

れた。

溶接構造用鋳鋼品 JIS G 5102 は、近年の溶接技術の進歩と鋳鋼品の品質向上により、鋳鋼品を鋼材または他の鋳鋼品との溶接構造によつて使用する場合が多くなつたため、最近に規格制定されたもので、鋼種の区分は炭素鋼鋳鋼品のそれに合せ、42キロ級、49キロ級、56キロ級および63キロ級とし、化学成分は溶接性と機械的性質に重点をおくという理由から、炭素と不純物元素 (P.S) のみを規定するにとどめ、他の Si, Mn, Cr などの添加元素の量は特に規定せず、溶接性を左右する炭素当量の上限のみを規定することとした。

機械的性質については、引張強さ、降伏点、伸びのほか、じん性を要する場所に使用することが多い点を考慮し、試験温度 0°における衝撃値も規定された。

「高温高圧用鋳鋼品」JIS G 5151 については、従来、構造用合金鋼鋳鋼品に規定されていた 0.5% Mo を含む 3 鋼種に炭素鋼 2 鋼種、および 1% Mo を含む 3 鋼種を追加して計 8 鋼種とし、400~600°C の最高使用温度と必要強度に応じて選択しうるものとなつた。

「低温高圧用鋳鋼品」JIS G 5152 は、従来 JIS 規格がなく、ASTM などの外国規格を準用していたこの用途の鋼種に対して、バルブフランジ、シリンダーなどの低温高圧部品用に設定されたもので、需要の多い炭素鋼、0.5% Mo 鋼、2.5% Ni 鋼、3.5% Ni 鋼の 4 鋼種が規格化され、-45°C、-60°C、-70°C、-100°C の各最低使用温度で選定しうるようになった。

「遠心力鋳鋼管」はその製造法の特徴から、品質のすぐれた製品を歩留りよく、能率的に製造できるので、各種鋼種の鋼管が、最近急速に開発されてきた。特に高抗張力で、しかも溶接性のすぐれた鋳鋼管による土木建築用柱材、加熱炉および石油化学用高温高压管はその顕著な例であり、これらの鋼種は一般鋳鋼品規格のそれと化学成分、機械的性質を共通にしにくい面があり、「溶接構造用遠心力鋳鋼管」G 5201 および「高温高圧用遠心力鋳鋼管」G 5202 が別規格として新たに設定された。

(4) 鋳仕上げ

鋳仕上げは省力化、省人化の点でも、苦渋作業の軽減の点でも更にまた作業環境の改善の点でも、鋳造メーカーの近代化を進める上で最も重要な工程の一つである。

鋳仕上げ作業の内容を大別すると、第一は製品に付属する押湯、湯口、湯道、ガス抜きなどの鋳造方案上必要な、しかし製品としては不必要な付属物を除去する作業であり、第二には製品に付着する鋳物砂を除去する作業であり、第三には型の小破損などによる小突起や型の合せ面に発生する鋳張りなどを除去するための作業であるとみることができる。

第 1 の作業を除けば、鋳物のできばえしだいでは、本来廃止できるはずの作業であり、少なくとも手作業による、いわゆる手入れ作業の仕事量を最少限におさえるべく、鋳造方案、主型造型、中子造型、中子組込、注入などの前工程の技術改善に努力を集中すべきであろう。

鋳仕けないしは手入れ作業に関する技術の進歩は、ここ数年特に顕著なものはないが、製品に砂を付着させたまま砂落とし作業を可能とする。コアノックアウトタイプのショットブラストの普及は、珪砂の再使用の点では間

題があるとはいえ、解砕、砂落としという高熱、重筋作業の軽減に偉力を発揮し、また比較的大きい鋳物ではショットブラストの砂落とし効果をあげるため、さく岩機を応用した砂落とし装置が考案、試用されており、さらにショットブラスト後、なお、製品内部に付着する砂を除去するための装置としてハンマリングを機械化したコアノックアウトマシンが開発使用されている。

