

鉄鋼技術共同研究会

製鋼部会鑄型分科会報告

(昭和 32 年度)

製鋼部鑄型分科会は昭和 32 年度に 2 回の会議を開催会し; 従来の議題も踏襲して各種研究発表が行われたが、特に第 1 回は鑄型使用、第 2 回は鑄型製造に関する現状調査を主題として、各平炉電炉工場および鑄型製造工場の協力を得て、有益な資料が得られた。この種の調査は従来断片的に行われたが、新しい観点から総合的な検討を加えたものである。今回はその概要について報告する。なお研究事項については次回に報告の予定であるが臨時に委員以外の製造工場に御願した研究報告も集録する。

I. 鋼塊鑄型の製造および使用に関する調査結果

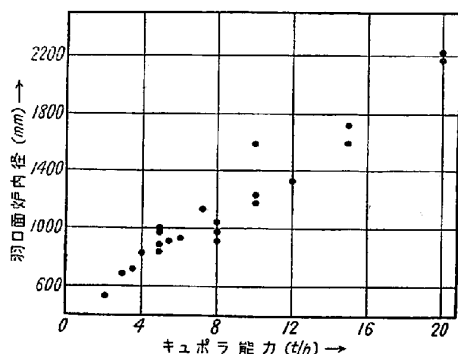
I 鑄型製造方法について

鑄型製造会社に一定様式の調査表を配布して回答をもとめた。キュボラ熔解のみに限定したが、15工場から回答があり、報告されたキュボラの要目および操業状況等についてまとめた。

1. キュボラの要目・構造

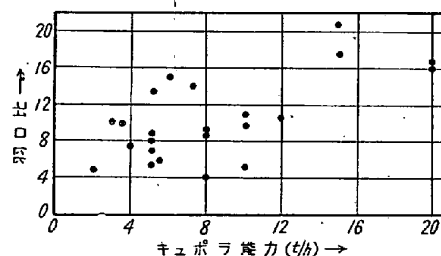
キュボラは 35 基報告されたが、同一工場で全く同じ型式のものがあるので 24 種類にわけられた。製品重量がかさむので一般に大形のものが多く、また 1 回当りの稼働時間は 6 時間以上のものが多い。前炉付きは 6 基あり、キュボラの内部構造は直胴 (16 基)・朝顔角のあるもの (4 基)・燃焼帯の狭いもの (3 基)・燃焼帯の広いもの (1 基) に大別された。直胴でも予熱帯を広くしたもの 4 基あった。

キュボラは 5~8 t/h の能力のものが 49% をしめ、10~20 t/h の大形炉が 34% でこれに次いでいる。第 1 図に示す通りキュボラの能力に応じて羽口面の炉内径



第 1 図 キュボラ能力と羽口面炉内径

は増加している。羽口の段数は 1 段 (43%) と 2 段 (49%) が半々で、羽口個数は 1 段羽口では 8 個以下、2 段羽口では 12 個以上のものが多い。一般に大形炉は 2 段羽口である。丸羽口は 57% で残りは矩形羽口である。羽口取付角は 10° (57%)・ $0\sim 5^\circ$ (27%)・ $12\sim 30^\circ$ (17%) となっている。羽口比は第 2 図に示す通り中小形炉は $12\cdot 0$ 以下が多く、大形炉は大きな羽口比をとっている。



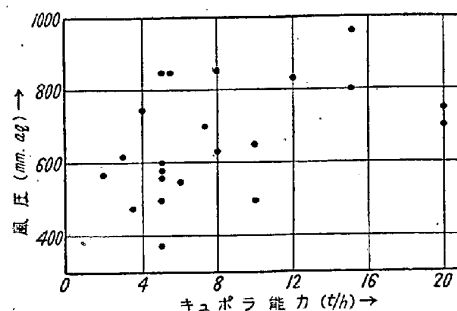
第 2 図 キュボラ能力と羽口比

有効高さ比は $4\cdot 0\sim 4\cdot 9$ のものが 60% をしめ、 $3\cdot 9$ 以下が 34% でこれに次いでいる。15 t 以上の大形炉は有効高さ比が $2\cdot 9$ 以下であり、8~15 t 炉には $4\cdot 5$ 以上のものが比較的多い。

