

氏 名	小 林 紘 二 郎 こ ばやし こうじろう
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 889 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 5 月 24 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	アルミニウム—けい素合金の共晶凝固現象に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教 授 尾 崎 良 平 教 授 水 野 政 夫 教 授 村 上 陽 太 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、工業用アルミニウム合金として最も一般的ではあるが、凝固組織の不規則性が強い、Al-Si 合金の共晶凝固現象を凝固結晶の核生成及び成長の観点より究明した結果をまとめたもので、4章よりなっている。

第1章は序論で、Al-Si 合金の共晶凝固現象に関する従来の研究結果を概説し、問題点を指摘するとともに本研究の由来と目的について述べている。

第2章は Al-Si 合金の共晶凝固結晶の核生成についての研究結果を述べたもので、次の諸点を明らかにしている。

1) 高純度の Al-Si 合金を用いて厳密に設定した真空度及び冷却速度などの実験条件下では、共晶凝固結晶の核生成の問題を2元共晶を構成する両組織成分間の問題として扱うことが可能であることを示し、凝固第1相として初晶 Si が溶湯に存在するよりも初晶 Al が存在する方が共晶凝固時の過冷量が少ないことを明らかにし、この過冷量に対する初晶の有効性の差異を初晶-溶湯、凝固第2相-溶湯、初晶-凝固第2相間の界面エネルギー・バランスと対応して説明できることを示している。さらに Na が存在しても初晶の有効性の差異は殆んど変化しないことから、過共晶 Al-Si 合金溶湯に Na を添加した凝固組織に初晶 Al の観察される現象は、従来の Na による核生成抑制説のほかに状態図的な観点からも説明し得ることを提案している。

2) Na 処理及び無処理の Al-Si 合金中の初晶 Si の結晶構造及び晶癖について、微小焦点X線回折による結晶成長面の解析及び electron channelling pattern 回折による結晶断面の解析より、無処理 Al-Si 合金中の板状初晶 Si は {111} 面を板の平面として成長し、成長双晶が優先成長方向に平行に層状に存在するが、Na 処理 Al-Si 合金中の球状初晶 Si は球の中心に先端を持つ幾つかの角錐形結晶粒から構成され、これらの多くはそれぞれ相互に双晶の関係を有し、球状初晶の成長面の多くは {111} 面であるが、{100}、{211} 面も存在することを明らかにするとともに Na による初晶 Si 球状化及び共晶 Si

繊維状化機構を示している。ついで、Si 結晶表面を不均質核生成の場として凝固した Al との結晶方位関係を、普通凝固した試料では X 線回折により究明し、また透過電子顕微鏡による共晶凝固組織の直接観察ができるよう試料作成装置を工夫して Al-Si 溶湯を薄膜状（厚さ数 1000 Å）に徐冷（約 10°C/sec）凝固した試料では制限視野電子線回折により究明し、その結果の解析には Si 晶中の双晶を考慮することが不可欠であると指摘し、無処理試料では隣接の Al, Si 両相間に特定の結晶方位関係、すなわち $[001]_{\text{Al}} // [110]_{\text{Si}}$, $[100]_{\text{Al}} // [\bar{1}\bar{1}\bar{1}]_{\text{Si}}$ が、Na 処理試料では $[001]_{\text{Al}} // [110]_{\text{Si}}$, $[010]_{\text{Al}} // [\bar{1}10]_{\text{Si}}$ が基本的関係として存在することを明らかにし、両固相の整合性を良くするよう Al が核生成時に方位の選択をすることを示している。

第 3 章は Al-Si 合金の共晶構成 2 相が核生成してから共晶凝固が終るまでの成長過程の研究結果を述べたもので、次の諸点を明らかにしている。

1) Na 処理及び無処理の溶湯で作成した金型凝固試料について、まず反射電子線による組成像と Al を深腐食除去して共晶 Si を浮き彫りにしての走査型電子顕微鏡による観察とより、共晶 Si 結晶は双晶を媒介として枝分れしてかなりの範囲に渉り連続し、Na は双晶を多くして繊維状形態とすることを見出すとともに、一方向凝固及び Na, Fe の微量添加により共晶セル組織を現出し得ることを明らかにしている。共晶セルは分岐成長し連続した Si 相とその間を埋めるいくつかの結晶粒からなる Al 相とで構成されることを明らかにしている。

