

て述べたが、終戦以来、復興に明け暮れた10年の今日多くの面で国際水準に達する迄に到つた事は、ともかく進歩したと言える。しかし、率直に言つて、これは、発

達の初期の段階に漸く達したにすぎず、日進月歩の現代工業の要請に対して、優良鋼材供給の任を全うするためには、鍛造界は、更に向上の努力を続けねばならない。

## 本邦鑄鉄、鑄鋼技術の進歩

谷 村 熙\*

### PROGRESS OF IRON AND STEEL CASTING INDUSTRY IN JAPAN

*Hiromu Tanimura, Dr. Eng.*

#### Synopsis:

A review of the iron and steel casting industry, during the past ten years, was described. The progress of the casting industry in this period has much correlation to the research activity in the pre-war and war time, therefore this review covers some details of pre-war progress.

#### I. 第二次世界大戦前後にわたる 日本の鑄造界概況

戦時には鑄物が陸上兵器、艦船、航空機の主要部品に用いられるので、その量産並びに質の向上が要望せられた。これに關係する製造会社も研究に力をそそいだので鑄物は各方面に進歩を見た。鑄物の重要性にかんがみ、既に昭和11年(1930)頃から日本學術振興会が学界および業界から委員を薦めて第24小委員会を組織し鑄物に関する総合研究を推進した。その委員長は石川登喜治博士であつた。

戦時中は鑄鋼が重視されるが、また各種機器に対し鑄鉄、銅合金、軽合金鑄物も重要な役目を担う。殊に航空機用にはアルミニウム、マグネシウム合金鑄物の需要が多く、その研究の促進と共に一般鑄造技術も進歩した。

鑄物の共通問題として鑄型の製作従つて鑄物砂の研究が必要となつてくる。よつて学振第24小委員会では鑄物砂に関する専門部会を組織してその試験法の統一をはかつた。また兵器を初め主要な機器について多くの製造会社の試作研究を集め鑄造作業標準を作つた。これは鑄鉄、鑄鋼、銅合金および軽合金の各材質にわたつて作られ鑄造の指針となつた。

可鍛鑄鉄は車輻、運搬機械等に用いられてきていたが、数社のメーカーは別としてとかく信頼性に乏しいとの評があり、これも戦時に役立つ目的で学振の可鍛鑄鉄専門部会で研究が取り上げられた。

次に防弾鋼は従来熱処理した特殊鋼板をリベット或い

は熔接を以て組立てて来たが、リベットが弱点であり、また高張力の特殊鋼の熔接が困難であるところから、特殊鑄鋼による防弾鋼の鑄造並びに熱処理が学振の特別委員会で取りあげられて研究の結果すぐれた鑄物が得られた。

かように鑄物の各方面に関する技術が進んだが戦争末期には資材の欠乏と爆撃による損害のために生産が衰えて終戦を迎えた。

敗戦直後は国家經濟の混乱のため鑄物業界も一時沈滞したが、戦後の混乱がおさまり産業の復興が叫ばれると共に、鑄物の需要も増加した。然し乍ら原料の輸入は殆んど不可能であり、国内にあるスクラップや粗悪な燃料を用いて鑄物を作ることを余儀なくされた。この時代には粗悪な資材による鑄物の困難を克服する方法が研究され、これがその後の鑄物の品質改善にも役立つ。1950年頃から海外の情報が入り鉄鋼視察団のアメリカ視察を初め鑄物關係技術者の海外渡航もあり、欧米の鑄物の技術を知り得たので急速なる改良進歩が見られる様になつた。以下各種鑄物につき進歩の概略を述べることにする。

#### II. 鑄鉄鑄物

##### (1) 戦時中の鑄鉄鑄物の研究

鑄鉄は兵器や航空機の主要材料では無いから、戦時には目星しい進歩が見られたかつた。ただピストンリン

\* 九州大学教授、工学博士

Table 1. Chemical composition of piston-ring for aircraft engines

Type	Chemical composition (%)								
	T.C.	C.C.	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Others
I. In one piece casting	<3.8	0.45~0.80	2.0~3.5	0.5~1.0	<0.1	0.3~0.8	0.3~1.0	0.3~1.0	<1.0
II. In cylinder casting	<3.5	0.45~0.90	1.5~3.0	0.5~1.2	<0.1	0.3~0.8	<1.0	0.3~1.0	<1.0