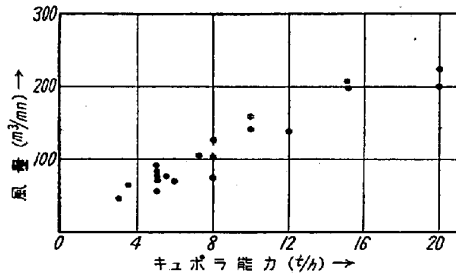
2. キュボラの操業

キュボラの風圧および風量はそれぞれ第 3 図および第 4 図に示す通り、炉能力が大きくなるにつれて増加する。

また羽口面の炉断面積 1m^2 当りの風量を計算すると第 1 表に示す通り $91\sim 120\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^2$ の範囲に入るものが多い。また追込コークス 1 kg 当りの消費風量は第



第 3 図 キュボラ能力と風圧



第 4 図 キュポラ能力と風量

第 1 表 キュポラの羽口面炉断面積当りの風量

風量 (m³/分)/炉断面積 (m²)	調 査 数
90 以下	5
91~100	5
101~110	6
111~120	7
121~130	2
131~140	—
141~150	3
151~160	2
不 明	5
計	35

第 2 表 追込コークス 1kg 当りの風量 (m³) と キュポラ基数

追込コークス 1kg 当りの風量 (m³)	調 査 数
5.6~6.0	8
6.1~6.5	4
6.6~7.0	4
7.1~7.5	8
7.6~8.0	1
8.1~8.5	1
8.6~9.0	4
休止炉不明	5
計	35

第 3 表 キュポラの地金配合

地 金 配 合 割 合 (%)						配 件 合 数	工 場 数
鑄物用鉄	故 鉄*1	木 炭 鉄	製鋼用鉄	鋼 屑	其 他*2		
80~90	10~20	—	—	—	—	2	2
65~70	20	—	10~15	—	—	2	2
70	20	—	—	10	—	2	2
70	20~25	—	—	—	5~10	6	4
50~80	10~30	10~30 ₍₄₀₎	—	—	—	17	10
50~70	10~15 ₍₂₀₎	10~20	5~10	—	—	7	3
40~60	20 ₍₃₀₎	10~30	—	10	—	4	2
60	20	10~15	—	—	10~15	1	1
40~60	—	—	20~30	20~30	—	3	—
95	—	—	—	5	—	1	1
55	—	40	—	5	—	1	1
計						46 (延)	29

備考 *1 返り材, 廢鑄型を含む, *2 製鋼用鉄, 鋼屑の何れかである.

2表に示す通り 7.5m³/kg 以下が多い(69%)。ベッドコークスの高さは羽口面上 1200±100mm のものが炉能力に関係なく多い。コークス比は 10~13% また石灰石比は 3.0~3.9% が多い。地金 1 回の装入量は炉能力の 1/10 前後であるが大形炉では約 1/20 のものもある。装入材料の大きさは炉能力が増すほど大きくなる傾向があり、ことに故鉄は 1 個の平均重量 20~30kg のものが多くの中大形炉に使用されている。追込コークスの大きさは炉内径の 1/7~1/10 のものが半数近いが、中小形炉ではこれより寸法の大きいものも使用され、大形炉ではコークス寸法の比は小さくなっている。使用コークスの銘柄はガスコークスが殆んどであり、自社製の高炉用コークスを専用しているのが 2 工場、成形コークス混用のものが 1 工場あつた。使用コークスの固定炭素量は 84~91% で、87% 前後が多い。灰分は 7~13% であるが、10% 前後のものが普通である。

