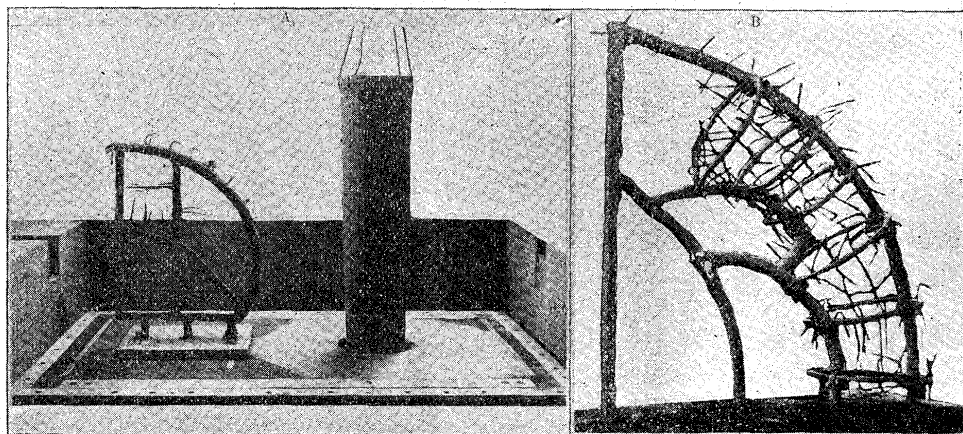
(i) 鑄込方法 渦卷胴殻の鑄込方法としては水平並傾斜鑄造と豎入鑄造の二つに大別することが出来る。豎入鑄造は大なる起重機 ピット 鑄梓等を要し設備費は高價となるが鑄造せられた製品は鑄引 ブローホール少く肉厚平均にして高水壓に耐ゆる優

良なる製品を得られ使用上不安なく確實なるに反し水平鑄造はピット 鑄梓等の大なるもの不用にして比較的小なる設備費にて鑄造し得るも肉厚不同となる恐れあるのみならず例へ外觀及水壓試験共に合格はしてもガス、熔滓等の包藏なきを保し難く亦之れを検知すべき適法がないため従て耐久上不安なしとせないのである。故に當所に於ては不確實なる水平鑄造を行はず全部之を豎入として缺陷なき品物を鑄造することに努力を拂て居るが以下述べる所は専ら豎入鑄造の場合に於る鑄型製作の要領である。

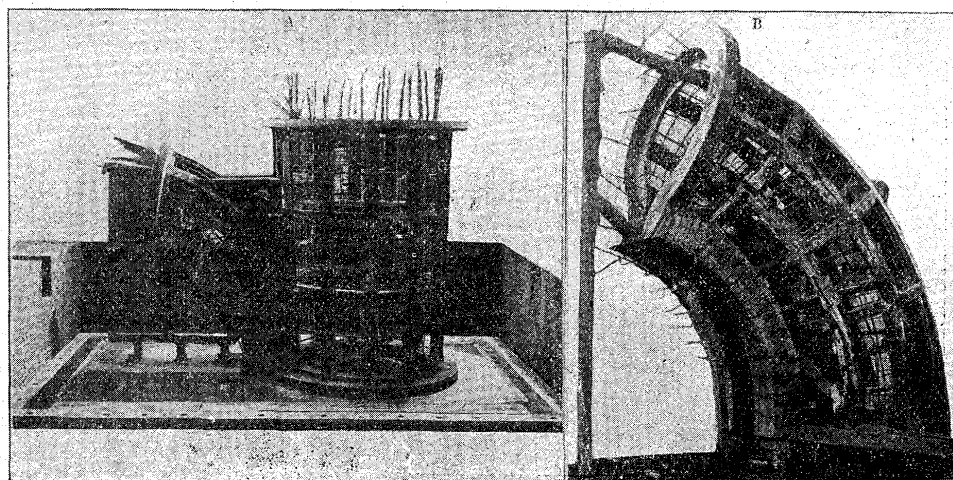
(ii) 木型 胴殻は渦卷の如く複雑な曲線より構成せられて居るから木型は勿論現型であつて一般に作業容易なること及材料の節約の點より格子型が採用される、猶之れに使用する材料は充分乾燥せられたる良質の檜或は杉であつて木型には鑄型に附與せらるべき所要の伸尺、仕上代掛増を有せしめる。

