

い。

鋳鉄の分野としては球状黒鉛鋳鉄の材質が安定した状態で供給されるようになり、品質の向上が要求され、したがって規格が品質の向上した値で決められている。特に伸びについては従来最大12%以上のものが新しい規格では15%以上に決められている。また可鍛鋳鉄においても規格は全面的に改訂されている。何れにしても全ての材質がその生産量を増加し、鋳鋼、球状黒鉛鋳鉄、可鍛鋳鉄の間の競合関係が激しくなり、ここでその用途分野も一応落ち着いた感がする。

また普通鋳鉄、球状黒鉛鋳鉄共に丸材、角材等が連続鋳造で生産され、鋳物としての材料より、一次素材としての分野の材料への生産も漸次増加していることが見受けられる。

3.1.5 鋳造工場の設備と生産性

鋳造工場の鋳造工程の自動化は著しく進歩し、それによつて生産性は向上している。

鋳造工程の大半は造型工程であるが、これは造型技術すなわち砂処理、バインダーなどの研究の発展によつてその自動化が充分行われ、生産性も向上している。もちろん工場のレイアウトも合理的に行われ、注湯作業も自動化されているところが多く見られている。最終工程のバリ取り、鋳仕上げ工程も一部自動化されているところが見られる。

以上のような工場は主として多量生産方式の工場であるが、大物鋳物工場その他一般には部分的な自動化は多く行われているが、全工程をシステム化するところまでには至っていない。

3.1.6 鋳物砂および造型法

鋳造技術の内で最近10年間に発展の著しいところは鋳物砂とそれによる造型法であろう。高圧造型法、シェレモールド法、CO₂法、また各種の無機粘結剤、有機粘結剤を用いた自硬性鋳型、流動性のよい発泡性鋳型など非常に多くの造型法が開発され生産性が著しく向上した。また最近造型時鋳物砂に粘結剤を用いずに行う減圧造型法がわが国で開発され、世界的に注目をあびている。

3.1.7 溶解法

鋳鋼の溶解は一般には従来と変らずエール式電気炉が用いられているが、一部大型鋳鋼にはLD転炉の溶鋼が用いられることもある。

鋳鉄の溶解は主体はキューボラ溶解であるが、最近では環境公害の関係から低周波炉溶解に移りつつあつたが、石油ショックの影響で再度キューボラ溶解に移る傾向も見られている。何れにしても経済状態の影響によつて変わり易い。

キューボラはそのばい塵公害を伴うので集塵機の設置の必要性があるが、一方これを液体燃料で操業し、公害の少ないキューボラを開発した研究も行われているが、実用化は余り行われていない。

一方、低周波炉溶解は管理が容易であるが、材質面に問題があつたが接種技術の発達と共にこれも解消され、

現在は非常に多く用いられているのが現状であろう。

3.1.8 公害および環境衛生

鋳物工場にはばい塵、有毒ガス、水質汚濁、騒音振動という公害の全てが関係しているので、世界的に問題になつている。わが国は特に公害に対しては厳しく、特に鋳物工場は全国的に存在する関係から、各機関をあげて検討されている。また工場内の作業環境の悪化に対する対策も検討されている。これは1967年8月に公害対策基本法が制定されてのち各工場は工場設置の問題、特に地域住民との関連の問題、また労務作業員の獲得の問題等にも関連あり、真剣に取り組まれている。最近ではクリーンファンドリーという言葉も生れ、公害を出さない、環境のよい鋳物工場の建設が叫ばれている。

3.1.9 特殊鋳造法

特殊鋳造法として遠心鋳造法、精密鋳造法、金型鋳造法等が挙げられる。

遠心鋳造法では鋳鉄管、シリンダーライナーが製造されているが、技術的には余り問題なく、これも砂型から金型に変わり、鋳造機の発達と共に生産性の向上が見られるようになった。

精密鋳造法は最近その生産量が増加しつつあるが、これの主製品は高合金金属のタービンブレードである。すなわち航空宇宙機械部品で他に一般産業機械に用いられている。前者は高価な高級品であるが後者は比較的安易な品物の多量生産でマシン部品等に多く用いられている。一般にはろうを用いるセラミックシエルモールド法が多く用いられている。

鉄鋳物への金型鋳造は主として鋳鉄鋳物に用いられており、相当実用化され始めた。また球状黒鉛鋳鉄は考え方によれば金型鋳造に適した材料とも考えられ、研究も行われていると共に、実用化も計られている現状である。

3.2 鋳造基礎理論

鋳物は溶解した金属融体を鋳型に鋳込み、その中で凝固させてえられるもので、現象的には凝固過程に基礎をおく。したがって金属融体の性状と凝固過程の適不適が成品である鋳物のでき栄えないし諸性能に直接関係があり、鋳造時発生すべき欠陥の防止は鋳造技術上重要な課題である。この課題を解決するに当つては、金属融体の性状と凝固過程に関するものが多く、とくに凝固に関する基礎的知識は鋳造技術の基盤をなすと考えてよい。

金属の凝固は高温で進行し、しかも、不透明であるため、凝固現象を直接観察することは非常に困難をともし、また実際には凝固はかなり短時間のうちに終了するので、非平衡過程をたどることとなり、とくに合金では独特の組織を形成する。この際、溶解条件、鋳込条件、鋳型条件、不純物または合金組成などの多くの要因が関連性を有し、これらの因果関係は複雑で、実際的な問題となると未詳の部分がかなり多く残されている。最近になつて各種鋳造組織の生成機構、組織構造などについて凝固論的研究が盛んに行われるようになり、かなり多く