2) Na 処理 Al-Si 合金に生成し易く over modification band とみられる共晶凝固結晶の異常成長組織の band 組織を種々の凝固法で作成し、それらの構造を走査型電子顕微鏡による観察などで詳細に調べ、band 組織は共晶凝固結晶の成長界面に沿って形成され、共晶セル境界でないことを見出し、その成因は結晶の成長速度が遅くなり共晶構成の 1 相が粗大化することにあることを明らかにし、また Na が多い場合には、固液界面に Al-Si-Na 化合物が核生成することによる band 組織が形成され得ることを示している。

第 4 章は本論文の総括である。

論文審査の結果の要旨

工業用アルミニウム合金として最も一般的である Al-Si 合金の共晶凝固現象に関する従来の研究は、主として凝固組織を微細化及び均一化して機械的性質を向上させようとする工業上の必要性から行われたものが多く、その機構の基本的問題が十分解明されていない。

本論文は、成長異方性の強い Si と Al の合金の共晶凝固結晶の核生成及びその後の成長過程を X 線回折、electron channeling pattern 回折、制限視野電子線回折及び X 線マイクロアナリシスの適用と実験条件の工夫により系統的に研究したもので、得られた主な成果は次のように要約される。

1) 高純度の Al-Si 合金の共晶凝固は凝固第 1 相としての初晶結晶表面を凝固第 2 相の不均質核生成の場として始まること、すなわち凝固第 1 相として初晶 Si が共晶凝固に先立ち溶湯中に存在するよりも、Al が存在する方が共晶凝固時の過冷量が少ないことを明らかにした。

2) 実験的に求めた共晶凝固時に必要とする過冷量は初晶-溶湯、凝固第 2 相-溶湯、初晶-凝固第 2 相

間の界面エネルギー・バランスと対応して説明できること、また Na が存在しても初晶の有効性の差異が殆んど変化しないことから、過共晶 Al-Si 合金溶湯に Na を添加した凝固組織に初晶 Al が観察される現象を、従来の Na による核生成抑制説のほかに状態図的な観点からも説明できることを示した。

3) Al-Si 合金中の板状初晶 Si 及び Na 処理 Al-Si 合金中の球状初晶 Si の結晶構造を解析し、板状 Si は {111} 面を板の平面として成長し、成長双晶が優先成長方向に平行に層状で存在するが、球状 Si は双晶関係をもつことが多い角錐形結晶粒から構成され、成長面の多くは {111} 面であるが {100}, {211} 面も存在することを明らかにし、Na による初晶 Si 球状化及び共晶 Si 繊維状化機構を示した。

4) 初晶 Si とそれを囲む Al 間及び著者が微細な共晶組織でも測定できるよう工夫して薄膜状に徐冷凝固させた試料中の共晶 Si と Al 間の結晶方位関係を、Si 晶中の双晶を考慮して解析し、無処理試料では隣接する両相間に特定の方位関係、すなわち $[001]_{\text{Al}} // [110]_{\text{Si}}$, $[100]_{\text{Al}} // [\bar{1}\bar{1}\bar{1}]_{\text{Si}}$, Na 処理試料では同様に $[001]_{\text{Al}} // [110]_{\text{Si}}$, $[010]_{\text{Al}} // [\bar{1}10]_{\text{Si}}$ の基本的関係の存在を始めて解明した。

5) Al-Si 合金の共晶成長過程は、双晶を媒介として分岐成長して連続した Si 相とその間を埋める幾つかの結晶粒からなる Al 相より構成される共晶セルの成長により進行することを、微量 Na または Fe の添加及び一方向凝固法で明らかにした。

6) Al-Si 合金の異常成長組織の band 組織は共晶凝固結晶の成長界面に沿って形成され、その成因は結晶成長速度が遅くなり共晶構成の 1 相の粗大化にあることを明らかにした。

これを要するに、本論文は成長の異方性の強い Si と Al の合金の共晶凝固現象を核生成とその後の成長について始めて系統的かつ詳細に研究し、その本質を解明するとともにこれらに及ぼす諸因子の効果を明らかにし、一般合金の共晶凝固に関する研究に対しても有益な指針を示したもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。