3. 地金配合・化学成分

キュポラの地金配合は目標化学成分によつて変化する。第 3 表は地金配合を件数別に分類したものである。鑄物用鉄は各種の銘柄のものが使用され、輸入鉄も一部には使用されている。大多数の工場は 2 種類以上の鑄物用鉄を配合している。木炭鉄は国内産あるいは輸入鉄のうち 1 種類が使用されることが多く、一般に大形鑄型に使用され、同一工場でも大形になるほど配合割合が増加している。故鉄には一般に廢鑄型が使用されるが、一部では返屑のみを使用していた。同一工場では大形になるほど故鉄使用量は減少している。製鋼用鉄は成分調節のため 4 工場で使用され、鋼屑は C 低下のため 5 工場で使用されている。鑄型の形状・大小によつて化学成分は変化し、一般に扁平あるいは大形のものには C あるいは Si

を幾分高める傾向がうかがわれる。報告された化学成分は第4表に示す通りである。

第4表 鑄型の化学成分

	TC	Si	Mn	P	S
調査範囲	3.60 ~4.00	1.20 ~1.90	0.40 ~0.80	0.10 ~0.30	0.04 ~0.09
平均範囲	3.70 ~3.90	1.40 ~1.60	0.50 ~0.70	0.14 ~0.22	0.05 ~0.07

4. 出湯温度・炉頂ガスおよびキュポラスラッグ

キュポラの出湯温度は 1360~1480°C の範囲であり、1400~1450°C が大多数をしめている。炉頂ガス中の CO₂% は第5表に示す通り、比較的 CO₂% を下げて操業している工場が多い。キュポラスラッグの成分は各工場によつて異なり、スラッグの CaO/SiO₂ は 0.5~0.9 とばらつきが大きい。スラッグ中の FeO, MnO が 1.0% 以上の工場も若干あるが、大部分は FeO < 4%, MnO < 2% となつている。除滓方法として7工場でフロンドスラツギングが採用され、スラッグ処理はバッグにうける工場が多く、土間流しあるいは水滓処理もそれぞれ数件の例がある。

第5表 炉頂ガス中の CO₂%

CO ₂ %	調査件数
9.0~10.9	5
11.0~12.9	6
13.0~14.9	6
15.0~16.9	3
計	20

5. 鑄込温度・鑄込速度および砂型温度

鑄型の鑄込温度は 1250~1290°C が普通であつて、これより外れる工場も若干ある。同一工場では小形ほど鑄込温度を高める傾向が認められる。鑄込速度は製品重量が増すほど大きく、大形・中形・小形鑄型についてそれぞれ 5~15・2~7・約 1t/mn となつている。砂型温度は 20~120°C の範囲であるが、大多数の工場では 50~100°C である。

6. キュポラ附帯設備および計測機器

バケット式あるいはスキップ式の機械装入装置が10工場採用されている。バケット容積は 0.3~1.0m³, スキップ容積は 0.3~1.3m³ である。バケット式はホイスストあるいは起重機による吊上式のものが多く、スキップ式には捲上式のものが多く。

風量測定に自動調節機(5工場)や自記記録計(3工場)も採用されているが、他はオリフイス計またはピトー管である。風圧はU字管による測定が多いが、自動圧力計も4工場で使用されている。温度測定は光高温計で行われているが、3工場では浸漬温度計も併用している。溶湯の重量は4工場で秤量している。他は容積より推定している。炉頂ガス分析に7工場が CO₂ メーターを設置し、他は時々オルザット装置で分析を行つている。

7. 鑄物砂

ほとんどの工場は 2~10 t/h の砂処理機を備えている。外型には古砂を 70~100% 配合したものが多く使用され、中子には新砂を 20~50% 配合する所が多い。新砂には主として珪砂(銀砂)が使われている。粘結剤の配合率は 5~15% が多いが、中子には一般に多量に配合されている。粘結剤には粘土が用いられ、一部ベントナイトが併用されている。コークス粉は7工場主として中子に 5~15% 配合されている。

鑄物砂の粒度は外型砂・中子砂とも 10~28 メッシュにピークを有するものが多く、30 メッシュより細かい微粉の含有量は 20% 以下である。一般に中子砂の方が粒度が粗い。