(iii) 中型の型込め 中型の製作には先づ第 17 圖に示す如き鑄鐵製眞金を臺板に固定し之が外部に所要の格子型の木型を組立て、次に木型の内部に肌砂持たせの金網を

第 17 圖 A—B



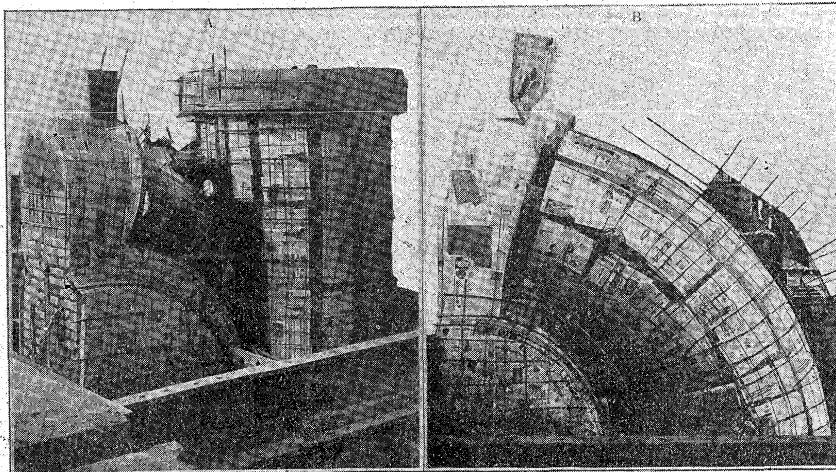
第 18 圖 A—B



軟鋼線で組み之を前記鑄鐵製親眞金に取り付ける（第 18 圖参照）この親眞金は注湯の際に湯の動搖に耐へると共に中型の浮力を支ふる充分なる強さを有することが必要である。

斯くして眞金及木型の組立を終へると木型の内側に肌砂を搗固め更にその内部の親眞金との中間には通氣良好なる芯砂を充填する次に木型の外部にはみ出した不要の肌砂は格子型の内面と同一の面に搔き板を以て搔き去りその跡へ格子型の厚み即ち品物と同様の厚みの肉張りをなしその上に紙を貼り