グだけは自動車，戦車，航空機の部品として重要であつたので，学振第 24 小委員会「ピストンリング専門委員会」<sup>1)</sup>で取り上げられた。その結果化学成分が Table 1 の如きものが適当とせられた。同様の化学成分を与えても磨耗が異なることが経験せられた。種々調査した結果は基地がパーライトであることは勿論であるが黒鉛形態が重要な影響をもつ事が判つた。共晶状黒鉛が多くあらわれるものは磨耗に弱くあまり粗大で不揃いの黒鉛を有するものもよくないことが判つた。よつて黒鉛の形態と大きさを異にする数種の標準組織を示しこれに準じてピストンリングを製作することに定めた。同じ様な溶解条件であるのに黒鉛形態が異つてくるが，これは原料鉄の選定や配合に注意し出湯後カーボンや珪化石灰で処理するとよい形態のものが得らるることが判つた。

戦後になつてアメリカでは AFS, ASTM の graphite flake size chart が作られており，また欧米でイノキュレーションにより鑄鉄の強度改善が実施せられていることが判つたが，本邦でも既に同様の研究が戦時中に行われていた。

(2) 電気炉溶解鑄鉄

終戦直後は石炭やコークスが不足したが電力には余裕があつたので，一時鑄鉄の電気炉溶解が各所で盛んに行われた。ところが電気炉鑄鉄は抗張力は決して低くはないが，ヒケが大きく，湯流れ不良，チルし易く鑄物が脆い等の欠点のみとめられた。これに関する研究や試験が各所で行われた結果過度の塩基性スラッグは上述の傾向を強くすることが知られた。その原因として水素説，酸素説等が発表された。日本学術振興会第 24 小委員会では各社の経験を総合して電気炉鑄鉄溶解作業基準<sup>2)</sup>を作成して指針を与えた。この案によればフラックスに石灰石を使用し加炭により酸化を防ぐと共に，成るべく中性に近い白色滓を作つて水素の吸収を抑制する方法をとる。この結果電気炉鑄鉄で一時いわれた様な欠陥を除くことができた。

(3) キュボラ炉

終戦後は石炭が不足すると共に品質が著しく低下した。そのためコークスの灰分，硫黄が多く，鑄物の不良

に悩んだ。そこで粗悪コークスを用いてキュボラの溶解温度を上げる研究が各所で行われた。この時熱風式キュボラおよび多段<sup>3)4)</sup>羽口キュボラ等が方々で採り上げられた。戦前に石川薫博士<sup>5)</sup>が海軍工廠で griffin 式の熱風キュボラをつくり効果をおさめたが，戦後間も無い時代には資材の關係もあり完全な熱交換器を設備することが容易でなかつた。そこでキュボラの炉頂に送風管を廻らす様な簡単な形式<sup>6)7)</sup>のものが推奨された。かくて熱風の利用は灰分の多いコークスによる操業の困難を軽減し得た。また当時の軟弱なコークスをよく利用するため粉コークスをピッチで焼結することが研究せられた。鉄道技術研究所<sup>8)</sup>ではそれを国鉄の工場で応用した。

一方コークスの性質，殊に反応性の研究が行われて，鑄物用コークスの要求する本質が明らかにされた<sup>9)10)</sup>。

昭和 15 年 (1940) に日本学術振興会第 24 委員会でキュボラ標準寸法および操業法<sup>11)</sup>が制定されたが，戦後の原料事情には適しない点があつたので，日本鑄物協会では標準キュボラ委員会を組織し，この時代に応ずる新しい標準法<sup>12)</sup>を制定した。これが全国の鑄物業界に大いに裨益した。戦後数年を経て石炭の品質が向上し，また優秀な原料炭が輸入せられると共にコークスの品質は戦前以上に良くなつた。この時アメリカのキュボラ操業技術がメーハナイト鑄鉄法等と共に導入せられた。メーハナイト法はキュボラに多くの鋼屑をチャージして加炭すると共に，特に高温溶解をして低炭素で，かつ不純物の少い鑄鉄を得，また珪化カルシウムでイノキュレーションをして良質の鑄物を得る方法である。キュボラの高温溶解に対しては装入物のサイジング，均等送風等操業時の行き届いた管理が必要である。これに刺戟せられ最近のキュボラでは設計並びに操業法が改善され，1500°C 以上の熔銑を得るようになった。

