



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 粒成長に関する熱力学的研究   |
| Author(s)    | 新井, 宏   |
| Citation     | 大阪大学, 1987, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/35864">https://hdl.handle.net/11094/35864</a>   |
| rights       |   |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 【41】

|         |               |        |          |
|---------|---------------|--------|----------|
| 氏名・(本籍) | あら<br>新       | い<br>井 | ひろし<br>宏 |
| 学位の種類   | 工             | 学      | 博 士      |
| 学位記番号   | 第             | 7906   | 号        |
| 学位授与の日付 | 昭和62年10月28日   |        |          |
| 学位授与の要件 | 学位規則第5条第2項該当  |        |          |
| 学位論文題目  | 粒成長に関する熱力学的研究 |        |          |
| 論文審査委員  | (主査)<br>教授    | 荒田 吉明  |          |
|         | 教授            | 圓城 敏男  | 教授 稔野 宗次 |
|         | 教授            | 中尾 嘉邦  | 教授 山根 寿巳 |

## 論文内容の要旨

析出、時効あるいは粒成長など金属の変態においては、一般に体積変化を生じ応力を誘起する。この応力の存在はGibbsの自由エネルギーに影響を与え、平衡関係や拡散に変化を生じさせる。本論文は、これらの誘起応力の存在を熱力学的観点から取り上げることで、粒成長に関し、新しい理論を展開したもので、4章から構成されている。

第1章では、固相中のオストワルド成長について、その分散粒子のまわりに誘起される応力に注目し、熱力学的な解析を行い、従来は2元系についてのみ知られていたオストワルド成長の理論解を多元系の一般理論解に拡張し、次のように示している。

$$\bar{r}_a^3 = \frac{8 \sigma t}{9 (1 - \alpha) RT} \bigg/ \sum_N \left[ \frac{1}{C_N D_N} (C_N^0 - C_N)^2 \right]$$

ここに、 $\bar{r}_a$ は粒の平均半径、 $\sigma$ は粒子とマトリックス間の界面張力、 $C_N$ と $D_N$ はマトリックスのN元素のモル濃度と拡散係数、 $C_N^0$ は粒子中のN元素のモル濃度、 $t$ は時効時間、 $\alpha$ は析出物の体積比率の1/3乗である。

第2章では、第1章で得たオストワルド成長の一般解にもとづき、これに母相と粒子の間の熱力学平衡の条件を加えることで、粒子の粗大化を防止するにはどのような組成の組み合わせが良いか理論的な展開を計っている。その結果分散粒子を構成する金属主成分の化学量論的な充足率を約0.5とする時に、最も粗大化を抑制できることを理論的に示し、実用材料での実績と良い対応を得、材料設計の指針を与えている。

第3章では、マッシュ変態により誘起される母相と生成相の間の応力差に注目して解析し、この影響

により、変態開始点が平衡線からシフトする状態を考察してマッシブ変態も局所平衡理論の立場で説明できることを示している。

第4章では、ステンレス鋼の炭化物の粒界析出について、誘起応力も考慮し、モデル化を行い、経時的な炭化物析出量、粒界近傍のクロム濃度、炭化物の組成などについて計算をし、実測値とよく合う事を示すと共に、フェライト系ステンレス鋼の粒界腐食についての理論的な基礎を明らかにしている。

### 論文の審査結果の要旨

析出・時効あるいは粒成長などは、金属材料の特性を定める上で極めて重要な過程であり、理論的な面では、従来主として平衡熱力学的な研究が行われている。本論文では、これに析出等により誘起される応力の役割を加え、新しい展開を計ったもので、その成果を要約すると次のとおりである。

- (1) 固相中に於けるオストワルド成長は、その分散粒子のまわりに誘起される応力によって拘束を受け、単組成の拡散だけでなく多元系組成の拡散が問題となることを明らかにし、初めてオストワルド成長則の一般解を導出している。
- (2) 上述で求めたオストワルド成長則の一般解を用いることによって、分散粒子の粗大化防止の可能性について理論的な検討を行い、その組成間に成立つ法則を求め、耐熱材料設計の指針を与えている。
- (3) マッシブ変態の始まる温度が、Gibbsの自由エネルギー曲線上の化学ポテンシャルの等しい点に支配されるかあるいはエネルギー曲線の交点 $T_0$ に支配されるか問題となっているが、変態によって誘起される応力に注目し解析を行い、マッシブ変態も局所平衡理論のもとで説明できることを明らかにしている。
- (4) ステンレス鋼における炭化物の粒界析出の理論解析方法を示し、これを用いて、炭化物析出量、粒界近傍のクロム濃度、炭化物の組成を計算し、特にフェライト系ステンレス鋼の粒界腐食感受をおこすまでの加熱時間がオーステナイト系に比較し $10^5$ 倍も速いことを理論的に示している。

以上のように本論文は粒成長に関して誘起される応力に注目し熱力学的に研究を行い、実験結果をよく説明する新しい理論を展開したものであり、金属材料工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。