チップング、グラインディングの手入作業の機械化、自動化は現在までのところ、量産小物類およびシリンダブロック、シリンダヘッドなどの鋳鉄部品など、特定製品グループの一定形状の鋳物のみを対象とした専用ラインで行なわれているのみであるが、今後は操作の簡単な汎用性のあるハンドリング装置の開発などによつて、次の 10 年間に最も技術的進歩が期待される分野である。

鋳鋼は鋳物の中で最も鋳込温度が高く、鋳物砂の焼付を起しやすく、焼付砂の除去にかなりの手入工数を要している。この対策として、焼着を起ししやすい部位は耐火度の高い“当砂”を行なう方法が行なわれているが、従来から使われてきた高純度の珪砂やジルコンサンドのほか、クロマイトサンドの利用も一般的となり、大きな効果をあげている。しかしジルコンサンド、クロマイトサンドはいずれも海外資源に 100% 頼らねばならず、今後の供給不安の問題が残されており、また使用する部分が局部に限られると、自動化の進んだ高速造型ラインでは当砂作業は危険であり、鋳鉄などで行なわれている主型塗型の使用が可能となればその効果は大きく、鋳鋼生型ラインにおける塗型技術の確立が望まれ、そのための基礎研究も行なわれている。

3.7 鋳鉄の技術

3.7.1 概 説

最近 10 年間ににおける鋳鉄鋳物の学問ならびに技術の進歩は著しく、目新しいものは見当たらないにしても、着実に発展をしている。

原料の銑鉄は鉄鋼技術の発展とともに安定した供給を受け、また品質も向上し、鋳鉄鋳物の品質の基礎が安定してきたように思われる。

鋳鉄鋳物の溶解技術については、最初は操業費用の低下の目的から、また近年になつてからは環境公害の問題から、キューボラ溶解より低周波炉溶解へと移つていつたが、最近のオイルショックから再度キューボラ溶解への逆行も考えられている。キューボラ溶解についてはあまり問題はないにしても、低周波炉溶解の材質にはチル化が大とか、ひけが大とかという欠陥も伴つたが、接種技術の発展でこれも解決している現状である。

鋳鉄の材質はあまり変わらないにしても、球状黒鉛鋳鉄の生産量も増加し、生産技術も十分普及し、またいずれの工場も生産技術が安定してきた。

最近では強靱鋳鉄として非合金鋳鉄の場合はあまりにも普遍化しているが、一方低合金鋳鉄の生産が増加していることが目立ちはじめた。また金型鋳造、ダイカストの基礎研究、応用研究も行なわれ、近年実用化されているところも増加している。

3・7・2 キュボラ溶解

近年のキュボラ溶解の分野での関心事は公害対策であった。このためキュボラを廃止して低周波炉に切換えたところもあるが、一般にはキュボラに集じん機を取付けて公害防止の要請に応えた。またこの問題に関連して、ばいじんを発生しないキュボラの開発研究が一部で行なわれた。

すなわち、日本鋳物協会関西支部では、炉内の燃焼ガスをベッドコークス上辺あたりから吸引する構造のキュボラを考案した。燃焼ガスの予熱帯通過を避けて、ばいじんの発生を抑えようとしたものである。地金の予熱効果は失われるが、溶解作業は順調に終始し、排ガス中のばいじん濃度は $0.13 \sim 0.23 \text{ g/Nm}^3$ の範囲まで低減できたという。熱効率の低下は、高温の排ガスの顕熱を送風の予熱に利用すれば、かなりの程度くい止められるであろう。その実用化が期待される。

つぎに、キュボラに重油、天然ガスなどの流体燃料を利用する試みがなされたことがトピックといえようか。コークスをまったく使用しないで流体燃料だけで溶解する方法は、炉体構造をシャフト状とする限り、地金溶解後の昇温が不十分であり、燃焼ガスに CO_2 や H_2O が多く含まれる不利が重なって成功しなかつた模様である。欧米各国で種々の型式のものが紹介されたが、広く普及したという例は聞かれない。