一方ノジュラー鑄鉄のキュボラ溶解が実施されると共に，高温溶解と硫黄の低下をはかることが要求される。最近塩基性キュボラの研究が行われつつある。

(4) 強力鑄鉄

1947 年から 1948 年にかけて英および米両国で Ce 或いは Mg で熔銑を処理することにより，球状黒鉛組織

の鑄鉄が發明せられた。このニュースが1949年頃我国に報ぜられてから鑄物業界の大きな興味を惹き、直ちに各方面でその研究が行われた。この鑄鉄は抗張力が片状黒鉛鑄鉄の2倍以上に及び、伸びもフェライト質に焼鈍したものが10%~20%に及ぶので、その将来性が有望視され、アメリカの特許権者 Inco からその特許を譲渡された会社が10余に及んでいる。

ノジュラー鑄鉄は実験室ではMgの添加により容易にできるがこれを工業的に実施するに当つては溶解方法、添加方法、原料銑、鑄造方案等に困難な問題が多々ある。

普通の鑄物用銑を原料とする時は球状化が不完全で機械的性質が劣ってくる。またMgの損失のために添加合金の選定や添加方法に工夫を要する。さらにこの鑄鉄は引けが大きく鉄滓の混入が多いので、鑄造方案が難しい。

そこで文部省の科学試験研究費の援助の下に、全国の大学や研究所および工場の研究者が努力して総合研究を行い「球状黒鉛鑄鉄の研究」<sup>13)</sup>なる報告が2巻出された。また学会にも続々研究報告が出されて我国のノジュラー鑄鉄の研究は欧米にひけを取らぬ進展を見せている。

ノジュラー鑄鉄は抗張力、耐摩耗性、耐熱性(成長に対し)に富む処から、トヨタ自動車、三菱造船、日立製作所、ヤンマー・ディーゼル株式会社等ではエンジンパーツに、また久保田鉄工株式会社、神戸鑄鉄所ではインゴットケースに、日立製作所や住友機械工業ではロールに適用してよい成績を示した。

一方原料銑の研究が行われた結果球状化し易い、ダクタイル銑或いはノジュラー銑が富士製鉄、八幡製鉄で製造せられるようになっていく。

ノジュラー鑄鉄の出現とアメリカのメーハナイト鑄鉄に刺戟され我国でも独自の強力鑄鉄を作る研究が行われた。これらは鑄鉄の純度を高め、高温溶解と脱酸の徹底、あるいはイノキュレーションの応用等によるものである。例えば神戸製鋼の新強靱鉄<sup>14)</sup>は片状黒鉛で、抗張力45~50 kg/mm<sup>2</sup>と報告されている。また東北大学金属材料研究所でもこれに匹敵するものが研究されたという。

また沢村博士および堀田美之氏等は熔銑を含チタン・スラグで処理し共晶形黒鉛鑄鉄<sup>15)</sup>を作つた。

この他モリブデン或いは銅・モリブデン、ニッケル・モリブデンを配合したベイナイト組織の鑄鉄も研究されている。

#### (5) 鑄塊鑄型および鋼材用延用ロール

終戦直後は原料が粗悪なために、鑄型の耐久力が低下

し甚だしきは1~2回で初期割れを起して使用不能となることがあつた。これをきっかけとして日本鉄鋼協会では鑄型研究部会を組織し使用者側、並びに製造者側の委員を集めて鑄型の改善に努力した。その結果鋼塊t当り鑄型の消費量が減少した。これが日本鉄鋼協会鑄型研究会報告<sup>16)</sup>となつて出版された。

一方これと並行してロール研究会が組成せられてロールの品質向上に貢献した。その結果は日本鉄鋼協会鑄物部会ロール研究会報告におさめられている<sup>17)</sup>。

これらの研究において、鑄型あるいはロールが如何なる熱応力を受けるかという研究が久保田鉄工および日立製作所若松工場等から発表され、今後の研究に大なる指針を与えた。また最近ノジュラー鑄鉄製の鑄型が製作されたが、その使用結果は良好である。鑄型のサイズにより耐久性が異なるので今後の研究にまたねばならない。

ロールにおいては従来のチルドロールの外にグレンロール、セミスティールロールが日立製作所を初め諸工場で作製せられるようになった。この材質の向上をはかることは今後に残された問題であり、またノジュラー鑄鉄もロール鑄造に試みられ現在試験の段階にある。

