

(172)

溶融金属の音速に関する理論的検討

大阪大学工学部

○飯田孝道, 森田善一郎

1. 緒言 音速は金属製錬の諸物性に関連する重要な物理量であることも前報¹⁾で指摘し、融点における溶融金属の音速を非常によく再現する式を導いたが、今回はそれとは異なった方法により溶融金属の音速についてさらに検討を加えた。すなわち次に示すような2体ポテンシャルを仮定し、それに基づいて融点における溶融金属の音速およびその温度依存性に関する考察を進め、実測値をよく再現し得る関係式を導いた。

2. 理論的アプローチ 次のような2体ポテンシャル $\phi(r)$ をもつた金属原子からなる体系を考える。

$$\phi(r) = -\frac{a}{r} + \frac{b}{r^n} \quad (1)$$

ここで r は原子間距離、 n は反発指数 (repulsion exponent), a , b は正の定数である。式(1)の第1項は原子間引力ポテンシャルを表わし、金属の場合は正のイオンと集団化した電子間のクーロン引力の位置エネルギーと考えることができる。第2項は原子間斥力ポテンシャルを表わし、指数 n の大小は原子間ポテンシャルの剛さ、柔らかさを表わす。

式(1)のようなポテンシャルをもつ液体を考えると、圧縮率は

$$K = \frac{9V}{n|U_c|} \quad (2)$$

で与えられる²⁾。ここで V は原子容、 U_c は液体の凝集エネルギー (mol^{-1}) である。したがって音速 V_s の表式として、圧縮率と音速とを結ぶ熱力学的関係式より、直ちに

$$V_s = \left(\frac{n|U_c|}{9M} \right)^{1/2} \quad (3)$$

が得られる。ここで M は原子量である。式(3)において n は金属の種類によらず一定の値をとるものと仮定すれば、図1の関係が得られる。同図から明らかなように、金属の種類によらず n を一定とした場合の式 $V_s = \text{const}(|U_c|/M)^{1/2}$ はきわめて粗い近似式である。すなわち n は金属の種類によってかなり異なった値を有するものと考えられる。そこで融点における音速の実測値を用いて式(3)から各金属の n の値を求め、図2に n と原子番号との関係を示した。それらの間にはきわめて規則正しい関係が成立しているので、これより任意の金属の n の値を推定し得る。

音速の温度依存性は U_c の温度依存性より求め得るものと考えられるが、その値はまだ明らかにされていない。しかし一般に、 $U_c \approx \gamma^{2/3}$ (γ は表面張力) なる関係が成り立つので、それらの温度依存性から音速の温度依存性を算出すると、多くの場合、計算値の方が実測値よりも小さい値が得られた。ところで剛体球モデルの立場からすれば、有効原子半径 σ は高温になるにつれて小さくなるが、そのような結果は n が温度とともに変化することに対応するものと考え、さらに n の温度変化は σ の温度変化に比例するものと仮定して溶融金属の音速の温度依存性を求めると、実測値とよい一致を示した。

1) 飯田, 森田: 鉄と鋼, 64(1978), S10. 2) フント著, 犬井訳: 物質構造論, (1971), I, 1章[吉岡書店]

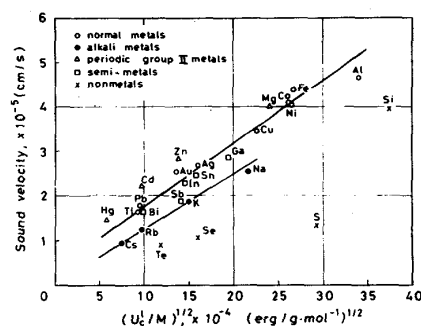


図1. 融点における溶融金属の音速と(凝集エネルギー/原子量)^{1/2}との関係

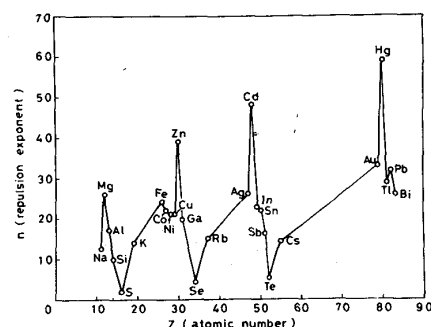


図2. 2体ポテンシャルの反発指数と原子番号との関係