これに対し、補助燃料としてコークスと併用する方法は、一応の成果をあげたようである。コークスはベッドコークスを維持するために普通操業と同じように補給するが、その量を減らし、これに代えて重油、天然ガスなどの燃焼ガスを炉内に吹き込んで、熱効率を高めるとともに燃料費の節減を計ろうとするものである。燃焼ガスの炉内への噴射位置は溶解帶上部とし、これより上の固体地金の予熱効果を高める方式が有利のようであつて、重油の場合、噴射量 $10 \sim 20 \text{ l/t}$ (溶湯) とすれば、コークス比は10%以下に下げえて十分の高温出湯が可能でありさらに出湯速度の増加と、炉頂よりのばいじん排出量の低減というメリットも得られたという。

このような改善が試みられたものの、一般には大きな変革はなく、コークスを燃料とするキュボラ溶解が鋳鉄溶製の主流を占めてきた。この姿勢はなおしばらく続くであろう。

3・7・3 低周波炉溶解

この数年間における低周波炉の普及は目ざましいものがあり、キュボラに次ぐ第二の鋳鉄溶解炉として定着した感がある。とくに公害問題に有利であることがその普及に拍車をかけた。しかし、この勢いがそのまま続いてキュボラを駆逐するに至るとは思われない。最近の電力事情から、その新設にブレーキがかけられており、技術的にもまだ問題が残されているからである。

技術面で問題視されているのは、低周波炉で溶製された鋳物の性質が、キュボラによるものに比べて劣る面があるという点である。たとえば、凝固収縮が大きい、チルしやすい、流動性が悪い、じん性が劣る、などの欠点が指摘されている。弾性が重要視されるピストンリング

は、低周波炉ではうまく作れず、キュボラによらざるをえないという。しかしこれは特異例であつて、一般には上述の欠点は著しいものではなく、成分調整が容易で、作業が楽に行なえる、というような利点が優先視されて、この炉が現在の程度まで進出してきたのである。

それにしても、なぜ低周波炉溶湯が異状性を示すのかを解明しておかねばならないことであつて、これについての討議が活発に行なわれてきた。一つの考え方に、溶解に要する時間に注目したものがある。キュボラではきわめて迅速な地金の熔融と過熱が行なわれるのに対し、低周波炉ではかなり長い時間を要して地金が溶解される。そして溶湯中の酸素を定量すると、低周波炉溶解の場合が10ppm以下で、酸素の関与する反応の平衡値に近く、キュボラ溶湯では20~50ppmというような高値を示す。したがってキュボラ溶湯は、物理的にも化学的にも過渡的な状態にあり、それがむしろ好結果をもたらすとみられるのである。たとえば、地金に含まれる黒鉛が完全に熔融分離するに至らず、ミクログループの状態に残存し、それが黒鉛核となつて好ましい凝固形態をとらせるように働くと解すれば、一応の筋が通る。

溶湯を高温で長時間炉内に保持した場合に上述の欠陥が発生しやすい、という報告が数多く提示されており、この現象も黒鉛核消失に結びつくと思われる。また、さびの多い地金の装入も同様に欠陥の発生を促すという報告もあるが、この場合でも溶湯の酸素は増加せず、低値を示すことから、酸素の関与する反応が激しく起こつて過渡状態をすみやかに通過してしまうからであろうと解される。

以上のような見解や現場経験は、低周波炉操業はいかにあるべきかの示唆となつた。すなわち、さびた地金は避けて地金を迅速に熔融する工夫をすること、溶湯を高温に上げすぎないで早目に出湯すること、冷材溶解よりは残湯への地金補給溶解が好ましいから、なるべく長時間、出湯と補給を繰返すこと、この場合残湯を固まらせないこと、などの指針が得られて、操炉技術にかなりの進歩がみられた。

なお、窒素の過剰吸収による欠陥の発生が問題にされたことがあつた。この欠陥は厚肉物の全面に発生する気泡的な引け巣で、その発生度と窒素の分析値に相関がみられた。その根元は加炭剤に含有される窒素にあることが明らかにされ、窒素含有量の少ない電極黒鉛屑の使用によつて解決をみた。

