

4. 使用方法に関する研究

鑄型および定盤の原単位に対して、使用方法は設計および材質と共に重要な役割りを演じている。同一設計・同一材質の鑄型も使用工場が異なれば、必ずといって良いくらい寿命に差が認められ、廃却原因もまた異なり時としては全く相反する傾向が現われる。この原因は全く使用方法の相違にもとづくものである。

製鋼工場においては、鑄型原単位の低下をはかるために使用方法の改善が常に関心事であるのは当然であり、また鑄型製造者にとつても、使用条件に適合した材質を選定するためにゆるがせにできない問題となつている。

先の日本鉄鋼協会研究部会・鑄物部会・鑄型研究会（昭和23～28年）の研究経過をみると、終戦後の材質不良の時期をようやく脱しかけた昭和25年頃より次第に使用方法の研究が注目されてきて、これに関する報告が発表され始めた。しかしながら、同研究会は「使用方法の確立」・「クレージングの防止対策」その他を継続議題としたまま解散した。使用方法には数多くの要素が含まれていて、そのいづれをとつても鑄型（定盤）寿命に影響している。

そこで各工場の実情に適合した使用条件の研究が進められ、これが使用管理方式の確立へと方向づけられてきた。

この章では首題に従つて“使用管理について”“使用方法と寿命との関係”“鑄型の内面荒れの発生機構とその防止策”“鑄型の補修について”の4項についてとりまとめた。各項の重要点および内容を概説すれば次のとおりである。

第1項： 使用管理の現状、およびこの面に作業改善がどのように取り入れられているか、また良鋼塊を得ることと鑄型寿命を向上させることにどのような注意が払われているかを述べ、さらに各工場が当面している問題点、および将来における問題点とその解決策について実情を述べた。

第2項： 各種の使用条件と鑄型寿命との関係について具体的な報告事例をまとめ、使用方法の改善が鑄型寿命の向上にきわめて効果があることを示し、使用管理の裏付けとしたものである。

第3項： 当面している大きな課題の一つであるクレージングまたは剥離などの鑄型廃却の大きな部分を占めている内面荒れの機構について、これまでの研究をまとめ、鑄型の使用 방법이内面荒れと密接な関

係があることを示した。研究室的に熱割れ性試験は今日鑄型材質の確性試験の重要な手段として利用され、実際面では使用方法の良否がクレージング、ひいては鑄型寿命の決定に与つていることは注目される。

第4項： 鑄型補修は従来小規模に、場当りのに行なわれていたが、ここ数年の間に大規模にまた日常作業的に実施されるに到つた。鑄型補修によつて原単位が低下し、價格的に補修費をまかなつてなお充分な利益がえられ、鑄型費の低減に大きな役割りを果している。補修は機械的補修と溶接補修に大別され、各工場で実施していちじるしく効果をあげている。この方面では八幡製鉄およびそれに続く数社の果した先駆的な役割りは特筆に値するものであろう。

製鋼工場の使用方法によつて主導的に鑄型・定盤の死命が制せられているといつても過言ではなく、設計および材質の面で一応ある水準に達している現在において、鑄型原単位の低下に大きく貢献するものは使用方法の改善であろう。鋼塊t当りの鑄型消費量を10年前と5年前あるいは5年前と現在において比較した場合、今日では4kg/t前後のものもあるが、各工場間の鑄型消費量の差は歩一歩と短縮されている事実は、この間の事情を如実に物語るものであり、また本分科会の使命が着実に達成されつつあることを示すものであろう。

4. 1 使用管理について

鑄型および定盤の使用管理は良質な鋼塊の製造および使用原単位の低下を目的としている。使用管理については第4.6回（昭和32・33年）分科会でアンケートをもとめ、またその後各社から活発に報告が行なわれた。

4.1.1 受入検査

一般に鑄型および定盤の受入時に外観・形状・寸法などを検査する。^{M-37)} 寸法公差については2.4.1に詳述されているが、鑄型寸法の変動は圧延歩留りに影響し、とくに大形鋼塊になるほどこの影響は軽視できない。^{M-119)} また鑄型と定盤あるいは鑄型と押湯枠との接触不良は湯もれや鑄張りの原因となるので、平坦度も必要な検査条件である。その他鑄巣・偏肉・内面の反りなどの使用上有害なものは受入時の検査で発見され、軽度の欠陥は手直しの後に使用される。

4.1.2 鑄型・定盤の使用前の温度の管理

鑄型使用前の温度は高すぎてもまた低すぎても鑄型の寿命および鋼塊性状に悪影響があるが、現在その基準は40～150°Cの範囲内にある。

表 4・1・1 使用前鑄型温度の測定結果

会 社		鑄 型 の 使 用 前 温 度		
工場名		型 別	使 用 前 温 度 (°C)	測定方法
1	日本製鋼 室 蘭	鍛造用 扁平型	(乾燥) ¹⁾ 60~70 設置せず	—
2	富士製鉄 釜 石	K69	ピット78 (57~100) ^{2,3)} 注入台67 (18~115)	上部より 200 mm 下テンピ ル・ステ ック
3	大同製鋼 平 井	丸 (小型)	平均68 (σ=5) 基準60	—
4	日 本 特 殊 鋼	丸 R800 kg R350 kg	40~100 (最高140) 40~100 (高最140)	表面温度 計
5	日本鋼管 川 崎 (平炉)	T (下広It) No. (下広 丸) K62, K60A KH 60	平均65(30~110)基準50~80 100~130 (30~200) 50~150 110, 72 (30~150) ³⁾ 60~130 ³⁾ 50~100	接触温度 計・(ラン ド表面温 度計)
6	日本鋼管 鶴 見	扁 平 型 (大形・ 小形)	基準 ³⁾ 60~70	時 間— 温度曲線
7	大同製鋼 星 崎	角 1,200 kg 角 2,000 kg	平均 目標 ⁴⁾ 73.2 (45~120) 60~100 平均 80.4 (45~120)	上中下の 平均サー ミスタ 温度計
8	住友金属 製 鋼 所	圧延用 角It 9	実測 基準 ⁵⁾ 30~70 40~50	接触温度 計
9	川崎製鉄 荻 合	—	平均 基準 ³⁾ 58.7 (35~95) 40~70	Cu-K 熱電対
10	神戸製鋼	K 3 T 4 T 1.2T	基準 ³⁾ 60~90	ランド表 面温度計
11	富士製鉄 広 畑	—	目標 50~100	触 感
12	八幡製鉄	下広 { C-61 B-8 B-10 押 V S 61 湯 S B 10 付 S B 15	平均 63.2 (40~80) ³⁾ 108 (70~130) 67.8 (50~120) 70.5 (50~100) 48 (40~50) 50.5 (40~60)	上部より 300~600 の内面・ 表面温度 計
13	備 考	1) カンテキ (木炭使用) 2) 下部高温部は 150~200°C におよぶこともある。 3) 常時測定は行なわず、使用頻度の規正による。 4) 予熱により下部を規正する。 5) 引抜後直ちにシャワー水冷		

表 4・1・1 は各工場の使用前の温度の実測値と基準を示すものであつて、フク (輻) 射高温計・サーモカップル・テンピル・ステック・触感によつて测温して管理する工場もあり、また鑄型の型抜後の放置時間を規制することによつて鑄型温度を管理する工場もある。新規の鑄型や長らく放置してあつた鑄型を使用する場合には、薪・木炭・

ガスによつて加熱する方法、または型抜後の鑄型を周囲に立てかける方法、型抜後の小鋼塊を鑄型内にそう入する方法、ナマシピットの上部に置く方法などによつて予熱を行なつてゐる。

富士鉄・広畑^{M-121)} では扁平大形鋼塊用の上注定盤の温度変化を測定し、定盤 (中心部) の使用前温度は表 4・1・2 に示すように、型抜時間および鋼塊積込みまでの

表 4・1・2 定盤の注入前温度と使用間隔の関係

注 入 前 度 温 度	型 抜 時 間	鋼 塊 積 込 時 間	使 用 間 隔	使 用 頻 度
°C	h-min	min	h-min	回/日
200	1～20	20	9～40	2.46
150	1～20	20	12～40	1.88

時間を一定とすれば、使用間隔によつて定盤の使用前温度が管理できることを見出した。

4・1・3 使用中の鑄型配置

使用中に隣り合つた鑄型の間隔が狭いと、その向き合つた面は高温になりやすい。八幡製鉄^{M-38)} では 4.3 t 鋼塊用 C-61 型の相接した二面の中央部にサーモカップルを埋込み、その一面は隣接鑄型と頭部で 200 mm の距離に置き、他の面は開放して高炭素セミキルド鋼の鑄込後の温度変化を測定した。その結果は図 4・1・1 に示すとおり

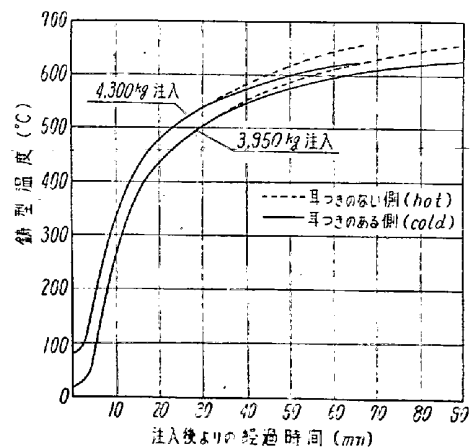


図 4・1・1 隣接鑄型の有無による鑄型壁温度上昇の相違

はだしい。数社では下注定盤の注入管を中心としてフク (輻) 射状に鑄型を配置することが行なわれている。^{M-37)} 多数の鑄型を同一定盤上で使用する場合には、つねに同一関係位置に同一鑄型がくるような作業はさけるべきである。中山製鋼^{M-37)} では鑄型をその使用回数によつて区分して、新鑄型を主道上に置き、旧鑄型を外側に配列して、型割れによる湯もれの防止および鑄型寿命の延長を図つた。

4・1・4 鑄込方法の管理

鋼塊の鑄込方法は鋼種・鋼塊形状・鋼塊重量によつて異なる。一般にリムド鋼・セミキルド鋼・キルド鋼の順に使用条件は酷なものとなるが、各鋼種に応じた合理的な鑄込条件の採用によつて鑄型寿命の向上が図られている。同一鑄型に鑄込まれる鋼種または品種別によつて鋼塊肌に対する要求が異なる場合には、八幡製鉄^{M-82} 鋼管・川崎^{M-70} 富士鉄・釜石^{M-91} の例に見られるように、鑄型の内面は使用回数が増すほど損傷がはなはだしくなるので、鑄型の使用回数の限度によつて区分して、内面荒れの少ない鑄型に高級鋼を、内面荒れの進行したものに普通鋼を鑄込む方法がとられている。

溶鋼の鑄込温度は低いほど鑄型に対する悪影響は少ないが、鋼質にも影響するので鋼種との関連において決定される。最近溶鋼の温度測定技術が進歩して、溶鋼の温度管理が容易となつたため、鑄込温度のばらつきが小さくなり、不必要な高温鑄込は防止されている。大容量の取鍋にダブルストッパーをつけて（八幡製鉄 他^{M-111}）、鑄込時間の短縮を図ることも鑄込温度の管理に有効である。また上注鑄型に注入漏斗を使用し（神戸製鋼^{M-78}）、2本以上の鑄型に同時に鑄込む方法も同様に有効な手段である。

上注法と下注法の選択は鋼種によつて決定されることが多いが、時としては両者を併用している工場もある。上注法と下注法とでは、溶鋼の動揺および飛散・湯上り速度・鑄型の温度分布などに差があり、一般に上注鑄型の寿命は不良である。神戸製鋼^{M-78}では押湯付上広 K3 TH型(3,500 kg)を上注・下注に混用しているが、ある程度下注に使用した後に上注に向ける作業方法をとっている。下注法において湯道の方向性による湯上りの偏りのために起る溶損を防止する方法として、二重定盤の使用は有効である。^{M-37} 大同・平井^{M-97}では、上注鑄型において取鍋のノズルと鑄型の中心線を合致させるため

図 4-1-2 に示すような照準具を使用し、溶損の防止を図っている。

4-1-5 型抜時間

昭和 34 年 1 月の調査によつて各社から報告されたデータについて鋼塊重量と型抜時間の関係を見ると、キルド鋼用鑄型においては図 4-1-3、リムド鋼用鑄型においては図 4-1-4 に示すとおり、

当然鋼塊重量が大きいほど型抜時間は長く、またキルド鋼はリムド鋼より型抜時間が長く 10 h 近いものもあつた。

特殊鋼は鋼塊割れが生じやすいので型抜時間の選定が

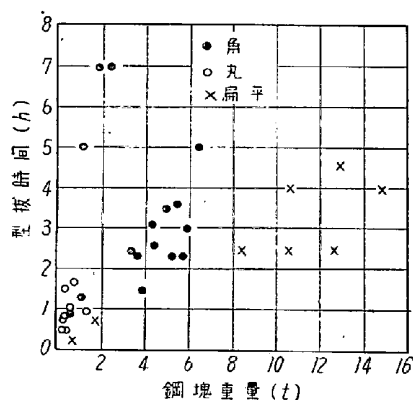


図 4-1-3 鋼塊重量と型抜時間 (キルド鋼用鑄型)

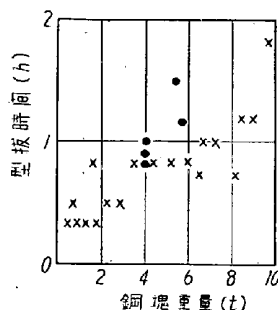


図 4-1-4 鋼塊重量と型抜時間 (リムド鋼用鑄型)

難かしく、一般に型抜時間が長い、大同製鋼^{M-97} 日本特殊鋼などでは鋼塊を別途に鈍す方法によつて型抜時間を短縮し、鑄型寿命の向上を図つた。八幡製鉄^{M-38}で第 1 製鋼の鑄型原単位を長期にわたつて調査し使用条件との関係を求めたところ鋼塊品質の向上のために型抜時間を延長した鑄型は鑄型原単位が増大する傾向が認められた。川鉄・千葉^{M-37}で C10C40 本に