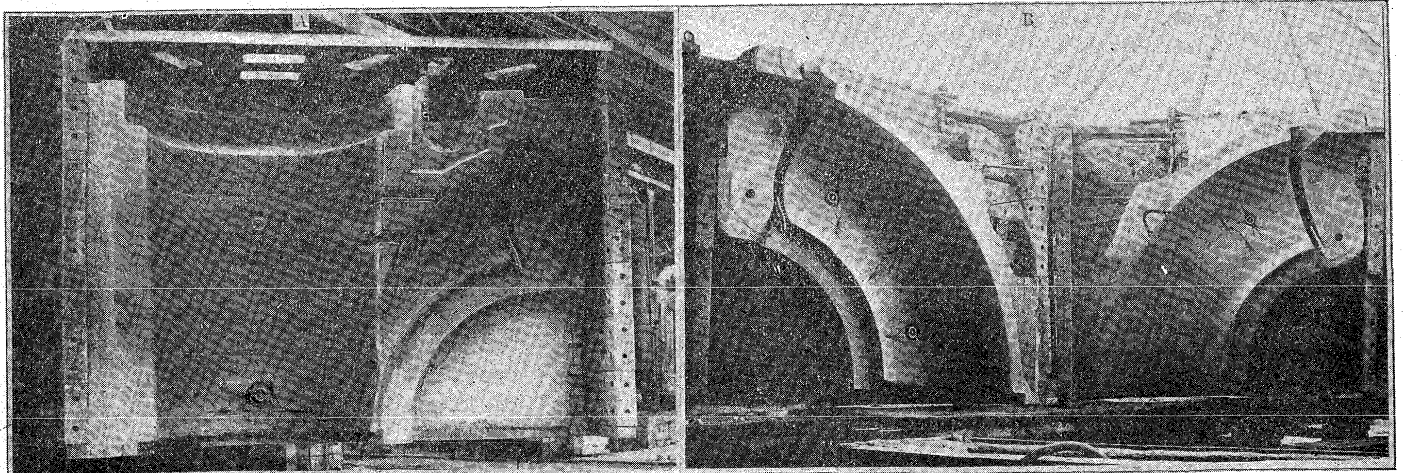
第 19 圖 A—B



付け外型を削ぐ際に容易に削ぎ得る様に準備する（第 19 圖参照）。

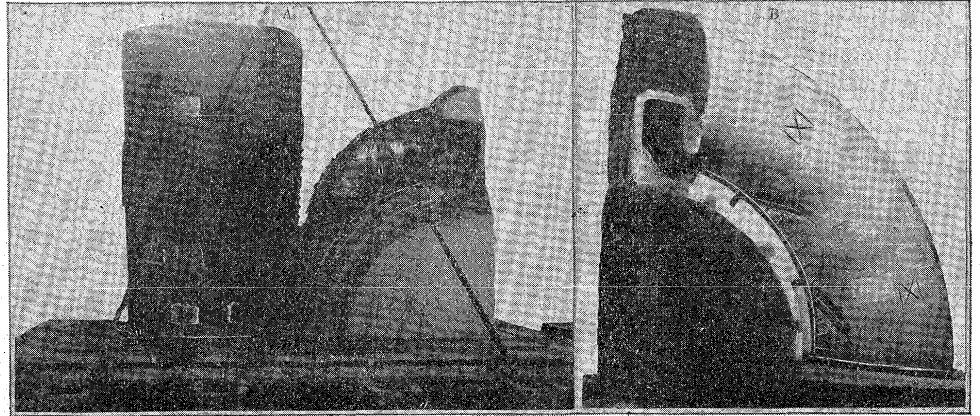
(iv) 外型の型込め 前述の如くにして出来上た中型を現型に應用して外型を造るのであるが先づ第 19 圖に示

第 20 圖 A—B



す如く肌砂持たせの網金を組み之に肌砂を搗固め所要の湯口を取付けつゝ外部を床砂にて込め上げる。

第 21 圖 A—B



(v) 型削ぎ及塗型 型込を終りたる鑄型は垂直中心面を境として型削ぎを行ひ外型 2 個と中型 1 個を分離し、外型は其儘破損部分を補修手入をなし且つ所要のリップを切り内冷金を取付け乾燥爐に積載乾燥を行ふのであるが第 20 圖は外型の仕上りたるものを示す。中型は木型を抜き去りたる後破損部分の補修手入をなしリップを切り内冷金を取付け乾燥を行ふ（第 21 圖参照）

(vi) 型被及鑄込 鑄型乾燥終れば先づ中型をピット内に据付け之に外型を型削ぎ前と同様の位置に組立て鑄込を行ふのである。鑄込後は押湯の凝固するを待ち締付たる個所を緩め其の儘放置し冷却を待ち鑄型より取出し砂落場に送ることとなる。

次に當所に於る鑄造方法を述べる。



(2) 第1次の鑄造法 大正14年最初の鑄鋼製胴殻を製作した際の鑄造法は第22圖に示す如く其の要點を擧ぐれば次の如くである。

- (i) 鑄込方法 堅入鑄造
- (ii) 伸尺 16/1,000
- (iii) 掛増 各フランジの裏及周圍其他必要な個所には適當の掛増を附した。
- (iv) 押湯 上向き水平フランジに全周押湯。下部の垂直フランジに片押湯を附した。
- (v) 湯口 湯口は4本とし各湯口に梯子堰3~4個を附し、堰は何れも中具に向けて切り下部より順次に注型せらるゝ様にした。