溶湯性状の改善にはSiCの炉内添加も効果があるとして、一部で賞用されている。加炭、加珪が第一の目的であるが、鋳造欠陥の防止、ライニングの寿命の延長にも役立つといわれる。これに限らず、接種的な考え方を取入れて改善を計ることも検討されなければならない。

以上のようにして、低周波炉による鋳鉄の溶解技術はかなりの進展がみられ、材質に対する不安はしだいに解消されつつある。とくに球状黒鉛鋳鉄の溶製にはほとんど問題とするところがない。しかし、ねずみ鋳鉄に対してはいま一步という感があつて、この点の解明が待望されるところである。

材質に対する不安がまったくなくなり、電力事情が好転すれば、低周波炉はさらに広く普及されるであろう。

しかしその段階においても、キューボラは大規模工場においては姿を消すことはないであろう。1時間に10t、20tというような多量の溶湯を連続的に処理しようとする場合には、設備費、ランニングコストの面で、低周波炉はキューボラに及ばないからである。この場合には低周波炉はキューボラの前炉として設置され、溶湯の保温ないし昇温、あるいは成分調整用に利用される。すでにこのような二重溶解方式が各所でみられるが、これが大規模工場における溶解方式の定着した姿となるであろう。

3-7-4 強靱鑄鉄・可鍛鑄鉄

(1) 強靱鑄鉄：

強靱鑄鉄は、わが国においては従来と同様、引張強さ30kg/mm²以上のものをいつている。最近の強靱鑄鉄はほとんど接種鑄鉄で、以前に見られた石灰窒素処理鑄鉄、還元スラグ処理による鑄鉄などは少なくなっている。すなわち非合金の片状黒鉛を有する接種鑄鉄が大半であるが、近年低合金鑄鉄の強靱鑄鉄も生産されている。

接種鑄鉄としては鋼屑を少なくとも40%以上使用し、高温溶解(1,450°C以上)を行ない、出湯後種々の方法で接種を行なう方法が行なわれている。もちろん化学組成はCE=3.5~3.9程度に調整することは当然である。この方法は、ミーハナイト鑄鉄の技術が一般に定着したもので、この方法によることで黒鉛組織が均一で、比較的質量効果の少ない、また欠陥の少ない鑄鉄が得られることが大きな利点とされている。

従来はキューボラによる溶解が大半を占めていたが、今日はそれがばい塵、音響、排ガスなどの公害問題を伴なう関係から低周波誘導炉溶解に変わった。この方法は接種鑄鉄を製造するには容易な炉であり、またこの炉によつて溶解された鑄鉄は接種を必要とし、強靱鑄鉄は得やすい。

接種については1923年 O. SMALLEY によつて提唱された方法であるが、その時以来カルシウムシリコンが接種剤と多く用いられてきた。その後、これが場合によつてはドロスを生成する欠陥の関係から、これの少ない75%フェロシリコンが一部で用いられていた。近年はフェロシリコンの内でも最も融点の低い50%フェロシリコンが非常に多く用いられている。その他 Fe-Si-Sr (残：75:1) 合金が Dowson によつて発明され、少量で接種効果が上るといわれている。

また一部には炭素を主成分とする接種剤も用いられている。

これら接種剤の添加方法としては従来主としてキューボラの出湯口前樋の部分、また前炉の出湯口で添加されることが主体であつたが、最近もちろんこの方法は用いられているが、他に鑄込寸前に接種剤を粉末にしてとりべ中に添加する方法、鑄型の湯道の部分に接種剤をおいて接種を行

なう方法なども開発されている。添加量はカルシウムシリコンで0.1~0.3%添加され、Siの含有量またその他の元素の効果によつて若干の増減が行なわれている。

合金添加による強靱鑄鉄はねずみ鑄鉄生産量の約3.5%に過ぎないが、漸次増加の傾向にある。これらは強度とともに耐衝撃性、耐摩耗性、耐熱性、耐食性、剛性、非磁性などの特性を付加する場合に用いられている。添加合金元素はNi, Cr, Mo, Cu, B, Tiなどおよびその合金が用いられている。一般には数%以下の低合金鑄鉄が多く、キューボラ溶解の場合には、炉前またはとりべ中に、低周波溶解炉の場合は炉中においても添加されることが多い。

