

PS-18 均熱中の鋼塊内硫化物の粗大化モデル

川崎製鉄(株) 技術研究所○藤井徹也

マサチューセッツ工科大学 M. C. フレミングス

D. R. ポーリャ

1. 緒言 熱間加工のために高温に保持されている鋼塊内の硫化物は、温度や保持時間に応じて粒径と個数を変化し粗大化する。固体金属中の析出粒子の粗大化について多くのモデルが報告されているが測定値と比較可能なものは少なく、また、モデル設定時の仮定に種々の問題を有する。物質移動が律速段階となる場合の粗大化現象に対して新たにモデルを作り、鋼塊内の硫化物に適用した。

2. モデルの概要 マトリックス中の濃度分布式： $\partial C / \partial t = D \nabla^2 C \dots (1)$ ，粒子との界面での濃度： $C_i = C_{eq} + \Gamma / R_i$ ， $\Gamma = 2\sigma V_m C_{eq} / R_g T \dots (2)$ ，粒子半径の変化速度： $dR_i / dt = D \int \nabla C \cdot nds / 4\pi R_i^2 (C_p - C_i) \dots (3)$ 。粒径分布を持って均一に分散する粒子を point source とみなし、擬定常の仮定の基に(1)~(3)式を解くと、(3)式は  $dR_i / dt = -DM_i / R_i^2 (C_p - C_i) \dots (4)$ となる。

$M_i$  は  $a \sum_{j=1}^N N_j M_j = (\Gamma - M_i) / R_i + C_{eq} - C_b \dots (5)$  より求まる。 $C_b$  は  $dC_b / dt = (4\pi D / V_u) \sum_{j=1}^N M_j N_j \dots (6)$ より、また、粒径分布関数の時間変化は  $\partial f(R) / \partial t = -\partial \{ f(R) dR / dt \} / \partial R \dots (7)$  で求めた。

3. 結果 モデルの検証のために、粒子が球形で均一に分散し、また、物性値が明らかである Cu-Si 合金中の SiO<sub>2</sub> 粒子の実験結果<sup>1)</sup>に適用した。マトリックス中のSiの移動を律速段階とし<sup>1)</sup>、また、(2)式のΓ値にαなる係数を乗じ、実験結果の説明可能なα値を用いた。結果を図1に示す。従来、 $\bar{R}^3 \propto t$ なる関係の有無で粗大化の律速段階が論じられているが、本モデルではマトリックス中の物質移動が律速段階であっても  $\bar{R}^3 \propto t$ なる関係が必ずしも成立しない。図2には AISI 4340 低合金鋼中の硫化物の粗大化実験<sup>2)</sup>への適用結果を示す。オーステナイト中のSの溶解度が小なことから、Sの移動を律速段階とし、また、Mn濃度の高いことから硫化物はすべて MnS とした。図から明らかなように、平均粒子径、粒子個数の経時変化ともに測定値とよい一致が得られた。さらにモデルを用い、Mn, S濃度や温度の粗大化速度に及ぼす影響を検討し、Mn濃度の上昇は粗大化速度を大幅に減少させることを認めた。

[記号] a: 定数、C: 濃度、D: 拡散係数、f(R): 粒径分布関数、M: point source 強度、N<sub>j</sub>: 粒径分布 j 番グループの粒子数、N: グループ数、V<sub>m</sub>: 分子容、V<sub>u</sub>: 単位体積、R: 粒子半径、 $\bar{R}$ : 平均粒子半径、R<sub>g</sub>: ガス定数、T: 温度、t: 時間、σ: 界面エネルギー、N<sub>t</sub>: 粒子全個数[添字] i: i 粒子、eq: 平衡、P: 粒子内、b: マトリックス

[文献] 1) S. K. Bhattacharyya: Met. Trans. 7A (1976), P.453 2) D. G. Gnanamuth: ibid, 5 (1974), P2557

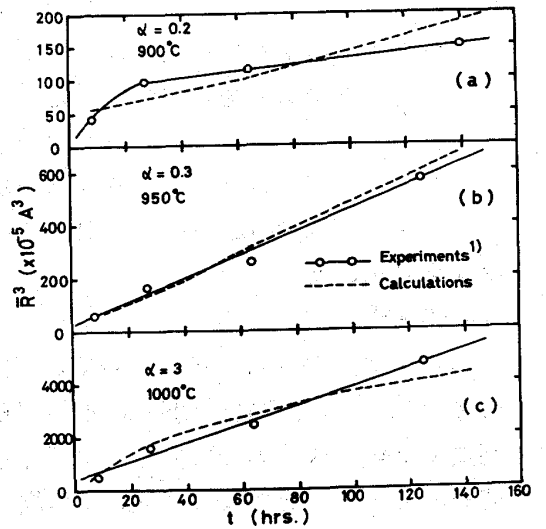


図1 Cu中のSiO<sub>2</sub>粒子

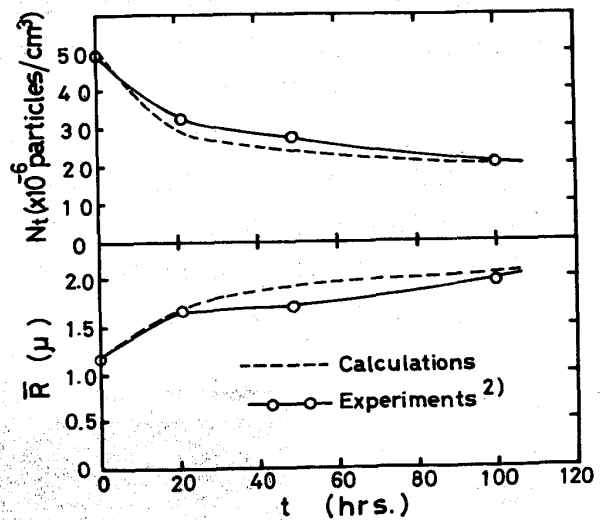


図2 AISI 4340 鋼中の硫化物