の知見がえられている。

3.2.1 金属融体の性状

凝固以前の金属融体の性状に関する研究は固体金属のそれに比較してはるかに遅れている。それは融体金属そのものの研究の必要性が、固体金属のように直接利用されるものの研究に比較して低かつたこと、また融体は一般に高温であること、さらに原子配列構造の数学的解析が、規則配列の固体または完全にランダム分布の気体に比較してより困難でもあることなどに起因する。しかし最近はこの融体を対象とする研究も次第に行われるようになり、特に液体金属の構造、諸物性値（表面張力、粘性、拡散速度ほか）、諸性質（流動性、ガスとの反応性、含有ガスの挙動ほか）は凝固現象の研究とも関連性があり、成果が収められつつあるといえよう。

3.2.2 凝固現象と凝固組織

核生成速度と過冷との関係、均質核生成と不均質核生成の機構、核の成長機構などについて展開されたTURNBULLらの理論は、その後多くの研究者によって論議された。核生成理論の現状を総括すると、過冷液体中での結晶の均質核生成理論は実験結果と大体よい一致がえられており、残された問題点は極微細結晶に熱力学を適用できるかどうかということ、熱力学的に算出した平衡分布中の晶芽 (embryo) の存在と液体構造とが現存の見解で両立できるかどうかということであろう。また不均質核生成理論の一般的性質はよく理解されているが、核生成物質の化学的、結晶学的および形状の性質などが、どのように影響するかなどについては、いまだ明白でないといえよう。

金属融体からの結晶成長とその完全性、育成結晶にみられる不完全構造、欠陥の起源などが原子論的立場で検討されはじめたのに続いて、結晶成長時の固液界面の安定性と凝固組織形成とが密接な関係にあることが確かめられ、純金属および合金の凝固組織形成について、多くの研究成果がえられた。次にそのいくつかを列举すると、1) 純金属がデンドライト晶として成長するとき、デンドライトの幹（1次の枝）の間隔は融液の過冷度が大きくなると大きくなる。しかし2次の枝と過冷度とは無関係である。またデンドライトの優先成長方向はその金属の結晶形によって決められた方位である。さらにデンドライト晶の成長速度は過冷度との関係で実測されているが、成長速度を予測する問題はまだ満足に解決されていない。2) 2元系合金の凝固において、固液界面の安定性は、融液内の溶質分布、溶質濃度に対応する液相線温度、融液内の温度勾配に依存する。いわゆる RUTTER と CHALMERS によって提唱された組成的過冷によって決まる。したがって融液内の溶質分布、組成的過冷については多くの研究成果がえられている。3) 単相合金におけるセルラー組織およびセルラー・デンドライト組織の形成条件が、融液内の溶質濃度、温度勾配、結晶成長速度などとの関連性において詳細に検討され、また実測された。特にデンドライト状セルの大きさ、デンドライトの枝間隔については多くの知見がえられている。4) 共晶組成の合金あるいは共晶組織を含む合金の凝固組織形成

に関して、特に一方向凝固実験によって詳細な研究成果がえられている。

しかしながら、凝固現象および凝固組織に関する研究が精力的に行われるようになったのは、ここ10年余であり、実験結果は必ずしも一致していない。今後さらに多くのデータの提供と討議を必要とするだろう。

3.2.3 鋳型内の凝固とその鑄造組織

鋳塊および鑄造品の鋳型内の凝固過程をマクロ的に考えて、その凝固速度あるいは凝固時間を熱伝導論的に求めようとする研究が最近はかなり行われ、とくに電子計算機利用による解析研究が鋳塊あるいは連続鑄造鋳塊で試みられ、実験結果とよい一致が認められている。またやや複雑な形状の鑄造品の凝固計算の解析に有限要素法が導入されるようになった。これらはやがて電子計算機利用による凝固速度制御への手掛りとなるだろう。

また、鋳塊および鑄造品の組織制御も重要な課題である。最近の分析機器および技術の発達により、極微量元素のマクロ的あるいはミクロ的偏析の様相が容易にえられるようになり、さらに凝固速度と溶質濃度分布との関係が明白になりつつある。なお鑄造組織の結晶粒微細化について接種、機械的振動、電磁攪拌などについて詳細な実験が行われ、鑄造組織のコントロール法が確立されつつあるとみてよからう。

さらに鑄造工学的な基礎理論分野として、凝固収縮に対する溶湯補給機構に関する問題があり、これは引け巣発生機構と密接な関係にある。各種溶湯の凝固特性、凝固波進行状態が詳細にしらべられ、指向性凝固を促進するための押湯、チル、肉厚勾配などの効果について多くのデータが提出され、鑄造設計および方案設定に重要な寄与をなしている。これらの課題はさらに実際の多くの研究資料が蓄積されていけば、鋳物の健全性確保のため貢献することになるだろう。

また、鋳型の湯口系での溶湯の流体力学的研究もみられ、砂粒のすくわれ防止、溶湯中への空気巻きこみ防止、適正鑄込速度の計算などに寄与している。その他溶湯の流動性に関する金属組織学的研究、鑄造時に発生する鑄造歪、それに関連する高温亀裂発生、歪除去などの理論または実験的研究もかなり発表され、これらの分野での最近の理論の進歩もみるべきものがある。

3.3 鋳物砂および造型法

3.3.1 概 説

戦後導入された新技術が実を結び高い生産性を発揮してきたのがこの10年間である。とくに主型については高圧、高速生砂型造型法、中子についてはシェルモールド法、多種少量生産に対してはCO₂プロセスなどの発展は目ざましかつた。最近は省力化のため有機自硬性鋳型の利用が増し、さらに中子造型速度向上のための各種通ガス硬化造型法が計られている。また減圧造型法は、わが国で開発された新技術として内外の注目をあつめている。今後は省エネルギー、無公害化、廃棄物処理簡易化などを重点としたプロセスを志向する傾向にあると思わ