ついて使用方法を研究し、使用頻度を 8 h に規定した場合に型抜時間が早い方がよい結果を得た。

富士鉄・広畑^{M-121}で扁平大形鋼塊用の上注定盤の使用中の温度を測定し、図 4-1-5 に示すとおり、型抜時間の

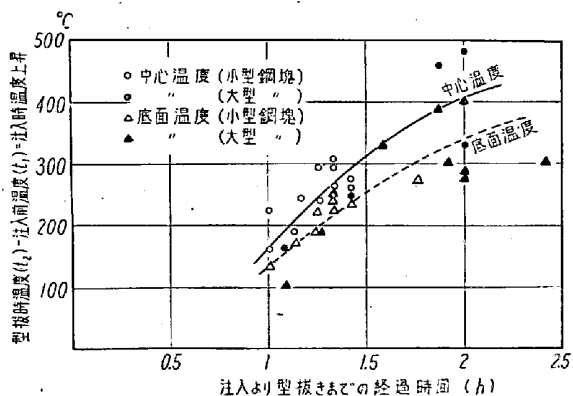


図 4-1-5 熱塊保持時間と定盤温度上昇との関係

長いほど定盤の温度上昇値が高いことを確めた。また型抜後熱塊を定盤上に放置する時間が長いほど定盤の温度上昇は増大する結果を得た。

4-1-6 鑄型の冷却方法

鑄型は型抜後自然放冷されるのが最もよいとされているが、国内では表 4-1-3^{M-37}に示すように自然冷却（扇

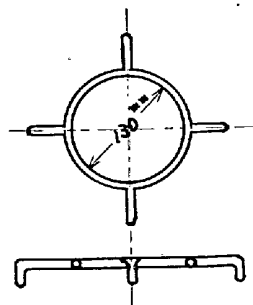


図 4-1-2 上注用照準具

風機による強制通風も)が多く行なわれている。一方鋳型の水冷は2社で部分的に行なわれている。

表 4・1・3 型抜後の鋳型冷却方法 (昭和31年)

冷却方法	空 冷	冷却台上放冷	水冷または空冷
実施工場数	13	8	2

型抜後の冷却にさいして冷却台を使用し、鋳型の内外面から自由に空気を循環させて冷却する方法は有効であつて、八幡製鉄^{M-37, 38, 61)} および鋼管・鶴見^{M-37)} から冷却台設置による鋳型原単位の低下が報告された。鋼管・川崎^{M-95)} で1 t 鋼塊用ガスマン鋳型を平炉および転炉工場において使用しているが、キルド鋼鋳込時に鋳型の温度変化を測定した結果、図4・1・6に示すとおり、冷

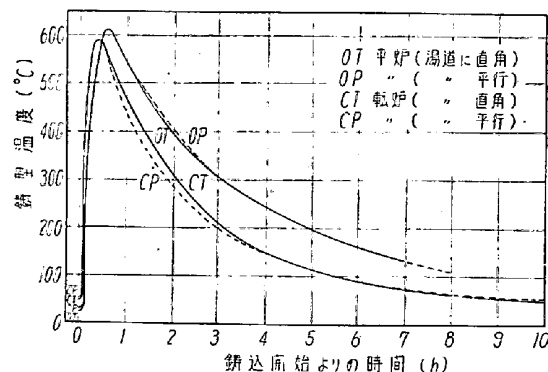


図 4・1・6 平炉、転炉工場間の鋳型温度の差

却台の有無によつて冷却速度が異なり、平炉工場では冷却台を有せず型抜後直ちに他のピットに据付けて冷却されるが、ピットは地面から1,400 mmの深さであるため冷却は緩かである。転炉工場では型抜後冷却台上で放冷されるために冷却が速やかである。自然放冷における通風の影響も考慮を要する点であつて、図4・1・6において冷却台上で風上側にあつて最初の間は冷却の早かつた面 (CP) が冷却途中で別の鋳型が風上側に置かれたために、時間がたつにつれてかえつて通風路にあたる他の面よりも高い温度を示した。冷却台は地上に古軌条などの鋼材をしきならべる方法や、任意の高さに構築する方法がとられている。

鋳型置場の面積・鋳型常備本数などの関係で、自然冷却では次回使用前の温度が高すぎる場合には鋳型の水冷 (浸漬またはシャワー注水) が行なわれることもある。住金・製鋼^{M-74)} ではキルド鋼用押湯付上広鋳型 (1.9 t 型) について次のような冷却を行なっている。鋼塊を鋳込後約5 hで型抜きし、型抜後直ちにシャワー注水で冷却し (1~2 h)、水冷後直ちに鋳型塗料を塗布している。塗布時の鋳型温度は50~70°Cである。

4・1・7 鋳型の常備本数および使用頻度

鋳型の常備本数が出鋼量に対して過少なときは使用頻度が上昇する。しかし鋼塊を注文生産している工場では型別に充分な鋳型本数を常備するには困難を伴うことが多い。昭和31年の調査^{M-37)} において鋳型の常備本数の増加あるいは合理的な決定を必要とする工場が6工場に (24%) 達していた。

鋳型の使用頻度は出鋼間隔および常備本数によつて定まるが、鋳型の型抜時間・冷却方法・使用前温度などの要素を考慮して、合理的な管理が必要である。図4・1・7および図4・1・8は昭和34年に調査したキルド鋼およびリ

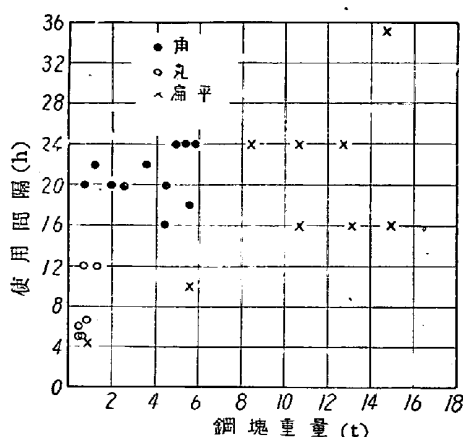


図 4・1・7 鋼塊重量と使用間隔 (キルド鋼)

ムド鋼鋳型の鋼塊重量別の鋳型使用間隔を示すものであつて、キルド鋼は一般にリムド鋼より使用間隔が長くなつてゐる。また鋼塊重量が大きくなるほど使用間隔が長くなり、1 t 前後の

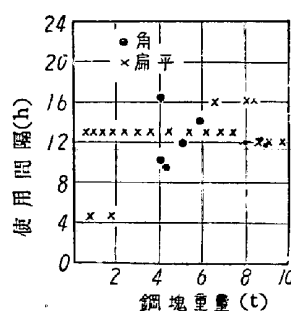


図 4・1・8 鋼塊重量と使用間隔 (リムド鋼) が多い。表4・1・4に示すようにキルド鋼用鋳型ではほとんど何れの工場でも内面の清掃を行ない、その他の鋳型でも清掃を行なつてゐるものが多い。内面清掃にはワイヤブラシが最も多く使用され、ヘラまたはグラインダーを併用する場合もある。

回/日の使用頻度のものもあるが、2~5 tの鋳型では概して1~2回/日の使用頻度となつてゐる。

4・1・8 鋳型内面の清掃

鋼塊の表面欠陥を防止する目的で使用後に鋳型内面の清掃を行なつてゐる工場

表 4・1・4 鋳型内面清掃の現況
a 鋼種別

鋼 種	工場数	清 掃 実 施 工 場
リムド鋼用鋳型	12	7
キルド鋼用鋳型	9	8
併 用 鋳 型	5	4

b 清掃方法

清 掃 方 法	工場数
ワイヤブラシ	16
ヘラまたはワイヤブラシ	5
グラインダーまたはワイヤブラシ	1
清 掃	1

4.1.9 鋳型塗料

鋳型内面に塗料を塗布することは鋼塊表面性状を良くする上に効果があり、またクレーシングの発生を遅らせて鋳型寿命を向上すると一部から報告されている。^{M-37)}

わが国で使用されている鋳型塗料^{M-37)}は表 4.1.5 に示すとおり、タール系または石油系のものが多く、このうちタール系のものを使用する工場がやや多いようである。この他黒鉛質塗料やアルミニウム粉末の塗布が一部の工場では実施されている。鋳型塗料は鋼種別にはキルド鋼用の鋳型に使用されることが多い。

表 4.1.5 現用の鋳型内面塗料使用例

塗 料	工場数
市販品およびその混合	12
タールまたはタール系	3
ピッチ+クレオソート	1
重 油	3
アスファルト系	2
油 系	1
黒 鉛	1
鋳型塗料	1

表 4.1.6 内面塗料塗布方法

塗 布 方 法	工場数
スプレーガン	10
ブラシ+スプレーガン	1
エア+スプレーガン	2
布 切+スプレーガン	2
柄 杓+スプレーガン	1
噴霧バーナー	1
布	4
刷 毛	1

鋳型塗料の塗布方法^{M-37)}は表 4.1.6 に示すとおり、スプレーガンを使用する工場が多いが、一部では手塗りも行なわれている。塗布時の鋳型温度は引火性の塗料を使用する場合には発火を避ける意味もあつて最高 150°C 以下であり、70~80 °C に基準を置いている工場が多い。

表 4.1.7

廃 却 決 定 者	工場数
役 付 工	1
役付工または技術者	2
技 術 者	2
技術者または係(掛)長	10
係 長 以 上	9

4.1.10 廃却基準

鋳型の廃却の決定は表 4.1.7 に示すように、^{M-37)} 多くは技術者によつて行なわれる。

鋳型の廃却基準は各工場によつて異なるが、割れおよび内面荒れについてまとめると表 4.1.8 に示すように半定量的に実施している工場が多い。割れについては長さ

表 4.1.8 鋳型廃却基準

a 割れ b 内面荒れ

廃 却 基 準	工場数
割れの長さによる	7
程度による	5
割れの巾による	4
割れが内外面にとおるとき	4
鋼塊性状が不良になるとき	3
横割れが2面以上するとき	2
鋼塊にヒレが出るとき	2
型抜不良のとき	1
破損の恐れあるとき	1
溶接補修不能のとき	1

b

廃 却 基 準	工場数
型 入	6
型抜困難	5
鋼塊表面不良	5
程度による	5
クレーシング跡が残る	1
鋼塊に引掻疵が残る	1
深さ 3 mm 以上のとき	1
剥 離	1

によるもの (1 m 以上, 250 mm 以上, 全長の 1/3, 1/2) あるいは幅によるもの (2~5 mm 以上) と定量的な基準を設けている工場もある。内面荒れについては荒れの面積 (富士鉄・広畑^{M-80)} あるいは基準写真 (神戸製鋼^{M-78)}) による方法もとられている。

八幡製鉄^{M-81)}では製造鋼種のうち鋼塊肌の特に美しい

ことを要求されるものと一般材にわけ、管材・珪素鋼板用の鑄型は 30 回、軌条鋼用鑄型では 80 回を限度にして、あとは一般材にふり向けている。同様な管理方式が鋼管・川崎^{M-70)}でも行なわれ、40・80回を限度として鑄込鋼種の選択を行なっている。また富士鉄・釜石^{M-91)}でもこの方式を採用している。

鋼管・川崎^{M-120)}では大経管用丸鑄型について廃却基準を検討するために、No. 3C, No. 4C, No. 8C 型のそれぞれについて、使用回数 0~20 回を新鑄型・100~120 回を旧鑄型として同一条件になるように使用して、それぞれの鑄塊肌を検査し、新鑄型は鋼塊肌を悪化する率が少ないことをたしかめ、新旧鑄型による鋼塊の疵取費の傾向をもとめそれと鑄型費から、合理的な廃却基準(寿命)は鋼塊疵取費と鑄型費が最小になるような微分式から求められるとして、この算式による廃却基準と実際のものとを比較し、現在の廃却基準が妥当であることを確めた。

4・1・11 使用管理上の主眼点および問題点

使用管理上それぞれの工場の特殊性が問題となる。造塊場の面積・造塊設備・通風の良否等多くの変更を許されない使用条件があり、各工場によつて実情は大きく異なっている。前記の各項目に盛られなかつた点の補足的意味も含めて、昭和 34 年(第 7 回分科会)に各社から報告された、使用管理上の主眼点・使用管理上の現在の問題点・将来予想される出鋼量の増加と造塊能力のアンバランスの解決策についてとりまとめた結果は次のとおりである。便宜上各報告工場に符号をつけ、富士鉄・室蘭^{(イ)^{M-89)}}、富士鉄・釜石^{(ロ)^{M-91)}}、日本特殊鋼^{(ハ)^{M-95)}}、鋼管・川崎^{(ニ)^{M-96)}}、大同・平井^{(ホ)^{M-97)}}、大同製鋼^{(ヘ)^{M-102)}}、住金・製鋼^{(ト)^{M-105)}}、八幡製鉄^{(チ)^{M-111)}}…数字はそれぞれの製鋼工場を示す)とする。

A 鑄型管理上の主眼点

- 鋼塊重量のばらつきを小さくするための鑄型寸法の管理^(ロ)。
- 新鑄型使用前には予熱^(イ)、使用前温度の管理^(イ, ニ, ヘ, ト, チ)。鑄型塗料塗布時の鑄型温度の管理^(ロ, ハ)。
- 鑄型内面の清掃の励行^(ハ)、内面検査の励行^(ト, チ)。
- 上注ぎによる鋼流の偏心防止^(ホ)。
- 使用頻度(常備数)の管理^(ロ, ニ, チ)。型抜時間の短縮^(イ)。
- 溶鋼の温度管理^(イ)。
- 使用中の鑄型配列の管理^(イ)。
- 鑄型の使用回数により鋼種を変更^(ロ, ニ, チ)。

- 鋼種との関連における廃却基準の合理化^(ロ)。
- 鑄型補修の早期実行^(ハ, ニ, ト, チ)。内面切削による鑄型の更新使用^(イ)。
- 鑄型履歴簿の整備による廃却原因の調査^(ニ)、同じく使用条件と寿命との関係の検討^(イ)。

B 使用管理上の現在の問題点

- 鑄型温度の管理について：耳つきでない鑄型壁が常に隣接鑄型と接しているため鑄型寿命を悪化^(ロ)、冷却の遅いピットにおける適切な冷却方法^(ロ)、鋼塊型抜時の温度管理^(イ)。注入時間の延長^(チ 4)。
- 使用頻度について：生産鋼種が時期的に集中した場合におこる鑄型酷使の解決^(ヘ, チ 2・3)。
- 使用限度について：特定の鋼種は内面荒れの程度で鑄型の使用を中止するが、その使用中止鑄型の処置^(チ 1)。
- 鑄型の整理統合について：小形鑄型使用により多数の鑄型の準備を必要とし、また注入時間が長くなるので鋼塊の大形化を図っている^(イ)。鋼塊単重および形状の単純化による造塊作業能率の向上^(イ)。
- 設備能力その他について：鑄型処理場の狭隘^(チ 4)。炉の配置に起重機の配置が適合しないために、出鋼、注入作業および鋼塊処理作業が阻害され勝ちで、出鋼予定表を組む上に常に注意を要する^(チ 2・3)。鋼塊鈍しピットの不備^(イ)。真空鑄造の採用に伴う造塊上の諸点^(イ)。