#### (6) 鑄鉄のガスに関する研究

終戦後コークスや銑鉄の品質低下のために鑄物不良が続出したがその原因は溶解温度が低くガスが多いためと考えられた。また普通の五元素の分析値がそれ程大差がないのに或る種の銑鉄を使用するときに黒鉛化不良や引け巣が多いことが経験され、これ等が動機となつて鑄鉄に含まれるガスの研究が盛んとなつた。例えば早稲田大学鑄物研究所の加山<sup>18)</sup>、中野(大塚)<sup>19)</sup>氏等が鑄鉄から出るガスを測定したのはその例である。また研究者の間で鑄鉄品の不良に対し水素の害を強調するのと酸素の害を主にすると両方の意見があつた。これを明らかにするため鑄鉄中の酸素を定量する研究が行われた。鑄鉄における酸素の形態をも知る必要上残渣法による定量が試みられた。加山<sup>20)</sup>、前川<sup>21)</sup>、木下氏<sup>22)</sup>等の温硝酸法や温塩酸法、谷村<sup>23)</sup>等の沃素法等がそれである。残渣法は未だ酸化物を完全に定量する点には問題があるが、とに角不完全ながら、この定量により鑄鉄のガス、ヒケ等の多い材料に酸素量が多いことが示された。また鉄道技術研究所の佐藤<sup>24)</sup>氏等は真空抽出法で酸素、水素、窒素の定量をしてガスの影響をしらべた。また音谷<sup>25)</sup>、本間<sup>26)</sup>、吉田<sup>27)</sup>氏等は鑄鉄に水素や酸素を導入してできた鑄鉄の現象を観察しこれ等の影響を明らかにした。かくの如く戦後の我国における鑄鉄のガスの研究は活発でこれ迄履歴現象として不明であつた鑄鉄の性質が、ガスの研究およ

び微量不純物の定量により漸次解明せられつつある。

### III. 可鍛鑄鉄

#### (1) 学振可鍛専門部会の活動

戦前マレアブル鑄物は少数のメーカーではすぐれた製品を作り輸出もしていたが、一般には品質が一定しない憾みがあった、戦時中マレアブル鑄物の技術水準を上げる必要が痛感せられたので、日本学術振振興会第24小委員会では可鍛鑄鉄専門部会でこれが総合研究を始めた。間もなく終戦となつたが産業復興の気運と共にこの専門部会は更に全国の主要なマレアブル工場の技術者や官公の研究者を加えてその仕事を続けた。まずマレアブル熔解作業標準を作成してJIS規格改訂に協力した。現在マレアブル焼鈍作業標準を作成中である。これがため近年マレアブル鑄物の信頼性が高まつた。また戦後原料銑粗悪のため焼鈍時間が長くなる傾向があつた時にこの専門部会では許容されるべき不純物の限界を定めて、マレアブル原料銑の規格案を提供した。電気銑製造業者はよくこれに協力したため、我国のマレアブルは戦後の原料事情困難な時にもその品質を確保することができた。

#### (2) マレアブルの焼鈍

戦前マレアブルの焼鈍に関し菊田、沢村博士等の研究があり第一段、第二段焼鈍の機構が明らかにされた。これにより第二段焼鈍では温度を  $A_{r1}$  変態点直下、即ち  $700\sim 730^{\circ}\text{C}$  に保持するのがよいとせられた。近年の研究ではむしろ  $A_{r1}$  変態点の初期即ち約  $760^{\circ}\text{C}$  から徐冷却することが有利であることが明らかになつた<sup>28)</sup>。またその実施の結果焼鈍費の大きな節約となつた。マレアブルが一旦  $A_1$  変態点でパーライトになつてから次にその中のセメントサイトを分解するよりもこの  $\text{Fe-C-Si}$  三元合金と考えられる白銑の  $A_{r1}$  変態範囲の初期温度即ち  $760^{\circ}\text{C}$  あたりから充分ゆるやかに冷却することが一層黒鉛化を容易にするからである。この現象は岩瀬博士の直接黒鉛化説<sup>29)</sup>の裏付ともなつている。

一方また白銑の焼鈍時に予備加熱をし、かつ加熱速度を適当に大きくすればテンパー炭素の数を多くし、従つて焼鈍時間を短縮することも明らか<sup>30)</sup>にされた。戦後は電力費の關係上電気炉焼鈍が各工場で採用され、焼鈍作業がよく管理せられた。その後微粉炭、ガス、重油等の焼鈍炉においても焼鈍温度曲線が正しく管理されるようになり焼鈍不良が少なくなつた。