砂型の乾燥には重油・石炭およびコークスが主に使用されているが、ガスあるいは電気を使う工場もある。乾燥温度は 200~400°C であり、中子よりも外型の乾燥温度を高めている工場が6工場あつた。

II. 鑄型(定盤)の材質・設計・使用方法について

製鋼部会の会員工場に調査表を配布して回答をもとめ(昭和31年12月現在)、回答のあつた25工場の資料について調査を行つた。

1. 化学成分

高炉銑直接鑄込鑄型を併用している1工場以外は鑄型および定盤ともキュポラ製である。過半数の工場では規格成分あるいはこれに準ずるものを規定しているが、半数以上は鑄型と定盤で成分を変えている。その理由としては定盤の C・Si の低下による寿命の増加、あるいは廃型配合の増加によるコスト低下がそれぞれ1工場から述べられている。報告された鑄型の化学成分は 3.5~4.0% TC, 1.0~2.0% Si, 0.3~1.1% Mn, 0.3% > P, 0.10% > S の範囲にあつた。鑄型の TC 量は第6表に示すように鑄型形状によつて異なり、小形はやゝ低目となつている。Si は一般に鑄型重量が 5 t 以下のものは 1.2~1.5% であり、5 t 以上のものはそれよりやゝ高目となつている。また TC の低目のものは一般に Si は高目であつた。Mn は鑄型の種類を問わず 0.4~0.7%,

第 6 表 鑄型形状と TC 量

鑄型形状	TC%
眼鏡型 (二本立)	3.6~3.8
角型 (矩形を含む)	3.6~4.0
扁平型 (5 t 以下)	3.7~3.9
扁平型 (5 t 以上)	3.7~4.0

第 7 表 鑄型・定盤の寸法公差

鑄 型			定 盤		
測定位置	寸法公差 (mm)	調査件数	測定位置	寸法公差 (mm)	調査件数
高さ	0~20	21	長さ・巾 湯道溝	4~20	6
内寸	3~12	23		3~10	5
肉厚	4~10	7	肉厚 波打	4~20	7
内面波打	2~6	9		2~6	4
その他	3.5~7.5	3	反り		

Pは0.2%以下、Sは0.08%以下のものが多かった。定盤の化学成分は3.0~4.1% TC, 1.0~2.0% Si, 0.3~0.9% Mn, 0.50% > P, 0.08% > Sの範囲にあり、TC量は鑄型よりやや低目、Siは1.20~1.60%、Mnは0.40%~0.70%、Pは0.30%以下、Sは0.08%以下のものが多かった。鑄型の化学成分に対する希望として、TCは3.8%以下、Siは1.6%以下、Mnは0.6%前後、PおよびSはなるべく低くすることが数工場から述べられていた。

鑄型に特殊元素を添加して寿命を向上することはこれまでしばしば試みられて来たが、最近数社で試験を行った。(1) Moを0.3%前後添加することにより、鑄型寿命は約20% (範囲6~35%)増加し、鑄型のクレーシングの発生は少ないが、合金成分添加のため原価が上がるのでこの程度の寿命の増加では、普通鑄型と差が出ない(川鉄・千葉)。(2) Ti添加はあまり効果がなかった(住友金属・鋼管)。(3) V, Tiを含んだVantit鉄を配合した試験を行った(結果は研究資料に記述—日本製鋼・室蘭)。

ダクタイル鑄鉄鑄型はすでに2工場で実用化されているが、試験的に使用した結果についての報告も含めて、眼鏡型に4種類(鑄型重量400~600kg)・鍛造用八角鑄型1種類(730kg)・丸型1種類(840kg)・角型10種類(1,390~5,150kg)・扁平型1種類(4600kg)の計17種類の鑄型について報告された。ダクタイル鑄鉄鑄型の利点はクレーシングに対して強く、また衝撃に対して強いので鑄型寿命は向上する。また鑄型の肉厚を減少しうるので鑄型の原単位を低下し得る。ただし眼鏡型あるいは扁平鑄型等の特異な形状のものには歪のため型抜困難になることがある。また球状化不良のものは成績が不良である。