鑄造成績

一般に渦卷胴殻に生ずる鑄造上の缺陷は 割疵 鑄引け 掬はれ 砂喰ひ 偏肉 等が主なるものであって其の中 掬はれ 砂喰ひ 偏肉 は鑄物師の不注意による原因が大部分を占めて居り比較的容易に除き得るが割疵及鑄引けは鑄造方案の不適當に起因することが多く然も使用上の危険も最も大である。渦卷胴殻に於て割疵及鑄引の發生し易き個所を圖示したるものが第23圖である、即ち本圖により明なる如く割疵は湯口先及肉厚部と肉薄部の境等の熱の高き個所或は熱の不平均の個所に發生し鑄引は各フランジに顯著に現出する、然も本品は形状よりして押湯が利かせにくいものであるから鑄引は特に注意を要する。

(i) 割疵 湯口先並肉厚不同部の境に多數の割疵を生じ甚しきは内部に貫通し居るものもあつた。

(ii) 鑄引け 下部フランジ及主カバー取付座に鑄引けを生じボルト孔を穿孔したるに多數現出し水壓試験の際ボルト孔より漏水せるものもあつた。

(iii) 掬はれ及砂喰 湯口堰の數少なき爲め注湯の際上部よりも一齊に飛込み湯口先各部に掬はれを生じその砂が各所に引かかり砂喰も多い。

(iv) 鑄放寸法 鑄放寸法は大體に於て良好であつたが組合せの際繼目に多少の喰ひ違を生じ鑄造成績は思はしくなかつた。

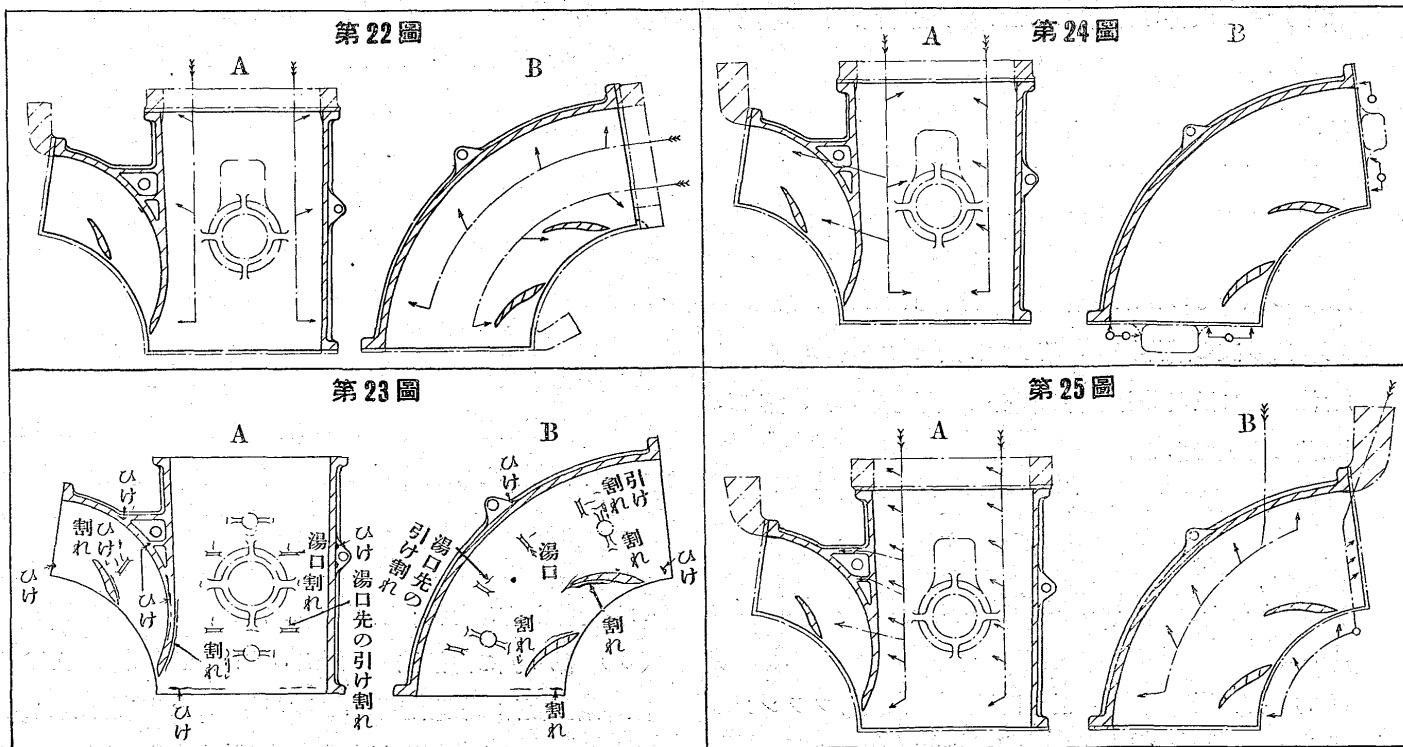
(3) 第2次の鑄造法 前回の方案に改善を施したものが第24圖であるがB圖に示すものは從來の堅入鑄造を廢して水平鑄造となすが如き今日より考ふれば寧ろ進歩でなしに逆行したことになる。

