

## インゴット・ケースの研究

(昭和4年10月、萬國工業會議提出)

西 津 靄 吉

## SYNOPSIS.

## A STUDY ON THE CAST IRON INGOT MOLD.

by T. NISHITSU.

The author believes that the usual method to determine the quality of the cast iron ingot mold is concentrated only for its chemical composition. Therefore many papers already published upon the similar subject are nearly all concerned to the latter. But practical men very often experience that the molds with equal analysis do not always show the above mentioned result. consequently, it is quite important to do further investigations beyond this extent.

The author comes to the conclusion by research that the mold life chiefly depends on the following six items.

1. The design of the mold.
2. The chemical composition of the mold.
3. The grade of pig irons for the mold.
4. The casting method of the mold.
5. The annealing of the mold.
6. The using conditions of the mold.

## 第1 目 的

製造及び使用の兩面的研究により優良 インゴット・ケース の製造法と共に理想的使用法を發見し 経費の節約を圖らんとするにある。

## 第2 成 果

(1) 化學成分としては低炭素高滿俺鑄鐵を採用して グロース を防止し、突發的破壊に對しては成分と共に次記諸項目を研究實施して確實性を増大することを得た。而して鑄鐵が滿俺によりて高温度脆性を示現する如く見ゆるは主として硫化滿俺の析出によることを實證した。

(2) 化學成分と共に設計、使用銑鐵品種、鑄造方法及び燒鈍方法等の各個的乃至は相關聯的研究が優良インゴット・ケース を製造する根本義なることを實證した。

(3) 最善なる使用法は突發的破壊及び グロース に基因する結果的破壊を極力防止緩和するにあることを指摘し、2,3 の具體案を示した。

(4) 本研究は實地的産物であるが爲に、之を理論的に深く検討するとせば、尙幾多の費用、機會及び年數を要する。而かも、本改良法によりて 1,2 割の平均命數を延長して、相當額の経費の節約を圖ることは左程困難ではない。況んや大型 インゴット・ケースの 初期破壊を根絶し得とせば、其利益の鮮少なからざることを信ずるものである。

## 緒 言

インゴット・ケースの研究と言へば、之によりて鑄造されるインゴットとの關係の研究をも包含すべきであるが、今の場合は便宜上ケース本位の立場からのみ觀察する。又ケース材としては目的に應じて各種の材質が推奨されて居るが、之も最も普偏的に使用されて居る鑄鐵製のみに限定する。偕て本研

究の理想は畢竟技術者の見地に立脚して、初めての使用の際大破壊を起すことなきは勿論、之を反覆實用に供しても容易に命數の短縮を起さざる如き優良なるインゴット・ケースを得んとするにある。従つて實驗的に見て如何なるものが優良であるかにつきては述ぶるが、主題と甚だ密接なる關係を有する鑄鐵の永久的熱膨脹グロースの本質的研究に迄立入らんとするのではない。唯併し著者として此の重要原理に對する從來試みられて居る如何なる解釋を是認しての研究であるかに就ては、豫め其の態度を鮮明して置く必要があると考へる。惟ふに現在鑄鐵が反覆加熱冷却されてグロースを起すことに對し、2個の有力なる説明がある如く信ぜられる。即ち其の1説は鑄鐵が加熱冷却を反覆される時に其の組織中に内在する各種成分は熱膨脹に差違ある爲に、其の境界部例へば板狀黒鉛とパーライトの中間に小龜裂を生じ、此の附近に充満せる酸化性瓦斯が龜裂の空隙を利用して浸透し、酸化物を作りグロースの第一歩を進むと云ふのである。之が對策として單相組織が推奨されたり。黒鉛微細化が叫ばれて居る様である。第2説としては恐らくハースト氏を有力なる提唱者とも考へられる、熱勾配 (Temperature Gradient) によるグロースである。即ち苟も鑄鐵が一定の厚さを有する以上、大小の差こよあるが。或る一方面から加熱か或は冷却かの作用を受くれば、必ずや内部に各種の異なる温度層を生ずる筈である。而して此の兩作用の反覆される時は局部的に特有の温度に對する熱膨脹量を異にするが爲に、恰も各層が各個の異なる成分であるかの如き結果となり。一種の屈曲試験を受けて龜裂は其の境界面に起り前説同様此の空隙を通して酸化性瓦斯が浸入し、グロースを誘導すると云ふのである。前述2説共に原因は幾分の相違點を認むるが要するにグロースの成因は微細ではあらうが龜裂が先づ起り、化學的作用たる炭化物の分解或は酸化作用の如きは之に引續いて誘發されると云ふ結論は合致して居るのである。

著者は此の兩説の何れをも肯定すると共に聊か本論に於て裏書せんことに勉めたものである。但しケースの故障は單にグロースのみによるものでない、即ち前述の如く唯一回の熔鋼鑄入によりても大破壊を來すこと必ずしも稀なりとは言へないのである。何となれば此の種大龜裂はインゴット・ケースが高温度の熔鋼を短時間に注入される爲に主として内部残留歪み及び設計の不備等によりて發生するものと思惟せらる。従て前に云ふ如き優良インゴット・ケース用として適材を求めんとすれば、實驗室内の加熱爐に於て小試験片を用ゐる緩慢なる温度の上昇下降乃至は全片が熱勾配少く均等に加熱冷却される如き状態に於ける、寧ろ化學作用先づ起り、續て龜裂に進むと云ふに近き靜的に基因するグロース試験の成績を以て直に實用化せんとするは、現實と甚だ迂遠にして時に大なる過誤を來す虞があるものである。故に本研究に於ては極力現場實際の成績に重點を傾けた。而して理論上の問題としては從來インゴット・ケースの良否を決定せんとするには直に化學成分のみに依らんとせしが如き錯誤を打破せんが爲に、設計、鉄鐵品種、鑄造方法、焼鈍及び使用状態等の各章を設けて比較的詳述し、此の何れもが殆んど化學成分と對立し得るに近き權威ある問題なることを強調した。

唯本研究は著者本務の餘暇の産物なるは勿論、短時日に結論を求むることに急ぎたる結果、重要な

る文献に觸るる機會に乏しかりしを以て、述ぶる處動もすれば獨斷に流れ杜撰、體を成し居らざる虞がある。幸に識者の御批判と著者將來の研究に依て修正期の速かならんことを祈るものである。終に臨み吳製鋼部關係各位の多大なる御援助を感謝する次第である。

## 第 1 章 設 計

インゴット・ケースの設計に際して最も肝要な條件は先づ如何なる材質を選定すべきかといふことである。而して此の目的の爲に從來最も一般的に鑄鐵が使用されて來たのであるが、其の理由として概ね次記する項目を列擧し得るものと考へらる。

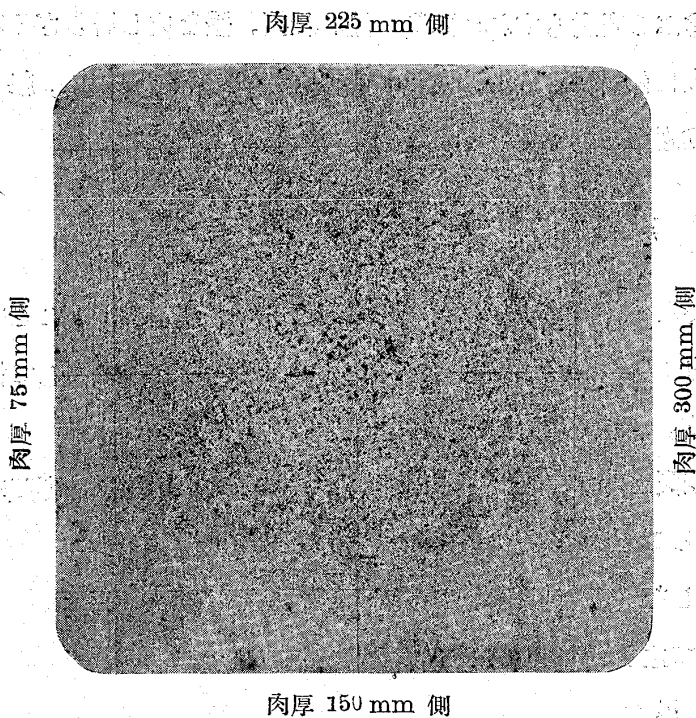
1. 鑄鐵は高溫度熔鋼を注入する時折々龜裂を起すことはあるが、大變形により又は熔鋼と膨脹率相違する爲にインゴットの拔出し困難に陥ることは稀である。(鋼製は龜裂前に歪むこと多し)
2. 鑄鐵はインゴット中に不純物を熔入せしむる惧なし。
3. 鑄鐵はインゴットを熔融中よく急冷して之を緻密ならしむる効果比較的大である。
4. 鑄鐵は鑄造容易で而かも安價に製造し得る。

概ね上述の如き理由で鑄鐵が採用されて居ると見べきである。併し之が缺點としては鑄鐵本來の有する脆性に基因する龜裂及び永久熱膨脹より出發する龜裂及び破壊である。次に設計であるが、それは目的物たる鋼塊の形狀に支配される點が多く、ケース本位に成形することは不可能事である。但し此の事は主として鋼塊の外形、換言すればケースの内形であつて、其の他の部分に關しては充分ケース独自の立場より最も好都合とされる方法を選定すべきである。即ちケースの總重量、側壁部の肉厚及び其の分布を初めとして、手持(腕)乃至鋼帶の如きは當然自由なる設計を許さるべきものである。今此の種問題に對して實例によつて研究を進めたいと考へる。

### (イ) ケース總重量、側壁部肉厚及び其の分布

インゴット・ケースの總重量は、大小兩極端を除外すれば、概ね之によりて製造される鋼塊の重量と同一重量とされて居る。併し重量の内容分析を行へば高さ、内部斷面形狀、直徑及び肉厚等になるので一定せざること勿論である。