2. 鑄型定盤の設計および重量

鑄型あるいは定盤の寸法公差を規定している工場は20工場あり、このうち半数は鑄型のみを採用している。寸法公差は工場によって異なり、また指定個処に多少の差はある。寸法公差の実施例は第7表に示す通りであつて、+公差と-公差とが異なるものもある。一般に小形のものの寸法公差は狭い範囲にあり、大形ほど範囲は広い。

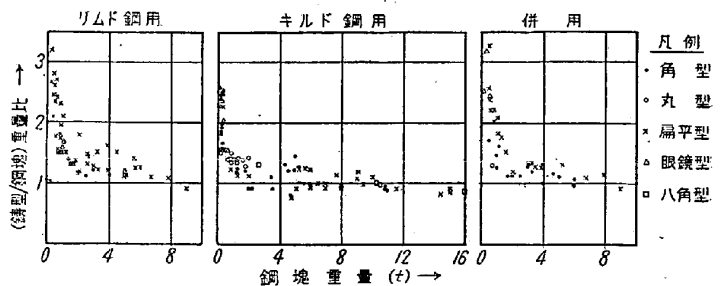
1工場では鑄型の上下面を機械仕上している。また14工場は鑄型の頭部あるいは底部を機械仕上しているが、その目的は押湯枠あるいは定盤との接触を良くして、湯漏れや鑄張りを防止し、あるいは吊切れを防ぐのが主眼とされているが、鑄型の引巣部除去による縦割れの防止を期待している工場もある。

鑄型の重量比および各部の寸法についての設計上の基準について各工場からの意見が提出された。

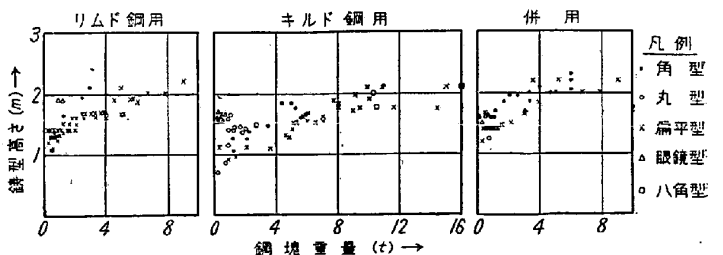
(鑄型/鋼塊)重量比……大形ほど小さく、同一重量でも上広型あるいは扁平型は下広角鑄型よりもや大きく目である。第5図は現用鑄型の鑄込鋼種別の鋼塊重量に対するこの重量比の関係を示したものである。

鑄型高さ……一般に高さは鑄型の断面寸法・鋼種および圧延条件(加熱炉寸法・ロールスタンド能力)によって定まり、特にリムド鋼はリングアクションのため2200mm以下が良いとされている。第6図は鑄込鋼種別の鑄型高さの現況を示したものである。

肉厚……小形鑄型は厚く大形鑄型は薄くしているが、最終的には鑄型の断面形状および使用条件で定まり、薄すぎると亀(割)を増加する。



第 5 図 鋼種別の鋼塊重量と(鑄型/鋼塊)重量比の関係



第 6 図 鋼種別の鋼塊重量と鑄型高さの関係

隅角半径……鑄型寿命の点からは大きい方が良いが、鋼塊性状も考慮して決定される。5t以上の大形鑄型では50~60mmが良いといふ意見が多い。

コルゲートあるいはフリユート……鑄型寿命は低下するが鋼塊割れを防ぐには良い。

鑄型設計の変更は鑄型消費量の低下あるいは鋼塊性状の改善を目的として行われる。昭和29年以降の10工場の設計変更の概要とその効果をあげると第8表の通りである。鑄型設計の変更による鋼塊性状の改善と鑄型寿命の向上は得失の相反する面が多い。