C 将来予想される出鋼量の増加と造塊能力のアンバランスの解決策

この頃については特に最近の酸素製鋼の進歩による出鋼量の増加に対する意見を求めたものである。

- 鑄型常備数の増加：特に集中生産されやすい鑄型について、必要限度に常備数を増す^(ニ)。
- 鑄型の整理・統合：使用鑄型の種額を出来るだけ統一し、また鑄型の大形化をはかる^(イ)。
- 設備の増新設：鑄型冷却能力の向上をはかる^(ロ, ニ)。ストリッパークレンの増設、鑄型処理場の増・新設による台車注入鑄型鋼塊の輸送の円滑化、蓋置装置の改良設置、鑄型冷却場への引込線の新設^(イ)。
- その他の使用方法：注入法の検討、鑄型の手入れおよび塗装の合理化、強制冷却法の考慮^(イ)。

4・2 使用方法と寿命との関係

鑄型使用方法については前項に主として使用管理に関して詳述した。鑄型の使用法は直接鑄型寿命に関係し、これに関する報告も少なくない。

4.2.1 注入鋼種と鋳型寿命

八幡製鉄^{M-112)}でリムド鋼注入回数の多いT工場のC61型と高炭セミキルド鋼の注入回数の多いH工場のC61型との月別の廃却鋳型の使用成績を比較した結果、図4.2.1に示すように、H工場のC61型の寿命はT工場の

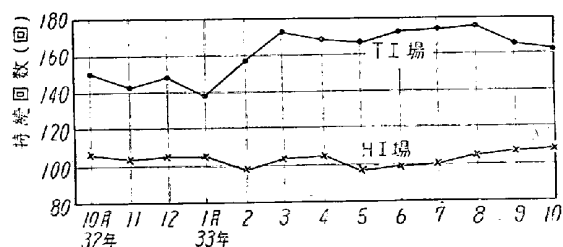


図4.2.1 最近1年間における月別C61型の持続状況
ものより50回前後低かつた。この原因は主として鋼種の相違によるものと思われ、同一鋳型にリムド鋼・セミキルド鋼を交互に鋳込んで鋳型の温度上昇を観察した結果リムド鋼は注入温度が高いにもかかわらず、注入後10～20分たてばセミキルド鋼の方がリムド鋼よりも鋳型温度が高くなる傾向を示した。従つてリムド鋼と高炭セミキルド鋼の鋳型寿命に対する影響は、後者の方が注入後の鋳型温度の上昇率が大きく、また最高到達温度も高くなる傾向があるため、高炭素セミキルド鋼の注入回数の多いH工場の方が鋳型寿命が低くなるものと思われる。これに關係して、同一トリベより製作した2本のC61型について、一方はリムド鋼専用とし、他方は高炭セミキルド鋼専用として、極力型抜時間等の要因を同一条件にして使用した。40回使用後の鋳型内面のクレージングを比較するとリムド鋼専用鋳型の方が軽微であつて、かつクレージングの現われ方にも差があり、クレージング周辺の突出部はリムド鋼専用鋳型には認められず、高炭セミキルド鋼専用鋳型には認められた。

川鉄・知多^{M-63)}では1t鋼塊用H型を電気炉工場で使用したさいの各月別の珪素鋼板の生産比率と鋳型寿命との關係を調査した。39カ月の珪素鋼板生産比(x%)と鋳型寿命(y回)との相関關係をもとめ、図4.2.2に示すよ

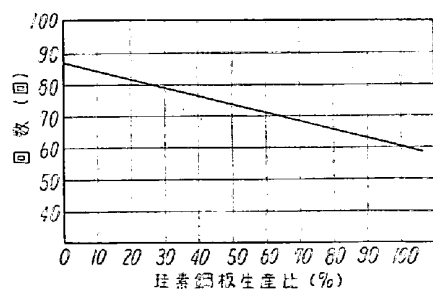


図4.2.2 珪素鋼板生産比より使用回数
の推定

うな結果を得た
回帰直線は(生産比より寿命推定)

$$y = 87.078 - 0.24779x$$

$$(r = -0.35299)$$

となり、5%の危険率をもつて

珪素鋼板用鋼塊の鋳込み比率が増加すれば鋳型寿命は低下する。

4.2.2 上注法と下注法と鋳型寿命の關係

神戸製鋼^{M-78)}では上広押湯付KT3H型(重量3,500kg)を上注・下注に専用して比較試験を行なつた。上注では注入漏斗を使用して2本同時に注入し、注入速度は約6分/本であり、下注では一定盤4本立で、注入時間は約8分/本であつた。鋳型の使用頻度は何れも1.2回/日であり、型抜時間は両者とも同一で2hであつた。鋳型の使用成績は表4.2.1に示すとおり、下注専用鋳型は上注専用鋳型に比較して約50%の寿命の増加を示した。

表4.2.1 上注・下注別による鋳型使用成績の比較(K3TH型)

項目 鋳入別	試験本数	平均寿命 (回)	鋳型 原単位 kg/t	廃却原因(%)	
				割	荒
上注	13	40.3	27	100	0
下注	14	64.2	17	21	79

廃却原因について見ると上注の場合は割(平上)が100%であり、下注の場合はクレージングによる荒が多い(79%)。割の発生時期は上注の方が早くまた発達もすみやかであり、下注鋳型においては割による廃却鋳型の平均寿命は51回で不良であつた。クレージングの発生位置は上注では鋳型の下部から中央部まで発達するが、下注では下部のコルゲート部に集中して発達し終にはその部分が剝離してしまう。この試験の結果により、上注・下注鋳型の使用規正を行ない、ある程度下注に使用後上注に廻して使用し好結果を得ている。

神戸製鉄^{M-109)}では鋳型納入先であるK社の3t押湯付角鋳型(重量3,850kg)の使用条件を調査した。K社では3t鋳型を下注・上注に併用しているので、個々の鋳型について上注に使用された回数を全使用回数の百分率であらわし、この数を上注率として鋳型寿命との相関を

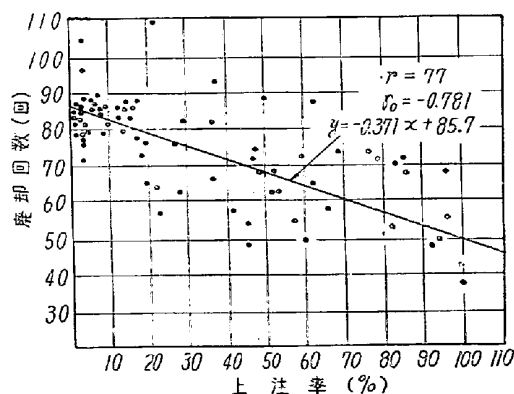


図4.2.3 鋳型の寿命と上注率の關係(3t鋳型)

命との相関をもとめた。使用頻度は鑄型使用回数を使用開始から廃却までの日数で除して得た値をとった。こうして得た使用頻度の度数分布は図4-2-5に示すとおり、計算上の使用頻度は1回/日 前後となつてはいるが、実際には鋼塊を注文生産しているために、33年6月の例をとれば表4-2-4に示すとおりある程度の集中使用を余儀

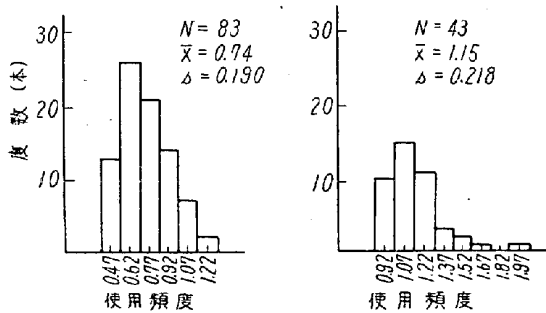


図 4-2-5 使用頻度の度数分布

表 4-2-4 鑄型の実使用状況

型 別	使 用 割 合 (%)				備 考
	1回/日	2回/日	3回/日	>4回/日	
HB8・5	48・0	40・0	11・0	1・0	最高1日使用回数 7 回
HB6・5	47・9	42・2	8・1	1・8	〃 6 回

なくされている。したがって頻度のとり方にやや疑問はあるが、使用頻度と寿命との関係を求めると図4-2-6に示すとおり、使用頻度が増加すれば鑄型寿命が低下する傾向がえられた。

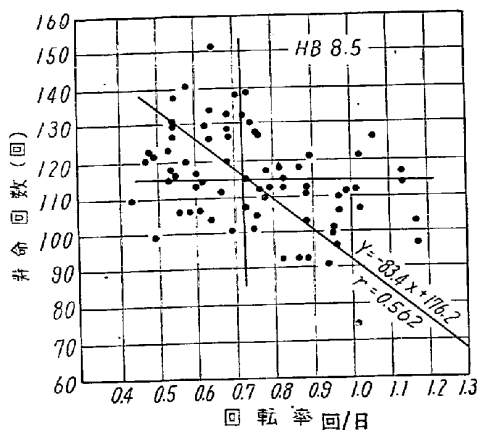


図 4-2-6 a 回転率と寿命との関係

富士鉄・釜石^{M-80)}では昭和32年12月～33年7月の8ヵ月間に廃却された6t鋼塊用K 69型(214本)の使用頻度と廃却原因別寿命との関係について調査した。上注・下注別に鑄型の使用頻度と廃却原因別の鑄型寿命の相関と回帰線をもとめた結果をまとめたものが表4-2-5であり、上注・下注全鑄型の回帰直線は図4-2-7に示す

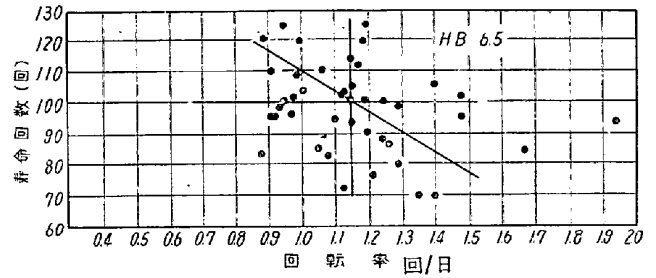


図 4-2-6 b 回転率と寿命との関係

表 4-2-5 上注・下注別の廃却原因別の使用頻度と寿命の関係

注 入 方 法	廃 却 判 定	本 数 (n)	平均回転率 (x̄)	平均使用回数 (ȳ)	回転速度(x) ~ 寿命 (ȳ)
上 注	型 溶	122	1・19回/日	76・7	$y_{11} = -9.52x_{11} + 87.40$
	亀 甲	36	1・21 〃	88・4	$y_{12} = -25.71x_{12} + 119.53$
	縦平下割	22	1・30 〃	71・7	相関なし
	縦側全割	180	1・21 〃	78・3	$y_{10} = -22.76x_{10} + 105.85$
下 注	型 溶	17	1・22 〃	97・7	試料数少なし
	亀 甲	11	0・95 〃	113・2	〃
	縦平下割	6	0・98 〃	111・8	〃
	縦側全割	34	1・13 〃	106・2	$y_{20} = -22.14x_{20} + 131.17$

とおりであつた。この調査の結果から：(1) 下注は上注に比して寿命が約30回長い。(2) 使用頻度(全体として0・8～1・8回/日にバラツク)の増加にともなう鑄型寿命の減少率は上注・下注によつて差はない。(3) 廃却原因別にみると、型溶*1・亀*2(荒・割)には使用頻度と寿命間に相関はあるが、割*3(縦)は使用頻度によつて寿命が左右されない。(4) 廃却原因による鑄型の寿命は型溶のものが寿命が短かく亀(荒・割)のものが長い傾向がありその差は約15回である——ことが判明した。

川鉄・千葉^{M-117)}では鑄型寿命を使用日数で除した使用頻度と鑄型寿命の関係を261本のリムド鋼用C7F10鑄型について調査した。使用頻度が0・61～0・90回/日の間は0・05とびに、それ以外は0・10とびに群別して、各群内の使用頻度の平均と鑄型寿命の平均との関係を図にプロットした結果、図4-2-8に示すような関係が得られた。すなわち使用頻度0・7回/日を境として、これ以上使用頻度が高くて、また低くても鑄型寿命は低下し

*1 溶損または剝離

*2 クレーシングの進行に伴う鑄型の内面あれ、または割れ

*3 たて割れ(平面部は……平、側面部は……側をつける。

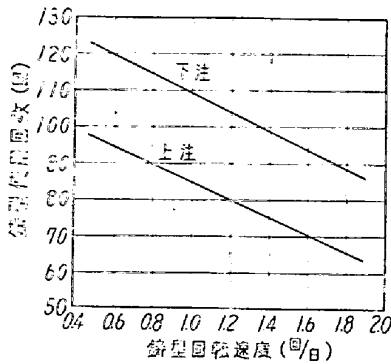


図 4-2-7 上注・下注両鑄型の
回帰直線の比較

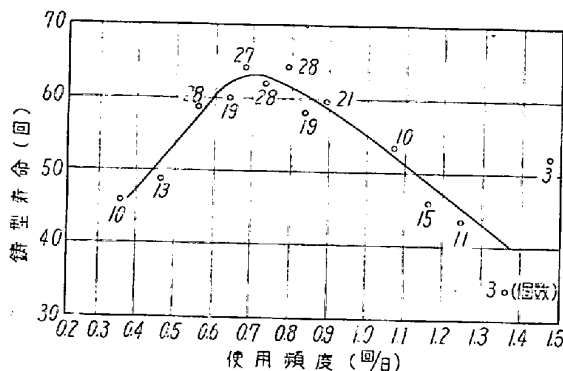


図 4-2-8 使用頻度と鑄型寿命との関係

なかつたために鑄型の温度変化が激しかつたなどの悪条件が入っていたものと思われた。

神戸鑄鉄^{M-15)}では同一設計の鑄型を納入している2工場の鑄型寿命と使用条件を比較した。鑄型は2本立 ϕ 100kg鑄型であつてその主要寸法は表4-2-6に示すとおりである。2工場での鑄型使用成績には大きな差があり、その比較を示すと表4-2-7のとおりであつた。両工