(2) 可鍛鑄鉄：

可鍛鑄鉄も材料としては古い材料であるが、現在においても継手類、自動車部品、電機部品などに大きな用途

表 3-7-1 黒心可鍛鑄鉄規格

JIS G 5702 (1969)

種 類	記 号	引 張 試 験		
		引張強さ kg/mm ²	耐 力 kg/mm ²	伸 び %
1 種	FCMB 28	28 以上	17 以上	5 以上
2 種	FCMB 32	32 以上	19 以上	8 以上
3 種	FCMB 35	35 以上	20 以上	10 以上
4 種	FCMB 37	37 以上	21 以上	11 以上

表 3-7-2 パーライト可鍛鑄鉄

JIS G 5704 (1969)

種 類	記 号	引 張 試 験		
		引張強さ kg/mm ²	耐 力 kg/mm ²	伸 び %
1 種	FCMP 45	45 以上	27 以上	6 以上
2 種	FCMP 50	50 以上	31 以上	4 以上
3 種	FCMP 55	55 以上	35 以上	3 以上
4 種	FCMP 60	60 以上	40 以上	3 以上
5 種	FCMP 70	70 以上	52 以上	2 以上

表 3-7-3 白心可鍛鑄鉄規格

JIS G 5703 (1969)

種 類	記 号	主 要 内 厚 mm	引 張 試 験			
			試験片の直径 mm	引張強さ kg/mm ²	耐 力 kg/mm ²	伸 び %
1 種	FCMW 34	5 未 満	6	32以上	—	8以上
		5 以上 9 未満	10	34以上	17以上	5以上
		9 以上 15 未満	14	36以上	20以上	3以上
2 種	FCMW 38	5 未 満	6	36以上	—	14以上
		5 以上 9 未満	10	38以上	19以上	8以上
		9 以上 15 未満	14	40以上	22以上	6以上

を有している。製造技術にはあまり変化はないが、生産性は鑄造機械類の発達とともに著しく向上している。

可鍛鑄鉄の JIS 規格は昭和35年に黒心可鍛鑄鉄、白心可鍛鑄鉄、パーライト可鍛鑄鉄と制定されたが、その後昭和44年に全面的に改定された。表3-7-1, 3-7-2, 3-7-3にそれを示す。大きな改定は全面的に曲げ試験が削除されたことである。

3-7-5 球状黒鉛鑄鉄

球状黒鉛鑄鉄については前述したように、その生産量はこの10年間に著しく増加し、現在はずでに年間120万tを超過した材料に発展している。用途の開発も著しく可鍛鑄鉄あるいは鑄鋼製品と競合している。すでに述べたように、この材料は生産量の70%程度が鑄鉄管に用いられ続いて自動車部品、鋼塊用鑄型定盤用に多く用いられている。

本鑄鉄の製造に当たつて初期に問題になったのはその原料地金である。わが国においては各製鉄会社において球状黒鉛鑄鉄用鉄鉄が一応安定した状態で供給され、これが基本地金として他に鋼屑、また戻鋼の配合によつて地金が溶解されている。この地金の品質管理がよくなり、Sその他の微量元素などが少なくなり、したがつて球状黒鉛鑄鉄の製造が一段と容易になったと思われる。

地金の溶解には一般に、キューボラ炉（酸性および塩基性）、低周波溶解炉、エルー式電気炉（塩基性および酸性）が用いられ、材質管理の面から低周波溶解炉が有利であり、近年多く用いられている。

