

誌上討論

UDC 621.746.39 : 669.14-141 : 621.746.628

砂型鑄塊の凝固時間について*

新 山 英 輔**

田代, 轟木, 木村¹⁾は砂型鑄鋼について同一寸法の平板, 円柱, 球の凝固時間比が 1 : 0.37 : 0.20 になるという理論的結果を示し, CHVORINOV の (V/S) 比から得られる 1 : 0.25 : 0.11 とのくいちがいを指摘している.

田代らの比は, 凝固温度と表面温度の差 ΔT が形状によらないことを前提としている. しかし, もし ΔT が形状によつて変わるなら, これを田代らの式に代入すれば, 凝固時間比はどのようにも変わりうる. 実際, ΔT は形状の関数であることが示されており²⁾³⁾⁴⁾, 平板, 円柱, 球の順に大きくなることは容易に想像されるところである.

CHVORINOV の関係は一応実験的裏付けがあるので正しいものとみなすと, 田代らの式を用いて逆に ΔT を求めることができる. 田代の(18), (32), (37)式に数値を入れると,

$$\text{平板} : t_p = (9750/\Delta T + 8.2) d^2 \dots\dots\dots (1a)$$

$$\text{円柱} : t_c = (3250/\Delta T + 6.9) r^2 \dots\dots\dots (1b)$$

$$\text{球} : t_s = (1620/\Delta T + 4.5) r^2 \dots\dots\dots (1c)$$

一方, CHVORINOV の関係から, k を定数として

$$\text{平板} : t_p = k \times 1.0 d^2 \dots\dots\dots (2a)$$

$$\text{円柱} : t_c = k \times 0.25 r^2 \dots\dots\dots (2b)$$

$$\text{球} : t_s = k \times 0.11 r^2 \dots\dots\dots (2c)$$

いま, $r=d$ とし, また円柱の $\Delta T=100^\circ$ とすると, これらの関係から,

$$\text{平板} : \Delta T = 65^\circ$$

$$\text{円柱} : \Delta T = 100^\circ$$

$$\text{球} : \Delta T = 126^\circ$$

これは理論と実験の組み合わせによつて得られたもので, 理論単独では得られない. 砂型鑄鋼の場合は ΔT が, たまたま上のような値になるので CHVORINOV の関係が成立するが, 砂型銅鑄物などにおいては ΔT が小さく, 円柱の凝固時間は CHVORINOV の関係から予想されるよりも小であり²⁾³⁾⁴⁾, したがつて, 田代らの予想よりもさらに小になるであろう.

このように, ΔT が重要な影響をもつ問題において, ΔT を先天的に与えられたものとして出発する理論は無効であり, 現段階では, 数値解析が最も有力な手段であると考えられる.

なお(6)式は展開せずに積分できて, (7)の代わりに

$$t = \frac{A\rho r_0^2}{4K\Delta T} [1 - (1-\alpha)^2 \{1 - 2 \ln(1-\alpha)\}] \dots (3)$$

となり, $\alpha \rightarrow 1$ のとき(8)式の等号は \approx でなく, $=$ とし

てよい.

文 献

- 1) 田代, ほか: 鉄と鋼, 57(1971)9, p. 1479
- 2) 新山: 鑄物, 42(1970)4, p. 338
- 3) 新山: 鑄物, 投稿中
- 4) 新山: Trans. ISIJ, 投稿中

【回 答】 日本鑄鍛鋼(株) 田代晃一

新山^{1)~3)}の提唱する数値解においては, 鑄物の凝固に必要な熱量(凝固潜熱+凝固殻の含熱量の低下分)が砂型中に放出される熱量に等価であるとして式を導いている. この考え方は基本的には正しいが, 数値計算を行なうにあつて砂鑄型は半無限とし, また砂への熱放散量に大きな影響を持つ熱拡散度 $b = \sqrt{K\rho C}$ (ただし K : 砂の熱伝導度, ρ : 比重, C : 比熱) を一定として計算を進めている. ここで b を一定値に固定することは温度範囲の狭い場合には問題はないが, 鑄鋼のごとく伝熱が常温より 1500°C 程度の高温度の範囲にわたる場合にこの値を固定することは凝固計算の精度に大きな影響がある. したがつてこのような理論式は新山が指摘している筆者らの計算式⁴⁾において ΔT を一定として行なつた結果に問題があると同様に絶対的なものとはいえない.

一方実際の鋼鑄物においては, 砂型の厚さが半無限と考えられる場合は少ない. 筆者らの取り扱つている大型鑄物では不必要な砂詰め工数を省くため枠詰め方式を主としているので砂厚さは有限である. この場合鑄物より砂型への伝熱は, 初期段階では砂型への熱放散として CHVORINOV らの式があてはまるであろうが, 砂厚さが有限のために砂鑄型の熱上昇に伴つて, 外殻の砂型や鑄枠の熱上昇をきたし鑄型枠外表面より外気への熱放散が生じ, これが凝固の律速の一要因となる.