表 4-2-6 ϕ 100 kg 鑄型の諸元

鑄 型 重 量	485 kg
鋼 塊 重 量	50mm下り 下りなし
重 量 比	208 kg (2本) 214 kg (2本)
断 面 比	2.27
高 巾 比	2.26 2.34
傾 斜 mm/m	15.5
	12.9

表 4-2-7 使用頻度と鑄型寿命

工場別	廃却本数	平均寿命	原単位	使用頻度	備 考
O製鋼	1,660本	269.4回	8.4 kg	2回/日	
Y製鋼	646本	180.3回	12.9 kg	3.5回/日	通風良, 湯道改良

た。しかし使用頻度の低い側のもは製造時の鑄造条件が悪くて寿命が短いというに、鑄型手入回数が多くて使用間隔がのびたものが含まれ、また造塊上の経験にとぼしかつた初期の鑄型に比較的に0.7回/日以下の使用頻度のものが多かつた。その上反復して使用し

場における使用条件は、使用頻度以外はほとんど差がなく、使用頻度のみが大きく相違している。その他鑄型成績のよいO製鋼では造塊現場の風通しがよいこと、および湯道煉瓦の改良なども影響しているものと思われた。

B 一定期間の使用頻度と廃却鑄型寿命との関係

川鉄・千葉^{M-117)}で極軟リムド鋼用扁平鑄型 C7F10 (頭部 1,065×560, 底部 1,090×610 mm, 単重 7,760 kg)の使用頻度と鑄型寿命の関係を、昭和33年7月～12月に製造された。鑄型から41本のサンプルを任意に抽出し、使用間隔を点数表示し、その度数と点数の積の総和を寿命で割って使用頻度とし、これと寿命との関係をもとめた。しかしこの方法では相関はみとめられなかつた。そこで33年6月より1年余の各旬間の実際に使用された鑄型本数と総使用回数から平均使用頻度をもとめその旬間に廃却された鑄型の平均寿命との相関関係を分散分析表でもとめ、表4-2-8に示すような結果が得られた。したがって5%の危険率で相関が認められた。

表 4-2-8 平均使用頻度と寿命との関係
(分散分析表)

要 因	s. s.	a. f.	m. s.	F_0
回 帰	634.64	1	634.64	5.25*
残 り	4,227.99	35	120.80	—
計	4,862.63	36	—	—

$$F'_{35}(0.05) = 4.08 \quad F'_{35}(0.01) = 7.31$$

日本特殊鋼^{M-68)}では月間の鑄型平均使用頻度をもとめ、これと鑄型寿命および使用前鑄型温度を対比させた。特殊鋼用丸鑄型 R 350 kg および R 800 kg 鑄型の月間の使用頻度が下ると、鑄型寿命は増加する傾向を有し、また使用頻度が下つて使用前の鑄型温度が40°C以下のものが多い月は鑄型寿命は低下した。図4-2-9はR

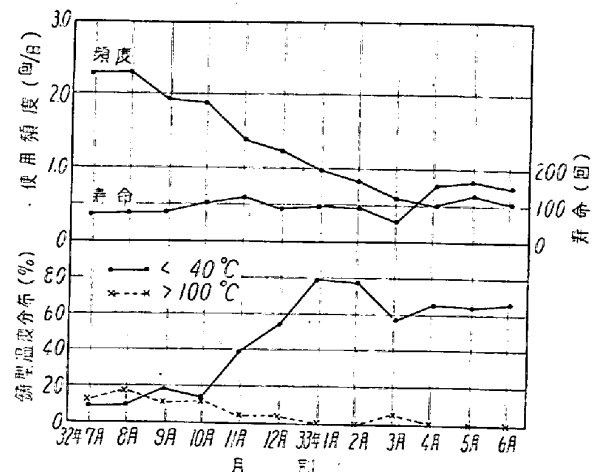


図 4-2-9 各月別鑄型使用頻度寿命鑄型温度の推移
R 350 kg 鑄型)

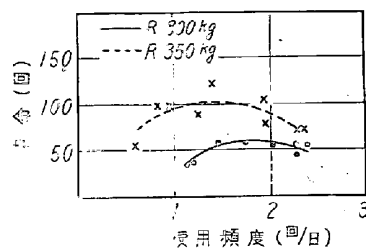


図 4-2-10 鑄型使用頻度
— 寿命の関係

あつて、図のように回帰線は曲線となり、R 350 kgでは使用頻度1.25~1.75回/日の間に、R 800 kgでは1.5~2.0回/日の間にそれぞれ最高点があると推定した。低頻度側に低い点があるのは使用頻度が低いために、使用前鑄型温度が低下した影響があらわれてきたものと思われる。なお使用頻度の変動が少なくなつて来ると、頻度と寿命との関係が無くなることが、この後に判明した(表4-2-3 参照)。

4-2-5 その他

A 定盤の注水冷却による原単位の増加とその対策

鋼管・鶴見^{M-99)}ではキルド鋼塊には全面的に電弧加熱法を採用しているが、電弧加熱設備は2チャージ分であるため、キルド鋼の生産量により定盤の使用頻度がいちじるしく変化する。使用間隔が8~10h程度の場合には定盤煉瓦はり作業がかなり困難であり、水冷による強制冷却を行なつた。表4-2-9は水冷以前と水冷以後における定盤の成績を比較したものであつて、水冷によつて原

表 4-2-9 定盤の水冷による寿命低下

項目 時期	廃却数 (本)	寿命 (回)	原単位 (kg/t)	平均使用 頻度 (回/日)	ピーク時 の使用間 隔 (h)
水冷以前	6	284	2.46	1.34	15~18
水冷後	6	116	6.05	1.71	8~10

単位は2.5倍になつた。この原因は使用頻度の高くなつたことにもよるが、主として水冷の影響と思われた。この結果から水冷作業を中止し、2チャージ分のアース付き定盤を固定し、使用定盤は3チャージ分を準備して、輪番に固定定盤の上に据えて使用するよう作業を改善したので、現在は使用間隔13~15h程度となり、定盤の寿命は良好のようである。

B 冷却設備設置に伴う原単位の低下

八幡製鉄^{M-93)}では第一製鋼工場の数年間の鑄型原単位の推移を述べ、図4-2-11に示すとおり、4半期ごとの鑄型原単位は、鑄型修理開始(昭和27年)、28年2/4半期より逐次冷却床設置・常備数の確保、さらに30年

度における造塊建屋拡張(3,850 m²を5,060 m²に)による鑄型配置の改善、鑄型材質の向上、使用サイクルの適切化などによつて次第に低下した。すなわち、設備改善によつて鑄型原単位低下が促進されている。

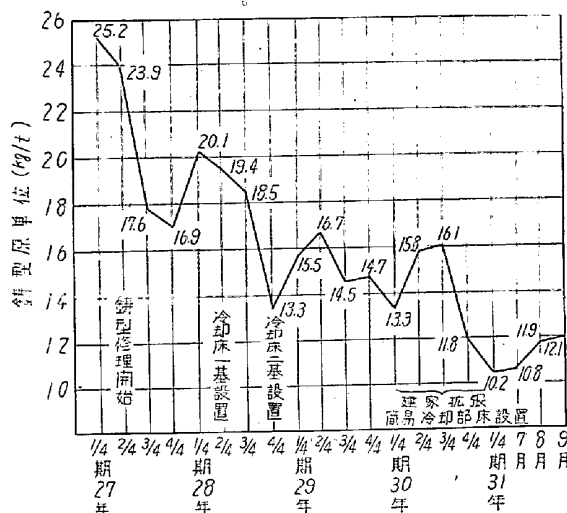


図 4-2-11 4半期鑄型原単位の推移
(八幡製鉄)

4.3 鑄型の内面荒れの発生機構とその防止策

4-3-1 内面荒れの発生機構とその進行について

A 内面荒れの発生機構

鑄型の内面荒れは、割れと共に、鑄型の使用に際してその廃却の主原因をなすものである。鑄型の割れの原因は造塊時における鑄型壁内各部の温度変化の差によつて生ずる熱応力によるものとされている。一方クレージグの原因は、常識的に鑄型内面が高温にさらされることによつて生ずる鑄型材自身の酸化、脱炭および成長によるといわれている。ところが、クレージグの原因もまた、割れと同様に熱応力によるものであるとした研究が二、三発表されている。すなわち、クレージグは、鑄型が冷却したのちに鑄型内面に発生する引張り応力のために微細な割れが発生し、次いでこれらが発達して行く。その際鑄型内面が高温になることによる鑄型材自身の弱化が、さらにクレージグの発達を助長していると説明している。また型抜き時間の短い場合は、クレージグの発生時期はおそく、しかも突出したクレージグになり、その径も大きく、高さも高い。一方、型抜き時間が長い場合には、小さな網目状の陥没したクレージグになる傾向がある。前者は鑄鉄の成長にもとづくものであり、後者は局部的酸化によるものであると説明を加

えている。

八幡製鉄^{M-38)}の調査では、リムド鋼専用のB8D型、キルド鋼専用のVS型とセミキルド鋼の注入が大部分を占めるC型ではクレージングの現われ方が異なっており、B型、VS型は陥没型であり、C型は突出型であつた。

同所の調査ではさらに、使用後の鑄型内面は極端にCが減少し、ほとんど大部分のCが消失してしまっている。もちろんFeも酸化されているが、その上Si、Mnも SiO_2 、 MnO_2 になつている。したがつて鑄型内面は使用回数を重ねると共に、黒鉛の形は漸次消失して逆に酸化物が増加して行くことが容易に想像されると報告している。

C 61 型で持続回数 102 回後における鑄型の内面下部より試料を採取して、その顕微鏡組織を調査した結果、写真 4・3・1、に示すごとくマトリックスはフェライト化

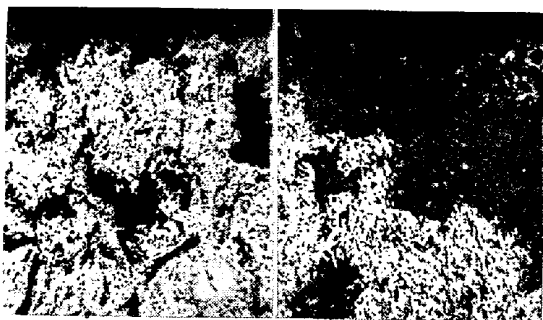


写真 4・3・1 突出部

してその間に酸化物が多く侵入しているものと、特に多くの酸化物のため表面は全く海綿状になつているものとあり、この場合の突出部は容易にはぎとることができる位であつた。

川鉄・荻合^{M-24)}ではキルド鋼用のKBV型の鑄型について調査した結果、その剝離現象を惹起する要因として次の3点を上げている。

1. クレージングの異状増進によつて生ずる材質弱化部分が鋼塊の凝固過程において剝脱されたもの。
2. 鑄型自身の材質的欠陥にもとづくもの。
3. 注入時の溶鋼飛散による鑄型内壁の溶荒によるもの。

しかもこれらの内①②のものはそれぞれ単独に行なわれるものではなく相互に関連性を持つているものと考察した。

また、剝離現象とクレージングの間には密接な関係があり、クレージングを伴なう剝離現象では、クレージング発生の一原因と考えられている鑄型内面の周期的加熱冷却による鑄型材自身の酸化、脱炭および成長に起因する材質弱化部分が鋼塊の凝固過程において、また型抜き

時の衝撃によつて剝離現象を惹起するとも考えている。

さらに鑄型材の化学成分との関係では、含有 Si、C 量の高いものほど、酸化、脱炭および成長がいちじるしく剝離現象が激しいのであるが、これはつぎのような理由によるものと考えられる。すなわち a) セメントが黒鉛化する際の膨脹、b) 割目が出来た場合酸素が侵入して地鉄を酸化し、さらにこれと合金している Si を酸化して SiO_2 を生成する時の膨脹、c) 吸収しているガスの膨脹によつて材料が降伏するために生ずる膨脹などのいちじるしいためであるとしている。また注入時の溶鋼飛散は鑄型内面を高温に保ち、局部的溶解と同時に剝離現象を促進する一因をなしているとも考えている。

クレージングを伴わない剝離現象については、鑄型製造時にすでに欠陥を有していた場所か、あるいは注入時の溶鋼飛散による鑄型内壁の溶荒なども幾分影響しているのではないかと考えられるとしている。

なお、剝離現象を起した鑄型、B4逆型、KBV3型およびKBV7型の3種の鑄型より第4・3・1図の如き試料を抽出し剝離部、未剝離部についてその化学組成を調査した結果を第4・3・1表に示した。

表 4・3・1 剝離部、未剝離部の化学組成

	採取場所	C	Si	Mn	P	S
未剝離部	A 1	2.29	1.89	0.59	0.212	0.149
	B 1	3.40	1.88	0.41	0.204	0.100
	C 1	3.01	1.89	0.49	0.150	0.050
剝離部	A 3	2.91	2.33	0.33	0.216	0.066
	B 3	2.81	2.18	0.46	0.188	0.086
	C 3	2.53	1.87	0.52	0.162	0.066
鑄型外面	A 2	3.05	1.81	0.55	0.220	0.083
	B 2	2.90	1.78	0.48	0.189	0.051
	A 4	3.14	1.80	0.44	0.204	0.048
	B 4	2.74	1.78	0.48	0.220	0.047

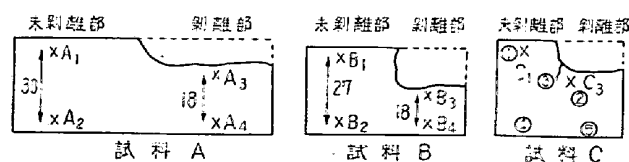


図 4・3・1 剝離鑄型の試料採取位置

表4・3・1より剝離部分のC量を未剝離部分のそれと比較すると、A試料を除いては明らかに、C量は剝離部において低減しており、剝離部分において酸化、脱炭の行なわれていることが観察された。他成分における化学組成には変化が認められなかつた。さらに試料Cより顕微