第8表 鑄型の設計変更とその効果

対象	設計変更点	効果
鑄型	型高さの減少	消費量の低下
	肉厚の減少	消費量の低下、但し限度がある。
鋼塊	(長辺/短辺)の減少	鑄型寿命向上。
	補強バンドの改変	割れが防止された。
	扁平眼鏡型鑄型で長辺組合せを短辺組合せにした。	鑄型寿命向上。
	コルゲートの廃止	同上
鋼塊	(長辺/短辺)の増加	鋼塊性状良化圧延能率向上。
	隅角半径の減少	鋼塊歩留向上。
	コルゲートをつける	(コーナー割減少) 同上(縦割減少)

上注定盤は鑄型の底部形状に応じた形状のものが多いが2本立以上のものは矩形が多い。下注定盤は矩形のものに2~6溝の湯道を有するものと、角あるいは丸型で放射状に湯道溝を有するものとある。定盤の重量と鑄込鋼塊重量の比は上注定盤は0.8~1.0の範囲にあるが、0.2~0.6に過半数は入っている。下注定盤は0.5~1.7の範囲であるが、大多数は0.5~1.0である。下注定盤

の方が重い、この傾向は小形鑄型用にいちじるしい。

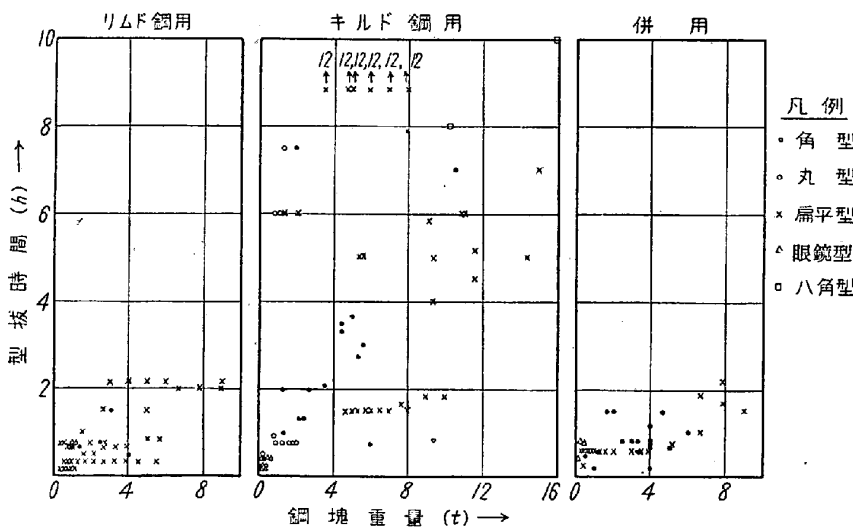
3. 鑄型および定盤の使用法

各工場で主用されている鑄型の使用条件をまとめると次の通りである。使用前の鑄型温度は40~80℃のものが多く、80~120℃がこれに次いでいる。工場によつては150~200℃のものもある。型抜までの時間は鑄込鋼種および鋼塊重量によつて異なる。第7図は鋼塊重量に対する型抜時間をプロットしたものであつて、リムド鋼はキルド鋼より型抜時間が短い。小形鑄型は大形鑄型より型抜は早い、特殊鋼用のものは小形でも遅くなつていく。鑄型の冷却方法は冷却台あるいは鑄型置場での自然冷却が多いが、2工場では一部の鑄型に水冷を行つている。1日当りの鑄型の使用回数は2回/日前後のものが多いが、1回/日以下あるいは4回/日のものもある。鑄込温度および速度は鋼種・鋼塊重量および上注下注の別によつて変化している。鑄型の内面手入れはワイアブラシで附着物をすり落す方法が主で、一部ではヘラを併用している。鑄型の内面塗料は石炭系あるいは石油系の有機剤(市販品が多い)が多く使用されているが、無機質の黒鉛を塗布している工場もあつた。塗布方法は噴霧機あるいはスプレーガンによる吹付けが多く、一部では布あるいは刷毛で塗りつける簡便な方法も行われている。