したがつて特殊な仮定のもとに行なつた計算値が実際の大型鑄鋼の凝固に対し絶対的な精度を持つとはいえない. もちろん筆者らの計算において無限平板と無限円柱の鑄物内外の温度差 ΔT が等しいとすることは, 半無限砂型への熱放散を考えると正しくない. しかし論文にも言及しているように, このような仮定のもとに行なつた計算式と, 実際の大型鑄物の凝固完了時間をパーテスト法により測定した結果とが, かなりよく一致している

* 鉄と鋼, 57 (1971)9, p. 1479, 「大型鋼塊および鑄塊の凝固とマクロ偏析の生成に関する考察」
田代晃一, ほか2名に対する討論

** (株)日立製作所日立研究所

点より、少なくともパーテスト法による凝固測定法によれば平板と円柱において ΔT を等しいとしても大きな誤差はないといえる。これは前述のように鑄物寸法に対し砂の厚さに限度があるため、砂厚さを半無限として計算した場合に比較し、平板に対し円柱の鑄物表面の単位面積当たりの放熱量が減少することにより、両者の ΔT の違いが減少することが一因と考えられ、これは簡単に計算によっても証明される。

また全般に筆者らの平板や円柱の凝固時間が、従来あたえられている CHVORINOV や ADAMS の値より短いのは、パーテスト法を採用したことも一因と考えられる。すなわち、大型鑄鋼の化学成分は C を含め各種の元素を含有するため凝固過程でかなり幅広い凝固遷移層を生じる。したがってパーテスト法による鑄物中心の凝固完了判定の際に、固液両相の比率がどれほどになると準固相と判定されるかは不明であるが、理論的な凝固完了時間に比較し短時間側にずれることは必然である。さらに厚さおよび径を一定とした場合の平板と円柱の中心部での凝固速度は、かなり大きな差があり、円柱では中心付近

の凝固速度が早くなってくる。したがって平板は円柱よりも、かなり幅広い凝固遷移層（あるいは固液共存域）が存在すると考えてよい。このために平板の場合は円柱に比較してパーテスト法による凝固時間が短時間側にずれることが予想され、これがおそらく円柱と平板の凝固時間比の減少として現われてきたものと考えられる。いずれにしても実際の大型鋼鑄物の凝固は、鑄型外周への熱放散の難易度と、鑄物内における固液界面より鑄物外壁への熱伝達のバランスにより進行するものであり、新山の凝固理論は前者に主眼をおいて考え、筆者らは後者に着眼して考察を進めている点でいずれも十分な解析方法とはいえない。したがって今後は両者を勘案し、さらに境界条件をも考えて、新たな理論の展開が必要と考える。

文 献

- 1) 新山: 鑄物, 42 (1970) 12, p. 1006
- 2) 新山: 鑄物, 43 (1971) 1, p. 28
- 3) 新山: 鑄物, 43 (1971) 11, p. 943
- 4) 田代ほか: 鉄と鋼, 53 (1971) 9, p. 1479

書 評

合 金 の 析 出

幸 田 成 康 監 修

本書は、鉄鋼材料非鉄材料を問わず合金を勉強する上で最も興味ある問題の一つである「析出現象」に関して、集大成した知識を提供する本である。金属の研究者にとつて、金属材料を強化する機構の中ではまず時効析出による強化が魅力ある効果的手段であり対象に取り上げられる場合が多い。また一方、技術開発的立場の人からも合金の時効析出に関する文献資料を集めたよい書を望む声を往々耳にする。ごく最近の進歩した実験技術や理論的成果を含めてこの分野の深く幅広い知識をまとめ上げた単行本の専門書は他に類を見ないように思われ、本書の刊行の意義は大きい。

内容的にみると、幸田教授の歴史的展望を序説としてこの方面の学術的あるいは開発的研究に関与している多くの第一線の人々が分担執筆しており、各人の最も得意とする分野からの時効析出現象に関する詳細な解説がなされ、それぞれが特色をもつて盛られている。

析出相の界面の熱力学、孔の役割、析出粒子と転位との相互作用など理論的な面や電子顕微鏡観察を中心とした実証的研究の新しい知見、さらに応用技術面から見て興味ある諸問題点の解説などがこれに織り込まれており、読者の必要の度に応じていろいろな異つた意味での貢献をしようとする蔵書となりそうである。通読し終わつて机の上に本書をあらだめて眺め直すと、碩学幸田教授の績年の余徳がそこはかとなく感ぜられるのは、本書を執筆された方々の善意が行间に感じられたからであろう。(荒木 透)

(丸善 A 5判 499 ページ 定価 3800 円)