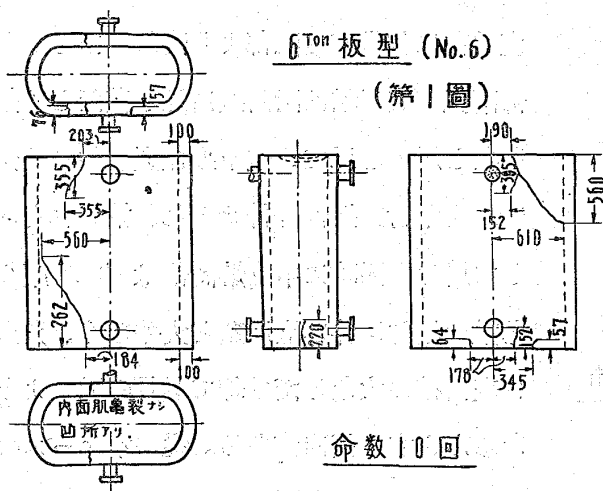
就中重量を支配する最重要因子は肉厚であるが、從來坩堝鋼が優良なりといふ一理由としては使用されるケースが最小型である爲に、造られる鋼塊に比し重量が比較的大であるからだと考へられて居るのでも明瞭である如く、成るべく鋼塊に急冷効果が大ならしめ、樹枝狀組織を厚くし、進んで緻密なるものを得る爲にケースの肉厚を大にした計畫は甚だ多いのである。本事實は或程度迄其の好果を認むるのであるが、從來察せられて居た程大なるものとは信じ得ないのである。即ち著者の小實驗によれば異形四角形 300kg ケース (ケース重量約 2 t 四邊の上部肉厚 75, 150, 225 及び 300mm) を用ゐて熔鋼を鑄込み、此の鋼塊の横斷面に對する硫黃印畫を採取し析出物の狀況を検査したのによると、次の寫眞の如く最小肉厚 75mm 側も最大肉厚 300mm 側の影響も殆ど大差なく、中心の收縮管



部も異動し居らざることを知る。之は單なる一例に過ぎないのであるが、文献によつても此の種の意見も決して少くない様である。畢竟ケース側壁部より鋼塊に及ぼす急冷効果は熔鋼表皮の發生迄と云ふ短時間に過ぎない爲に、肉厚が如何に大であつても、其の影響を及ぼす頃には鋼塊の表皮とケースとは絶縁状態にあると見べきである。尙此の外に計算に困難とされる比熱と云ふ問題も考へねばならぬので、徒らなる肉厚増加は熱傳導率が正比例的に隨伴せねば無効と云ふ結果を示すのである。

上述の如く肉厚が左程に鋼塊を優良ならしむるものでないとすれば、本問題は比較的自由なる立場からケース本位の設計が許さるべきものと考へる。ハースト氏の實驗によると1吋直徑の鑄鐵丸棒を2部に切斷し、一方は長さの方向に直徑 $\frac{3}{4}$ の穴を明けて中空とし、他方は無垢の儘として、之等を同一状態で電気マッフル爐に入れて加熱冷却を反覆したのである。此の結果によると中空棒は無垢棒に比し僅に1割の永久熱膨脹量より、示さなかつたと稱して居る。畢竟肉厚小にして熱勾配量減少すれば漸次比例的にグロースを起し難いとする一例である。此の實驗成績より判斷するとインゴット・ケースに起る故障の大原因たるグロースを除去する爲には成るべくは肉厚を低減して熔鋼注入後は迅速に其の溫度を吸収し、全體等溫度となり、熱勾配の最小なるを理想とする次第である。併し茲に問題とすべきはケースの破壊は決してグロースからのみ出發しないことである、即ち著者の經驗によると肉薄に過ぎたる爲却つて不良成績を示せる實例がある。それは6t容量板型ケースであるが、肉厚僅に100mm(4")で普通1t型ケース程度に使用されるものと殆ど近似して居る。何故にしかく肉薄に設計されたかは分明せぬが、過誤で無いとすれば成品が甲板であるが故にケースの肉厚を小とし鋼塊全體として樹枝状及び中央自由結晶部も成るべく急冷効果を緩慢にして一時に凝固せしめ、收縮管及び析出を絶無ならしめ、全部均等組織を得んとする計畫なりしとも考へらる。併しケース使用の實績は全數9個共に命數第1表の如く極めて不良である。而してケース内面が龜甲型龜裂を表現して居らないことより判斷しても、決してグロースの結果で無いことは明瞭なる事實である。惟ふに本ケース破壊の原因は熔鋼注入に際し、ケースが高溫度に於ける内應力に對抗すること能はずして反覆加熱冷却作用の最も初期に於て破壊を惹起せるものと察せらる。第1圖は本ケースの破壊一例を示せるものである。

全体トシテ肉薄ニ過アルタメ破壊セント証ナル實例

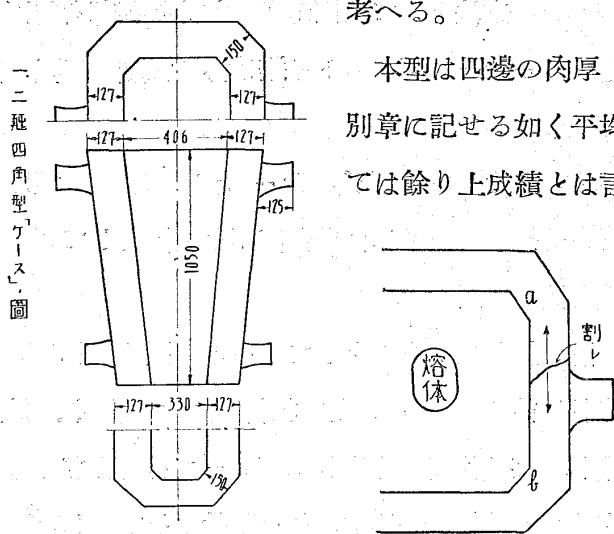


第1表

ケース番號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均命數	
命數(回数)	14	10	13	13	8	10	使用中	12	4	16	約11回

要するに肉厚の低減は熱勾配を小とし、所謂グロースの出現を緩漫ならしめ得るであらうが前例の如く肉厚過少なれば高温度熔鋼の爲に起る熱膨脹内力を充分克服し得ずして破壊すること、恰も 10 t の強度より無き材料に對して 15 t の荷物をかけたと同様である。設計者は最小限度の肉厚に關し充分の注意を必要とする。

次に同様熱勾配に關聯せる研究として下注ぎ式 1.2 t 四角型ケースの破壊状態を考察して見たいと考へる。

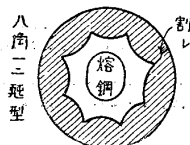


本型は四邊の肉厚 125mm 角隅は 150mm で稍肉厚である。而して別章に記せる如く平均命數約 50 回弱であるが、1 t 位のケースとしては餘り上成績とは言へない。且つ其の破壊の傾向は主として角隅部

には殆ど龜裂なく、手持(腕)を有する直線側壁部から故障を起して居る。今此の龜裂に對する所見を述べれば、

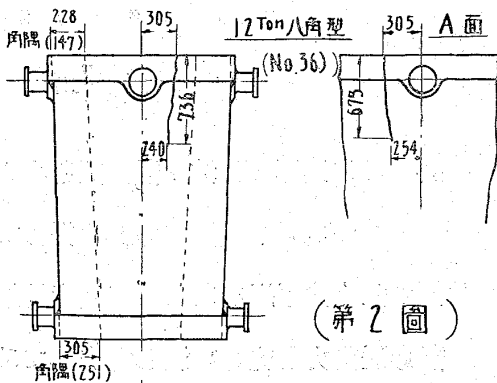
a, b の角隅部は直線部に比し稍肉厚である上に、熔鋼より吸収する熱量は質量が大である爲に餘り温度の上昇を見ない。併し直線部

は略圖に示す如く比較的凝結し難い中央熔體部に近接し、永く高温度に晒さるるは勿論、肉厚も稍薄く角隅部よりも熔鋼量に對する質量も小である故に、一層高温度に達するものと考へらる。従つて此の温度差即ち熱勾配の結果は矢の方向に收縮による内應力を惹起す。而して此の種冷熱反覆作用は局部的に其の境界面に一層グロース量の増進を促し、圖の如き位置に龜裂を起すものと察せらる。又手持との關係は局部的に隆起物の存在により他種熱勾配の原因を作る爲である。改良型は寧ろ手持は角隅部に附屬せしむるを以て合理的とす。



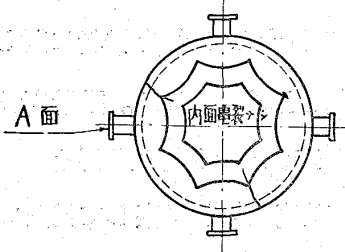
又實例として左圖は前者と全然反對の現象である處の角隅部より發達する龜裂である。此の種の例は其の數に於て乏しくないが第2圖に示す外周圓形八角 12 t 型に就て説明を加へる。此の型の 36 番型は他の原因もあると察せられるが、命數僅に 6 回で、角隅部より縦割れを生じて居る。偕て此の種の八角

角隅部肉薄、爲破壊セシト認ムル實例



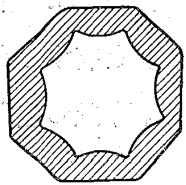
(第2圖)

命数6回使用中



型が四角型に比し何故角隅部に弱點を有するであらうか。惟ふに本型は角隅部が四角型の直線部に相當する弧部より肉薄である。角隅部兩弧の交叉點は四角型に比し甚だしく銳角をなし居るを以て、龜甲型龜裂の如きは角隅部溝と平行に全部合併せられ、縦割れを助長して居る。同時に中央熔體部よりの距離は角數の増加に伴ひ全周殆ど大差なく、角隅部は表面積の大なるだけ却て熱量の吸収より大ならんとする傾向がある。従て本ケースの最大弱點部は寧ろ角隅部にあるを以て、此の部より破壊するは當然の歸結である。之が救済方法としては圖示する如く外周部を内面八角部と大凡平行して八角形とし、角隅部は鋼塊に起るコーナー・ゴーストを避け得る程度に兩弧の交叉點に丸味を附し、龜裂を不容易ならしむるにある。

此の應用實例として圖示する如き 8.5t 八角型ケースがある。舊型は外周丸型であつたものを八角形に改造すると共に側壁部肉厚を全體として 25mm 増大し、甚だ良好なる成績を治めて居る。



8.5t改良型横断面

之を要するに鋼塊の外輪廓を絶對なるものとしてケースに強要される時、肉厚上最も考慮を要すべき條件は前述 3 例によりて相當明瞭なる如く、熔鋼注入直後の高温度の内應力に堪へ得べきは勿論、之れが反覆作用にも容易にグロースを起さざるものたるを要す。従つて肉厚と熱勾配とに對しては、充分平衡状態を保持する如き設計こそ望ましきものである。

