

論文の要旨

題目 Development of environmentally friendly Ti alloys by electronic parameters, and their as-cast applicability

(電子パラメータによる環境対応型 Ti 合金の開発, およびそれらの鑄放し使用可能性)

氏名 MA XILONG

目下、Ti 合金は鑄造後に複雑な加工、熱処理を後処理として施し組織、材質制御を行って高性能化している。そのため、高製造コスト化と二酸化炭素排出量の増加を招いている。近年、地球温暖化が深刻な問題になっている。地球温暖化による影響は、気象や自然環境への影響と、社会や経済への影響とに大別される。本研究では、d-電子合金設計法(結合次数(Bo_i), d 軌道エネルギー準位(Md_i))パラメータを用いて、ユビキタスな合金元素選択や低製造コスト化による省エネルギーを切り口に、環境対応型 Ti 合金の開発を行う。具体的には複雑な加工、熱処理を施さず、鑄造後のままの状態の Ti 合金の開発を行った。複雑な加工、熱処理後の汎用合金比肩する強度および延性と耐食特性の新しい Ti 合金の開発を目的とした。製造プロセス最適化として電気エネルギー効率の良い浮揚溶解法を用い、組織および材質制御までを行う。

第一章：この研究の科学的背景をレビューし、目的を指摘し、論文の全体的な内容を説明します。

第二章：d-電子合金設計法を用いて、鑄放状態で使用可能な三種の新しい β 型チタン(Ti)合金を設計した。主にユビキタス合金元素の使用を念頭に、 Bo_i - Md_i マップ上の β 合金領域でスリップ、ツイーン、マルテンサイトの変形挙動を有する、3 種の新しい β 型 Ti 合金が設計した。 Bo_i - Md_i マップ上で純 Ti 位置より離れて一番低い Md_i を有する Ti-5.5Cr-5.4Mn-5.1Zr-2.8Fe 位置の合金凝固プロセス中での Ti の偏析度合は、純 Ti 位置に近い Ti-10.8Mo-2.3Sn-1.0Al のものより 4.8 倍高いことを示した。また、鑄放状態での三種の β 型 Ti 合金は変形挙動の違いに問わず固溶体処理後のものより良好な機械的特性を示し、実際領域での鑄放状態での応用が可能であることを示唆している。

第三章： Bo_i と Md_i を両軸とした図において、既存合金の組成位置と大きく異なる新規領域で、主にユビキタス合金元素を使用した 10 種類の β 型チタン合金を設計した。本 β 型チタン合金の開発目標は、インゴットの後処理なしの鑄放し状態で最大引張強度は 1000MPa、破壊ひずみは 10%とした。鑄放し状態と溶体化処理合金を比較した結果、同じ組織と機械的特性を示し、これは提案された合金において溶体化処理が必要でないことを示唆している。 β 単相である Ti-5.2Cr-5.5Mn-2.2Fe-5.5Zr, Ti-11Cr-6Mn-4.5Zr-0.5Al および Ti-13Zr-6Mn-6Cr-5V 合金の鑄放し状態において、設計合金の機械的特性の開発目標を満足した。よって、これらの合金においては、複雑な後処理を省くことでエネルギー消費量を減少させ、製造コストを 25%低減させるため、今後の従来の β 型チタン合金の代替材料の開発に大いに役立つと考えられる。さらに、 Bo_i - Md_i 図の新規拡大組成領域で設計した 10 種類の合金による β 型チタン合金領域ではじめて β 単相と、さらに β 相と金属間化合物の複相の相境界が予測できた。

第四章： α および near- α チタン合金の用途を紹介し、初めて提案された Bo_i - Md_i ダイアグラムの予測カウンターラインを使用して、機械的特性が改善された α と near- α チタン合金の開発。これらの予測カウンターラインは Bo_i と Md_i 値を考慮して、 α および near- α チタン合金の引張強度を予測します。予測カウンターラインの信頼性は、新しく提案された α および near- α チタン合金を比較することによっても証明されました。合金設計に用いた電子パラメータの Bo_i 値と腐食減量の相関性に関して、合金の Bo_i 値が大きほど合金の腐食特性が良好であることが分かった。設計された Near- α チタン合金は、汎用の near- α チタン合金よりも高い耐食性が得られた。

第五章：上記の調査の結果は第五章に要約されている。