(i) 鑄込方法 A圖のものは前同様堅入鑄造。B圖に示すものは水平鑄造となす、之れは第1次のものに比し大型なる爲め堅入鑄造が困難となり鑄造製作を容易ならしむる爲め此の方法を採用したものである。

(ii) 伸尺 16/1,000

(iii) 掛増 大型なる爲めフランジの厚みが負となるを防ぐ爲裏肉には適當の掛増を附した。

(iv) 押湯 A圖のものは第1次と同様の押湯を附し、B圖のものは兩フランジの上部に押湯を立てたのみで



當然必要と思はるゝ主カバー取付座には押湯を立てゝ居ない。

(v) 冷金 鑄引を防止する爲内冷し金を用ひた。主なる個所ガイドベーンには鋼線を網に組んだものを、下部フランジには細かい釘を多數用ひた。

(vi) 湯口 湯口は前回同様4本とし A の方は堰の數を増加し4符號と接續する胴部からも注湯する様にした。B の方は兩側フランジより肉に向けて梯子堰とした。湯口先の中具面には肌砂に掬はれ防止の小釘を打た。

### 鑄造成績

(i) 鑄放寸法 A の鑄放寸法は概ね良好で圖面寸法と大差なきものを得た、又 B の方は外部寸法には同様大なる缺陷は無かつたが水平鑄造のため中具が幾分持上げられ氣味となり何れも上型の肉が薄くなり甚敷ものは殆んど孔の明きかけたものもあつた、之は水平鑄造の最大の缺點である。

(ii) 割疵 湯口先及肉の交叉點には多數の割疵を生じたことは前と變りない。

(iii) 鑄引及ブローホール 内冷しの使用により幾分良好となつたがフランジと主カバー取付座との交點には大なる鑄引があり又釘にて冷した個所は機削後多數のブローホールを生じ或は湯に熔融されて依然鑄引を存する等効果は少なかつた。

(iv) 掬はれ及砂喰 湯口の増加と湯口先中型の防禦により殆んど改善され掬はれはあまり無く同時に砂喰も著しく減少した。

第2次に於ては湯口の増加、冷金の利用等により掬はれ砂喰及鑄引を少なくしたがB型のものに水平鑄造を採用した故その結果は前に述べた如く偏肉を生じガス抜不良によるブローホール、アバタ現出等故障多く失敗に期した爲め爾後この種ものは水平鑄造は一切やらぬこととした。