此の目的を根本的に解決せんが爲には、是非共インゴット・ケースに熔鋼注入直後より之を引抜き去る迄に起る温度の上昇及下降状態を詳細研究の必要ありと信ぜらる。

今製鋼部に於ける八角型 16t インゴット・ケースに對しての熱勾配測定結果の大體を示せば、

(1) 高さ 2.6 m のケースを上下端部を除き大體等間隔に 5 個の小孔を設け、内面より 20mm 内外の深さとし、熱電對にて温度の測定を行つた。

此の結果によると最下部が 709°C を示す外は大體 808°C 内外の温度で熔鋼注入後 10 分から 20 分位の間に於て第 1 回の最高温度に達して居る。而して其の後 1 時間半乃至 2 時間を経て最下部は 640°C、其の他は 818°C 附近にて 2 回目の最高温度を示して居る。其の後鋼塊を引抜く時迄漸次温度下降し、8 時間 15 分後には 500 乃至 600°C を示して居る。

(2) 前記内部測定部の外側部の温度測定結果はケースの熱が肉厚約 200mm を通過する間に大體平均化されて、約 2.5 時間後に 560 乃至 540°C である。而して 8 時間 15 分後鋼塊引抜き直後は 450°C 内外である。

要するにケース本體内部に於ける温度勾配は各部時間を異にして相當大なることは本實驗によりても明瞭であつて、如何にすれば部分的温度差を近似せしむべきかはケースの命數に大關係を有するのみならず、之によりて製造さるる鋼塊の品質にも重大なる影響があるものなる故、今少し進んだ實驗が必要である。

不幸にして本問題を設計上の参考とするには餘りに研究が不足なる故、茲には單に記録だけに止める。

尙本項の末尾に臨み中野工學士の調査にかゝる製鋼部現用各種八角型インゴット・ケースの肉厚、重量及び鋼塊 1 t 當り所要ケース重量に關する圖表を掲載する。

追記：- 既に 12 t 八角外周丸型破壊に關する説明を實例を以て示したが、例令外型が内型に適應する如く八角型であつても、角隅部の肉厚が不充分の時は矢張不適當であつて、其の例として茲に 70 t 八角 (No.1) 龜裂狀態圖 (第 3 圖) を附加する。同時に八角型と雖も肉厚の平衡狀態良好なる種類は必ずしも角隅部より破壊するものにあらざること第 4 圖改良型 8.5 t 八角型 (No.15) の例でも判るであらう。

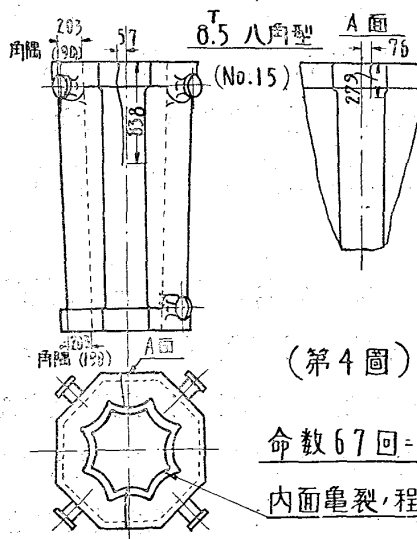
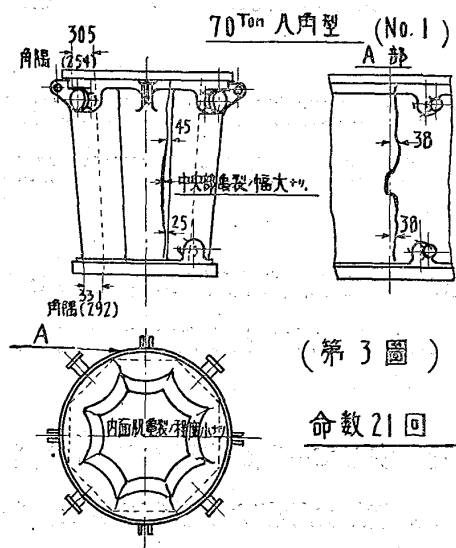
本ケースは 8.5 t ケース (No.15) 命數 68 回で、内面龜甲型龜裂顯著なるに拘らず、角隅部より龜裂を起さず、圓弧部に出現して居るもので、理論と實際の一致せる實例である。

(ロ) リ ぶ

インゴット・ケースの龜裂防止を目的として屢々リブを用ゐるが、之も一種の肉厚の分布に關係を有

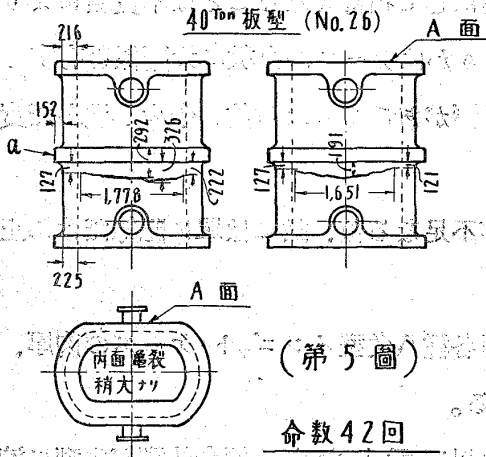
角隅部肉薄、爲破壊セシト認ル實例

設計稍々理想的ニシテ角隅部ニ非リ部ヨリ破壊セシト認ル實例

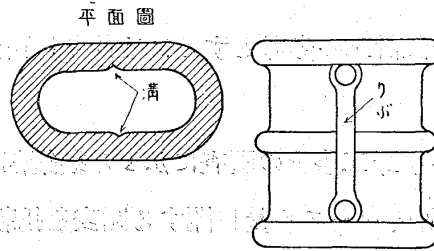


する問題で、温度に無關係な部分の設計と同様に考へて設計することは、徒に熱勾配を局部的に増大することである故、避くべきものと思ふ。一例を以て示せば現存 40t 板型ケース (第 5 圖參

α部肉厚過大爲破壊セト認ムル實例



照) が側壁肉厚 250mm に對し、其の 6 割に相當する 150mm のリブを全周圍に附けてある。此の型の龜裂は殆ど例外なくリブに近接せる、上或は下部に相並行して板型鋼塊に最も禁物である横割れとして現出して居るのである。



尤も板型ケースは八角型ケースと異り角隅部の縦溝を有せず、温度が最も高くなるケース中央部は横割れ障

害物なき爲、内應力がケースの上端或は下端に集り、動もすれば横割れの傾向を有する。併し例へばリブを有せざる現用 65t 板型ケースに殆ど此の種の横割れを發見せざるに見れば、上述の龜裂作用が絶對的に非ずしてリブの改良によりて大に減少し得ることは想像に難くない。今若し之に改良を加へんとすれば、寧ろケース直線部の内面に小溝を縦の方向に設くるか或は横に設けたるリブを中止して縦の方向に肉厚の  $\frac{1}{3}$  以内のリブを設計すれば大に理論的に効果を認め得るものと思ふ。又一般に肉厚と釣合つてさへ居ればケース上下端部にリブを設ける事が必要と考へる。

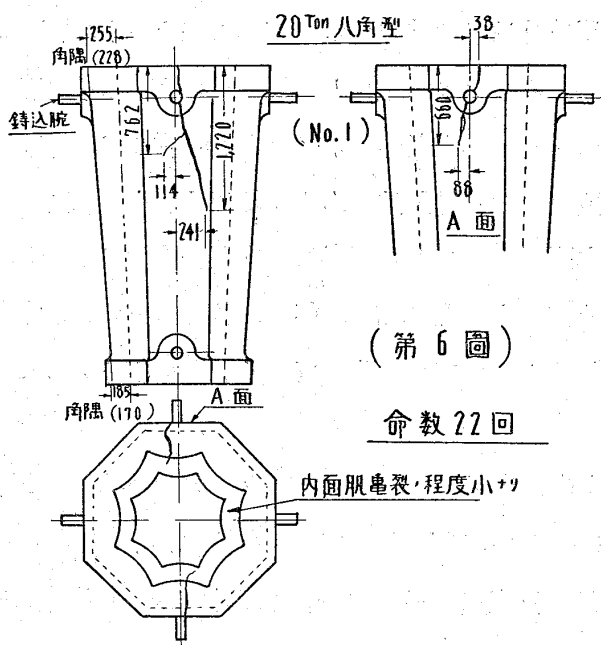
(ハ) 手 持 (腕)

手持とはケースを吊下げるに用ふる突起物の謂である。之は普通鑄出しであるが實用の際他物と衝突等の爲に、折損することが屢々あるので、時に鋼丸棒を鑄込んで前述の缺陷を補ふて居る。併し此の方法は要するに手持の命数を増大するのみに止り、却つてケース母體の破壊を助成する原因を誘導する事がある。其の理由として以下 3 條を考察し得る。

- (1) 鍛鋼丸棒はケース母體の鑄鐵より膨脹率が大である。従つて反覆加熱冷却により此の部分より龜裂を發生する惧なしとせず。特に上部の押湯に近き處にあるものは、一層長時間高温度に觸れるので危険である。
- (2) 鍛鋼丸棒は直径大なれば大なる程、ケースを鑄造成型の際之を取圍む部分をチルしてセメントタイトを豊富にする傾向を作り、硬質脆性を起す故に、一種の衝擊に類似する吊り卸しを反覆すれば破壊の基を爲す。(若しケースを焼鈍すれば相當良果を得べし)
- (3) 鍛鋼丸棒の占有するケース部分は同一物と看做すことを得ずして一種の空所である。即ち大型ケースに對しては上下 8 箇所の肉厚不同部を設くることになる。鍛鋼丸棒部より破壊せりと認むる 20t 八角型 (第 6 圖) を實例として掲載する。



手持り破壊試験の事例



(第6圖)

命数 22回

内面肌亀裂・程度小ナリ

(二) 鋼 帶

リブを附すると同様の意義でケース本体に鋼帶或は杵を嵌め、ボルトにて締めつけたるものを見る。若し設計者が之があるが爲に信頼を置き肉薄に設計したとせば、甚だしく錯誤である。鑄鐵の本質は極言すれば陶器と相去ると遠くなく、1ヶ所破壊が発生すれば、變形を起さずして全體壞れることになる。従つて之に對する如何なる外物的の強めも殆ど無効である。故に鋼帶の効果はケースの突然なる大龜裂に際して、運よくば湧出する熔鋼を喰ひ止むることあり得べしと想像し得る程度である。今若し他の方法によりて此の突然の龜裂を避け得るものとせば、此の種の設計は全く不用になるのである。

