

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 岩田 篤

本論文は電子ビームを用いた鉄鋼、マグネシウム合金の局所的な材料処理と題し、6章からなる。

第1章の「緒論」では、電子ビームが金属材料を局所的に加熱でき、材料を局所的に処理することで全体としての特性を損なわずに必要な特性を付与できると述べている。そこで従来からある各種の局所的な処理法について概観して電子ビーム材料処理の利点を述べている。ついで電子ビーム材料処理分野での研究の概観を行って、基礎的な研究が不足しているとの認識から、本研究の目的として、1. 基本的な実験と単純なモデル化による基礎的なメカニズムの解明、2. 真空中での合金要素や注入粒子の適切な供給法の探索、および3. 電子ビームと似た挙動を示すレーザービームとの比較を掲げている。

第2章の「炭素鋼の変態硬化—表面溶融を伴わない硬化処理」では、電子ビーム照射で鉄鋼材料表面を加熱し、自己冷却によって変態硬化を誘起させる技術について述べている。電子ビームを照射しながら材料を移動させる手法によって、十分な硬さを持つ焼入れ層が得られる。この現象のモデルとして、熱伝導解析による温度分布計算と、一定温度に達した点に変質するという仮定による計算結果は実験結果と一致し、電子ビームは単なる熱源と考えることが示された。次に、小面積を硬化させるための、静止した材料に電子ビームをパルス的に照射する手法においても硬化部が得られている。さらに、電子ビーム焼入れと類似するレーザー焼入れについて調査し、真空を要しないレーザー焼入れが多くの特長を有している点で電子ビーム焼入れより有利であるが、レーザーの反射防止が困難な形状や、複雑なパターンでの焼入れの場合などに電子ビームが有利であることを指摘している。

第3章の「軟鋼への合金化」では、電子ビームで軟鋼を溶融させ、そこに合金要素を投入して局所的な合金層を作成する技術について述べている。真空中での合金要素の供給方法を実験的に調べ、処理される材料表面に水ガラスで合金要素粉末を固定しその上から電子ビームで溶融する方法を提案している。この電子ビーム合金化をモデル化するため、材料上の粉末が溶融池に瞬時に広がり、凝固点の合金濃度はその時点での溶融池濃度に等しいという仮定をたて、計算した合金濃度分布結果は実験結果とおおむね一致し、モデルの妥当性が示された。さらに、電子ビーム合金化の効果の例として、得られた合金層の耐食性をアノード分極によって調べた結果、SUS304に近い耐食性が得られることが示されている。そして、レーザー合金化との比較において、電子ビーム合金化では酸化や残留気泡の少ない、より高品質な合金層が得られることを指摘している。

第4章の「軟鋼への粒子注入」では、電子ビーム合金化のバリエーションとして、投入したセラミックス粒子を溶融しきらない状態で残す技術について述べている。粉末固定法による実験の結果、TiCとTiNが溶け残ることがわかり、TiNについて溶融池への注入粒子供給法を実験的に調べた結果、粉末の上にふたを置く方法が良いとしている。さらにレーザを用いた粒子注入との比較を行い、電子ビームは、粒子の供給に粉末吹きつけ法が使えない点でレーザと比べ不利であるが、酸素によって分解する材料には有利であると述べている。

第5章の「マグネシウム合金への合金化」では、機械的強度などに問題が多いマグネシウム合金への電子ビーム合金化技術の適用について述べている。マグネシウム合金に各種金属を合金化したところ、マンガンとシリコンは合金化が困難であった。この理由を、マグネシウムの蒸気圧が高いため合金要素のマグネシウム溶融池への溶け込みが抑止されることと考え、モデル化を試みている。この計算結果は実験結果とよく一致している。次に、合金化の効果の例として、高温でクリープ特性が悪いマグネシウム合金を鋼製ボルトで締め付けた時の軸力変化を測定した。カルシウムを合金化すると軸力低下が少なくなり、ほぼ軟鋼なみの結果が得られている。

第6章の「結論」では、主要な研究成果を列記し、本研究により得られた一般的知見を述べている。さらに、電子ビーム局所的材料処理技術の展望として、航空宇宙分野、福祉機器分野、デスクトップファクトリーや金属系マイクロマシンといった分野での応用が期待されることが示されている。

以上、本論文は、電子ビームを熱源として用いた金属材料の熱的処理のうち、変態硬化と合金化について、その実用性について実験的に検証すると共に、プロセスの簡潔なモデルを提案したもので、実験結果とモデルの照合により、妥当性を検証し、プロセスの基礎的なメカニズムを明らかにしている。モデルのたてかたは単純化されてはいるが独創的なものであり、第一次近似としては十分に現象を説明できており、将来のさらなる解析に向け有用なものである。また、電子ビーム合金化のもたらす効果として、耐食性や耐クリープ性の付与を実験的に明らかにしており、電子ビーム材料処理の応用拡大の可能性をも明らかにしている。

これら、本論文に示された知見は、工学的に価値の高いものである。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。