#### (3) 特殊マレアブル

戦前日立製作等では高力のパーライトマレアブルの研究が行われていたが、戦時中マレアブルの性能を更に上

げることが要求され、特殊マレアブルの研究が行われ<sup>31)</sup>た。即ち銅、クロム等を加えた低炭素白銑を焼鈍して一部の遊離炭化物を黒鉛化し、地を球状セメントサイト乃至ソルサイトとして靱性を増したものである。戦後はアメリカでパーライトあるいは従来よりも低炭素の高力マレアブルが実用化せられていることが知られたので、現在我が国でも研究が行われている<sup>32)</sup>。

その他オーステナイト地のマレアブル或いはマグネシウム処理をすることにより普通よりも Si の含有量の高い白銑を得、これを短時間に焼鈍できる急速マレアブル<sup>34)35)</sup>や白銑の急冷法による急速マレアブルの研究も行われた。

### IV. 鑄鋼

#### (1) 熔解炉

日本では鑄鋼の熔解には特に多量の熔鋼を要する場合の外は電気炉が主に用いられる。

鑄鋼地金としては鑄割れが少くかつ材質の強靱なことが要求される。良質のスクラップの得難い我が国では、脱磷、脱硫の行われ易い塩基性電弧炉が鑄鋼に広く用いられる。即ち炉は塩基性ライニングでまず石灰の多い酸化滓を作つて脱磷をし、また沸騰による脱ガスをを行い、次に還元滓を作つて脱硫並びに脱酸を行い最後に強制脱酸をして仕上げる。戦時中は酸化滓を2回以上つくるドイツ法が試みられたことがあるが、戦後は電力消費のためあまり行われぬ。戦後には熔落および酸化期に酸素吹込みや空気吹込み法が研究された。殊に酸素製鋼法は低炭素の鑄鋼やステンレス鑄鋼に有効であり広く利用せられるに至つた。

電気炉のライニングとして戦前にはマグネシヤが主に用いられた。戦後マグネシアの原料は外国にこれを求めなければならず、その入手が困難となつたので国内に豊富にあるドロマイトでおき換えられた。更に進んで生ドロマイトを使つて順調に操業ができるようになった。

また戦時中の必要から高周波電気炉が増設されたが、戦後はこれを鑄鋼、特に合金鑄鋼の熔解に利用している。

電弧炉の操業に当り熔解時の電圧を高くして、熔解時間の短縮、トップチャージにより装入時間の短縮をはかる等の手段により電力原単位が下げられる。戦後はアメリカの技術導入により能率の良い電気炉が出来つつありまた従来の電気炉でも装入法の工夫、酸素製鋼の採用或いは熔解時に重油やガスの助燃をする等の方法で電力原単位を下げる事ができた。

## (2) 脱酸, 脱ガス

鋳鋼では鋳巣, 気泡防止のため脱酸脱ガスを充分に行わなければならない。生型鋳鋼が近年普及したが, これは一層厳密に行う必要がある。戦時中から特殊鋼の白点防止の必要上水素ガスの挙動や低下法がよく研究されてきたが, また脱酸をよくすることも重要な問題である。これ等の問題は木下博士<sup>36)</sup><sup>37)</sup>等の人々により行われ戦後の鋳鋼技術が漸次進歩している。

## (3) 生型鋳鋼法の普及

以前鋳鋼には小型のものに迄乾燥鋳型を使う傾向があった。戦時中兵器, 航空機部品の多量を要したため生型鋳造を実施して能率を上げた工場もあった。

戦後欧米の技術が紹介されて日本でも鉄鋼用生型砂の研究が進み各工場で生型鋳鋼が採用されるに至った。これが造型能率をあげ鋳鋼のコスト引下げに効を奏した。また従来よりも細粒で, かつ純度の高い珪砂を使つた結果, 焼付が少くなり砂落し等の費用も軽減せられた。

## (4) 特殊鋳鋼

戦時中戦車や航空機に防弾効力のある強靱鋳鋼の要望あり, 学振第10特別委員会の鋳鋼部会で学界と工場とが協力してその研究を行つた。九州大学および大阪大学産業科学研究所の筆者の研究室では, これに協力して強靱特殊鋳鋼の基礎条件を求めようとした。即ち C, Si を適当にしこれに Mn, Ni, Cr, Mo, V, Ti, Zr 等当時入手できた種々の特殊元素を加えた鋳鋼の強靱性を試験した。試料のサイズが限られていた関係で, 硬度と衝撃値から強靱性を試験した。また各種特殊鋳鋼に最も適当とすべき熱処理条件を求めた。これ等の結果の多くは研究者の一人である三ヶ島秀雄博士<sup>38)</sup>が発表したが, 今後特殊鋳鋼を発達させる上に役立つと考える。戦後は化学工業の発展と共に不銹鋼の鋳物も多くつくられるに至つたが, 酸素製鋼法の導入と共にその技術が進みつつある。