(4) 第3次の鑄造法 第3次に於ては割疵の防止に主力を注ぎ湯口及肌砂を改善し幾分の効果を擧げた、第25圖は其の方案である。

(i) 鑄造方法 堅入鑄造

(ii) 伸尺 16/1,000

(iii) 掛増 前同様なるも接合部に補肉し喰違を防止した。

(iv) 押湯 A は前と同様、B は上部フランジの頂部に大なる押湯1個を附し他には押湯を附せず。

(v) 冷金 内冷し以外に肉厚個所には外、冷肉の交叉點に面冷しを用ふることにした。

(vi) 湯口 前回に比すれば堰數を約2倍に増加した、Bに於て主カバー取付座の肉厚部に堰を切たことは從來と變た所であるがこの結果は後で述べるが良好でなかつた。

(vii) 肌砂配合 別表肌砂配合に示す如く第1次及第2次に於ては新又は古の中粒銀砂に木節粘土10%を添加しサンドミルにて混練したものを用ひて居るが第3次に於ては鑄型の通氣及鑄込後の收縮を容易ならしむる爲め外型及中具共3%の鋸屑を添加した。

大型渦巻胴殻肌砂配合の變遷 (容積比%)

鑄造法	配合種類	外型用肌砂				中具用肌砂			
		新中粒銀砂	古中粒銀砂	鋸屑	木節粘土	新中粒銀砂	古中粒銀砂	鋸屑	木節粘土
第1次	I	100	—	—	10	100	—	—	10
第2次	II	—	100	—	10	—	100	—	10
第3次	III	70	30	3	10	100	—	3	10
	IV	50	50	3	10	100	—	3	10
第4次	V	100	—	3	10	100	—	3	10
	VI	100	—	3	10	—	100	3	10
第5次	VII	30	70	—	10	50	50	3	9
	VIII	70	30	—	9	70	30	3	9

### 鑄造成績

(i) 鑄放寸法 鑄放寸法は兩者共良好で圖面寸法との差少なく先づ申分なき出來となつた、又接合部に於ける喰違も防止することが出來た。

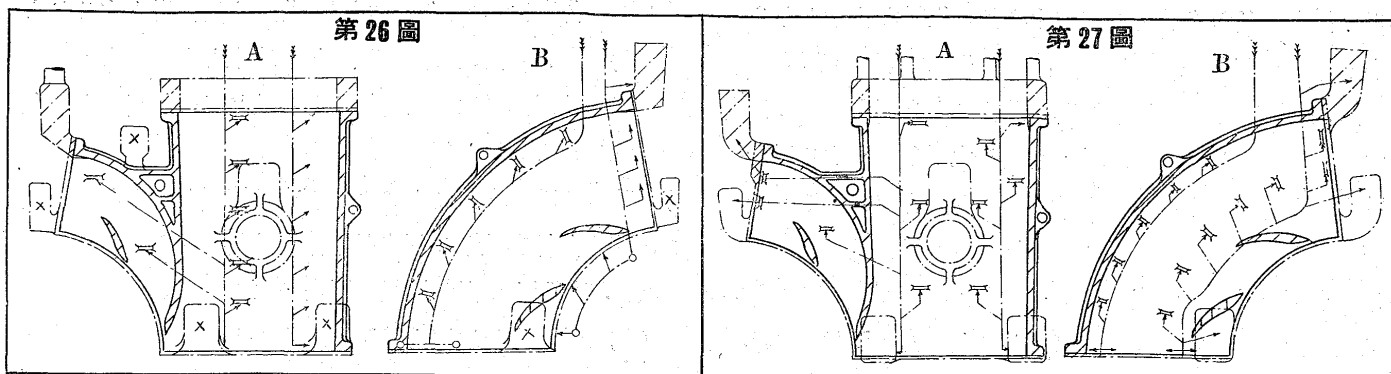
(ii) 割疵 肌砂配合の改善と外冷金の使用により割疵は著しく減少し殊に肉の交叉點に生ずるものは無くなつたが湯口先の割疵のみは依然として其の跡を絶たない。

(iii) 鑄引及ブローホール 前回に比し殆んど進歩せず特に B の主カバー取付座に湯口を切たことは該部に於ける鑄引を増大した、猶Bの押湯が僅かにフランジの頂部の1個所にあるのみで押湯不足も原因した様に考へられた。