實例として 65 t 板型ケースに此の應用を見出すことが出来る。

(ホ) 設計と熱平衡

畢竟するに設計上から見るインゴット・ケースは熱的に出来るだけ平衡が保たれて居て、熱勾配の少い程歓迎されるものである。此の意味よりしてケース本位の立場から觀れば、鋼塊より最も均等に熱を吸収し得る状態である丸型を以て理想と見るべきである。但し良鋼塊を造るのを目的とする以上、ケースは又鋼塊を最も満足せしむべきものを選定すべきである。次に各種型に對して批判を試みんとす。

(1) 四角型、既に例證した 1.2 t 容量のものは後に述ぶる處によると命數 48 回で比較的短命である。設計上改良し得る點は認めるが、著者の考によると此の附近の小型ケースは四角型よりも溝を淺くした八角以上十二角型位の選定を以て、鋼塊の爲ばかりでなく、ケースの命數も延長しはせぬかと考へる。

(2) 八角型、角隅部は肉厚を増大して熱平衡を保たしむれば、此の部分よりの龜裂は大に避け得るも、尙鋼塊に起るコーナー・ゴーストを起さしめざる範圍に於て、角隅部を鈍角にすると一層縦割れを防止されるものと考へる。而して 50~60t 迄は八角型でよいと考へるが、此れ以上の時は寧ろ十角以上として丸型より遠ざからんとする傾向を低減すべきと考へる。

(3) 板型、板型に對しては既述せる點を以て殆ど盡せりと考へるが、兩側部に 1 本の溝を造るに満足せずして、壓延に不自由なき限り、鋼塊並にケース兩者の爲に直線部分及び圓弧部分に對してより多く溝を作る如き設計が望ましいと考へる。

## 第2章 化學成分

インゴット・ケースの良否を決定する上に於て、化學成分は必要缺ぐべからざるものとされて居る。使用者は製造者の各般に亘る技術に信頼し、化學成分のみによりて満足して居るものとせば合理的であるが、必ずしもさうでなくして注意の及ばざるものがある爲と考へる。何となれば従來インゴット・ケース製造者は圖面通りのもの又は規格に示す化學成分のものを製造せんとする以上、餘り深くインゴット・ケースは斯くあらねばならぬと云ふが如き根本問題に亘つて迄研究した人が多くなささうに考へるからである。従つてインゴット・ケースに化學成分が重大だと稱せられ乍ら、各種の異つた理想案が提唱される所以を考慮しても、未だ化學成分上の解決がついてない許りでなく、此の要素のみで良否を決定し得ないことを證明するものである。

今本問題に深入りする前に、参考として吳工廠製鋼部が部外よりインゴット・ケースを購入する場合に如何なる購買規格によつて居たか、又其の推移を表示して批判を加へて見たいと思ふ。

第2表によると大正12年以前の傾向は磷、硫黄量を極度に制限を加へ居る以外に、黒鉛炭素及珪素は下限ありて上限なく、畢竟如何に軟質鑄鐵製ケースを望んで居たかを窺ふことが出来る。

第2表 化學成分 (%)

年次	G.C	T.C	Si	P	S	Mn
大正12年頃	2.6以上	—	1.5以上	0.04以下	0.05以下	—
大正13、14年頃	2.6以上	—	1.5~2.0	0.04以下	0.05以下	1.5~2.0
現在	—	3.5~4.0	1.5~2.0	0.04	0.05	0.5~1.0

引續き大正13、4年頃に及ぶと、珪素量に制限を設けると共に滿俺の規格を挿入し、而かも其の附加量が甚だしく激増して居る。傾向としては黒鉛の規格は其の儘なるも實質は大に其の量を限定し、寧ろ反對に硬度高きものを喜ぶ風を作つて居る。

其の後最近に至つて炭素は全炭素の量によることゝ定め、滿俺を前規格より1%減少して居る。恐らくケースの成分的硬化を幾分緩和した如き反動傾向を認めることが出来る。

皆て大體鑄鐵鑄物専門家が熟知する如く、鑄鐵鑄物の化學成分に對する規格は、例令同一目的であつても、其の肉厚で當然之に該當する如く炭素、珪素乃至は滿俺量を變化せしめてこそ、所要物を生産し得る筈である。然るにインゴット・ケースのみは之を劃一的に規格化することは既に錯誤があるとなすものである。併し化學成分のみによつて批判せず、他の條件例へば燒鈍の如きもので調質し得るものとの前提のもとに著者の意見としては大體次の如き成分を理想とするものである。

T.C(%) Si(%) P(%) S(%) Mn(%) 今此の理由とする處を略述すれば、所謂靜的  
3.3~3.8 1.5~2.0 0.15以下 0.07以下 1.3~1.8 グロースを防止する爲に珪素量の中庸を得しめ

全炭素量の理想を3.5%とし、滿俺はクロム同様グロースを起し難からしむるものと認め1.5%とし製鋼部購買規格なる大正13、4年頃のものと同程接近せしめた。唯相違點は磷、硫黄量の増大である。

此の詳論は後述することとするが、要するに磷はインゴット・ケース材に混入して鑄肌を美化する以外餘り好影響はないが、0.15% 以下なれば甚だしく悪影響を認めないことと、日本の國狀が低磷銑に恵まれざる現狀に鑑み、之を緩にしたのである。同時に硫黄は殆ど害あつて益なき元素である。殊に滿俺量 2.0% 以上に及ぶ時、特にケース上部に析出し、重大なる悪影響を結果するを以て、0.07% と限定せり。惟ふに實際問題として硫黄量 0.1% 以下なれば惧るべき析出を起さざるべきを豫想せし爲である。

偕て此の分析成分をエー・カムピオン氏によるディーゼル機關用鑄鐵として最も理想的であつたとする實例と比較すると次の如くである。 T.C=2.82% Si=1.42% Mn=1.31%

而して、磷量は同氏によると 0.25 乃至 0.5% を寧ろ望まれて居るのだから、敢て憂慮の要はないとされる。結局使用最高溫度及び其の溫度に到達するに要する時間の遲速乃至は耐磨耗性の要、不要と云ふ相違はあるが、インゴット・ケースも、ディーゼル機關用鑄鐵も、高溫度に優良なる物理的性質を示さざる可からざるは共通點であつて、兩者の成分が大體接近すべきは當然と思考される。

次に磷、硫黄及び滿俺に對する上述の如き規格改正を提案するに至りし経路を實例によりて詳述し併せてクロム、珪素及び炭素の影響に就きても若干補足したいと考へる。

(1) 磷、前述の如くカムピオン氏によると米國では人によりてディーゼル機關用鑄鐵として 0.1% 以下を求めて居るが、同氏の經驗によると 0.5% 迄は却つて好結果を齎すと云はるる位で、高溫度に曝されるとは言へ、800°C 以下の場合如何に磷の爲に熔融點が低下すると考へても、萬分臺の磷を恐れる必要はないと察せられる。今他の條件を無視して磷、硫黄量 0.05% 以下の製品が如何に良質であるか、又磷量の比較的増大する時如何に變化するか、押上式鑄塊用四角型 (1.2 t 容量) ケースに對する命數を研究して見たいと考へる。

第 3 表

(A)					(B)			
1.2 t 型ケース磷及び硫黄 0.05 以下の製品成績					1.2 t ケース磷量と命數			
ケース番號		磷	硫黄	命數	平均命數	磷量	0.15% 以上	0.15~0.10
No. 269	{ 上下	0.051 0.048	0.041 0.041	30	53	全個數	5	7
No. 256	{ 上下	0.048 0.051	0.043 0.038	31				
No. 267	{ 上下	0.051 0.051	0.039 0.030	35				
No. 265	{ 上下	0.051 0.051	0.041 0.041	28				
No. 236	{ 上下	0.046 0.045	0.042 0.032	68				
No. 243	{ 上下	0.021 0.021	0.049 0.043	67				
No. 159		0.035	0.025	109		備考	化學分析中ケース番號欄	
							(上) とあるはインゴット・ケースの上端表面部 (下) は下側部なり	

偕て四角型 (1.2 t 容量) ケース 68 個の平均命數は 48 回であるから、磷、硫黄の少量なる第 3 表 (A) の成績は (B) 表に比し相當優良である如く見ゆるが、(A) を分析的に考へると命數 30 回附近が

半數を占め居るに對し、No. 159 の如き異數の成績を示せるものの爲に、總平均命數より 5 回位良好と云ふので、之を以て直に磷の少量なるが爲とは解釋し難いのである。一方第 3 表 B では 0.15% のものが以下のものに比し殆ど差違なしと見得るのである。

参考の爲に次の如き 2 例を示すことにする。(第 4 表)

第 4 表

ケース	化學成分 (%)					命數	
	T.C	Si	Mn	P	S		
四角型 (1.2 t 容量) No. 189	上	3.82	1.90	1.40	0.110	0.191	81
	下	3.82	1.80	1.11	0.122	0.056	
八角型 (16 t 容量) No. 32	上	3.11	1.88	0.73	0.186	0.070	68 (使用中)
	下	3.20	1.88	0.66	0.170	0.052	

四角型 1.2t 容量のものは 0.12 位の磷量に拘らず 81 回の命數を保つて居る。同様 16t 型は他の成分も異なるが、磷量 0.18% にして著者の規格を超ゆるに拘らず、68 回使用中であるのを見ても磷必ずしも恐るるに足らざることを知る。況や磷の増すことは動もすれば古材を使用されたりとする疑問も起るに拘らず、相當の成績を示せるは考慮に入れる必要がある。

(2) 硫黃、インゴット・ケースの化學成分を定むるに際し、價格に無關係であれば硫黃量は成るべく低きを望むは衆人の一致する處であるが、それ程排斥されるには充分理由あることと考へる。磷に関する説明を加へたる時例證せし如く、硫黃と雖 0.05% 以下なれば無難である。併し此の爲甚だしく優良化しない事も事實である。従つて著者の示す如く例令滿俺量を増加して析出の恐れある時でも 0.07% 以下なれば敢て憂慮するに足らざるものと信ず。唯それ 0.1% を超過し滿俺 2.0% に近き時はケース頂部に約 1" 餘の厚さに析出を起し、最も危険なる龜裂の原因をなすことは充分注意を加ふる價值がある。今同じく四角型 (1.2t 容量) ケースに對する硫黃の析出と其の命數を第 5 表に示す。