## V. 鋳型製作の進歩

戦時中から日本学術振興会第24小委員会で鋳物砂の研究が総合的に行われ, 標準試験法<sup>39)</sup>も一部分定められた。この基礎の上に戦後海外の技術, 研究の紹介もあり, 鋳型製作の上に大きな進歩向上があつた。

### (1) 鋳肌の改良

戦後は軍需に代つて鋳物が家庭用器具, 紡織機械等を目的として多く作られるに至つた。これ迄日本の機械は欧米の製品に比し鋳肌が見劣りするとの評があり, 紡織機の輸出が盛んになると共に鋳肌の改善が痛感された。

工業技術庁機械試験所では鋳物表面の凹凸を測る鋳肌試験器を考案した<sup>40)</sup>。この外簡易な検査器も考案されて鋳肌の良否を定量的に比較し得るようになった。従つて鋳肌をよくするのに必要な鋳物砂の粒度, 条件その他の性質が研究された<sup>41)</sup><sup>42)</sup>。その結果鋳鉄鋳物は勿論, 鋳鋼の鋳肌も大いに向上した。

### (2) 鋳物砂の向上

戦前から日本各地の鋳物砂に対し検査, 研究が行われており, 各鋳物工場それぞれ所在地に近い産地から鋳物砂を供給されるのが普通であつた。例えば関東地方の神奈川砂, 川口砂, 本州中部地方の尾張砂, 桑名砂, 近畿地方の河内砂, 神戸砂, 淡路砂, 九州地方の平戸砂, 折尾砂等はこれの例である。戦後は鋳物砂の研究が盛んになると共に良質の砂が結局鋳物の不良を少なくするので多少運賃をかけても有利であることが認識された。また鋳肌が重じられる場合には鋳物砂の選定が最も大切である。かような理由で良質の砂を遠隔の地から取りよせて利用することが多くなつた。

愛知県知多半島に産する山砂 (俗称, 野間砂) の如きは埋蔵量が多く, 粒度の異なる数種があるが, 品質一定の砂が得られ易く, また性能も良い。近年その採掘が多くなり名古屋地方は勿論, 関東, 近畿或いは九州地方に迄運ばれて使用されている。また戦後三重県志摩地方にも鋳物に適する山砂が豊富にあることが知られた。

天然産の砂に対して一方合成砂も多く使われる。鋳鉄鋳鋼の乾燥型や鋳鋼の生型にこれが多い。これの原料である砂粒は良質の珪砂で粒度および粒度構成がそれぞれの目的に適するものでなければならない。天然珪砂は戦前から尾張, 美濃地方に良質のものが産出しているが, 天然産品のままでは粒の構成が一定せず, また泥, 粘土を含む。戦後は砂の粒度を一定すべしとの要求があり, 砂の水洗, 篩分け等をして供給されるに至り, 合成砂も希望の性能を与えられるに至つた。また天然珪砂の入手困難な地方では, 珪石を粉砕して篩分けした人造珪砂を使用することが行われている。

一方鋳物砂のバインダーとして戦前はカオリン系の粘土, その中でも, 耐火度と粘結力をもつ木節粘土が多く用いられていた。近年は耐火度は幾分これに劣るも粘結力の強いモンモリロナイト質粘土即ちベントナイトを使うように進んできた。ベントナイトを用うれば鋳物砂の強さが大で水分が少量で造型ができ鋳物の不良が少なくなつた。

### (3) 精密鋳造法とシェルモールド法

現在進歩した造型法の花形は精密鋳造法とシェルモー

ルド法である。前者はロストワックス法であるが、その原理はすでに日本でも以前から美術鑄物に用いられていた。最近の方法はモールド材料の膨脹収縮の関係を研究調整して正確な寸法を得るように改良されたものである。ガスタービン翼等に用いられる耐熱鑄鋼や超硬質合金にこれを応用すると、仕上げ加工が殆んど要らなくなる。日本でも各所でこの方法の研究が進められ、例えば住友金属工業や小松製作所等では工場に実施するに至った。