鏡観察を行なったが、未剥離部分の加熱面の組織は、黒鉛の酸化、消失が明らかに生じており周期的加熱冷却が繰り返えられるために黒鉛は酸化鉄と珪酸鉄とで置き換えられてしまっている。剥離部の下部の組織では、黒鉛はいちじるしく酸化されておりわずかに球状の黒鉛が点在、残留しているにすぎない。またこの部分に発生している割れの部分にそつて多くの酸化物が見られる。未剥離部分の加熱面から 30 mm 離れた点の組織は片状黒鉛の成長が見られ、剥離部より 30 mm 離れた点と同じく片状黒鉛が見られ鑄造組織とほとんど変らない。すなわち、剥離部の組織と未剥離部の組織とを比較すると、未剥離部は脆弱な組織を増しており、剥離部分の表面はすでに持ち去られているが恐らく未剥離部以上の酸化、脱炭を示していたであろうと想像される。剥離現象は剥離した部分よりさらに進行することではなく、むしろ未剥離部が誘発されるように考えられ、剥離部と未剥離部との中間にあるクレージンは黒鉛強度と剥離に要する応力とが平衡した点であると思われる。

試料Cより剥離部分および未剥離部分の硬度変化を調査した結果を第 4・3・2 図に示した。第 4・3・2 図において④と⑤の位置より 5 mm 上部の所で急激に硬度が減少しその後漸次増加の傾向にある。①②の硬度が④⑤のそれらよりも高い値を示していることは、明らかに表面が脱炭されていることを示している。

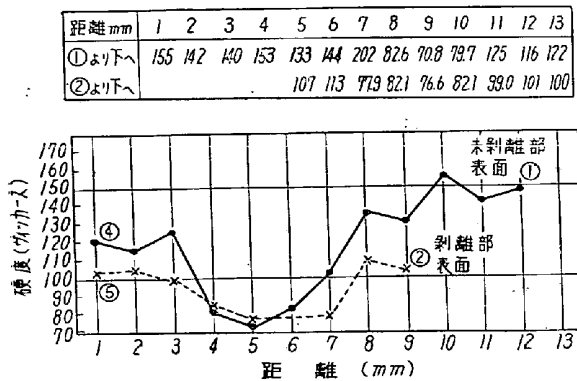


図 4・3・2 剥離部分と未剥離部分の硬度変化

B 内面荒れの進行について

a. 内面荒れの発生位置について

日本製鋼・室蘭^{M-12)}ではコルゲート付きの 5 t 鑄型を使用しているが、このコルゲート部分にはクレージが相当早期に発生すると報告している。すなわち扁平鑄型においては伝導熱量は長辺の方がはるかに大きく、高温になる。したがって内面壁の中でその核部に相当する部分のクレージの発生は早められる。上広型ではクレージが全体として卵形になる傾向を示す。すな

わち上部は鑄型から押湯杵金物への熱伝導があるためクレージが少く、下部は定盤への伝導熱がかなり大きいためにクレージは少なく、その結果鑄型の上部寄りに巾は断面の $\frac{1}{2}$ 、長さは高さの $\frac{3}{4}$ にわたつて発生する。下広型でも上広型の場合と相似形に鑄型の下部寄りに現われると報告している。

八幡製鉄^{M-38)}では、C 61 型と C 56 型について耳のある側とない側とでクレージの発生に差が見られる。すなわち、C 61 型では耳のない側の方がクレージのはなはだしいものが全体の 69.4%，C 56 型では 88.6% で、立割れは全て耳のない側の方に発生しており、しかもこれはクレージの発達したものと考えられるとしている。この原因として考えられることは、鋼塊機でピット内に形据を行なう場合、同一、三枚つづきの定盤に C 61 型は 3 本、C 56 型は 4 本形据を行なう。したがって C 61 型では 1 本目、2 本目の型が耳のない側で互に近接し、下部のバンド部分は接触し合っている。C 56 型は 4 本共耳のない側で近接し、これもバンド部分は接触している状態にある。このようなことは冷却床上においてもいえることであり、実際に行なわれているのである。このため溶鋼の注入によつて耳のない側は常に高温側になり、耳のついている側は低温側になるためであると報告している。

大同製鋼^{M-72)}では、1,200 kg 型の位置によるクレージの変化と深さを調査し、図 4・3・3 および図 4・3・4

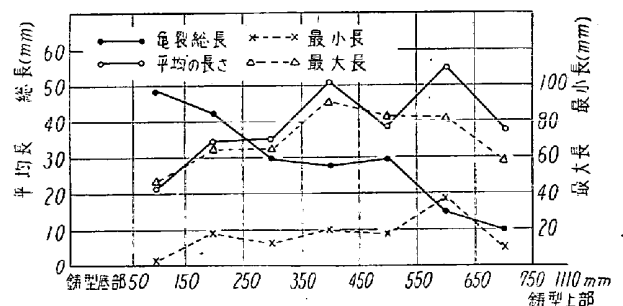


図 4・3・3 位置によるクレージの変化
(表面現象)

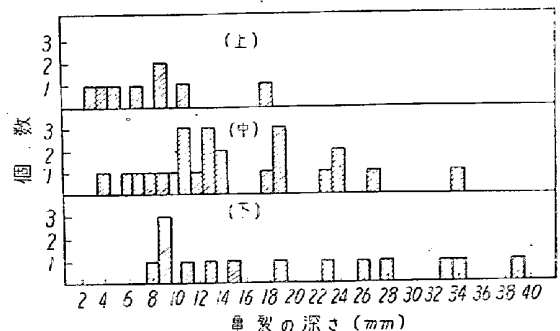


図 4・3・4 位置によるクレージの深さの変化

のごとき結果を得た。

図 4・3・4 は鑄型の切断半面における深さ 1 mm 以上のクレージングの分布を鑄型の上部、中部、下部の 3 部分において調査した結果である。

b. クレージングの発生時期と発達状況

鑄型の使用回数が進むにつれてクレージングは漸次発達して行くが、日本製鋼・室蘭^{M-12)}では、鑄型が廃却になるまでの過程を表 4・3・2 のごとく 4 段階に分けて考えている。さらにその発達状況を図示したのが図 4・3・5 である

表 4・3・2

	内 面 壁 状 況	使用回数
第 1 期疵	コルゲートの谷部に発生する小さい立割疵	10~20
第 2 期疵	コルゲートの山部に発生する小さい横割疵	20~30
第 3 期疵	コルゲート山部の疵が亀甲状に拡がる	30~35
第 4 期疵	コルゲート山部亀甲状疵が脱落する	35~45

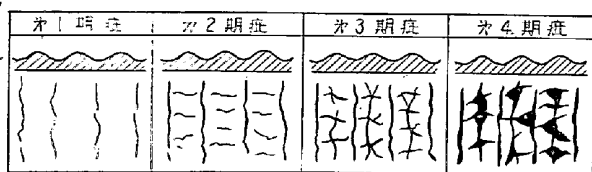


図 4・3・5 クレージングの発生状況

第 1 期ではコルゲート谷部に小さな縦割疵が発生するが、この疵は後にあまり顕著には進行しない。

第 2 期では山部に平行に横疵が発生し、次第に開口して来る。

第 3 期では山部の横疵間に不規則な疵のつながりを生

じ、疵自身も大きくなり、その深さは 15~20mm におよぶようになる。この部分を強打して見ると容易に砕け、鉄の性質が全くななくなつてしまつている。

第 4 期では横疵のつながつた部分から脱落し始める。5 t から 9 t までの鑄型について発生回数の見ると、各大きさの鑄型共クレージングの発生段階は相似である。第 1 期疵の発生がおそくても第 2, 3 期疵に良好な効果があるとは限らない。また製作所を異にしても、型の鑄込法や品質を変えてもクレージングの発生現象については余り相異なるものではないと報告している。

大同製鋼^{M-13)}においては、キルド鋼用の押湯付 1 t 型で内面状況を観察した結果を報告しているが、1~10 回ではクレージングは全然認められず、13~15 回において浅いクレージングが認められ鑄型中央部以下にやや大きく現われる。26 回目には浅いが全面に現われ、33 回目ではクレージングも相当に進行し下部より $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{3}$ に当る部分が特にその発達がはなはだしい。34~40 回では下部は益々のはなはだしく、41~50 回では下部が特にのはなはだしく、全面的に鑄型内面肌は非常に荒れてくる。51~60 回で鋼塊の黒皮検査が問題になつて来たので内面加工を実施している。下部 7 mm、上部 6 mm の内面加工を行なつたがクレージングは完全には除去できなかった。特にクレージングの大きい下部においては、その痕跡が残つたが内面の肌荒れは殆んど取れ平滑になつた。70 回目すなわち加工後 10 回目の鋼塊肌は加工前の 40 回前後と同程度である。80 回になりクレージングの残留した部分が再び発達し加工前の状況に達したので廃却としている。

同じく大同製鋼^{M-12)}では、さらに 500 kg 角型について

調べた結果、20~30 回で相当明瞭に現われ（鑄型下部より $\frac{2}{3}$ 位の部分）クレージングの発達も発生順に進行する。70~80 回目で手直しをして使用している。200 kg 丸型では角型に比較して初期クレージングおよびその発達はおそい。1.2 t 角型では、10~20 回で発生し、発生位置は鑄型下部より $\frac{2}{3}$ 位の部分（下部より 100~700

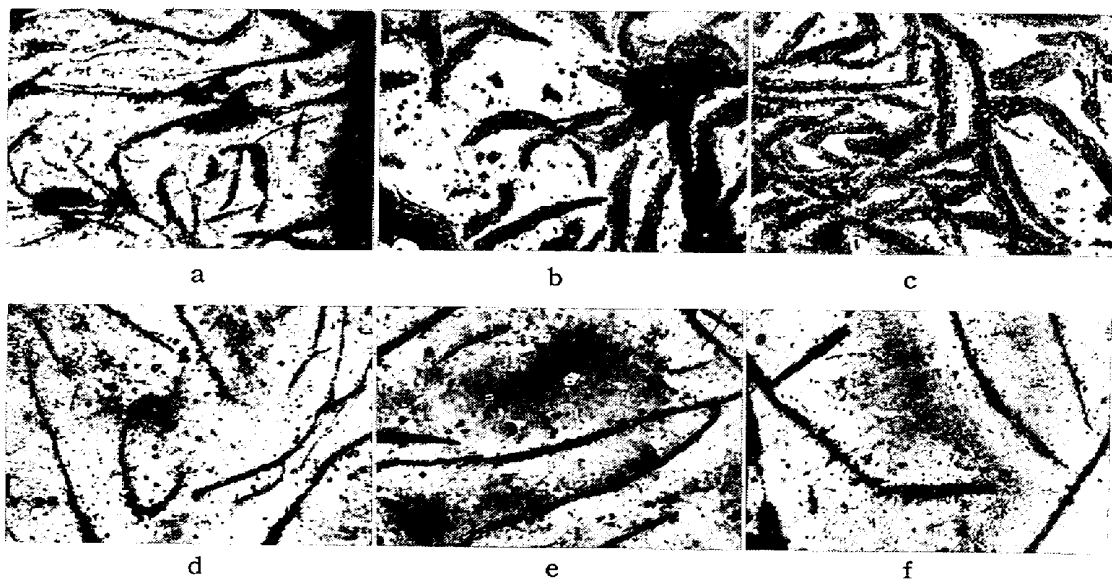


写真 4・3・2

mm) でクレージンは発生順に発達すると報告している。

日本特殊鋼^{M-46)}での調査では、600 kg型に 13 Cr 系不銹鋼を上注ぎしているが、17回頃から下半部にクレージが発生し 40 回まで次第に進行し、中央部に達し 40~50 回ではほぼ全面に発達し、中央部付近は 45 回前後で大きく開口するとしている。

c. 顕微鏡組織

大同製鋼^{M-72)}で調査した 1,200 kg 型のクレージンの顕微鏡組織についての報告を図 4・3・6 および写真 4・3・2, 4・3・3 に示す。

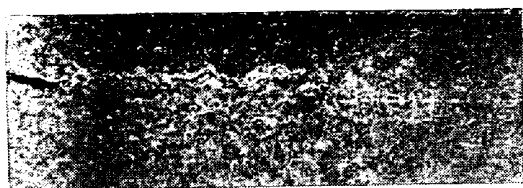
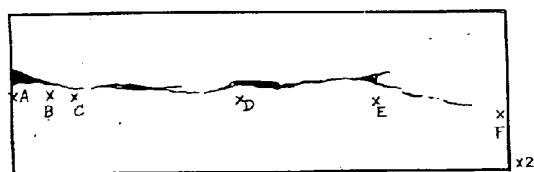


写真 4・3・3



A, B, C, D, E, F は夫々採取位置を示す

図 4・3・6 顕微鏡組織用試料採取位置

4・3・2 内面荒れの防止方法

日鋼・室蘭^{M-12)}ではクレージンの発生時期を遅延させるためには、造塊条件の許される範囲内において、鋳型形状の検討、取扱ひ法および品質の向上を計ることになると考えている。

川鉄・草合^{M-24)}では、造塊時の鋳型温度分布の不均一に起因する割れおよびクレージンを防止する意味で鋳型の予熱を充分に実施している。また成分的には酸化、脱炭および成長の原因を阻止するために、組織を緻密にし特殊元素添加 Cr によるセメントタイトの分解防止または酸化し易い Si をできるだけ少なくするなどの方法が講じられている。

日本特殊鋼^{M-46)}では、R 280 kg 型で 100% 鋼屑配合による鋳型を試作し、普通鋳鉄鋳型に比較してクレージンの発生時期はおそい傾向を示したが、後期になつてからの発達の速度はやや早く全体として使用回数は向上したと報告している。

4・4 鋳型の補修について

4・4・1 鋳型補修の概要

鋳型の破損原因と破損時の状態は千差万別であるが、いずれの場合でも鋳型自身の寿命には限度があり、ある

回数使用すると使用不能の状態となる。この場合鋳型の破損状態を充分観察の上、適当な時期に最も適した補修方法を選択の上実施すればさらに寿命が延長される。

補修に際しては鋳型原形を崩さず、鋼塊品質あるいは鋼塊歩留等に悪影響を与えず、しかも、コスト低減に貢献できるということが基本条件であるが、鋳型の種類によつては機械切削をした方がよい場合もある。

補修により寿命の延長を計り鋳型原単位を低減することは生産コストに大きな効果をもたらすものである。

昭和 31 年 12 月に実施したアンケートによる調査の結果、鋳型補修を実施している工場が 60% に上り、鋳型の補修内容は表 4・4・1 の通りであつた。

表 4・4・1 鋳型補修内容

補 修 方 法	報告工場数
スタッド溶接	6
電気溶接 (単に)	2
機械仕上げ	3
機械仕上げ・あるいは電気溶接	3
計	14

機械仕上げは溶損部あるいはクレージン部を旋盤加工・チップングまたはグラインダーで削り取る方法が報告された。その他として外壁を鋼板でパチ当てして亀裂進行の防止をはかる方法および耳欠けに対し鋼製耳取付けなどが報告された。

