

氏名・(本籍)	MAO WEIJI (中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	生工博甲第254号
学位授与の日付	平成28年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Wettability and Interfacial Reaction between Liquid Cu-Ti, Al-Ti, Al-Si Alloys and Carbon Materials (溶融銅-チタン、アルミニウム-チタン、アルミニウム-シリコン合金と炭素系材料のぬれおよび界面反応)
論文審査委員会	委員長 教授 西田 治男 " 内藤 正路 " 石黒 博 " 春山 哲也 " 平木場浩二

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

炭素繊維で強化した金属基複合材料は、高い比強度と剛性を持ち、熱伝導性と電気伝導性に優れ、低い熱膨張率と耐摩耗性を有するなど、非常に優れた構造材料であるため、乗り物その他で広く使用されている。とりわけ、銅やアルミニウムを母材とする金属基複合材料は、広範囲な用途があるが、これらの複合材料を製造する際には避けられない問題点がある。銅-炭素系複合材料では、溶融銅と炭素とがぬれにくい、つまり接合しにくいということが挙げられる。アルミニウム-炭素系複合材料では、ぬれにくいだけでなく、アルミニウム表面が酸化されやすいということや、機械的性質や耐腐食性を低下させる有害な炭化アルミの生成を避けることができないという問題もある。本論文では、上記の問題点を解決するために、銅やアルミに添加する合金成分として、炭化物を生成しやすい元素であるチタンおよびケイ素に着目し、銅-チタン、アルミ-チタン、アルミ-ケイ素合金を使用し、また、炭素系材料の代表として黒鉛を選択し、溶融合金と黒鉛とのぬれおよび界面反応について調査している。さらに、複合材料製造時の実用性を考慮して、炭素繊維間への上記合金の溶融浸透実験が実施されている。

第1章では、上記のことが「緒論」として述べられている。

第2章では、溶融銅-チタン合金と黒鉛とのぬれおよび界面反応について調べた結果、合金のチタン濃度が増えるとぬれが改善されることや、合金と黒鉛の界面で炭化チタンが生成することが述べられている。あらかじめ溶製した銅-チタン合金を使用するよりも、実験時に純銅と純チタンを黒鉛上に設置して昇温・合金化したほうが、溶融合金と

黒鉛とがぬれやすいことを確認している。その理由として、母材（銅）と合金成分（チタン）とを別々に設置したほうが昇温時に低融点の高チタン濃度融体が生じ、炭化チタンの生成が促進されることでぬれの改善に効果的であることを明らかにしている。

第3章では、溶融アルミ - チタン合金と黒鉛とのぬれおよび界面反応について調査している。チタン添加量 1~5mass%の範囲ではアルミ合金と黒鉛との最終的なぬれに差は見られなかったが、チタン添加量の多い方が溶融合金は黒鉛基板上を早くぬれ広がることを確認している。黒鉛との界面中央部に炭化アルミと炭化チタンの2重の層が生成し、界面端部には炭化アルミのみが存在していたことから、まずアルミ - チタン合金と黒鉛の反応より生じた炭化チタンの寄与により溶融合金は早くぬれ広がり、チタンが消費された後は炭化アルミを生成しながら徐々にぬれ広がると考察している。

第4章では、溶融アルミ - ケイ素合金と黒鉛とのぬれおよび界面反応について調査している。ケイ素 10mass%までの添加ではぬれの改善は顕著ではなかったが、20mass%の添加では界面に炭化ケイ素が生成し、より明確なぬれの改善が見られたことを報告している。比較実験として溶融アルミと炭化ケイ素基板が非常にぬれやすいことも確認し、アルミ - ケイ素合金と黒鉛間では炭化ケイ素の生成がぬれの改善に寄与することを明らかにしている。

第5章では、炭素繊維と銅 - チタン、アルミ - チタン、アルミ - ケイ素合金の複合化について調査している。銅 - チタンあるいはアルミ - チタン合金とフェルト状の炭素繊維との組合せでは、溶融合金は炭素繊維間へ隙間なく自発的に浸透しており、合金 - 炭素繊維界面での炭化チタンの生成が浸透に寄与していると説明している。アルミ - ケイ素合金では、溶融合金は高ケイ素濃度の場合に炭素繊維に浸透しており、ケイ素濃度が増加することで炭素繊維との界面生成物が炭化アルミから炭化ケイ素へと代わり、その結果炭素繊維により浸透しやすくなると考察している。

第6章では、溶融金属と様々な固体との付着力を算出する際に必要な基礎データである表面張力を、銅 - チタン、アルミ - チタン、アルミ - ケイ素合金について測定した結果をまとめている。銅 - チタン、アルミ - チタン合金については、チタン濃度が増すと表面張力は増大し、一方、アルミ - ケイ素合金ではケイ素濃度とともに表面張力は単調に低下することを報告している。

第7章では、本研究のまとめと今後の研究課題が述べられている。まとめとしては、銅やアルミ合金と黒鉛とのぬれ実験から得たデータを参考に、これら合金の炭素繊維間への自発的浸透を実証したことから、炭素繊維で強化した金属基複合材料を低コストで製造できる可能性を示唆している。

以上のように、本研究は、金属と炭素系材料からなる複合材料を製造する際の問題点改善のための基礎データを提供するものであり、これらの研究成果は、複合化技術の用途拡大に大きく貢献するものと考えられる。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に対して、論文調査員から「合金と黒鉛との界面に生成した炭化物の量と X 線回折結果の対応」、「アルミ - チタン合金と黒鉛界面での 2 層の炭化物の生成メカニズム」、「合金と炭素繊維の密着性」等について種々の質問があったが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。また、公聴会においても、学内外から多数の出席者があり、質問がなされたが、いずれも提出者によって適切な回答がなされ、質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。