

Ni 基超合金のラフト形成に関する フェーズフィールド・シミュレーション

(名古屋工業大学) ○尾野翔器, (名古屋大学) 塚田祐貴・小山敏幸

【背景】Ni 基超合金は($\gamma+\gamma'$)マイクロ組織を有する。高温クリープ試験において、 γ' 相が引張応力軸と垂直方向に粗大化し、 γ/γ' ラメラ組織、いわゆるラフト組織が形成される。ラフト化によって形成される γ/γ' 相界面によって転位の移動が妨げられることで、優れた高温強度を得ることができる。したがって、ラフト組織の早期形成と構造の維持はクリープ寿命を延ばす上で非常に重要である。本研究では、フェーズフィールド法を用いて、高温クリープ中のマイクロ組織変化を解析する。 γ/γ' 間の格子ミスフィット、 γ 相のクリープ定数、および γ 相の降伏応力の値を系統的に変化させたシミュレーションを行い、各種物性値がラフト化速度に及ぼす影響を定量的に明らかにする。

【計算手法】マイクロ組織を記述するフィールド変数として、局所的な γ 相の体積分率 $f(\mathbf{r},t)$ 、 γ 相の規則化に起因する 4 バリエーションを区別する変数 $\phi_i(\mathbf{r},t), i=1,2,3,4$ を定義する。不均一組織の全自由エネルギーをフィールド変数の汎関数形式にて定式化する。全自由エネルギーに基づく発展方程式を解析し、マイクロ組織の発展を計算する。引張応力軸を[001]方向とし、1273K-160MPa クリープにおける母相 γ のクリープ変形と($\gamma+\gamma'$)マイクロ組織変化を同時に数値解析した[1]。

【結果】Fig.1 に格子ミスフィット ϵ_0 の値を変化させた場合のシミュレーション結果を示す。ただし、 γ 相のクリープ定数および γ 相の降伏応力の値は一定としている。初期条件として、 γ 相中に立方体状の γ' 相が析出した組織を設定した。また、周期境界条件を仮定した。[001]引張応力軸は図の上下方向に対応する。 ϵ_0 の値が異なるいずれの条件においても、クリープの進行とともに γ' 相形態が変化し、応力軸に垂直な板状ラフト組織が形成されている。また、 ϵ_0 の値が負に大きいほどラフト化が遅くなっている。格子ミスフィット ϵ_0 の値とラフト化時間の関係を Fig.2 に示す。 ϵ_0 の値が負に大きいほど、その値の変化がラフト化速度に及ぼす影響が大きくなっている。これは、格子ミスフィットのみを系統的に変化させた組織シミュレーションにより得られた新たな知見である。本研究の成果は、格子ミスフィットの設計を通じてラフト化速度を制御するための重要な指針になるものと期待される。

【参考文献】

[1] Y. Tsukada et al.: Comput. Mater. Sci. 83 (2014) 371-374.

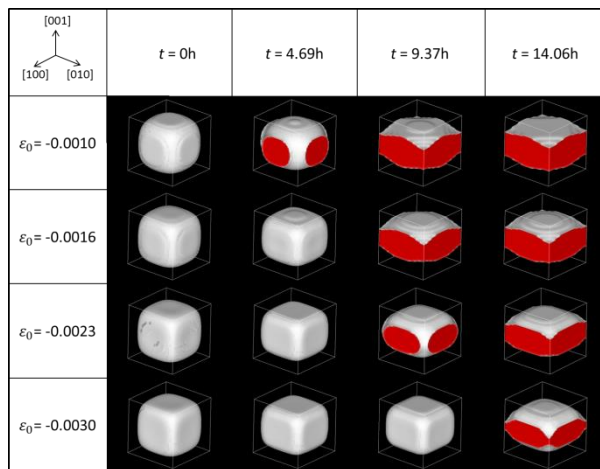


Fig.1 Simulated microstructure evolution during creep. Simulations were performed with different values of lattice misfit.

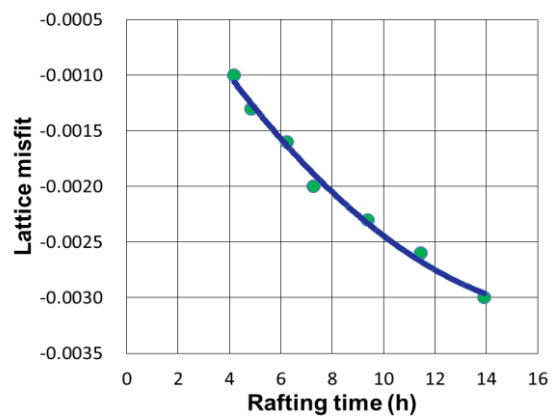


Fig.2 Simulation results of the relationship between the lattice misfit and rafting kinetics.