鋳型の補修箇所は表 4・4・2 の通りである。

表 4・4・2 鋳型補修箇所

補修箇所	報 告 事 例 数		
	電気溶接	機械仕上	そ の 他
内部損傷	8	2	—
底部溶損	3	1	—
割 れ	5	1	1 (パチ当て)
耳	2	—	—
吊 手	1	—	—
計	19	4	1

4・4・2 機械切削による補修

機械切削による補修とは鋳型の使用回数の増加に伴ない、内面がクレージンあるいは表面剥離などにより粗悪となり鋼塊表面肌の不良・割れ疵・吊り切れなどの現象を起すが、こういった場合に鋳型内面を機械切削・はつり・グラインダー研磨などによつて地肌を出し、鋼塊品質の向上と同時に鋳型原単位の低減を目的とするもの

である。従つて扁平型コルゲートつき鑄型・あるいは八角鑄型などの形状複雑なものについて、切削工程が煩雑で工数がかかりしかも切削費が極めて高く得策でない。また切削すると原型が変化するので鋼塊割れなど悪影響を与える場合が多い。

単純なる形状をした扁平型・丸型・角型鑄型等は内面切削と同時に高さも切削し、本体重量の調節をすると鋼塊品質に悪影響を与えずして、鑄型寿命の延長と共に所期の目的を達することができる。

A 実施例 (1)

大同・平井^{M-97)}では丸鑄型の内面旋削を実施し効果を上げている。表 4.4.3 に示すごとく昭和 33 年 6 月より、

表 4.4.3 200 kg 鑄型の内面加工

	図面寸法	第 1 回加工	第 2 回加工
上 径	220 φ	224 φ	228 φ
下 径	196 φ	200 φ	205 φ
高 さ	800	765	742
テ ー パ ー	15	14.7	15.2
耐 用 回 数	60	50	45

特殊鋼用 220 kg 鑄型を原寸で 60 回使用後、頭部内径を 4 mm、底部内径を 4.8 mm 旋削して内面のクレーシングを削りとつて 50 回使用し、さらに第 2 回の旋削で 45 回使用して廃却する。鋼塊重量は高さを低くすることによつて調節している。従来^{M-68)}は 1 回加工で表の第 2 回加工まで旋削して 60 回使用し、合計 120 回で廃却していたので、2 回の加工によつて 35 回の寿命の延長が得られた。

B 実施例 (2)

鋼管・川崎^{M-18)}では、鑄型内面の局所的な損傷（溶損・クレーシングなど）による鋼塊肌の不良を防止し、かつ鑄型原単位を低下するために、6 t 鋼塊用 K 60 D 型の一部に簡易な補修を行なつた。（鑄型図面は第 2 章参照）

軽度のものではグラインダーで傷の周囲をすり落すが、フリュートの山部に相当深く入つた傷についてはニューマチックデゼルでコルゲートの山を削り取る。図 4.4.1 は補修の時期を示すヒストグラムであり、表 4.4.4

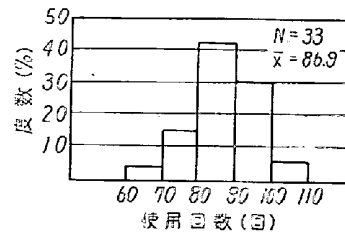


図 4.4.1

4 は補修の有無による鑄型寿命を比較したものであるが、補修により約 30% の寿命延長が得られた。また亀（荒）によつて廃却された鑄型の平均より約 13% 鑄型寿命が向上した。

表 4.4.4 K 60 D 型の寿命の傾向

調 査 期 間	全廃却鑄型 A		補修後廃却 B		A - B	
	本数	平均寿命	本数	平均寿命	本数	平均寿命
1 月～6 月	135	98.8	21	116.1	114	94.8
7 月～9 月	46	119.2	12	145.5	34	110.0
計	181	104.0	33	126.8	148	98.2

C 実施例 (3)

八幡製鉄^{M-123)}では高炭素セミキルド鋼を注入する鑄型について鑄型内面のクレーシングの発達状況を観察し、適当な時期に鑄型内面研磨を実施して内面底の少い鑄型による鋼塊の製造を行なつて

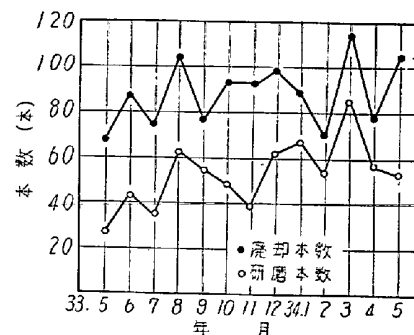


図 4.4.2

いる。図 4.4.2 は C61 型の月間の鑄型廃却本数と研磨修理本数を示すものであり研磨本数が

型廃却本数と研磨修理本数を示すものであり研磨本数が

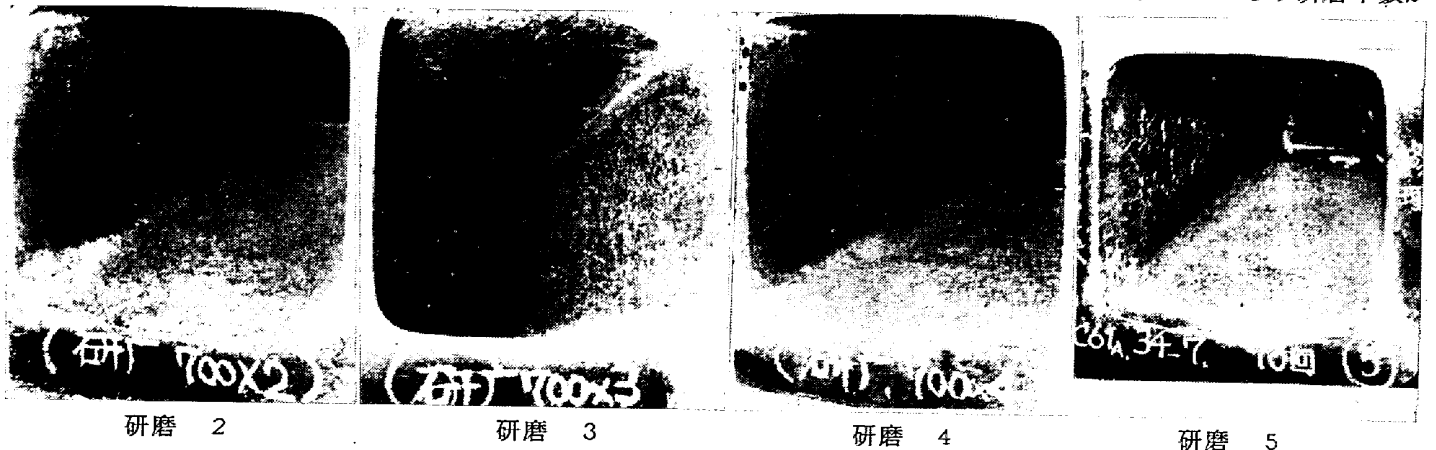


写真 4.4.1 研 磨 の 基 準

80% 強におよぶ月もある。

a. 研磨の基準

研磨鑄型の選出方法としては、鑄型据込前の内面手入時・鑄型塗料塗装の際に鑄型内面状況を観察し、クレージングの特に発達しているものはその時選出し一方使用回数が 60~70 回に到達したものは横倒しにして内面検査を行ない、クレージングの発生の広さおよび深さによつて研磨の要・不要と、研磨の程度を決定する。写真 4.4.1 に示すような基準で内面荒れの程度によつて研磨等級をつける。研磨後の内面情況は写真 4.4.2 に例示したとおりである。

b. 修理前の回数と持続回数

鑄型内面クレージングがどの程度に発達した時、または何回位使用された時に内面研磨を実施するかで鑄型持続回数は変化すると考えられるが、研磨は当該鑄型によつて製造し



写真 4.4.2 研磨 5 の研磨後の内面状況

た鋼塊の肌が極く不良であると予想される時実施しなければならない。

研磨基準制定前の昭和 33 年 1~2 月の高炭素セミキルド鋼製品のヘゲ疵は研磨基準制定後に約 1% 以上の減少した。

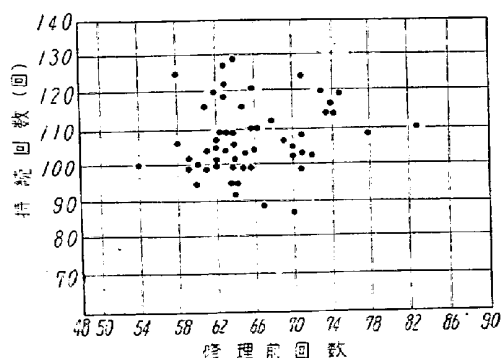


図 4.4.3

図 4.4.3 は研磨前の使用回数(横軸)とその鑄型が廃却された寿命(縦軸)を示すものである。一般に内面研磨時のクレージングがはなはだしいと研磨後の使用回数は低下しこれを研磨等級別に示せば図 4.4.4 のとおりである。

D 実施例 (4)

八幡製鉄^{M-122)}では鑄型の修理実績は鋼塊生産量の増

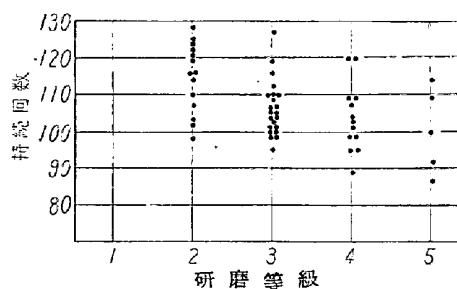


図 4.4.4

a. 修理本数の現状

昭和 29 年 4 月~昭和 34 年 3 月 (48 カ月間) における鋼塊生産 t 数・鑄型廃却 t 数ならびに鑄型修理本数の推移は図 4.4.5 に示すとおり、昭和 30 年より研磨修理本数が増加している。

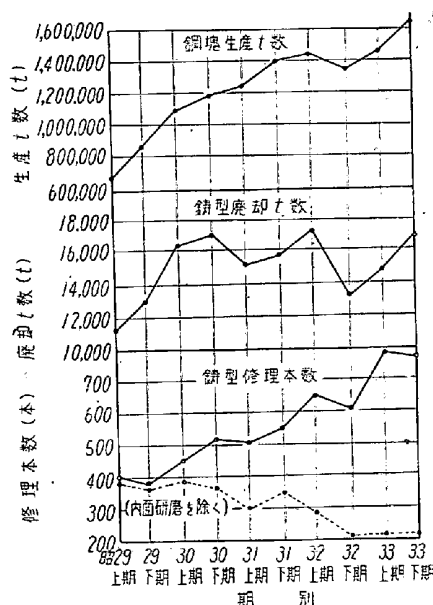


図 4.4.5

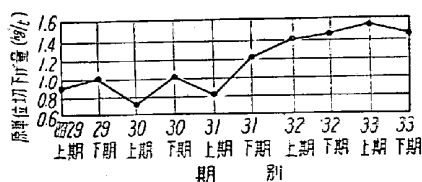


図 4.4.6

加に伴つて上昇したが内容的には補修の主体が溶接補修より研磨に移りし補修原価の切下げと同じに鑄型原単位も低下した。

(b) 原単位切下げ量

昭和 29 年以降の鑄型修理による原単位切下げ量は図 4.4.6 に示すように増加している。これは内面研磨修理が増加しその他の修理が減少したためである。

(c) 修理内容について

各期における修理内容の本数率は図 4.4.7 に示すように内面研磨修理がいちじるしく増加し耳欠修理・溶損修理・亀裂修理は減少している。

次に修理内容別の原単位切下げ量を示すと図 4.4.8 のように研磨の占める比率が大きく、原単位切下げ量は研磨修理ではいちじるしく増加しているが耳欠修理では減少している。また溶損および亀裂修理では相当バラツキしている。

4.4.3 溶接補修

溶接補修の利点は溶損・剥離・耳欠けあるいは吊手折損などの場合、肉盛溶接を行ない原形に復元することができるということである。

鑄型の形状が複雑で形状の変化が鋼塊品質に直接影響

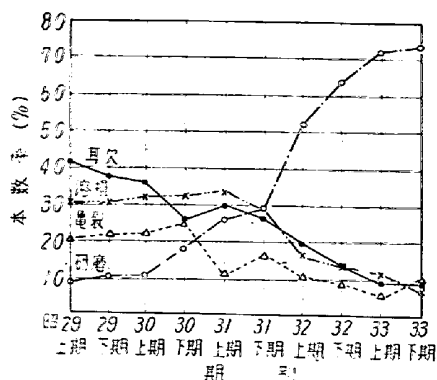


図 4.4.7

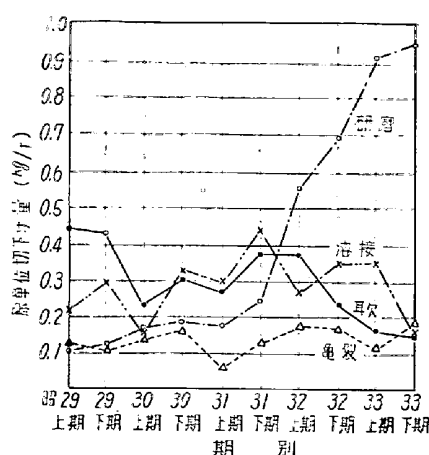


図 4.4.8

するものについては機械切削による加工は不適当である。従つて鑄型寿命・鋼塊品質の両者を満足させる補修方法として、現在考えられる最善のものは溶接補修以外にはないであろう。とくに扁平型コルゲート付鑄型の部分溶損・あるいはフラット鑄型・角型鑄型などの溶損・剝離などは溶接補修することにより鋼塊品質の維持向上・鑄型原単位の低減など大きな効果を上げ得るものである。

