

論文審査の結果の要旨

報告番号	博(生)乙第32号	氏名	荒木 憲一
学位審査委員	主査	茂地 徹	
	副査	植木 弘信	
	副査	林 秀千人	
	副査	才本 明秀	
	副査	桃木 悟	
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>荒木 憲一氏は、2004年4月に長崎大学大学院生産科学研究科博士後期課程に社会人学生として入学し、2010年3月に同研究科博士後期課程を単位取得後退学した。同氏は、生産科学研究科に入学以降、物質科学を専攻して所定の単位を修得するとともに、有限垂直円柱の膜沸騰冷却に関する研究に従事し、その成果を2010年10月に主論文「形状と材質が異なる有限垂直円柱の膜沸騰冷却に関する研究」として完成させ、参考論文として、学位論文の印刷公表論文6編（うち審査付き論文2編）、印刷公表予定論文1編（うち投稿準備中の論文1編）、学位の基礎となる論文1編（うち審査付き論文1編）、その他の論文1編を付して、博士（工学）の学位の申請をした。長崎大学大学院生産科学研究科教授会は、2010年12月15日の定例教授会において論文内容等を検討し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記の審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を実施するとともに、最終試験を行い、論文審査および最終試験の結果を2011年2月16日の生産科学研究科教授会に報告した。</p> <p>原子炉の緊急冷却、金属の焼入れおよび材料の製造過程等において、3次元形状を有する高温物体の冷却過程の初期に不可避免的に発生する膜沸騰（物体表面を蒸気膜が覆う沸騰形態）とその下限界温度に及ぼす物体の形状と材質の影響を熱伝達の観点から明らかにすることが、原子炉の安全性、金属の高性能焼入れ法および材料の高性能製造法の開発等において重要な課題となっている。</p> <p>提出された論文は、有限垂直銀円柱の上下端面形状が水平面と半球状凸面の場合に、有限円柱の各伝熱面を覆う蒸気膜内の蒸気の流動駆動力と膜形状を実験結果と膜沸騰の観察結果に基づいて分類・構築された膜沸騰対流伝熱モデルを適用して、円柱の上下端面形状の相違が膜沸騰熱伝達に及ぼす効果を解明し、さらに伝熱面表面から周囲液体への膜沸騰熱伝達率を物体内の非定常熱伝導と連成して解析することにより、有限垂直金属円柱の膜沸騰冷却に及ぼす円柱の熱伝導率と熱容量の効果を明らかにしたものである。</p>			

本論文では、まず、3次元高温物体表面から周囲液体への膜沸騰対流伝熱特性を明らかにするため、物体内の温度分布を一様と仮定できる高熱伝導率の銀を材質として選定し、さらに、円柱形状として有限円柱の垂直側面長さが直径に等しい場合には有限垂直円柱が伝熱的に3次元的な特徴を顕著に表すこと（上下端面から伝熱量が無視できないこと）および伝熱面が下向き水平と下向き凸曲面とでは蒸気膜内の蒸気流動の駆動力が異なり、前者は蒸気の流動方向の膜厚の減少による静圧勾配に、後者は気液2相の密度差（浮力）に起因することに注目して、底面と上面の形状が水平あるいは半球状凸面である4種類の供試銀円柱を使用して、大気圧の飽和水およびサブクール水の条件下で過渡沸騰冷却実験を行い、実測した冷却曲線を利用して膜沸騰特性を検討している。実験結果と上記の膜沸騰対流伝熱モデルを援用して、（1）飽和水の場合には、有限円柱全面で平均化した膜沸騰対流熱伝達率は、水平底面の下に形成される蒸気膜が厚いため、底面形状が半球状凸面の場合の方が水平底面の場合より大きくなるが、周囲液体の温度が飽和温度より低いサブクール水ではその温度差（サブクール度）が大きくなるに従い、水平底面を有する円柱の平均熱伝達率は、蒸気膜を薄くすることによって対流熱伝達を促進する円柱下端部の存在により、半球状凸底面を有する円柱のそれを凌駕するようになる、（2）蒸気膜の崩壊に対応する膜沸騰下限界点の温度は、飽和水の場合には円柱を覆う蒸気膜が厚いため、有限円柱の上下底面の形状には依存しない。一方、サブクール水の場合には有限円柱を覆う蒸気膜が薄くなるため、円柱底面の端部に角を有する水平底面の場合には、角（円柱下端部）で蒸気膜の崩壊が開始し、膜沸騰下限界温度は底面形状が半球状凸面の場合より大きくなる。つまり、初期温度同一の条件で膜沸騰冷却する場合、円柱底面の端部が角を有する場合には底面形状が半球状凸面のように垂直側面になめらかに接続する場合と比較して、時間的に早く崩壊し、遷移沸騰を経て核沸騰に移行する、ことを明らかにしている。

さらに、有限垂直金属円柱の膜沸騰による冷却性能に及ぼす材質の影響を明らかにするため、供試円柱の材質として、熱伝導率の高い銀とアルミニウム、および熱伝導率の低い炭素鋼（S35C）とステンレス鋼（SUS304）の4種類を用いて冷却曲線を実測し、本実験範囲では、冷却速度は金属円柱の熱容量（密度と比熱の積）に強く依存し、熱伝導率の大きさへの依存性は小さいことを円柱内の非定常熱伝導解析を援用して検証している。また、材質の熱物性値によるこれらの効果は円柱底面の形状の違い（水平面か半球状凸面か）には依存しないことも明らかにしている。

以上のように本論文は、円柱の垂直側面長さが直径に等しい、伝熱的に3次元的な特徴を示すと考えられる有限垂直円柱の膜沸騰冷却特性に関して、原子炉の緊急冷却、金属の焼入れおよび材料の製造過程等の膜沸騰冷却に不可欠な実用的熱工学設計に多大の寄与をするものと評価できる。

学位審査委員会は、伝熱工学の分野において極めて有益な成果を得るとともに、工学の進歩発展に貢献するところが大きく、博士（工学）の学位に値するものとして合格と判定した。