第 5 表

ケース番號	化學成分 (%)					命數	平均命數
	T.C	Si	Mn	P	S		
No. 191	上	3.59	2.00	1.77	0.131	0.315	44
	下	3.79	1.90	1.11	0.124	0.043	
No. 195	上	3.60	2.20	1.88	0.227	0.453	26
	下	3.57	2.40	0.99	0.201	0.053	
No. 197	上	3.60	2.20	1.82	0.113	0.344	30
	下	3.01	2.20	1.19	0.124	0.046	
No. 199	上	3.76	2.22	1.86	0.117	0.297	27
	下	3.71	2.22	1.20	0.110	0.047	

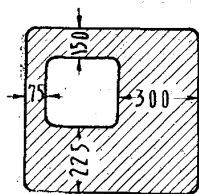
第 5 表に明示さるる如くケースの上部に於て滿俺と硫黃とが硫化滿俺となりて如何に析出を起して居るかを知ることが出来る。而して上記 4 個の平均命數 32 回なると、其の龜裂の起る點が全部頂部よりせることよりして硫化滿俺の影響の甚だ惧るべきことを知り得る。尙参考の爲著者が同型ケースに對し特に滿俺量を附加し優良ケースを得んとして 2 個を試作し、従前型と比較せしに此の 2 個の成

績は破壊には至らざりしも使用5回にて兩側に長さ125mmより0.250mmの完全に認め得る龜裂を上部に發見した。其の原因調査の結果は全く滿俺増加の爲に起れる硫化滿俺の析出によることが判る。其の成績第6表の如し。

第 6 表

ケース番號	化 學 成 分 (%)					命 數	
	T.C	Si	Mn	P	S		
No. 291	上	3.46	1.75	2.44	0.137	0.417	(5回にて割れ) 12使用中
	下	3.25	1.75	1.65	0.152	0.075	
No. 292	上	3.50	1.41	1.99	0.140	0.268	(5回にて割れ) 12使用中
	下	3.57	1.86	1.58	0.152	0.070	

此の硫化滿俺の析出の範圍を知らんが爲に、No. 291 ケースの上部より 2" 及び 4" 部の滿俺及び硫黄の分析を行ひしに、前者は滿俺 1.68%、硫黄 0.067%、後者は滿俺 1.68%、硫黄 0.064% にして殆ど析出を認めず、ケース底部の化學成分と大差なきを知つた。即ち此の種析出はケース上部表面より 1" 餘の厚さに限定され居ることは、製鋼部分析試料採取方法が頂部より約 1" の深さに穴明けして上部分析試料とするに觀て明かである。即ち上記の如く 1" 内外の硫化滿俺に富む、換言すれば鋼滓層が高熱に觸ると共に龜裂を惹起するものと認めらる。且つ此の種析出は滿俺量が 1% 以下の時は殆ど無きことも意味深き事實である。次に此の現象の別例を擧げて見る。著者は設計章で述べた



るが如く、ケースの肉厚の相違による鋼塊緻密度を調査せんが爲に、鋼塊の重量は 300kg なるも四角型ケースの四邊を圖の如き平面圖に示す相異なる肉厚とした。而して最小邊 75mm は普通 300kg ケースに使用される肉厚である。

此のケースに第1回の熔鋼を注入せしに、化學成分の異なる2個のケースは同様に最も薄肉部に充分認め得る約 50mm 長さの縦の方向に龜裂を生じたり。

此の龜裂は設計不完全による熱的に平衡を保持せざるケースに起る當然なる結果なりとの解釋もされるが、之れ以外に該作用を助長せる何物かのあるべきを研究せしに、前述の場合と同様に龜裂部よりの試料の分析成績によれば、其の1個は滿俺 2.48%、に對して硫黄 0.394%、其の2個は滿俺 2.21% に對し硫黄 0.694% にして異常なる析出を起し居ることを知つた。畢竟此の場合の龜裂はケースとしては 700°C で 10 時間焼鈍を施し、萬全を期したるに拘らず、只一回にして龜裂を起せしことは本ケースが設計上熱平衡を缺けるのみならず化學分析上大缺陷ありし爲と思惟せらる。

斯の如くケース上端部に析出する硫化滿俺の悪影響は甚大である。惟ふに硫黄の熱間脆性が 0.10% 以上を鑄鐵に含有するとき猛威を振ふものと察せらる。従つて後述する滿俺直接の効果を認めずして間接作用による悪影響たる硫化滿俺による故障を惧るるの餘り、本元素を極少量に制限せんとする方法は時に見出す處なるも、之は誤れる見解であると思ふ。即ち製鋼部規格中滿俺 1.5~2.0% を 0.5~1.0% に變更されしは此の一例證である。該動機を作りしと考へらるる實例として八角型 8.5t 型を引例する。(第7表)

第 7 表

ケース番號	化學成分(%)		命 數
	滿 俺	硫 黃	
No. 4 {	上	3.30	} 36
	下	1.91	
No. 5 {	上	2.93	} 23
	下	1.71	
No. 9 {	上	1.91	} 40
	下	1.85	
No. 12 {	上	1.65	} 13
	下	1.49	
No. 13 {	上	1.02	} 40 使用中
	下	0.99	
No. 14 {	上	0.83	} 43 使用中
	下	0.79	
No. 15 {	上	1.02	} 67 使用中
	下	0.99	

即ち No.4, No.5, No.9, No.12 は滿俺 1.5% 以上なる結果硫黃の析出顯著にして命數何れも 40 回以下なるに比し、No.13, No.14 及 No.15 は何れも 40 以上の命數にして目下尙使用中と云ふ好成绩である。尤も No.13 は其の儘なるも No.14, No.15 は設計上肉厚を 25mm 増大せしこと、八角隅部を厚肉とせしことも甚だ與つて力あるものである。之を要するに鑄造者の研究不足による滿俺の間接影響たる硫化滿俺の爲に、滿俺其の物がケースに悪果を及ぼすも

のとして誤認されたことが少くないのを認め得る。前述の如き硫化滿俺の頂部析出は高温注入及び鑄込方法としては、鑄滓除去に最も理想的と考へらるる熔融鑄鐵をして鑄型中廻轉運動をなさしむる如き時、一層顯著に現はれるもの様である。

(3) 滿俺、鑄鐵中滿俺を附加することにより、所謂グロースを抑制遲鈍ならしむる事實に對する研究は甚だ多い。ディーゼル機關用鑄鐵としては滿俺を推奨して居る。カムピオン氏によると滿俺はクロム同様炭化物を高温で安定ならしむる上に之を附加するにも容易で、而かも安價だと稱して居る。ハースト氏も本元素は總ての場合にグロースの速度を遲緩ならしめると共に凡ての場合グロースの絶對量を低減すると言つて居る。日本に於ては先年 松浦春吉氏によりて「ディーゼル機關鑄物に就て」なる題目を以て徹底的の研究を機械學會誌に發表され居るを以ても明瞭なる如く、著者の言ふ靜的に起るグロースを滿俺が能く防止し得ることは實證されて居るのである。今著者は之を前述の如く動的にも熱勾配により龜裂を起し易きインゴット・ケースに應用せんとするものである。之は主として次に述ぶる實例によつたこと勿論であるが、其の附加量に至つては標準を 1.5% とし、所要の燒鈍及び鑄造方法にも充分の注意を拂ふべきことを前提とせる爲、滿俺による硬質化せる材料は靜的にグロースを起し難きは勿論、動的にも甚だ安定なるべきを確信するものである。今先にも引例せる四角型(1.2t 容量) ケース 68 個に對する平均命數 48 回なるに比し、滿俺量による好影響を表示せんとす。(第 8 表)

第 8 表 滿俺量と命數

滿 俺 量 (%)	2.0~1.5	1.5~1.0	1.0以下
全 個 數	19	17	23
平均命數	57	54	47

備考 總個數 68 個中化學成分不明のもの 9 個を除き 59 個を参考とす

第 8 表によれば明に滿俺の好影響を認め得るのである。尙同型ケースにして 80 回以上の命數を保ちし甚だ成績優秀なりしもの 5 個の成績は第 9 表に示す如くにして其の滿俺量は他の元素をも考慮せざるべからざること勿論なるも、大體 1.5% 内外なることを示せるものなり。

第 9 表

80 回以上の命数を保ちし 1.2t 型ケースの化学成分

ケース番号	化学成分 (%)					命数
	T.C	Si	Mn	P	S	
No. 189 { 上 下	3.82	1.90	1.40	0.110	0.191	81
	3.82	1.80	1.11	0.122	0.056	
No. 159	3.92	1.97	1.34	0.035	0.025	109
No. 214 { 上 下	4.41	2.12	1.52	0.048	0.091	80
	3.76	1.65	1.39	0.053	0.017	
No. 216 { 上 下	4.17	1.97	1.91	0.048	0.050	83
	3.65	2.02	1.91	0.053	0.030	
No. 219 { 上 下	3.93	2.07	1.91	0.039	0.071	81
	3.67	1.97	1.80	0.039	0.031	

(4) **クロム** 鑄鐵中クロムを附加してグロスを防止し得ることは周知の事實である。而して本實驗として第 10 表を引例することが出来る。

此の表によると實際附加したクロム量は損失量多かりし爲完全に含有せしめ得なかつた次第で、全部 0.3% 以下となつた。且つ不幸にして硫黄の上部析出大にして命数を短縮せしめたと考へらるるのである。従つて此の程度のクロム附加では殆ど其の効果を認め得ざるのみならず、No. 196 の如きは他に理由も存することと信ぜらるるも、命数僅に 7 回と云ふ不成績である。