効果の度合は溶接棒・施行法・補

修の時期・母材の品質・溶接技術・溶接機などの要素によつて決定されるが、特に鑄型補修に適応する優秀な溶接棒を選択の上使用することが最も大切なことである。

溶接棒の選択と同時に重要なことは施行法であつて施行法が適切でないと、溶接棒の真価を発揮させることができない。鑄型の補修に当つてはスタッド溶接が望ましく、この場合のボルト(スタッド)の役目は溶接作業中における溶接熱の放散(スタッドを通じて母材に伝達する)と収縮応力を分散させるものであつて、溶接部の全強度を受持つものではない。しかし使用中溶鋼注入時における熱伝導を良好ならしめ、溶接部分の熱容量を最大限に保ち、かつ溶接部が繰返し加熱・冷却を受け母材と遊離した場合にはスタッドは補強材として非常に効果のあるものである。

溶接の時期としては損傷程度がはなはだしくならないうちに溶接補修を行なえば、爾後の寿命延長は長くなり、M-12, M-16, M17) また反復して2~3回施行することも可能である。

次に各工場で実施されている溶接補修の状況を述べる。

A 実施例(1) (日本製鋼所)

日鋼・室蘭^{M-66)}では厚板用鑄型の形状について鋼塊

品質の向上を目的に種々研究を重ね、安定したコルゲートサイズを決定した。この形状は鑄型にとつて最も条件が悪く、鑄型寿命が20~30%低下した。この対策として優秀な鑄型の要求と同時に補修の必要性を痛感し、溶損部分のはつり補修を実施し鑄型原単位の低減を計つたが、はつりすることにより内面がフラットとなり、フラット鑄型の欠点として鋼塊の凝固過程においてその外殻に歪を生じ、これが圧延割れとなつて現われるという現象が発生した。従つてはつりを中止し鋼塊品質鑄型寿命の両者を満足させるべく鑄鉄用特殊溶接棒によるコルゲートの復元を実施し効果を上げている。

a. 補修実施鑄型

5~16 t までの扁平型コルゲート付鑄型

b. 鑄型内面が圧延割れにおよぼす影響

113 チャージの鋼塊の圧延結果から鑄型の内面状況が圧延割れに如何に影響するかを調査した。その結果は表4.4.5に示すとおり、チップングを施したコルゲートの数が多いほど圧延割れが増加している。

表 4.4.5 チップングと割れ発生の関係

割れ状況	チップング量	3本以下	4本以上	計
	チップングせず	チップング	チップング	
良品本数	1,737	50	125	1,912
割れ本数	62	12	90	164
計	1,799	62	215	2,076
発生率(%)	3.4	19.4	41.7	7.9

表4.4.5からチップングの有無間で有意差検定を行なうと

$$x_0^2 = 401.032 \phi^2$$

$$\therefore x^2 = (0.005) < x_0^2 \text{ となる。}$$

従つてチップングの有無間に有意な差があり、チップングした鑄型に欠陥が多く、鑄型の内面の良否が明らかに圧延割れに影響を及ぼしていることがわかる。

c. 施行法

写真4.4.3に施行情況を示し、また図4.4.9に施行法を図解したがその内容は次のとおりである。

(1) 作業工程

1) はつり → 2) 穿孔 → 3) タップ → 4) 立込 → 5) 溶接 → 6) グラインダー仕上

(2) 作業要領

1) はつり

溶損部分をチップングハンマーにてはつり取り地肌を出し、溶接棒の溶着しやすい状態にする。

2) 穿孔



写真 4.4.3 溶接補修状況

写真 (日本製鋼・室蘭)

エヤードリルにて $\frac{5}{8}$ 吋の孔を約 30~40mm のピッチ、深さ 25mm で、はつた部分へ千鳥配列に穿孔する。

a 溶損状況

b ハツリ状況

c 穿孔、タップ、立込状況

d 溶接状況

e 仕上り状況

f 楔

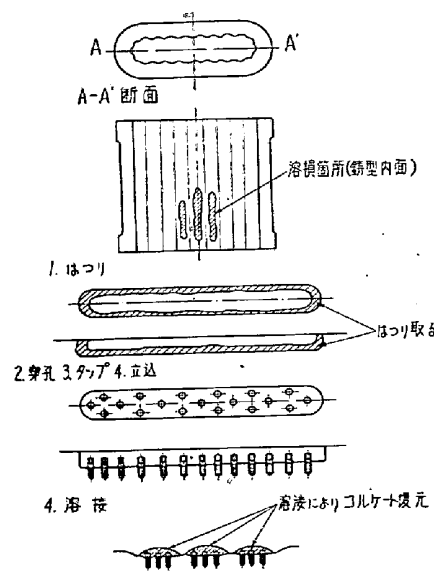


図 4.4.9

まずスタッドと母材を充分溶接するため、スタッド周辺を溶接し次にスタッドからスタッドまで十文字または対角線的にビードを置き母材の全表面を覆うようにすること。この場合スタッドは溶着鋼と一緒に溶かさないう注意すること。

6) 仕上

溶接終了後グラインダーにて表面を研磨し平滑に仕上げる。

d. 割れ止め

割れ発生の場合、図 4.4.10 に示すとおり端面あるいは外壁部に鋼板製の楔を入れ、さらに内面は溶接すると割れの進行をある程度防止することが可能となり、寿命の延長ができる。

また外壁に鋼板製のパッチを当てボルトにて止める方法もあり、これは大きな亀裂に対して効果的である。

e. 補修による効果

昭和 33 年 1~6 月の溶接補修鑄型の補修後の延使用回数を示すと表 4.4.6 のごとく、各鑄型別の延使用回数は 7,500 回に達し、補修によつて鋼塊 t 当り約 1,300 円の鑄型費の利益が計上された。またこのほかチップングによつてコルゲートの山を削る方式^{M-12)}によつて必然的に生ずる鋼塊の欠陥が防止されるので

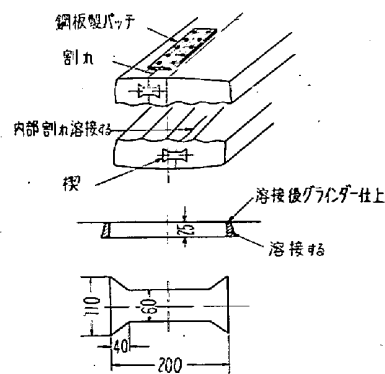
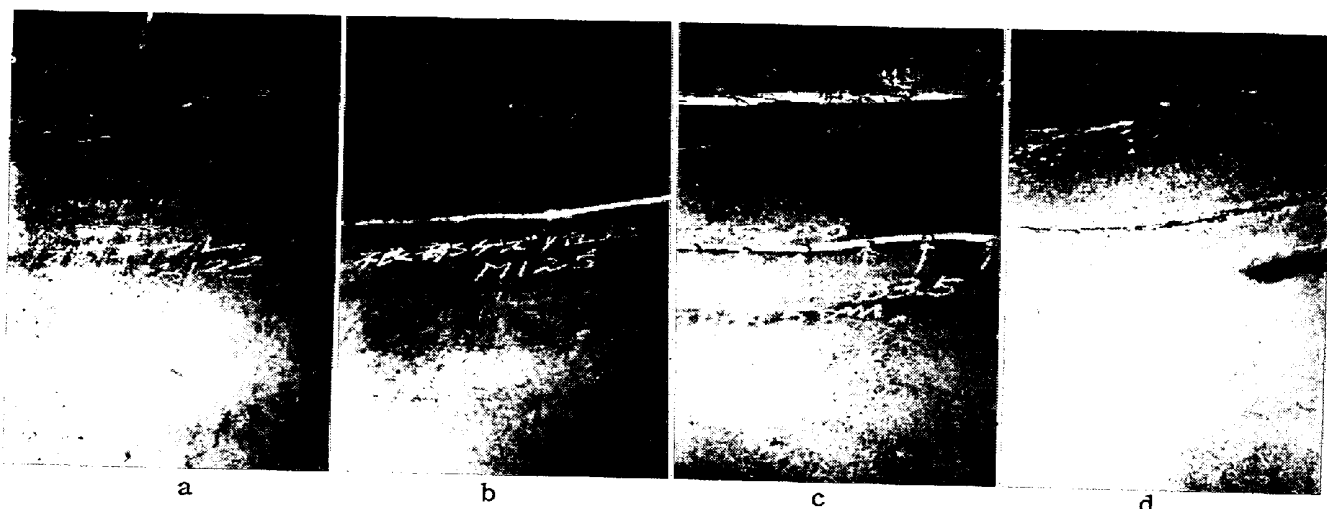


図 4.4.10



横ワレ 51 回使用後 横ワレ不良部 V 形削り スタッド立込み状況 肉盛仕上面
写 真 4・4・4 溶 接 補 修 状 況 写 真 (日本鋼管・鶴見)

表 4・4・6 補修による鋳型寿命の増加

種 別	補 修 後 の 延 使 用 回 数	鋼塊製 作屯数
5 t	10	} 7,500 t
6	49	
7	84	
8	120	
9	160	
10	240	
11	83	
12	25	

その効果はさらに倍加される。

B 実 施 例 (2) (鋼管・鶴見)

鋼管・鶴見^{M-16, M-71}) で使用している扁平鋳型の主な廃却原因はリムド鋼用鋳型については平面中央部の横割れが主で約 57% をしめ、キルド鋼用鋳型はコルゲート付きであり、その廃却原因はコルゲート山部のクレーシングによる剥離が主で約 50% となつている。

a. 溶接補修方法

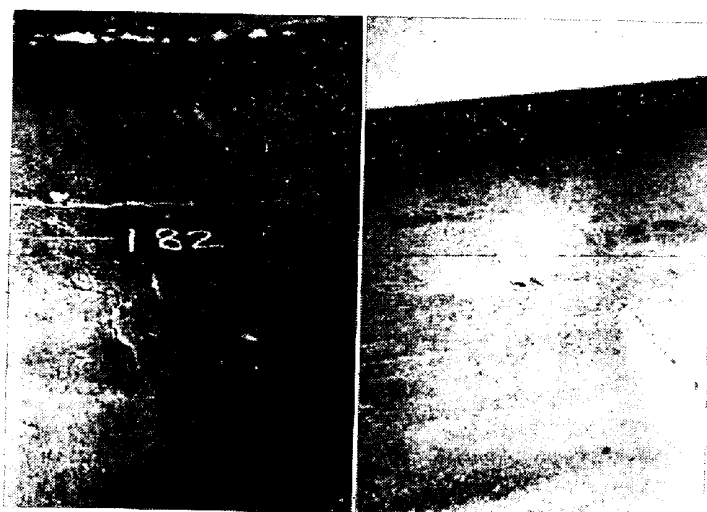
リムド鋼用鋳型は内面がフラットであり平面部の横割れについてが約 57% である。溶接補修を行なっているが写真 4・4・4 に示すとおり、まず割れ(a)にそつて V 溝(b)を掘りその両面に交互にボルト(c)を立込み溶接肉盛り後表面をグラインダー仕上げする。

キルド鋼用鋳型のコルゲート山部の剥離の補修による復元は前の日鋼室蘭とはほとんど同じ方法で行なっている。

b. 補修の効果

溶接補修はリムド鋼鋳型では 70%, キルド鋼鋳型では 40% 行なつており、補修による鋳型寿命の向上は

表 4・4・7 に示すとおり、2～3 回の補修によつて平均 40 回位までの寿命延長が可能である。また表から修理回数が増すほど修理後の使用回数は低下することがわかる。写真 4・4・5 は補修鋳型の使用による溶接部の変化をしめしたものである。表 4・4・8 は補修による原単位低下の総計を示すものであつて、原単位は補修によつて 3 kg/t 強低下している。



e f
51 回にて修理, 修理後 53 回にて修理, 修理後
15 回使用 14 回使用

写 真 4・4・5 溶 接 補 修 状 況 写 真 (日本鋼管・鶴見)

C 実 施 例 (3) (川鉄・葦合)

川鉄・葦合^{M-62}) では溶損発生の場合、溶損部と鋳型素地との境界部を削りとりその内面に千鳥型にボルトを立込溶接肉盛りを実施し最後に研磨仕上を行なっている。割れの場合割れに沿ひ千鳥型にボルトを立込溶接しなお外面から楔を埋め込み溶接を行なっている。

a. 代表的補修鋳型の使用経過

表 4.4.7 補修鑄型の成績 (昭和33/1-33/6)

型別	廃却 迄の 平均 回数	1 回修理			2 回修理			3 回修理		
		本数	修理 前の 回数	修理 後の 回数	本数	修理 前の 回数	修理 後の 回数	本数	修理 前の 回数	修理 後の 回数
B 3.5	98	59	68	18	37	83	16	11	99	10
H B 4	124	32	93	15	27	105	14	11	103	11
H B 5	132	34	105	18	24	122	14	10	133	12
K 6	70	19	57	10	5	68	9	2	78	8
K 8	70	13	60	9	4	68	4	—	—	—

表 4.4.8 補修による原単位の低下 (33/1-33/6)

	補修前	補修を含む	低下 原単位
リムド鋼用鑄型	17.7	14.7	3.0
キルド鋼用鑄型	21.5	18.0	3.5
計	19.2	16.0	3.2

- (1) 補修鑄型 H型
 (2) 補修前使用回数 12回
 (3) 補修原因 底部溶解
 (4) 補修面積 底面 30 cm² 外面 90 cm²
 (5) 補修後の使用状況

補修後の使用回数 37 回では溶接部にはなんら異常は認められなかつた。61回では溶接部と鑄型素地との境界部に若干の間隙が認められた。

68回で廃却としたがその廃却原因は短辺底部の縦割れであつた。

D 実施例 (4) (八幡製鉄)

八幡製鉄^{M-17)}では図 4.4.11 に示すような鑄型の損傷について次のような補修を実施している。

a. 耳欠補修

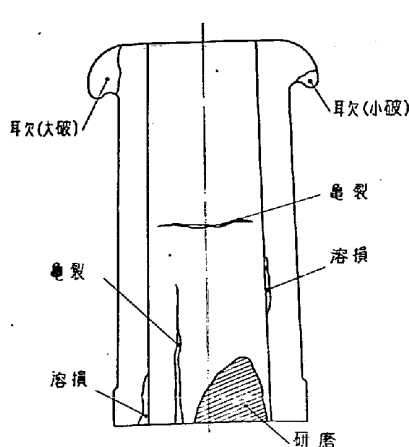


図 4.4.11

破損部に 1"φ のボルトを立込み耳の形状に準じた骨組を作り、軟鋼棒にて肉盛溶接を行なう。

b. 内部破損補修
 溶損箇所を適当な深さまで削り取つて 5/8"φ のボルトを一定間隔に立込み肉盛溶接を行

ないグラインダーにて平滑に仕上げる。

c. 亀裂補修

亀裂箇所の外壁に厚鉄板を嵌め込みその後の亀裂の発達を防止すると共に内面溶接修理を実施する。

d. 研磨 (前出, 4.4.2. C)

