

審査の結果の要旨

氏名 李 明鋼

鉄鋼材料の物理的および化学的特性を最大限に引き出すために、鉄鋼材料の組織および材料中に分散する微細な非金属介在物の制御は極めて重要な技術的課題である。鉄鋼材料の溶製プロセスにおいて生成する非金属介在物に関する物理化学の研究はこれまでに多く行われているが、最終鉄鋼製品中に観察される非金属介在物は必ずしも溶製プロセスで生成するものと一致せず、その一因として鋳造後の熱加工プロセスにおける非金属介在物と母相との反応が考えられている。本研究では、極低炭素鋼の製造プロセスにおいて広く用いられる Al 脱酸-Ti 添加プロセスで生成する非金属介在物の変化を明らかにし、その制御指針を得るための基礎知見として、Fe-Al-Ti-N-O 系合金中に生成する非金属介在物の加熱過程での変化機構を明らかにしており、本論文は6章からなる。

第1章は緒言であり、本研究の背景、Al 脱酸-Ti 添加プロセスで生成する非金属介在物および鉄鋼材料組織への影響に関する先行研究について調査・検討し、本研究を行う背景、位置づけ、目的について述べている。

第2章では、本研究の実験方法、非金属介在物の評価・分析方法について述べている。さらに、加熱プロセスにおける非金属介在物の変化を論ずるために、以降の研究で用いる4種類の Fe-Al-Ti-O-N 合金を 1873 K で溶製し、合金中の非金属介在物の数密度、種別、分散状況を調べ、生成機構を検討している。従前より報告されている本系の熱力学データでは説明されない Al-Ti-O 系酸化物の介在物が生成すること、介在物の Al/Ti 組成比が合金の Al/Ti 組成比とほぼ一致することを報告したうえで、生成機構の解明において溶製温度でのより精緻な熱力学データの必要性を指摘している。

第3章では、2種類の Fe-Al-Ti-O-N 合金を 1273 K もしくは 1573 K で1時間から12時間加熱し、合金中に含まれる Ti 系酸化物介在物の数密度、組成、形状の変化を測定した結果について述べている。加熱前の合金に含まれる Al_2O_3 - TiO_x 系介在物のうち、不均一介在物は組成・形態ともに加熱による変化は見られないが、均一介在物は加熱によって二相不均一介在物となり、組成・形態が変化したことを見だし、

この変化が酸化物の相変態もしくは母相との化学反応に依ることを明らかにしている。

第4章では、4種類の Fe-Al-Ti-O-N 合金を 1273 K もしくは 1573 K で 0.5 時間から 12 時間加熱し、合金中に含まれる TiN 介在物の数密度、組成、形状の変化を測定した結果について述べている。はじめに熱力学データに基づいて TiN 介在物の体積分率を推算し、先行研究で報告されたモデルを用いて体積分率と観察面での面積分率の関係を明らかにしている。そのうえで、各加熱温度、加熱時間において定量された TiN 介在物の組成・数密度・粒径分布を Ostwald 成長モデルに基づいて解析し、理論的に推算される Ostwald 成長速度と本章で測定された成長速度が一致することを明らかにしている。

第5章では、第3章および第4章の結果をより具体的な事例において用いることを念頭に、Fe-16mass%Cr 合金の Al 脱酸-Ti 添加プロセスにおける酸化物と窒化物の二相介在物の生成を観察し、Mg 添加による酸化物介在物の微細化効果と TiN による酸化物介在物の被覆効果、ならびに二相介在物の微細分散による合金組織の微細化を明らかにしている。溶存 Al 濃度および Ti 濃度をほぼ同一とし、Mg および N 添加の有無を変えた3種類の Fe-16mass%Cr-Al-Ti-Mg-O-N 合金を 1873 K で溶製した。得られた合金を 1573 K で 0.5 時間から 3 時間加熱して、介在物の数密度・組成・平均粒径の変化を調べ、加熱した合金組織を観察している。Mg および N を添加した場合により多くの介在物が微細に分散し、その結果、合金組織が微細になることを報告している。

第6章では、本論文を総括したうえで、今後の研究指針を述べている。

以上のように、本論文では Fe-Al-Ti-O-N 合金に含まれる非金属介在物の加熱過程における反応機構を明らかにし、それに基づいて、鉄鋼製造プロセスでの非金属介在物の活用方法を提案しており、今後の鉄鋼材料製造プロセスの発展に寄与する重要な知見を得ていることから、本研究の成果はマテリアルプロセス工学への寄与が大きい。

なお、本論文第2章、第3章、第4章および第5章は松浦宏行、月橋文孝との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1 9 3 6 字