これと併行してシェルモールド法(または C process)が戦時中独逸で発明され、戦後アメリカから我国に紹介された。この方法は鑄鉄鑄物の如き多量生産をするものに適し、加うるに寸法正確で鑄肌が美しいので、その将来性が有望視される。日本では三島博士や工業技術庁の鹿取博士を主査とする精密鑄造研究会が組織され、各地の研究者や技術者の研究を取りまとめこの方法に関する研究を推進した。かくしてこの方法の基礎研究が成り現在生産実施の段階にあるといえよう。

#### (4) 鑄物の機械化

鑄造作業を機械化すれば人件費の節約、作業能率の増進ができて鑄物原価が廉くなる。アメリカでは徹底した機械化が行われている。従来からも日本にこの方式を移すことが試みられたが、生産量や経済事情の異なる日本にそのまま適用しても生産費の低減にならない。

戦後には日本の国情に適するように機械化が研究せられてきた。例えば日立製作所桑名工場で設けた鑄型個別輸送式はアメリカ式エンドレス・コンベヤー式に比して好成績をあげている<sup>43)</sup>。近年は多くの鑄物工場で生産規模や製品量に応じて造型機、砂処理機を設けて能率を高めつつある。また砂落し作業には従来過酷な労働条件が伴ったが、最近ショットブラスト、ショットアプレーター、ショットタンブラー等が国内で製作せられ各工場に普及して成績を挙げている。

## VI. 結 言

最近の鑄造界のめざましい進歩といえは強力な球状黒鉛鑄鉄と、シェルモールド法等が挙げられる。いずれも欧米で創案されている。しかし日本では戦前から鑄物に関する研究の基礎が培われているので、直ちにこれ等を消化して国情に合うように発展させている。これは戦前の陸海軍、日本学術学術振興会、または文部省その他公私機関の研究援助が結実したものと見えよう。日本鉄鋼協会第 40 周年記念に当りこれを強調して将来にも科学研究の国家的援助を一層厚くされん事を希望する。

## 文 献

- 1) 学振第 24 小委員会“ピストンリング”専門委員会報告。昭和 20 (1945) 4 月
- 2) 学振第 24 小委員会報告, XXVII, 電気炉鑄鉄熔解作業基準。昭 23 (1948) 4 月
- 3) 名古屋禎治: 熱風式多段羽口熔鉄炉に就て, 鑄物, 20 (1948) 9~10, 16
- 4) 浜住松二郎, 松浦章: 多段式羽口キューボラ操業に関する試験: 鑄物 22 (1950) 3, 1
- 5) 石川薫: 鑄鉄の高温熔解並に熱風式熔鉄炉に就て: 日本金属学会誌, 4 (1940), 12, 418
- 6) 齋藤義身, 熱風炉について: 鑄物 20 (1948), 9~10, 15
- 7) 木下禾大, 中島益雄: 熱風式熔鉄炉操業による鑄鉄の硫黄低下に就て: 鑄物 22 (1950), 2, 16
- 8) 佐藤忠雄: 特殊焼結コークスによるキューボラ操業法, 鑄物 24 (1952) 11, 5
- 9) 城博: コークスの反応法に関する研究 鉄と鋼 39 (1953) 4, 379
- 10) 谷村熙, 大守明: コークスの反応性について 鉄と鋼 40 (1954) 4, 398
- 11) 学振第 24 小委員会報告 X 「キューボラ」標準寸法及標準操業法: 昭 15 (1940) 5 月
- 12) 日本鑄物協会標準キューボラ委員会, 「キューボラ」標準寸法並に標準熔解操業法: 昭 24 (1948) 12 月
- 13) 飯高一郎監修: 球状黒鉛鑄鉄の研究第 1 集, 1952, 6 月, 第 2 集, 1953, 12 月
- 14) 松井道: 新強靱鑄鉄について: 神戸製鋼, Vol. 3 (1953) 3
- 15) 沢村宏, 堀田美之, 岡輝男: 含  $TiO_2$  熔滓処理によつて製造せる共晶黒鉛鑄鉄 (SH 鑄鉄): 鉄と鋼, 39 (1953) 5, 520
- 16) 日本鉄鋼協会鑄物部会: 鋼塊鑄型に関する研究, 1954, —
- 17) 日本鉄鋼協会鑄物部会: 鋼材圧延用ロールに関する研究 1954, 6 月
- 18) 加山延太郎: 鑄鉄の熔解条件と鑄巢との關聯. 鑄物, 20 (1948). 3~4, 14, 24 (1952). 8, 7, 25 (1953) 8, 385
- 19) 中野南夫, 熔融鑄鉄の凝固時に放出する瓦斯. 鑄物 21 (1949) 10, 12, 22 (1950) 3, 7, 23 (1951) 7, 16, 24 (1952) 9, 24 (1952) 11, 22, 26 (1954) 5, 253
- 20) 加山延太郎, 阿部喜佐男: 鑄鉄中の酸化物分析法