底部の溶損が浅い場合はグラインダーにて研磨して形抜きを容易にする。

e. 溶接補修の効果

八幡製鉄は比較的早くから大量の鑄型に溶接補修を外注によつて行ない、その独特の溶接方法は特許となつている。(特許第 241118 号, 実用新案第 444262 号) 表 4.4.9 は昭和 28 年 ~ 30 年の鑄型の補修による原単位の低下を示したものであつて、鋼塊生産量からみて溶接加工量を見込んでも多額の鑄型費節約となつてゐる。しかし最近では M-122, M-123) もつと簡易な、また安価につく研磨修理加工が大幅に採用されてきた。

表 4.4.9 修理による原単位の低下

期別	実際原単位 A	修理しない 場合 B	原単位減少量 B-A
	kg/t	kg/t	kg/t
昭和 28 年 1/4 ~ 3/4	15.2	15.5	0.3
28 年 4/4	13.4	13.8	0.4
29 年 1/4	16.0	16.8	0.8
29 年 2/4	16.0	16.8	0.8
29 年 3/4	14.1	14.8	0.7
29 年 4/4	16.0	17.2	1.2
30 年 1/4	14.6	15.3	0.7

表 4.4.10 溶接補修による鑄型原単位の低下^{M-73)}
(改角 1.8 t)

項目 年	修理の 有 無	鑄型 寿命 (回)	鑄型 原単位 (kg/t)	廃却原因 (%)		
				溶損	割れ	亀裂
1955	無	60.9	18.6	7.4	11.1	81.5
	有	68.8	16.5	0	11.1	88.9
1956	無	62.2	18.2	13.3	6.7	80.0
	有	70.1	16.2	0	6.7	93.3
1957	無	61.6	18.4	24.4	10.2	65.6
	有	67.4	16.8	0	10.2	89.8

E 実施例 (5) (住金・製鋼)

住金・製鋼^{M-73)}では圧延用上広改角 1.8 t 鑄型 (ガスマン型) の内面の局部溶損部を削り取り、ボルトを植込んで肉盛溶接し、グラインダーでコルゲートを復元することを行ない、表 4.4.10 に示すように、溶接補修によつて約 2 kg/t 鑄型原単位が低下した。

4.4.4 鑄型補修用溶接棒について

鑄鉄は非常に脆弱であるために溶接熱による局部的

表 4.4.11 各社で使用している溶接棒一覧表

銘 柄	用 途	溶 着 金 属 化 学 成 分 (%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cu	Cr
イ	耐 熱 耐 磨 耗 用	0.1/0.15	0.93	3.0/3.5	0.023	0.006			12/13
ロ	耐 磨 耗 用	0.5/0.8	0.05	13/15	0.046	0.005	4.6/5.0		
ハ	鑄 物 巢 埋 用	3.44	3.57	0.47	0.17	0.025			
ニ	鑄 物 巢 埋 用	0.62	0.91	1.07	0.03	0.003	65	3.0	
ホ	変 質 鑄 物 用	1.17	0.35	15.4	0.087	0.012	0.2		
ヘ	球 状 黒 鉛 鑄 鉄 棒	2.5	5.5	0.4	0.15	0.015	0.22		
ト	鑄 物 巢 埋 用	<0.13	<0.03	0.3/0.45	<0.04	<0.04		0.3	
チ	軟 鋼 用	0.1	0.35	0.4	0.02	0.02		0.02	
リ	軟 鋼 用	0.08	0.52	0.99	0.013	0.008		0.11	
ヌ	鑄 物 用 (低 水 素 型)	<0.1	0.4/0.5	1.0/1.3	0.02	0.015		0.20	
ル	イ ル メ ナ イ ト 型	<0.1	0.08/0.1	1.38/0.5	0.024	0.025		0.19	
ヲ	鑄 鉄 用 (高 硅 素 心 線)	3.5/3.8	7.0/7.8	1.0	0.025	0.025		0.20	
ワ		<0.13	<0.03	0.3/0.45	<0.04	<0.04		<0.3	

表 4.4.12 溶接棒別使用結果

銘 柄	溶着性	耐熱性	剥 離
ロ 耐 磨 耗 用	◎	◎	×
ホ 変 質 鑄 物 用	△	△	△
イ 耐 熱 耐 磨 耗 用	×	○	○
カ Cr-Ni 不 銹 鋼 用	×	○	×
ハ 鑄 物 用 (鑄 鉄 心 線)	○	△	◎

◎性質良好 △中間 ×不良

な膨脹収縮に対する抵抗性が小さく、従つて溶接が非常に困難であつて高温の予熱を必要とする場合が多いが、鑄型補修に関しては鑄型そのものが大きく、また補修箇所も内面であるため予熱はほとんど不可能である。一般に普通鑄鉄に対しては純ニッケルあるいはモネル合金を芯線とした低温溶接棒の使用が推奨されているが、これらを鑄型内面の補修に使用した場合には高温の溶鋼を繰返し注入するために母材と溶接デボが膨脹・収縮の差により端部がマクレ上り剥離の原因となる。従つて鑄型補修用溶接棒としては溶着性の良好なること、耐熱・耐磨性にすぐれ剥離あるいはマクレなどの現象が起きないということが絶対条件となる。最近溶接棒の研究が進み上述の諸条件を満足させる鑄型補修用に適した市販品が入手できるようになつた。

表 4.4.11 は昭和 34 年 4 月にアンケートによつて調査した各工場で使用している鑄型補修用溶接棒を一表にまとめたものである。

A 溶接棒の比較試験

日本製鋼^{M-66})では種々の溶接棒を比較試験し表 4.4.12 に示す如き使用結果を得た。

この表でわかるように鑄型の溶接用としての三つの条件を具備せる電極棒はなく、三種類の棒を併用してきたのが、最近単独で充分使用できる④⑤2種類の、溶接棒を使用して効果を上げている。代表例としてこれらの溶接棒の使用結果をあげると次のとおりである。

a. 銘 柄 ④

(1) 特 徴

溶着金属は球状黒鉛の鑄鉄からなり、鑄型補修用として製作されたものである。一般の鑄鉄における黒鉛は片状をなしておりこの状態の鑄鉄は脆いのが欠点である。その欠点を補うために黒鉛を球状化することによって(ダクタイル鑄鉄の原理)高い抗張力と伸びを得ることができる。溶着金属として球状黒鉛のものを得ることはなかなか困難であるが、実地試験の結果④では炭素鋼心線と特殊被覆剤との作用が相まつて、溶着金属として球状黒鉛の溶着金属が得られた。

(2) 化 学 成 分

C	Si	Mn	P	S	Ni
2.5	5.5	0.4	0.15	0.015	0.22

b. 銘 柄 ⑤

(1) 特 徴

溶接棒⑤はケイ素を約3%含有する特殊線材(特許 No. 192,339)を芯線とし、これに黒鉛系被覆を施して特に鑄鉄用溶接棒として完成したものである。

- 1) 溶着金属中の炭素は完全に黒鉛化しているために硬度が低く切削が極めて容易である。
 - 2) 溶着金属の化学成分は鉄-炭素-ケイ素の三元共晶組成に近い。
 - 3) 低温で黒鉛が析出し易く従って割れが発生しにくい。
 - 4) 反応が充分行なわれるためにプロホールが極めて少い。
 - 5) 作業性がすぐれ溶滴の移行は円滑である。
 - 6) スラグはほとんど生ぜず、またたとえスラグが生じて生じたスラグはブラシで容易に除去できる。
- (2) 化学成分

C Si Mn P S
 3.5~3.8 7.0~7.8 1.0以下 0.025以下 0.025以下

Cu
 0.20 以下

4.4.5 各製鋼工場における鑄型補修の概況

鑄型補修について特に昭和 34 年 4 月に各工場にアンケートによつて調査した。表 4.4.13 は現在各工場で実施されている鑄型補修の概況を一覧表にしたものであり、多くはグラインダー研磨および溶接補修が単独にまたは平行している。特殊な例として小さな割れに対する黒鉛質物質の目地ぬりおよび、溶損部のスカフティングが報告されている。

表 4.4.13 各製鋼会社における鑄型補修の概況

工場別	項目 鑄型 名称	断面形状			補修方法						補修箇所				溶接棒 の使用回数	補修時の 使用回数	補修後の 耐用回数	備考
		丸	角	平	溶接	機削	グライ ダー	楔	その他	内面	底面	外面	その他					
日本鑄造	80 kg	○				○	○			○					140	65	グラインダーにてグレー징 部分を削り取る。下部溶損の場 合切断	
尼崎製鉄	B10 t		○	○				○		○			イ ロ ハ ホ チ		48	10	スタット溶接の実施、楔入れ	
日本特殊鋼	R400	○			○						○		ヘ		90	20	主として底部溶損個所の肉盛溶 接	
	R800												ニ		60	24		
中山・船町	100 3,000		○	○					○		○				150 200	10	黒鉛をオーゾン油にて混練した ものを該部に押込む 亀裂の大きさ2mm～3mm程度	
川鉄・知多	H		○				○	○		○					58	28	グラインダーにて溶損、亀裂・ 部全面を削り取る 割れの場合ドリルにて穿孔し楔 形とし熔鋼を注入しハンマーで 均す	
	H1.4 t														36	12		
住金・製鋼	675		○		○						○				40	13	巾200mm×長さ500mm程度ま でスタッド溶接	
	1.9 t														50	32		
富士鉄石	K 69	○			○		○			○			ト		41	18	チップング、グラインダー、肉 盛溶接の実施	
	KU2C														40	38		
住金・鋼管	A		○		○	○		○		○	○		ヲ		114	58	内面機削、スタッド溶接	
	C														55	59	割れには軟鋼板製の楔を入れる	
川鉄・西宮	H1.4V H1.2V	○			○	○	○				○		ヘ		13	5	上、下端面の溶損個所の肉盛補 修	
大和製鋼	100	○			○					○	○				234	24	グラインダーによる切削	
	1.5 t												チ		87	19	主にB端側の深さ20mm×径25 mm程度の疵を肉盛溶接してい る。	
	2 t												ハ		55	51		
	3 t		○	○		○				○			ロイ		63	72		

表 4・4・13 つづき

工場別	項目 鋳型 名称	断面形状			補修方法						補修箇所				溶接 棒銘柄	補修時 の使用 回数	補修後 の耐用 回数	備考
		丸	角	平	溶接	機削	グライ ンダー	楔	その他	内面	底面	外面	其他					
大和製鋼	700													ホ	88	25		
大阪製鋼	100	○		○							○			ホ		30～50	底部のスタッド溶接を実施	
川鉄・千葉	C5C														35	46	溶損はなはだしき場合アセチレンガスにて溶削し平滑にする。割れ発生の場合軟鋼板製の楔を入れる	
	C6F														22	47		
	C7F1'0		○				○	○	○				リ	20	49			
	C10FR1'3													27	63			
	C15CR1'3													62	67			
富士鉄煙 富 広	HB 10										○	○	○	ス	耳欠 25	69	耳欠補修ならびに、グラインダーによる研磨 スタッド溶接	
	HB8'5		○	○							○	○	○	ル	その他 66	51		
	HB6'5																	
大同・星崎	T 12	○					○								20	50	使用回数 20 回毎にグラインダーにてクレーシングを除去する。機械切削によりクレーシングおよび剥離部を除去する。	
	T 5	○				○	○			○				40	30			
						○								20	100			
	T 2	○				○								80	40			
大同・平井	210 kg	○			○	○					○	○			60	120	下部溶損個所の肉盛溶接，機械切削による内面加工	
	220 kg														60	155		
川鉄・荻合	H	○													21	76	内部溶損個所のスタッド溶接の実施 割れの場合は楔入れを実施	
	B2R		○												23	83		
	KBV 5 R		○		○			○			○				27	16		
	H	○													40	46		
東芝製鋼	B 2	○													56	56	2 本立メガネケースの内面剥離 個所のグラインダー研磨 底部溶損個所の肉盛溶接	
	200 kg	○	○		○						○	○		カ	43	54		
		○	○									○			57	25		
八幡製鉄	C61A	○											○		34	52	グラインダーによる内面研磨補修 溶損部分のスタッド溶接，耳欠補修 亀裂，割れ部の楔入れ	
	BS9'5	○	○			○		○	○				○		68	45		
	BS12	○	○			○		○	○				○		58	28		
	B 7	○	○			○		○	○				○		42	30		
日鋼・室蘭	5 T			○	○				○		○			ヘ			内面コルゲート部分のスタッド溶接によるコルゲート復元補修 割れ部に対する軟鋼板製の楔入れ	
	16T													ラ	25	30		
川鉄・兵庫	10T	○					○	○									楔補修	
鋼管・川崎	K35	○		○							○			ヨ			グラインダーによる内面研磨補修 主として底部溶損部のスタッド溶接	
	K70	○		○							○							
	K62	○		○	○						○			タ	50	100		
	KH 60C	○		○							○				20	10		

表 4・4・13 つづき

工場別	項目 鋳型 名称	断面形状			補修方法					補修箇所				溶接 棒 銘柄	補修 時間 回数	補修後 の耐用 回数	備考
		丸	角	平	溶接	機削	グライ ンダー	楔	その他	内 面	底 面	外 面	其他				
鋼管・鶴見	KB10			○	○					○					69	17	溶接肉盛によるコルゲート 復元
	KB9			○	○					○					72	12	
	K10			○	○					○					55	10	
	K8			○	○					○					50	14	
	KB6			○	○					○					29	13	
	KB5			○	○					○				レ	／	／	
	HB6			○	○					○					94	14	内面横割れ、縦割れの溶接
	HB5.5			○	○					○					84	13	
	HB5			○	○					○					95	20	
	HB4			○	○					○					81	15	
	B3.5			○	○					○					83	12	
	B3			○	○					○					71	16	
B0.8			○	○					○					53	15		
B0.6			○	○					○					50	11		
富士鉄蘭 富室	M36	○								○							縦割れ、横割れ、および小範囲 の剥離の場合内面を肉盛する。 割れの時は外部をプレートにて 補強する。
	MB6			○						○							
	MB6.5			○						○							
	MB8			○						○				ソ	100	30	
	MB10			○						○							
	MU50	○								○							