定盤の保護は約10工場で一部の定盤に行われている。上注定盤ではシートバーを敷く所が多く、その他の棒鋼を組みこんだり黒鉛質煉瓦あるいはシャモット質煉瓦のはめこみが一部で行われている。下注定盤では損傷部の早期熔接修理・二重定盤の使用・黒鉛塗布および外周よりバンドをかけて機械的に補強する方法等が行われている。

鋼塊の頭部保温は主として大形のキルド鋼に対し灰・木炭・発熱造滓材の添加および電弧加熱等が行われているが押湯保温が原因して鑄型が廃却されることはほとんどなく、鑄型寿命の低下は型抜時間の延長その他の使用条件によると言う見解が多い。

15工場では鑄型を補修しているが、補修は溶接と機械加工によつている。溶接補修は主として熔損および割れの対策に用いているが、耳欠けおよび吊手切れなどにも利用されている。溶接方法はスタッド溶接が広く採用され、溶接棒は軟鋼棒あるいは特殊棒が使用されている。い



第7図 鋼種別の鋼塊重量と型抜時間

ずれの場合も溶接補修によつて早期に鑄型が廃却されることが防止され、原価的にも充分採算が得られている。機械加工は損傷部を削つて型抜を良好にする方法であつて、鋼塊単重の変動する難点はあるが鑄型寿命は良好である。

台車鑄造は比較的大形の上注鑄型に多く使用されている。上注鑄型は定盤に1本立の場合もあるが(約50%)2本以上を同一定盤に設置する場合もある。下注鑄型は5t以上の鋼塊では2~4本立が多く、小形の1t前後のものでは10~20本立であり、さらに小形のもの、30本以上が同一定盤で鑄込まれる。二重定盤は5工場で使用され、湯上りの偏りの防止・鋼質の改善(割れあるいは砂疵の防止)・定盤の保な等の効果をあげている。鑄型の廃却の検査施行者は現場責任者(役付工)あるいは技術者によつて行われ、最終決定は上部監督が行つている。鋼種および鑄型の大きさで廃却基準は異り、割れの基準としてその長さや巾により定量的にきめている工場もあるが、また割れの程度が甚しくなつて鋼塊にひれがついたり型入れになるまで使用している工場もある。荒れによる基準は鋼塊にクレージグの跡が残る程度の軽微なものから、内面剝離が生じた時、鋼塊表面にひつき疵が残る時、あるいは型抜困難になつた時など、その時期は工場によつてまちまちである。

鑄型の寿命は毎回記録して集計する方法が多くの工場で行われている。定盤寿命を毎回記録している工場は半

第9表 鑄型使用方法の改善とその成果

使用方法の改善点	調査数	成 果
鑄型冷却台の増設	2	鑄型消費量の低下・内面塗料がぬりやすい
型抜処理の合理化	3	使用頻度の低下・型抜時間の短縮・鑄型寿命のばらつき減少
鑄型設置位置の理	1	鑄型の使用回数により定盤上の据付位置を変え、早期廃却をふせぐ
型 抜 時 間 短 縮	1	鑄型寿命の向上
内面塗料の使用	2	型入減少・クレージグの発生が遅い

第10表 鑄型使用方法で改善が望まれる点

改善が望まれる点	調査数
造塊ピット数の増加	6
鑄型常備本数の増加または合理化	6
冷却台の設置・置場面積の増加	18
起重機設備の増設	5
型抜時間の短縮	12

数以下である。鑄型の消費量の算出方法は(鑄型寿命×鋼塊重量)で鑄型単重を割る式が多く使用され、一部ではある期間の出鋼量で廃却鑄型総重量を割る式が採用されている。また二者を併用している工場もある。

最近9工場で行つた鑄型使用方法の改善点とその成果は第9表に示す通りであり、この反面各工場の立地条件その他で鑄型使用上改善を要する点は第10表に示す通りである。(つづく)