- 鑄物, 23 (1951) 5, 17.
- 21) 前川静彌: 鑄鉄中のサンド分析法, 又は閃聯研究  
鉄と鋼 34 (1948) 46, 12, 15., 35 (1949) 2,  
46., 36 (1950) 6, 246
- 22) 木下禾大, 中島徳雄: 鑄鉄中の酸素に関する考察  
鉄と鋼, 37 (1951) 7, 27.
- 23) 谷村熙, 松田公扶, 谷口希一: 鑄鉄に及ぼす酸素  
の影響とその定量法について, 日本金属学会分科  
会報告第 17 輯 (1954), 139
- 24) 佐藤忠雄: 鑄鉄のガス分析について  
鉄と鋼, 39 (1953). 10, 1182
- 25) 音谷登平: 鑄鉄とガス.  
鑄物. 15 (1943). 2, 39, 2, 85, 10., 447.
- 26) 本間正雄: 鑄鉄と酸素の研究  
日本金属学会誌, B-15 (1951). 6, 268. 16 (1952).  
5, 260, 16 (1952) 9, 482, 16 (1952). 11, 607,
- 27) 吉田道一: 鑄鉄の黒鉛化に及ぼすガスの影響  
鉄と鋼, 36 (1950). 8, 337
- 28) 杉正道, 塩谷勝喜: 黒心可鍛鑄鉄の焼鈍における  
組成の変化. 日立評論, 27 (1944). 5, 71.
- 29) 岩瀬慶三, 鑄鉄黒鉛化新理論: 日本金属学会分科  
会報 1., 第 8 分科, (1922). 4, 23
- 30) 岡本正三, 鳥取友次郎: 可鍛鑄鉄の研究, 日本金  
属学会誌, 12 (1948). 6, 25, 14 (1950). 7, 14
- 31) 谷村熙, 岡文男, 鑄造曲軸高力可鍛鑄鉄の研究  
鑄物. 17, 18 (1946), 12, 1.
- 32) 塩谷勝喜: 高力可鍛鑄鉄の研究, 日立 評論, 32  
(1950) 10, 627, 33 (1951). 9, 755
- 33) 堤信久: オーステナイト可鍛鑄鉄の研究  
鉄と鋼 37 (1951). 9, 31.
- 34) 谷村熙, 岡文男: Mg 処理による可鍛鑄鉄の研究  
鑄物, 22 (1950). 8, 1.
- 35) 岡本正三, 鳥取反次郎: 可鍛鑄鉄熔製に於ける Mg  
の影響について. 鉄と鋼 37 (1951). 10, 18
- 36) 木下禾大: 鋼鑄物の巣及び引け巣に関する考察  
日本金属学会誌. 10 (1946). 7~12, 13.
- 37) 木下禾大: 鑄鋼材高温亀裂に関する研究及び基本  
的性質, 鉄と鋼 34 (1948). 8, 10, 35 (1949).  
8, 13, 9, 14
- 38) 三ヶ島秀雄: 特殊鑄鋼の研究  
鉄と鋼, 30 (1944). 6, 166, 37 (1951) 6. 24,  
7. 19, 8. 16, 10. 10, 11. 45, 12. 6, 38 (1952).  
1. 2, 2. 17, 4. 22, 5. 36.
- 39) 日本学術振興会, 第 24 委員会報告 XXII, 鑄物  
砂試験法, 1942, 5 月
- 40) 鹿取一男: 鑄肌の研究, 鉄と鋼 36 (1950), 4, 142.  
鑄物, 21 (1949) 8, 1.
- 41) 谷村熙, 鹿取一男, 岡倉常之: 鑄肌の研究  
鑄物; 22 (1950) 1, 14.
- 42) 原田梅治: 紡績機械用生型鑄物の肌砂に対する基  
礎実験, 鑄物, 21 (1949) 4, 2.
- 43) 宇津巖: 新様式機械化連続鑄造設備とその合理性  
に就て, 鑄物, 25 (1953) 1, 13.