第 10 表 クロム量と命数

ケース番号	化学成分 (%)						命数
	T.C	Si	Mn	P	S	Cr	
No. 192 { 上 下	4.04	2.30	1.52	0.079	0.109	0.12	48
	3.74	2.30	1.35	0.088	0.052	0.16	
No. 194 { 上 下	3.66	2.20	0.56	0.096	0.159	0.20	37
	3.64	1.90	0.53	0.100	0.062	0.20	
No. 196 { 上 下	3.94	2.00	0.99	0.115	0.159	0.25	7
	3.86	2.00	0.81	0.122	0.064	0.28	
No. 198 { 上 下	3.78	2.00	0.99	0.124	0.112	0.26	43
	3.79	2.00	0.79	0.124	0.050	0.28	
No. 200 { 上 下	3.76	2.00	0.94	0.121	0.138	0.28	45
	3.79	2.00	0.79	0.122	0.054	0.26	

(5) **珪素及び炭素** 珪素及び炭素量は黒鉛量を加減する上に於ける最も重要な元素で今更陳述の要はない。著者は規格中炭素を 3.3 乃至 3.8% とし珪素を 1.5 乃至 2.0% と定めたが、結局肉厚によりて適當に限界を選ぶべきを示すのである、而して著者の理想は突然なる大破壊を起さざる程度になるべく低炭素を望む。而かも硬質インゴット・ケースを得る爲には恰もディーゼル・エンジン機用鑄物の場合の如く費用は高くなるが、珪素は決して 1% 以下にすることなく、寧ろ炭素の低下を以て佳良なる結果を賦與するものと考へる。昨年 "Heterogeneity of Steel" に於て發表されし 130t ケースの分析によると、珪素を 0.8% 内外にしたのを見たが、黒鉛の過大を避けた積であらうが鑄膚を粗悪にするだけでも大損失で、餘り歓迎しないものである。

(6) **化学成分に対する結論**

1. インゴット・ケースの良否を決定するに當り、化学成分のみにて斷ずるのは困難である。

2. 磷及び硫黄量を 0.05% 以下迄低減しても、命數は著しく増大せず。
3. 磷量 0.15% 以下なれば使用上差支なし。
4. 硫黄量は 0.07% 以下を可とす。若し析出の惧れなくば 0.1% 迄に許さるべし。
5. 滿俺は 1.3~1.8% を可とす。これ以上は大効果伴はず。
6. 硫化滿俺の上部析出は甚だ危険なり。之が防止方法としては分析上よりすれば硫黄量少き銑鐵の使用、滿俺量 2.0% 以下に限定すること。尙鑄造方法の研究を遂げ此の不純物の除去を計り得れば此の限にあらず。
7. クロム量は 0.3% 以下にては餘り好果なし。尙實地作業上クロムを附加して炭化物の安定を計り命數を延長せしめんとするなれば、寧ろ容易に附加し得る外、安價にして同様の目的を達成し得る滿俺を使用するを以て賢策と考ふ。

之を要するに化學成分に對する著者の最終所見は前述の規格成分を推稱す。即ち次の如し。

T.C 3.3~3.8%      Si 1.5~2.0%      Mn 1.3~1.8%      P 1.5%以下      S 0.07%以下

而して其の最大理由は單に理論的見地のみにあらずして、製造、費用及び成品と云ふ三者の實際的立場から觀察して之を推稱する次第である。

### 第 3 章 配合銑鐵品種

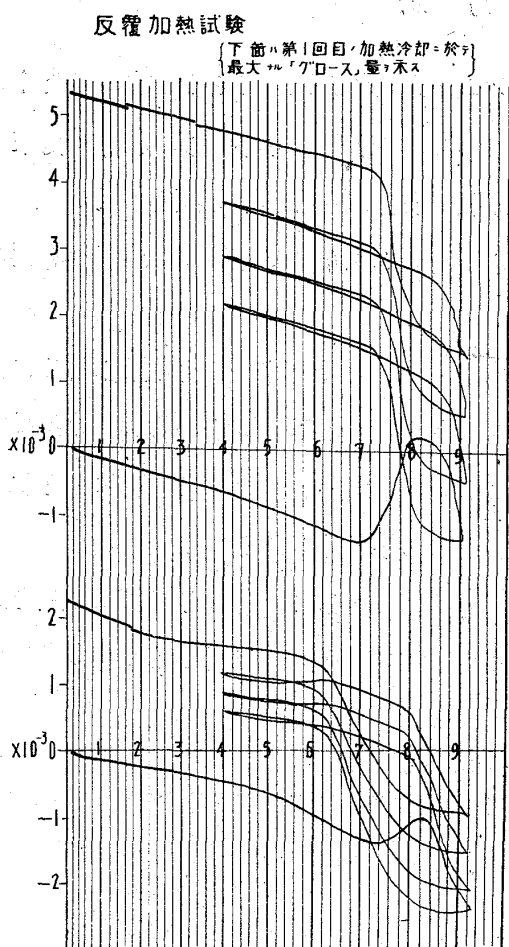
現在銑鐵の優劣性を比較する上に於て、磷及び硫黄量によりて比較する以外に原料たる鑛石の品種使用燃料及び製造方法の相違點等によりて差別を附して居る。例へば鑛石が磁鐵鑛か赤鐵鑛か、其の鑛石が塊狀であるか粉狀であるか、燃料は木炭か、コークスか、或は電熱か等、又製造方法に於ては鑄鑪に冷風又は熱風を使用することによつても區別されて居る。從來英國ではインゴット・ケース配合銑鐵として赤鐵鑛を熔製したヘマタイト銑鐵が最優良だとされて居る。殆ど目的の類似したチルド・ロール材には冷風銑鐵が推奨されて居る。之は恰も酸性平爐には瑞典銑鐵が最高原料として使用されて居ると同様、科學的理由は未だ充分説明されて居ないが、實際的、經驗的には事實の様である。

兎に角鑄鐵が高溫度に於て反覆加熱される時、初回加熱に對する永久膨脹量は、引續き起るものに比し、數倍の價を示すことは(次圖参照)明に鑄鐵中に含蓄さるる瓦斯體の放出に歸し得るものである。

之は一例に過ぎないが、從來鐵鋼類の故障原因として化學成分以外に含有瓦斯體が引例されたことは珍しいことではない。併しインゴット・ケースの如き激烈なる取扱法を受くる器具に對しては最も重大視されて居る化學成分すらも、之のみではケースの優劣性を示す判定資料としては不充分であると考へると同様、本問題も他の各種原因と合併して起る時に初めてケースの命數を支配する重大なる一因子と斷定し得る次第である。今配合材中既にケースとして使用中破壊を起せし古鑄鐵材を混合せしものと、然らざるものに対する實地使用結果を示す。



之は屢々引例せし7個の八角型 8.5t ケースに對するものである。



第 11 表

ケース	古材配合率	焼鈍處理	命數
No. 1	20%	600°C × 4 時間	21
No. 2	30%	600" × 4 "	3
No. 3	30%	600" × 4 "	(初回龜裂) 26
No. 4	30%	700" × 10 "	36
No. 5	30%	700" × 10 "	23
No. 6	0%	700" × 10 "	47
No. 7	0%	700" × 10 "	43

第 11 表は古材配合率の相違以外に焼鈍温度及び時間の相違、硫化滿俺の頂部析出等の爲完全なる比較をなし得ざる嫌はあるが、古材を混入せざる No.6, No.7 が優良なる傾向を示すと、No.2 の如きは他の原因にもよるが命數3回に過ぎざる如きは、或は不良原因を誘導せるに非ずやとも考へらる。尙 3t 容量丸型精鋼材用ケースに對する今一つの實例第 12 表の如し。

第 12 表

ケース 符號	化學成分(%)					古材使用 率 (%)	命數
	T.C	Si	Mn	P	S		
A	3.80	1.74	0.59	0.130	0.070	20	63
B	4.06	1.73	0.66	0.130	0.059	30	104

第 12 表によると古材使用量多き B が A よりも格段優秀なる成績を示し居るは不可解とする處なるも、本型は成品を目的とせず、精鋼材の鑄流しに使用するに過ぎざるを以て、勢ひ鋼塊引抜の際亂暴なる取扱をなすことある外、一旦龜裂をケースに生じたる後も 場合によりては使用を繼續する等、命數の定義に甚だ明瞭を缺く如きこと少なからざる爲と考ふ。従つて數年前の本ケース平均命數は 200 回にも及べるに、近來は前述の理由により 100 回程度に低下して居る。本例に示す B 型が 104 回の命數を保つて居ることは、古材使用 3 割程度は必ずしも命數を支配して之を短縮するものに非ずとの結論を與へて居る如くである。

尙瑞典鉄鐵を使用せるものや、本溪湖鉄鐵を以て代用せるものの成績もあるが、ケースの規格たる化學成分に相違せる點ある爲比較するを得ざるは遺憾である。

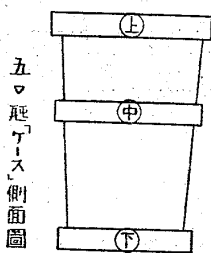
之を要するに本章研究はヘマタイト鉄或は冷風鉄の如き特殊鉄鐵の手持品なき爲實驗の機會なく、僅に古鑄鐵の一部混入の例のみで終るのは甚だ遺憾とする處である。尙小實驗の結果よりすれば 5 割以下の古鑄鐵の混入は小型ケース製造に對しては支障少なきものと認む。

第 4 章 鑄 造 方 法

鑄鐵が熔融状態より凝固する場合、其の冷却速度によつて分子の大きさが決定される許りでなく、金屬組織をも變化せしむることは、化學成分と相並んで重要視されるべきものと考へらる。併し從來インゴット・ケースの製造者は規格たる化學成分に注意を拂ふ以外は外貌の美化を計り、圖面通りの成品を得んとするに急にして、インゴット・ケースの本質的用途迄立入つての研究に關しては比較的等閑に附しつつありしものと想像さる。

従つて例へば同一化學成分を有するインゴット・ケースでも一方は數 10 回の命數を保ち居るに拘らず、他は初回の熔鋼鑄込によつて破壊を起すが如き事情の頻發することよりして、化學成分の必ずしも絶對信頼を置き能はざることを實證するものである。其の原因を探求すれば本章に述べんとする鑄造方法の巧拙によつて左右さるべき多くの事實の存在することが考へ得られるのである。

今八角型 50t インゴット・ケースが化學成分としては殆んど理想品に近き成品なりしに拘らず、初回の熔鋼鑄込によりて龜裂と共に破壊を起せしものに對し内面的觀察をなさんとする。



