

大阪大学工学部 飯田孝道, 森田善一郎

1. 緒言 音速が与えられると、圧縮率・比熱などが算出できるので音速はきわめて重要な物性値であるが、溶融金属の音速に関する研究は実験的にも理論的にも比較的少ない。そこで本報では正確な音速の推算値を求めることを目的として研究を進め、基本的な物理量を用いて、融点における溶融金属の音速に対する式を導いた。その計算値は±数%程度の範囲で実測値と一致した。

2. 融点における溶融金属の音速に対する式の導出 融点における液体の音速 v_s を既知の物理量を用いて表わした式として、

$$v_s \propto (T_m / M)^{1/2} \quad (1)$$

が知られている。¹⁾ ここで T_m は融点(K), M は原子量である。(1)式の間係を融点における溶融金属に適用すると図1が得られる。同図から明らかなように(1)式はきわめて粗い近似式であることがわかる。そこで、溶融金属に関する著者らの模型に従って音速を定式化しよう。いま原子の振動数を ν 、波長を入とし、音速は振動数に依存しないものとするれば、次式が一般的に成り立つ。

$$v_s = \nu \lambda \quad (2)$$

融点における原子振動数 ν_m としてはLindemannの式がかなりよく成り立つといわれているが、著者らはLindemannの式を修正し、

$$\nu_m = 2.8 \times 10^{12} \beta (T_m / M)^{1/2} V_m^{-1/3} \quad (3)$$

なる式が融点における溶融金属の振動数を正確に表わすことを示した。²⁾ ここで β は1より小さい数で、次式で与えられる。

$$\beta = \frac{0.12}{\alpha} \left(\frac{\gamma_m}{T_m} \right)^{1/2} V_m^{1/3} \quad (4)$$

$$\alpha \approx (d_m / d_c)^{1/3} - 1 \approx (7.66 \gamma_m)^{1/3} - 1 \quad (5)$$

ここで γ は表面張力、 V は原子容、 γ は充填率、 d は密度、添字

m , c は融点および臨界点における値を表わす。一方波長 λ は平均原子間距離 r_0 を用いて、

$$\lambda \approx n r_0 \approx 5 (V / N_0)^{1/3} \quad (6)$$

で表わされるものと考えられる。ここで N_0 はアボガドロ数である。相応状態の原理が成り立つものとするれば、 n は金属の種類によらない定数となり、また γ はポテンシャルのおよぶ範囲を表わすのでほぼ5程度の値となる。以上の諸式から、融点における溶融金属の音速 $(v_s)_m$ は次式で与えられる。

$$(v_s)_m \approx \frac{2.0 \times 10^4 V_m^{1/3}}{(7.66 \gamma_m)^{1/3} - 1} \left(\frac{\gamma_m}{T_m} \right)^{1/2} \left(\frac{T_m}{M} \right)^{1/2} = \xi \left(\frac{T_m}{M} \right)^{1/2} \quad (7)$$

3. 計算値と実測値との比較 (7)式からの計算値と実測値との比較を図2に示した。なお(7)式の γ_m , γ_m には実測値を用いた。図2から明らかなように計算値と実測値とはきわめてよい一致を示した。多くの金属について計算値と実測値は±数%の範囲内で一致しており、Feの場合でそれらの差違は4.5%である。また(7)式を用いて算出した断熱圧縮率も実測値とよい一致を示した。

1) 戸田, 松田, 植渡, 和達: 液体の構造と性質, (1976), P. 11 [岩波書店]

2) 笠間, 飯田, 森田: 金属学会誌, 40 (1976), P. 1030

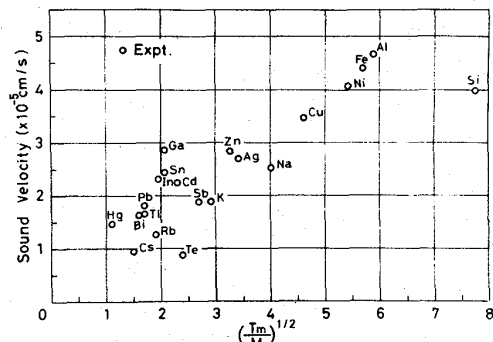


図1 融点における溶融金属の音速と(融点/原子量)^{1/2}との関係

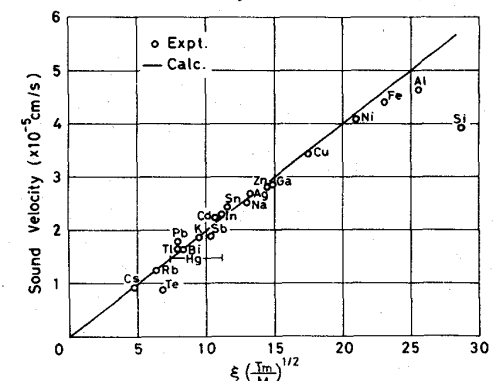


図2 融点における溶融金属の音速の実測値と計算値との比較