

Al 合金の相分解および復元過程の動的挙動

京大工 長村光造

X線小角散乱法による Al-Zn 合金の相分解初期過程, G.P. ゾーンの再溶解過程である復元の実験結果と解析については文献(1, 2)をみることにして, こゝでは小角散乱強度の解析方法についての初歩的な考察をしておこう。Al-Zn 合金では相分解初期過程にほぼ球状の G.P. ゾーンが析出することが知られているが, こゝではこのようなゾーンが密集した系を考へる。一般に多粒子分散系の小角散乱強度は次のように与えられる。

$$I(k) = I_0 (\Delta\rho)^2 N \langle v^2 \rangle \langle |F(kR)|^2 \rangle [1 - \varphi(kL)] \quad (1)$$

こゝで半径 R の粒子内の電子密度と母相の電子密度の差を $\Delta\rho$ とする。 $F(kR)$ は一つの粒子からの干渉関数で, 単位体積当りの粒子数を N としたとき, $\langle \dots \rangle$ はサイズ分布による平均を示す。 $[\dots]$ の項は粒子の空間分布を示す。もし粒子間干渉を無視すると $kR \ll 1$ で

$$I(k) = A_0 \exp\left[-\frac{(R_g)^2}{5} k^2\right] \quad (2)$$

に (1) 式は近似される。一方 $kR \gg 1$ ではよく知られているように Porod 則

$$I(k) = B_0 k^{-4} \quad (3)$$

が成立する。図1に X線小角散乱 (SAXS) 強度の一例を示す。Al-6.8 at% Zn 合金を室温

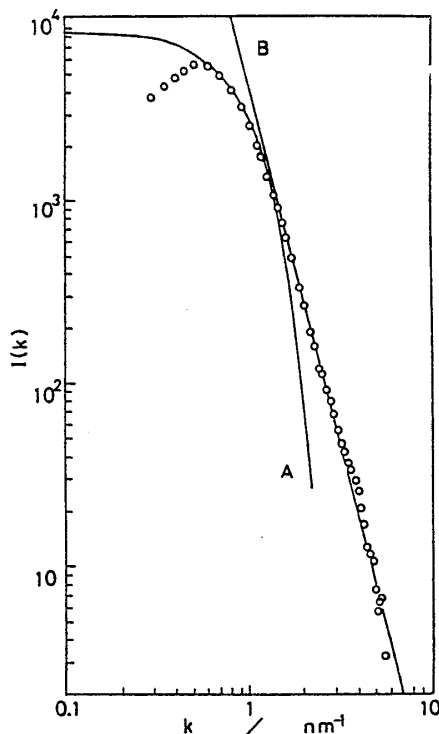


図1 Al-6.8 at% Zn 合金からの X線小角散乱強度

で時刻したものである。測定した散乱強度に対して寄生散乱, 蛍光散乱等を補正したもので, 図に示す強度 $I(k)$ はいわゆる coherent な散乱のみを含む。たゞ軸は相対強度で示してあるが, $I(k) < 50$ の高散乱ベクトル側のデータは統計精度が充分でない。図中曲線 A は (2) 式で $R_g = 2.41 \text{ nm}$ としたときの関数を示す。実験値が曲線 A から $k < 0.5 \text{ nm}^{-1}$ ではずれるのは (1) 式における粒子間干渉の効果によるものと考えられる。曲線 B は (3) 式を示すもので, 実験値に適当に合せたものである。

さてこゝで積分強度 Q を次のように定義する。

$$Q = \int_0^\infty 4\pi k^2 I(k) dk \quad (4)$$

積分を無限大まで実行することは実験で困難であるため, (3) 式の Porod 則を利用して (4) 式を次のように書きかえる。

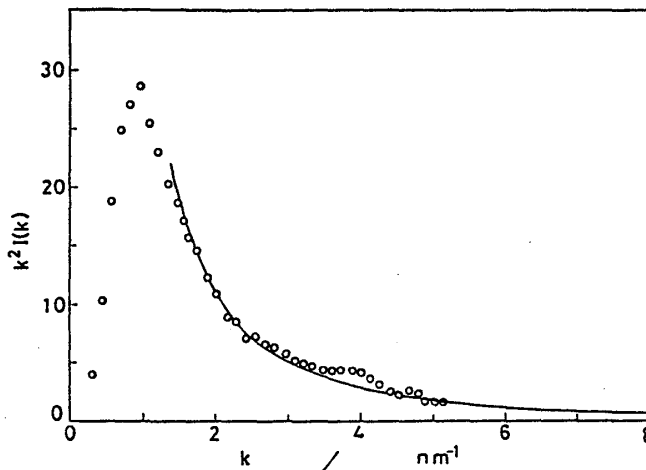


図2 積分強度を求めるための被積分関数 $k^2 I(k)$ の散乱ベクトル依存性

$$Q = \int_0^{k_p} 4\pi k^2 I(k) dk + 4\pi k_p^3 I(k_p) \quad (5)$$

ここで k_p は $k > k_p$ で Porod 則が成立する散乱ベクトルの下限とする。図2に(4)式あるいは(5)式の被積分関数 $k^2 I(k)$ の散乱ベクトル依存性を示す。つまり $k^2 I(k)$ の値と横軸の間の面積が積分強度に相当する。 $k > 1.7 \text{ nm}^{-1}$ で Porod 則が成立するものとして、(3)式より求めた値が実線で示してある。計算値と実験値の比較から、計算値を $k > 5 \text{ nm}^{-1}$ に外挿することは妥当であると考えられる。

さて積分強度の求め方とその誤差について考えてみよう。図2に示すデータを用いて、 $k_p = 2 \text{ nm}^{-1}$ として(5)式より積分強度 Q を求めたとする。 $2 < k < 5 \text{ nm}^{-1}$ の範囲では実験値を用いて求めた値とあまり変わらない。 $k > 5 \text{ nm}^{-1}$ 以上で関数を仮定して積分を行ったわけであるが、仮に積分を $k < 5 \text{ nm}^{-1}$ で打ち切ったとしても、 $k > 5 \text{ nm}^{-1}$ からの積分強度への寄与は大きくない。従って(5)式による積分強度の評価は妥当である。

文献(1)に報告した積分強度の値はこのような吟味を行って得たものである。Al-Zn合金においては相分解初期過程で積分強度 Q は時間とともに増加して(ステージI)、やがて飽和する(ステージIIおよびIII)ことが実験的に明らかにされた。

文献

- (1) K. Osamura, H. Okuda and S. Ochiai; *Scripta Metallurgica*, vol.19 (1985), 1379.
- (2) K. Osamura, H. Okuda, H. Hashizume and Y. Amemiya; *Acta Metallurgica*, vol.33 (1985), 2199.