(iv) 掬はれ及砂喰 肌砂に鋸屑を添加したことにより處々に小なる掬はれ及砂喰を生じたが之は主として鑄型師が型込めを丁寧にするれば除去し得る程度のものであつて數回製作して居る間に殆んど無くなつた。

上述の如く第3次に於ては鑄放寸法及割疵に相當進歩の跡を示して居るが未だ湯口先の割疵並に鑄引多く前途遼遠の感を抱かざるを得ぬ狀況であつた。

(5) 第4次の鑄造法 過去3次に涉る方案の改正と多數の鑄型製作の經驗を基準として殘されたる缺陷即ち湯口先に起ることあるべき割疵及鑄引を防止する爲め種々研究



の結果第 26 圖に示す鑄造方案を立案した。

(i) 鑄込方法 (ii) 伸 尺 (iii) 掛増は従來の方法にて支障なきを以てその儘踏襲し下記の諸點を改めた。

(iv) 押 湯 内冷のみにては鑄引の完全なる根絶を期し難き場合あるを認めたるを以て下部フランジ其他に新たに押湯を附した(圖に於て×印に示す)

(v) 冷 金 釘冷しは確實性少なく往々ブローホールの原因となるを以て押湯の増加を機とし之を廢し必要の個所に適當なる大きさの軟鋼線を使用することに改めた。

(vi) 湯 口 堰數は前と稍同様であるが湯口先の割疵を防止する爲め堰の形狀を薄く幅廣き板堰に改め且つ湯口先の高熱を防ぐ爲め口元に丸冷しを使用した。

(vii) 肌砂配合 肌砂の配合を種々研究の結果前掲の表に示したる如く外型用のものは新中粒 30%, 古中粒 70% 粘土 10% とし鋸屑は外型砂には大した効果を認めざるを以て之を添加せぬこととし中具砂には新中粒 50%, 古中粒 50%, 鋸屑 3% とし粘土は 9% に減少した。

(viii) 突切作業 割疵防止の一策として鑄込後突切りを従來に比し特に迅速に行ふこととした。

(ix) 注湯前鑄型の保温 注湯の際冷金の「キラヒ」を防止する爲め 40°C 位に鑄型を保温することとした。

#### 鑄 造 成 績

(i) 鑄放寸法と掬はれ及砂喰 は引續き結果良好である。

(ii) 鑄引及ブローホール 押湯を増加したるを以て鑄引は當然減少し B の主カバー取付座の湯口先の部分を除き殆んど無くなった。ブローホールも釘冷しの廢止と温き鑄型に注湯することとなせる爲め著しく減少せしめ得た。

(iii) 湯口先の割疵 板堰及湯口先の冷金の使用により湯口先の小割防止は改善されたが未だ完全なる方法とは言ひ難かつた。突切を迅速に行ふことは小割疵に對しては

寧ろ有害なることも分た。

以上の如く此の時代に於ては故障の解決は相當の進歩を遂げ時に鑄引及小割はあるが其他は缺陷のないものが出来る様になった。

(6) 第 5 次 (現行) 鑄造法 上述の如き變遷を経て第 5 次に於ては第 27 圖に示す如き方案を採用し、以來湯口先の小割及鑄引を根絶し現在に及んでゐる、其の大要を説明すれば

(i) 鑄込方法 (ii) 伸 尺 (iii) 掛 増 (iv) 押 湯 (v) 冷 金 之等は既往に於ける研究の成果を其儘應用した。

(vi) 湯 口 堰の數を更に増加し 1 個の堰を通る湯の量を約 150~200kg に限定し湯口先の過熱を緩和し同時に湯口先にて湯の當面に冷しと掬はれ防止を兼ね 1~2mm 厚さの鐵板を張ることとした。猶 B の主カバー取付座より入る湯口は該部の鑄引を増大するを以て胴部より注入する様に改めた。

