



Title	Research on abnormal grain growth in reversely transformed austenite structure [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	張, 献光
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11565号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57194
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Zhang_Xianguang_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 張 献光

審査担当者 主 査 教 授 松浦 清隆
副 査 教 授 佐々木 克彦
副 査 教 授 三浦 誠司
副 査 准教授 大野 宗一

学位論文題名

Research on abnormal grain growth in reversely transformed austenite structure
(逆変態オーステナイトの異常粒成長に関する研究)

本論文は炭素鋼の再加熱時に形成するオーステナイト結晶粒組織の制御に関する研究を扱うものであり、その記述内容は鉄鋼製造プロセス分野において実用的価値の高い多くのデータを含み、また金属組織学分野における学術上きわめて重要な示唆および知見をも豊富に含むものである。全 8 章で構成された本論文に対する審査を終えその結果をここに報告するに当たり、まず各章の内容を以下に簡潔に要約する。

第 1 章では本研究の背景と研究の動機および目的を記述しており、始めに鉄鋼製造プロセス全体を詳細に記述しつつ、そこで起こる連続铸造スラブ再加熱時のオーステナイト結晶粒組織の形成、特に異常粒成長の発生とその有害性について言及し、続いてその異常粒成長発生を阻止することの重要性を述べ、最後にオーステナイトの異常粒成長の発生を阻止しうる具体的手法を見つけその機構を明らかにすることが本研究の目的であると結んでいる。

第 2 章では異常粒成長を扱った過去の研究成果について文献調査した結果を記述しており、かなり多くの数の論文を読破した結果を引用しつつ異常粒成長の発生が再過熱時における微細析出物の固溶消滅やオストワルド成長に起因することを詳しく述べ、オーステナイト結晶粒組織および第 2 相粒子の微細析出挙動に及ぼす冷間塑性変形の影響に関して過去に得られた多くの知見を明快に整理している。この文献調査の結果に基づき本研究の進むべき方向を明確に定め、以下に続く各章において展開される具体的研究内容の詳細な記述への序章としている。

第 3 章では再加熱オーステナイト結晶粒成長挙動に及ぼすフェライト/パーライトバンド組織の影響を精緻に実験調査した結果を扱っており、フェライト/パーライトからなる室温の鋼を再加熱してオーステナイトに変態させた場合、上記バンド組織を持たない鋼と比べてバンド組織を持つ鋼においてはオーステナイトの異常粒成長開始温度が必ず低くなるという事実を見出し、さらに、異常粒成長が開始する場所が常に変態前の旧フェライト領域に限られることを発見し、これら実験事実に基づき、異常粒成長発生の原因を突き止めた。すなわち、微細 AIN 粒子の分布に関する精緻な観察及び解析の結果、Zenner のオーステナイト粒界ピン止め効果が旧フェライト領域では弱く、旧パーライト領域では強いという事実を見出し、これにより常に旧フェライト領域でオーステナイト結晶粒の粗大化が始まり、周囲の旧パーライト領域のオーステナイト結晶粒径との間の著しい粒径差が異常粒成長の原因であると明快に論じている。

第 4 章ではフェライト/パーライトバンド組織を有する鋼のオーステナイトの異常粒成長開始温

度に及ぼす冷間塑性変形の影響を調査した結果を扱っており、あらかじめ室温で塑性変形を施すことで異常粒成長の発生をかなり高温においてすら抑制できることを見出し、この経緯を詳細に記述している。さらに、異常粒成長の結果として到達する結晶粒径自体も冷間塑性変形の付与により比較的小さくとどめることができるという事実をも見つけた。冷間塑性変形によるこのような効果は、転位の導入により微細 AIN 析出粒子が均一分布することに起因すると結論付けている。この発見は有効な結晶粒制御法の開発を示唆するもので、実用上きわめて貴重なものである。

第 5 章では前章とは逆に、フェライト/パーライトバンド組織を有さない鋼のオーステナイトの異常粒成長開始温度に及ぼす冷間塑性変形の影響を調査した結果を扱っている。冷間塑性変形の効果は、変形を受ける鋼において AIN が分解して母相中に過飽和固溶しているか、あるいはすでに析出しているかの違いによって変わるということを見出した。すなわち、前者の場合には冷間塑性変形により異常粒成長開始温度が低くなり、後者の場合、特に析出が十分に起こり成長も起こっている場合には冷間塑性変形を施すと異常粒成長が全く起こらなくなることを見出した。この原因は冷間塑性変形により析出粒子のサイズが小さくなり分布が均一になることであると明かに示した。

第 6 章ではオーステナイト粒成長に及ぼす局部的歪分布の影響を扱っている。表面から冷間塑性変形を施すと表面から内部にかけて歪分布が発生し、歪速度が高い場合には急勾配の浅い歪分布となり、歪速度が低い場合には緩やかで深い歪分布となることを見出した。さらに、表面から加工したにもかかわらず、最高歪の位置は表面ではなく、表面から少し内部に入った位置にあることを見つけた。これら局所的歪分布は再加熱時のオーステナイト粒成長に強く影響し、歪が大きい場所ではオーステナイト粒径はきわめて微細になり、歪の小さい部分および歪が及んでいない場所では粗大な粒径になり、その移り変わりは徐々にではなく急に变化して明瞭な協会が現れることを見つけた。

第 7 章では、純鉄を対象として冷間塑性変形により結晶粒内に発生する局所歪を扱っている。通常は EBSD を用いて表される結晶粒ごとの結晶方位の分布が、何と、単純な化学腐食で顕出できることを発見した。すなわち、EBSD を用いた解析により結晶粒ごとに結晶方位が異なる様子を鮮明に示すとともに、結晶粒内の微妙な結晶回転の様子も方位マップ上に示し、このような結晶粒ごとの結晶方位差と結晶粒内の微妙な結晶回転の状態が、きわめて興味深いことに、単純な化学腐食によって簡単に顕出できることを明らかにした。つまり、研磨面上に現れる個々の結晶粒ごとの結晶方位の違いによって化学腐食の程度が異なることに着目し、結晶粒ごとに異なるコントラストを結晶方位と関連付けて整理した、さらに 1 つの結晶粒内の結晶回転も微妙なエッチングコントラストの連続的变化から鮮明に捕らえることに成功した。

第 8 章では各章ごとの要約を詳細に記述しつつ本論文全体を総括し、炭素鋼の再加熱時のオーステナイト結晶粒組織の制御に関する研究の結論をまとめている。

これを要するに、本論文の著者は鉄鋼製造プロセス分野において実用的価値の高い多くの事実を見出し、金属組織学分野における学術上きわめて重要な示唆および知見を得た。これらの成果は鋼の結晶粒組織制御を実行するうえで重要な指針となるものであり、工学に寄与するところ大である。よって、本論文の著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認められる。