

学位論文及び審査結果の要旨

氏 名 丸岡 成

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 工府博甲第549号

学位授与年月日 平成30年3月23日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項

学府・専攻名 工学府 機能発現工学 専攻

学位論文題目 二層構造ハニカム多孔質体によるプール沸騰限界熱流束の向上
Pool boiling critical heat flux enhancement using a honeycomb porous plate with two-layer structure

論文審査委員 主査 横浜国立大学 奥山邦人
横浜国立大学 上ノ山 周
横浜国立大学 羽深 等
横浜国立大学 中村一穂
横浜国立大学 森 昌司

論文及び審査結果の要旨

本研究は、飽和プール沸騰の限界熱流束向上に関して、ハニカム多孔質体を用いた手法について、毛管力による多孔質体内部を通しての液体供給及び蒸気排出孔を通しての液体供給の2つの液供給メカニズムが限界熱流束に与える影響について、各素過程が複合下条件下での実験的に検討するとともに、沸騰様相の詳細な観察および素過程の抽出実験から、限界熱流束向上のメカニズムを把握することを目的として行った。

第一章では、プール沸騰限界熱流束に関して概説し、限界熱流束向上手法に関する既往の研究についてまとめた。本研究と既往研究の違いを明確にするとともに、ハニカム多孔質体による限界熱流束の向上、および、ハニカム多孔質体内部および蒸気排出孔での気液の流動が限界熱流束向上効果に与える影響についての把握を本研究の目的とすることを述べた。

第二章では、ハニカム多孔質体装着時の限界熱流束向上に寄与する(1)毛管力による伝熱面上への液体供給と(2)蒸気排出孔に直接流入する液体供給の2つについて、各液体供給機構が限界熱流束に与える影響について把握することを目的とし、各素過程を分離した要素実験を行った。その結果、毛管力による液体供給効果の抽出実験結果は提案する一次元モデルとよく一致し、高熱流束域(3.5 MW/m²以上)では、毛管力による液体供給効果が支配的であることを明らかにした。一方、約2.5 MW/m²までの熱負荷では、毛管力による液

液体供給効果に加えて、蒸気排出孔に直接流入する液体供給効果が限界熱流束向上に寄与することが実験的に示された。また、電気抵抗法による簡易的な実験から、限界熱流束近傍まで、多孔質体内部は水で満たされ、限界の発生とともに、急激な乾燥が生じ、伝熱面温度が急上昇することを明らかにした。さらに、提案するモデルから、ハニカム多孔質体をサブミリメートルオーダーの構造体高さにすることでさらなる限界熱流束が向上することが示唆された。

第三章では、第二章で提案したモデルを基に、さらなる限界熱流束の向上を目的として、従来の NA ハニカム多孔質体よりも限界熱流束の向上が期待されるメンブレンフィルター（膜厚 $150\ \mu\text{m}$ ）を用いて実験的に検討を行った。その結果、構造体高さが $100\ \mu\text{m}$ 程度の薄い多孔質体の場合、多孔質体上部に形成される合体大気泡の影響を受け、大気泡の滞留中に多孔質体内の液枯れが生じ、モデルより低い値で限界熱流束に達することを明らかにした。さらに、構造体高さが $100\ \mu\text{m}$ 程度の薄い多孔質体を装着する場合でも、その上に液体保持用の多孔質体を設置することで、合体泡滞留中に、多孔質体内の液体が消耗し尽くすのを防ぐことができ、結果として、限界熱流束が向上することを明らかにした。これらの結果により、限界熱流束を向上させる上で、毛管力による液体供給効果だけでなく、合体大気泡に多孔質体内部の液枯れ現象を想定することが重要であり、また、毛管力による液体供給部と液体保持部からなる細孔構造の異なる二層構造ハニカム多孔質体が限界熱流束向上に有効であることが示唆された。

第四章では、二層構造ハニカム多孔質体を装着した際の伝熱面姿勢が飽和プール沸騰限界熱流束向上に与える影響について議論した。原子炉事故時の压力容器底部を外部冷却する場合、下向き伝熱面となる。この環境下では、既往の研究から、合体大気泡の滞留時間が長くなり限界熱流束が低下することが知られているため、ハニカム多孔質体を用いた場合の限界熱流束向上効果を把握しておくことは極めて重要である。そこで、本章では合体大気泡の影響に有効であると示唆された二層構造ハニカム多孔質体による下向き伝熱面下での限界熱流束向上を目的に、実験的に検討した。その結果、ほぼ下向き伝熱面となる条件においても、裸面の場合の3倍以上 ($1.5\ \text{MW/m}^2$) の限界熱流束向上効果が得られることを実験的に明らかにした。

第五章では、本研究によって得られた知見をまとめ、結論および今後の発展性について述べた。本研究で得られた知見をもとに、二層構造ハニカム多孔質体内部の最適な細孔構造（細孔径、空隙率、動的濡れ速度、細孔の配向性、材質の組み合わせなど）と二層構造ハニカム多孔質体の幾何形状（壁厚、蒸気排出孔径、構造体高さ）が限界熱流束に与える影響をさらに明らかにすれば、マイクロスケール～サブミクロンスケールでの、構造制御により、さらなる限界熱流束向上を達成できると考えられ、本研究によりその基本的指針を得ることができた。

以上の内容は博士(工学)論文として価値あるものであると判断した。