(vii) 肌砂の配合 中具砂の粘土を従來の 10% を 9% に減じた。

(viii) 突切作業 前回突切が迅速に過ぎる爲め反て悪影響を及した點もあるので中具砂の粘土量を減少し中具製作方法を收縮の抵抗の小なる様に改めて突切作業は鑄込後枠を締付けるボルトを緩める程度とし眞金に振動を與ふる如き従來の突切方法を廢した。

#### 鑄 造 成 績

(i) 鑄放寸法 (ii) 掬はれ及砂喰 兩者共引續き結果良好である。

(iii) 鑄 引 押湯が充分に利かせてあり且つ肉厚部には湯口を切らず全部胴部より注湯することにしたるを以て鑄引は殆んど防止された。

(iv) 湯口先の小割疵 湯口先の小割の原因は 1 本の堰を通過する湯量が多きに過ぎ他の部分に比して凝固が遲

れ従て押湯も効かず該部の肉の中心部の組織が粗鬆となる爲小なる引け割を生ずるに至り、加ふるに突切が早過ぎ凝固の過程にあるものは衝撃を與へたることも悪影響を及ぼして居たのであるから堰の數を増加し之れを通過する湯量を減ずると同時に中具砂配合及中具造を研究して鑄込後の突切を行はなくても收縮が容易に行はるゝ様に改めた所湯口先の小割も殆んど現出せざるに至た。

以上5回に渉る方案の改正により(勿論此の間幾多の小なる點の改變はあつたが特に顯著なるものを舉れば以上5回となる)逐次缺陷を改善し現在にては其の鑄造法にも慣熟し設計者の要望する所に近い製品を産出し得る様になつた。猶此處に附言したいことは此の方法により多數の大型渦卷胴殻を製作し當製作所に於ては水壓試験を施行せず需要者が入手後最終工程に於て水壓試験を施行し居るも未だ曾て漏水等の事故を惹起したことがないことは事實であつて此點確信を有すると共に既往の經驗を基礎として尙一層の研究を續けんとして居る。

#### IV 結 言

以上は近時益々需要旺盛となりたる大型鑄鋼品の鑄造法研究の一例として水力發電用動輪及渦卷胴殻の實例を舉げて之が鑄造法の研究改善の變遷を述べたものであつて之を要するに

鑄鋼製大型動輪に對しては

- (i) 鑄込方法は水平鑄造とすること
- (ii) 伸尺は 12/1,000 とし所要部分に適當の掛増を附すること

- (iii) 押湯はボス部、リング部共に全周押湯とすること
- (iv) 湯口は周圍より三段廻し堰等配とすること
- (v) 使用肌砂は可及的粘土分を減じ且つ鋸屑等を添加すること

等の諸點を改善することにより割疵、鑄引なく羽根のピッチ及流水曲線正確なる優良品製作の確信を得た。

次に鑄鋼製大型渦卷胴殻に對しては

- (i) 鑄込方法は豎入鑄造となすこと
- (ii) 伸尺は 16/1,000 とし所要部分に適當の掛増を附すること
- (iii) 押湯は上下フランジ其他重要部分に對し充分利かす様に配置すること
- (iv) 使用肌砂は可及的粘土分を減じ中具砂には鋸屑を添加すること
- (v) 湯口は梯子堰となし胴肉に直角に切り且つ薄き板堰とし1個所を通過する熔湯を 150~200 kg 程度となすこと

等により割疵、鑄引なく水壓に強き耐久力ある優良品を産出するに至た。猶上述の鑄造法と同時に之に注湯する熔鋼が深甚なる注意のもとに完全に精鍊せられたものなることも優良品産出の重要な因子をなすことは忘るべからざる事實である。

以上 10 有餘年間に渉り鑄造法の變遷を述べたが若し何等かの御參考ともならば著者の幸甚とする處である。

尙本研究を發表するに當り種々御指導を賜はりし打越所長並に貴重なる資料の提供に預りし鴨下克己、井上銑之助兩氏に對して深甚の謝意を表する次第である。(完)