

氏名(本籍)	横川三津夫(茨城県)				
学位の種類	工学博士				
学位記番号	博乙第689号				
学位授与年月日	平成3年3月25日				
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当				
審査研究科	工学研究科				
学位論文題目	溶融層内のマランゴニ対流の数値シミュレーション				
主査	筑波大学教授	理学博士	小柳義夫		
副査	筑波大学教授	Ph.D.	池辺八州彦		
副査	筑波大学教授	工学博士	名取亮		
副査	筑波大学教授	工学博士	成合英樹		

論文の要旨

本研究では、金属上部表面に電子ビーム等により高熱流束を加えた場合の溶融過程の2次元数値シミュレーションを行った。金属の溶融層は、表面張力の温度依存性のために、ビーム照射部から周辺へと溶融層表面に局在する流れ(マランゴニ対流)が生じ、複雑な形状の溶融層を形成する。このような現象は、単結晶の生成、金属溶接、プラズマ・ディストラクション、同位体分離などにおいて重要な役割を演じる。

数値シミュレーションにおいては、固液境界面の移動を融解熱モデルで近似し、差分法で離散化した。100ms後と200ms後の固液境界面の形状については実験結果と比較し、水平方向の長さについてはほぼ再現できているが、深さについては実験よりやや大きいことを見いだした。対流項については1次風上差分法とQUICK法とについて、速度分布、流れ分布、温度分布、格子数依存性を比較した。

対流項を含む時間発展方程式に対する数値シミュレーションの安定性を解析し、時間積分に前進オイラー法、対流項にQUICK法を用いた場合、解の振動を防ぐためにはクーラン数を0.1以下にしなければならないことを見いだした。また、溶融層内の流れの特徴、とくに周辺部の2つの渦の発生メカニズムを分析するために、浅いキャビティ内のマランゴニ対流のシミュレーションを行い、レイノルズ数の増加とともにキャビティ中央付近の速度が小さくなり、低温側の壁付近に2つの渦ができることを明らかにした。

境界面の移動を近似的に扱う融解熱モデルについて、その正当性を分析するために、1次元2相ステファン問題を融解熱モデルと移動座標系による方法とを比較し、妥当な解が得られるための条件を解明した。本研究の溶融層内のシミュレーションではこの条件が満たされており、本研究で得られた結果の妥当性が示された。

審 査 の 要 旨

高熱流束下の金属溶融過程では、速度の大きい流れが溶融層表面付近に局在するため、その部分の格子間隔を小さくする必要がある。自由表面としての取扱いを含め今後の課題である。

よって、著者は工学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。