位置	化學成分 (%)				
	T.C	Si	Mn	P	S
上	3.64	2.04	0.53	0.040	0.059
下	3.64	1.75	0.45	0.027	0.044

略圖はケースであるが鑄造方法は圖の如き位置にて鑄込みされたものと信ず。而して(上)(中)及び(下)部より各々試験片を採取し抗張力、伸及び硬度の成績を調査せるに第 13 表の如き結果を得た。

第 13 表

(上)				(中)				(下)			
試験片	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 (%)	硬 度 (ブリネル) (2,000kg)	試験片	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 (%)	硬 度 (ブリネル) (2,000kg)	試験片	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 (%)	硬 度 (ブリネル) (2,000kg)
i	22.0	2.0	206	i	19.0	1.9	161	i	13.5	1.4	145
ii	22.2	1.0	100	ii	18.2	1.4	190	ii	14.0	1.3	145
iii	22.2	1.2	188	iii	19.6	1.5	170	iii	13.2	2.0	138
平均	22.2	1.4	195	平均	18.9	1.6	173	平均	13.6	1.6	141

凡そ此の種大型ケースの機械的性質は當然部分によりて相當の差違あるを以て、先づ普通の例と考へて差支へない。併し本ケースは第 13 表に明示さるる如く(上)(中)及び(下)各々 3 個の成績は差違少きもケース鑄込に際する高さの相違たる(上)(中)(下) 3 段部各々平均値を比較すると格段の開きを示すものである。例へば硬度に於て(上)(下)部の差違正に 50 を超え、抗張力に於ても 8kg 以上であるのは本ケースが何等か鑄造方法に缺陷があつた爲であつて、其の結果初回使用に於て龜裂を生ぜるものと推思さる。此のインゴット・ケースは使用前焼鈍處理を受けなかつたことは事實である。而して(上)部が硬質にして(下)部が軟質であることに對する解釋としては、恐らく鑄造工場の常習として工事輻輳の際の如きは熔鋼注入凝固後は上部尙赤熱中に鑄型の一部を除去急冷を行ふのである。甚し

き場合は冷水を用ふることすらある。果して大ケースが此の種急冷作用を受けたか否かは實證し難いが、ケースの抗張力、硬度等が(上)部に於て(下)部より甚だ高き値を示せる事實より判斷すると左様でないかと考へられる。

上述の如く機械的性質に迄顯著に示されて居ることは、ケース内部に多量の歪みを残留して居たことを實證するものであつて、其の爲ケースは初め熔鋼鑄入の内應力に堪え得ずして破壊せしものと察せらる。此の際焼鈍處理を行へりとなせば幾分龜裂を制限し得たと考へるが、其の處理が從來行はれつつある如き輕微なる取扱では其の効果は矢張り無かつたであらう。結局ケースは生れ出づる際に於て充分細心の注意をなすを以て最上策と考へる。

實例に供したものは鑄造後の取扱不充分による惡結果を引例したものである。併し鑄造法の理想は單に之のみに盡くるものではない。要するに鑄造者は屢々インゴット・ケース鑄造に對しては恰もチルドロールを製作するが如き氣分を以て作業に當るべきである。今其の2、3の注意を摘記すれば、

1) 規格たる化學成分に捕はれずして普通鑄鐵鑄物の場合の如く肉厚によりて配合の加減をなすこと。(規格にも上限、下限があるから幾分自由度はある)

2) 鑄膚を粗惡にせざる程度に低温高速度鑄込を施し、不純物の除去と析出の機會を減少すること。但し熔融温度は高きを可とす。

3) ケース鑄悴を緩める如き作業は必要であるが、成るべく永く鑄型中に保持し、自己焼鈍を行はしむること。出來得れば鑄型より取出したる 300 乃至 400°C のケースを直に焼鈍爐に装入のこと。

之を要するに鑄造方法の理想は熔鋼の冷却速度及び凝固後の冷却速度に細心を拂ひ、ケース全體の均等組織を得るにある。而かも其の要求たるや、普通鑄物と違ひ高温度に使用すべき必要上痛切であることを述べれば足る。

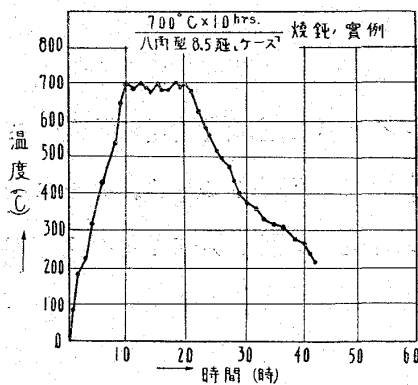
## 第 5 章 焼 鈍

現在鑄鐵材として鑄鋼同様の焼鈍處理法を實施して居るが、品種は殆どディーゼル機關用金物或はタルバン・ケーシング等特殊鑄鐵に限定されて居る。普通鑄鐵に迄全部之を行ふとすれば、結局費用問題で支障を來すからである。且此の種鑄鐵の焼鈍程度たるや、石川博士の説に従つても然る如く、一般には所謂グロースの發生原因に何等影響なきは勿論、硬度にも殆どん變化を起さない。例へば 600°C 以下の温度と 5~6 時間の保持時間を以て限度と定められて居る様である。私見によれば單に鑄造時に於ける内部歪みが除去されたのみでは満足し得ない。硬度の變化と共に幾分組織の均等化の隨拌する程度に於て、初めて焼鈍効果を確實ならしめ得るものと考へる。其の理由はディーゼル機關用鑄鐵材等に於ける高温度に際する故障の如きも、グロース先づ起り、龜裂破壊の順路を辿るものとは限らないので、實情はグロースに原因する龜甲型龜裂を生ずるに至りしもの程、却つて大龜裂に對しては寧ろ安定で、命數の長きことがあるのである。即ち此の種材質使用初期に於ける故障は却つてグ

プロセスに先立つて起る大小龜裂を原因とするものが多いと考へるのであつて、殊に最も想像し易いのは小龜裂とグロースが相互に前後縫れ合つて起ることによつて漸次龜甲型龜裂に進み、遂に破壊を起す場合である。

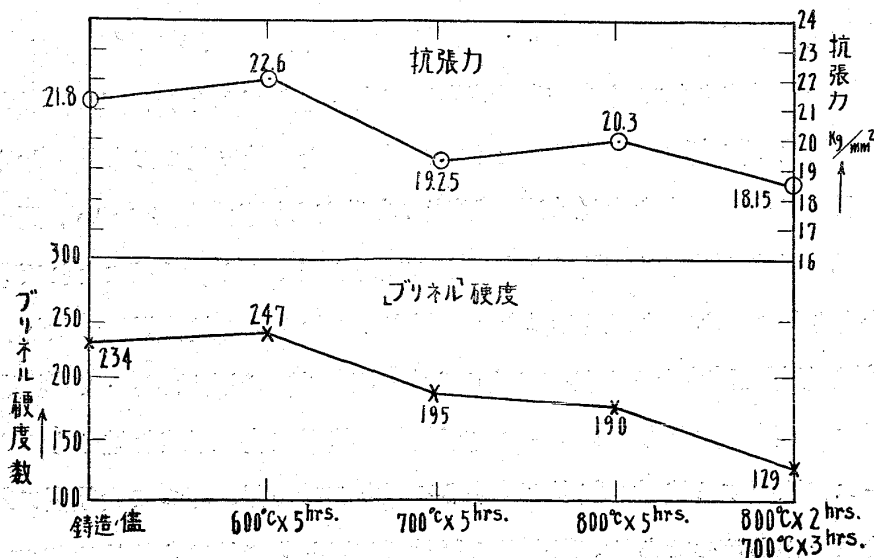
此の現象はディーゼル機關材料に就ては實例の少ないのを遺憾とするが、インゴット・ケースに對しては此の推理が充分適合するものと信ずる。即ちケースの危險區域は普通 20、30 回の使用により發生する龜甲型龜裂（肉眼によりて認識し得るもの）の出現以前、否寧ろ初回使用時附近である。何となればインゴット・ケースの使用状態は豫熱による 100°C 以内の温度より 20 分以内で局部的には 800°C に迄上昇するは勿論、部分的に温度差あることに基因して膨脹率の差違を生じ龜裂を起すもので、加熱冷却の反覆作用による比較的長時間の結果たるグロースを待つを要せざるを以てである。

従來の製鋼部焼鈍規格は 600°C×4 時間であつたが、次に示す八角型 8.5t ケースは此の熱處理を施したに拘らず、初回鑄込によつて龜裂を起し、命數僅に 3 回と云ふ不良記録を作つて居ることに鑑み、化學成分に於て硫化物の析出による缺陷にもよるとされるが、兎に角此の程度の焼鈍處理では鑄造方法の過誤を全部除去することの不可能なることを實證するものである。其の化學成分を示せば次の如く、従つて現在は一層の焼鈍効果を得る爲、別圖に示す如くケースの大小を問はず 700°C×10 時間に修正されたのである。



化學成分 (%)						熱處理
T.C	Si	Mn	P	S		
上	3.74	1.80	3.75	0.031	0.370	600°C × 4 hrs.
下	4.21	1.60	2.51	0.042	0.030	

次に、焼鈍効果を温度、時間に分ちて小實驗をなせし處を述べる。直徑 30mm の鑄鐵棒で化學成分次の如きものを 600°C×5時間、700°C×5時間、800°C×5時間 及び 800°C×2時間+700°C×3時間の 4 つの方法による焼鈍の結果、抗張力及び硬度次の曲線圖の如きものを得た。



化學成分 (%)	値
T.C	2.74
Si	1.55
Mn	1.09
P	0.102
S	0.041 (%)

この曲線圖によると、600°C×5時間では抗張力、硬度共に鑄込れた儘と殆ど變化なきも、700°C×5時間にて相當の變質を起した。只面白いのは 800

°C×5時間に於ける變質は700°C×5時間と大差なきに拘らず、800°C×2時間+70°C×3時間の2段の焼鈍の結果は前者と格段の差ある硬度及び抗張力の低下を起したことである。本試験は小規模なる実験室内の唯1回の試験故大なる参考とはならないけれ共、從來述べ盡されて居る600°C×5時間の焼鈍作用では殆ど無變化で却つて、抗張力、硬度を増大し居ることは一致して居る。従て著者の所謂焼鈍は幾分の變質を歓迎すとの意義を適用するとせば、溫度は鑄鐵の變態點附近たる700°Cから800°Cたるべく、保持時間は5乃至10時間を適當と認むるのであつて、所要溫度は當然低炭素、低珪素及び高滿俺の如き硬質の材料では高溫度たる800°Cに近き方を選ぶべく、然らざるものは下限たる700°Cを選ぶべきである。而して保熱時間はケース肉厚及び疵數によりて上下限を使用すべきこと勿論である。此の結果として製鋼部現行焼鈍規格は今少し小區分を施し、合理的の焼鈍を要すべく燃料の節約的見地よりして焼鈍溫度保持時間の適當なる配合によりて完全なる効果を擧げることにつき尙一層の研究を必要と認めるのである。