地金の管理上最も必要なことはSの含有量である。添加金属の種類また製品の種類によつて、黒鉛球状化処理前のSの含有量は若干異なるが一般にはS0.02%以下に管理されていることが多い。近年はこれが一般に徹底した結果、球状黒鉛鑄鉄が比較的安定して製造されるようになり、今日のような生産量に達したと考えられる。この管理限界量よりも多いS量が含まれている時には脱硫されねばならない。その方法は従来と同様、カルシウム・カーバイドを窒素ガスにより噴射する方法、また取鍋の底にカルシウム・カーバイドを主体とする脱硫剤を入れ、上部より溶湯を入れ、脱硫する方法も用いられている。

黒鉛球状化添加金属としては純Mg、あるいはMg合金として主としてFe-Si-Mg合金が用いられている。合金としては、従来はMg含有量が10~20%のものが多く用いられていたが、近年はMg含有量5~10%のようにMg含有量の低いものが多く用いられている。また一部にはコークスに純Mgを吸収させたものも用いられている。他にカルシウム・シリコンを主体とした添加剤、また希土類元素を主体とした添加剤も用いられている。

黒鉛球状化処理方法は従来、純Mgに対しては圧力容器を用いる圧力添加法、種々の添加合金に対してはプランジャー法、また少量処理には表面添加法とか、同時添加法が用いられた。近年においてもこれらの方法とともに、数t以下の処理には図3-7-1に示すサンドイッチ法が比較的多く用いられるようになった。また近年純Mgを非対称型の転炉状の取鍋にて処理する方法も取り入れられている。一方、低合金のFe-Si-Mg合金を用い鑄型

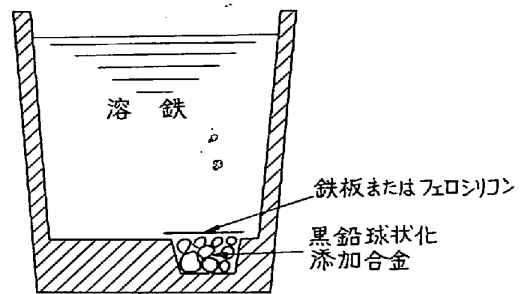


図 3-7-1 サンドイッチ添加法

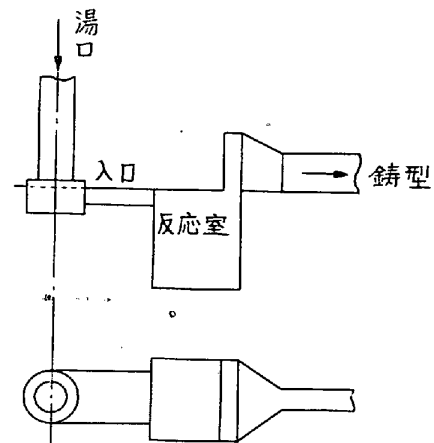


図 3-7-2 黒鉛球状化の鑄型内処理方法

内にて反応させて鑄込む鑄型内処理方法も用いられている。図3-7-2にその鑄型の形状を示す。これはMgの黒鉛球状化反応が鑄型内で行なわれるため、フェームの発生がなく、工場内の環境衛生上、特に有利といわれている。

接種剤としては片状黒鉛組織の強靱鑄鉄の時に多く用いられている、50%フェロシリコンが多く用いられている。

製法が安定するとともに材質の向上が伴い、したがつて、規格の改定とともにその品質の向上が行なわれた。表3-7-4は昭和46年に改訂した球状黒鉛鑄鉄の規格を示している。これは従来の規格に比較して種類を増加するとともに伸びの向上を計つた。ISOにも準じた部分もあり、これによつて国際水準に向上したものと思われる。

表 3-7-4 球状黒鉛鑄鉄規格

JIS G 5502 (1971)

種 類	記 号	引 張 試 験		
		耐 力 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸 び %
1 種	FCD 40	26 以上	40 以上	15 以上
2 種	FCD 45	30 以上	45 以上	10 以上
3 種	FCD 50	35 以上	50 以上	7 以上
4 種	FCD 60	40 以上	60 以上	2 以上
5 種	FCD 70	45 以上	70 以上	2 以上