## 第6章 使用條件

インゴット・ケースの製造者に対する研究諸問題は前述の各章に於て終結したと考へるが、如何に優良なるケースでも使用者が充分なる使用知識を保持するに非ざれば所期の成績を擧ぐることは不可能である。

從來ケース製造方法が殆ど同様と考へられ居るに拘らず、其の命數に於て甚だ敷く不同があつて、殆ど如何なるインゴット・ケースが最善なるやを捕捉し難からしめたる一因子は使用條件によることを痛感する次第である。従つてケースの優良性を表はす尺度である命數の定義の如きも、決して其の絶對値を以て直に比較し得べきものでなく、各方面より内容の分析的檢討によりて初めて合理的批判の價値を見出し得べきものと思はる。それは工事上止を得ざるに歸すべきのみならず、無智或は不注意等によるもの及びケースの廢品決定に対する係員の所見等工場時代及び人と云ふが如き複雑せる結果の總和によりて決定さるるものである。

偕て普通命數を支配すると考へられる使用條件を列擧すれば概ね次記の如くである。

- 1) 低溫度中速度鑄鋼方法は概ね命數を延長す
- 2) 熔融點低き熔鋼例へば高炭素鋼はケース中に比較的長時間熔融状態にあるを以て命數を短縮す
- 3) 初回注鋼に細心の注意を拂ひたるケースは命數を延長す。初回は成るべく低溫度、低速度鑄込を施すと共にケースを充分豫熱し置くを以て命數延長策とす。
- 4) インゴット凝固後は出來得る限り迅速にケースより抜き取ることはグロースを防止し命數を延長す。

尙ケースの命數は嚴密なる意義に従へば單に使用回數によりて其の成績を比較すべきでなく、寧ろ使用時間換言すれば鋼塊を保持すべき總時間を考慮に入る可きものと思ふ。例へば小型1.2tケースは

鋼塊の保持時間約4時間なるに對し、100t型は凡そ20時間を要す。此の一事を以てしても大型ケースが小型ケースよりも命數の短きことを證明し得るものである。次に四角型、八角型各種ケースと鋼塊保持時間とを参考に供する。(第14表)

第 14 表

ケース	型式 噸數	型										
		四角型		八角型								
鋼塊保持時間		1.2	2.4	3.2	6.5	8.5	13	16	35	50	70	100
		4	5	5	6	4.5	8	8	10	13	15	20

次に甲板型ケースは使用中長邊の内面に生じた龜甲型龜裂を切削し再使用することあり。此の成績例へば65t板型に對する6個の平均値は9回である。畢竟表面グロースの最も發達せる部分を除去しても既に相當深さ迄大小の差はあるが、グロースを起し居ることと、鑄物に最も重要なる鑄膚面を切削し内部粗雜面を露出する結果、此種の材質が腐蝕或は摩耗等に抵抗力少なきと同様、長命を維持し得ざるものと考へらる。

## 第 7 章 結 論

設計、化學成分、配合銑鐵品種、鑄造方法、燒鈍及び使用條件が如何にインゴット・ケースの品質を左右するものであるかは既に述べた處で盡した積りである。今此の内鑄造方法及び使用條件の2項を實地的に見て大體一定し、其の他の設計、化學成分、配合銑鐵品種及び燒鈍の4項目を幾分改良し、著者の云ふ理想を八角型8.5tケース(第1章の各圖参照)に應用したものを表にしたものによりて明瞭なる如く、製造番號の漸次進むにつれて命數の延長改善の跡を認め得るのは事實である。若し夫れ經費と時日に餘裕ありて著者の稱する全條件を満足するインゴット・ケースを作製することが出来れば、一層の良成績を得るものと信ずる。

就中容易に實驗し得るものは鑄造後漸冷による自己燒鈍へマタイト銑鐵使用の如き例である。尙表によると滿俺量1%を越ゆるものは、それ以下のものよりも成績が劣る様に見えるが、之は全然硫化滿俺の影響で本ケースに關係して化學成分に對する實驗は進行中であるが著者の稱する滿俺量に對し硫黃さへ析出しなければ充分信頼し得るものなることを附言する。尙化學成分中本表によりて明瞭なるは炭素量4.0%を超過するもの多數なるは結局燐、硫黃量を低下し様として瑞典銑鐵を多量使用せし爲に外ならない。此の結果は黑鉛が鳥の足跡型(星狀)に發達し、龜裂を容易ならしめる懼れが少ない。此の點は一層研究の餘地がある。従つて製造方法及び使用方法に萬全を期することが出来れば本ケースに對して7、80回の命數を保持せしむることは至難の業では無いと考へられる。

## 文 獻

1. Metallurgy of Cast iron (by Mr. Hurst)
2. Cast iron for Diesel Engines (by Mr. A. Campion)
3. 機械學會誌 第廿九卷 第一〇六號  
ディーゼル機關の鑄物に就て (松浦春吉氏)

八種五百種「インゴットケース」の寿命数及ボス四項目

ケース番號	化學成分										使用鉄鉄 新材、石材	焼鈍	設計	計	命 數
	T.C		Si		Mn		P		S						
	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下					
No. 1.	3.64	3.73	1.80	1.60	2.58	1.92	.036	.042	.328	.020	600°C x 4 hrs.	A	A	21	
No. 2.	3.74	4.21	1.80	1.60	3.75	2.51	.031	.042	.370	.030	全上	A	A	3 一回破壤	
No. 3.	3.67	3.96	1.90	1.60	2.57	1.92	.042	.057	.370	.025	全上	A	A	26	
No. 4.	3.61	3.61	2.10	2.00	3.30	1.91	.031	.058	.353	.029	700°C x 10 hrs	A	A	36	
No. 5.	3.74	3.71	2.30	1.90	2.93	1.71	.049	.044	.353	.027	全上	A	A	23	
No. 6.	3.47	3.67	1.60	1.66	1.21	1.88	.293	.048	.044	.019	全部新材	A	A	47	
No. 7.	3.83	3.67	1.74	1.74	1.91	1.87	.043	.039	.076	.021	全上	A	A	43	
No. 8.	4.00	3.60	1.84	1.92	1.87	1.87	.039	.038	.065	.018	全上	A	A	31	
No. 9.	4.23	3.80	2.08	1.74	1.91	1.85	.042	.049	.459	.026	全上	A	A	40	
No. 10.	3.80	3.60	1.50	1.60	1.75	1.85	.046	.043	.034	.024	全上	A	A	36	
No. 11.	3.93	3.87	1.38	1.45	1.75	1.49	.028	.025	.308	.025	全上	A	A	47 使用中	
No. 12.	3.87	3.87	1.46	1.34	1.65	1.49	.036	.032	.147	.026	全上	A	A	13	
No. 13.	3.78	3.70	1.43	1.41	1.02	0.99	.044	.044	.046	.035	全上	A	A	40 使用中	
No. 14.	3.96	3.80	1.35	1.32	0.83	0.79	.045	.042	.064	.039	全上	A	B*	57 使用中	
No. 15.	4.31	3.83	2.01	1.55	1.02	0.99	.044	.044	.054	.030	全上	A	B	68 使用中	
No. 16.	4.47	3.92	1.50	1.46	0.86	0.83	.039	.041	.057	.036	全上	A	B	49	
No. 17.	4.15	3.75	1.81	1.63	0.86	0.82	.043	.043	.061	.044	全上	A	B	63	
No. 18.	3.96	3.80	1.35	1.32	0.83	0.79	.045	.042	.064	.039	全上	A	B	55 使用中	
No. 20.	3.88	3.73	1.46	1.18	0.92	0.86	.047	.044	.042	.030	全上	A	B	12 使用中	
No. 21.	4.16	3.93	1.18	1.13	0.83	0.79	.048	.048	.070	.042	全上	A	B	42 使用中	
No. 22.	4.01	3.93	1.18	1.18	0.86	0.86	.041	.046	.074	.037	全上	A	B	41 使用中	
No. 23.	4.36	3.82	1.27	1.22	0.92	0.89	.056	.056	.058	.034	全上	A	B	49 使用中	
No. 24.	4.17	3.79	1.18	1.22	0.76	0.73	.039	.039	.048	.041	全上	A	B	47 使用中	

備考

1. 鑄造方法は大体一定す

2. 使用状態は大体一定す

3. 使用新鉄鈹

- (イ) 熔融温度 1,300°C ~ 1,350°C
- (ロ) 鑄造温度 1,280°C 昇温
- (ハ) 鑄込速度 40秒 ~ 50秒
- (ニ) 鑄型に保持日數 4日 ~ 5日 (尚800°C位)
- (イ) インゴット材質モリブデン鋼
- (ロ) 鑄造温度 高温度鑄鋼
- (ハ) 鑄込速度 7分 ~ 8分
- (ニ) インゴット保持時間 4.5 時間
- 瑞典鈹及大竹鈹
- 現在は本溪湖鈹(大竹鈹代用)

結論

1. 化学成分から見た85tケースの寿命は滿倚量 1%以下を良好の如く見ゆ但し同時に硫黄0.3%の上部析出を見逃してはならぬ。
2. 古材使用は如何なる程度に影響して居るか断言出来ぬ。
3. 燒鈍を 600°C x 4時間 から 700°C x 10時間に變更したのは髓に効果を認める No. 2 の如き 3回は使用したものの、初回に龜裂を生じたのは硫黄の影響も鮮少でないが主として燒鈍の不足からである。
4. 設計をA型からB型にしたのは改良の偉大なるもの No. 14 以下の好成績は硫黄の析出の減少と相俟つて本原因の爲と見られる。

(吳鋼研報 180號附表)

附圖 Octagonal Ingot Cases. (3-10調)

