



Title	ロータス型ポラス銅を用いた高性能ヒートシンクの開発研究
Author(s)	千葉, 博
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/57476
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【94】				
氏 名	ち	は	ひろし	博
博士の専攻分野の名称	博 士（工 学）			
学 位 記 番 号	第	2 3 8 1 2	号	
学 位 授 与 年 月 日	平 成 22 年 3 月 23 日			
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻			
学 位 論 文 名	ロータス型ポーラス銅を用いた高性能ヒートシンクの開発研究			
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 中嶋 英雄 (副査) 教 授 藤原 康文 教 授 武石賢一郎 准教授 鈴木 進補			

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ロータス型ポーラス銅をヒートシンクへ応用し、ロータス銅ヒートシンクの設計指針となる熱伝達特性および圧力損失特性を明らかにすると共に、そのモデル構築法および計算式を提案したものであり、全6章から構成されている。

第1章では、電子デバイスの冷却技術に対する技術的要請と過去に行われてきたポーラス金属を用いたヒートシンクの冷却特性とその課題について概観し、本研究の背景と目的を述べた。

第2章では、ロータス銅の熱伝導率に及ぼす一方向性気孔の影響を検討し、気孔に平行および垂直方向の有効熱伝導率の計算式を導出すると共に、ロータス金属の有効熱伝導率測定法を提案し、以下のことを明らかにした。

(1) 気孔に平行な方向および垂直な方向の有効熱伝導率は異方性を持っており、いずれの方向の場合においても気孔率に依存する。(2) 気孔に垂直な方向の有効熱伝導率は、気孔の配列に依存しない。(3) 試験片の厚みが薄い場合の熱伝導率測定法として提案した試験片厚さ変化法を使って求めたロータス銅の有効熱伝導率は計算式と一致し、本測定法の有用性がわかった。

第3章では、ロータス銅をヒートシンクのフィンと見なし、気孔内壁に生じる熱伝達率とロータス銅内部の有効熱伝導率との関係を表すフィン効率を求めた。ロータス銅フィンのフィン効率は、気孔の方向に垂直な方向の有効熱伝導率と、ロータス銅フィンモデルの気孔内壁の表面積とストレートフィンの表面積との面積比を考慮した修正ストレートフィンモデルを使って表されることを明らかにした。

第4章では、ロータス銅ヒートシンクの熱伝達特性および圧力損失特性を求めるために、ロータス銅断面の貫通気孔径分布から各気孔内への冷媒の流量分布を求める貫通気孔径分布モデルと全ての気孔が平均貫通気孔径であると仮定した平均貫通気孔径モデルを作成した。これらのモデルを使って計算したヒートシンクの熱伝達特性および圧力損失特性は、実験で求めた結果とよく一致することから、ロータス銅ヒートシンクの設計には、平均貫通気孔径モデルが適用できると結論づけた。また、ロータス銅ヒートシンクの更なる高性能化のためにアスペクト比の高く、貫通気孔径の小さい気孔が必要であることがわかった。

第5章では、平均気孔径モデルを使ってロータス銅水冷ヒートシンクを設計し、冷却特性を調べた。比較のために、高性能ヒートシンクとして溝型マイクロチャネルヒートシンクと従来の溝型ヒートシンクの熱伝達特性も調べた。その結果、ロータス銅ヒートシンクの冷却特性が、これらのヒートシンクに比べて、優れていることを実験からも明らかにした。

第6章では本研究の総括を行い、本研究の成果をまとめた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、凝固方向に沿って一方向に配列した、径の小さい気孔を有するロータス型ポーラス銅をヒートシンクへ応用するため、ロータス型ポーラス銅における気孔の影響を考慮した有効熱伝導率について調べるとともに、ロータス型ポーラス銅を用いたヒートシンクの伝熱特性および圧力損失特性を明らかにしている。

本研究により得られた主要な研究成果は以下の通りである。

- (1) ロータス型ポーラス銅の気孔の影響を考慮した有効熱伝導率の測定法として、試験片の厚さを変化させて有効熱伝導率を測定する方法を確立している。この測定法を使用すれば、厚さの薄い試験片の有効熱伝導率を測定できることを示している。
- (2) ロータス型ポーラス銅の有効熱伝導率は、気孔の存在によって減少し、気孔の方向によって異方性をもつことを実験結果と計算結果から明らかにしている。
- (3) 有限要素法を使って計算したロータス型ポーラス銅の有効熱伝導率は、測定結果と一致することを明らかにしている。また、有効熱伝導率は気孔の配列に影響されず、気孔率によって計算できることを見出している。
- (4) ロータス型ポーラス銅をヒートシンクとして使用した場合、そのロータス型ポーラス銅のフィン効率、気孔に垂直方向の有効熱伝導率と気孔内壁の伝熱面積を考慮したモデルによって計算できることを明らかにしている。
- (5) 実際のロータス型ポーラス銅断面を観察した気孔径分布を考慮して計算したヒートシンクの冷却性能は、実験結果と一致することを明らかにしている。そして、気孔径分布から平均気孔径を求め、全ての気孔が同一の平均気孔径をもっていると仮定して計算したヒートシンクの冷却性能は、気孔径分布を考慮したモデルを使って計算した結果と一致することを明らかにしている。このことから、ロータス型ポーラス銅を使ったヒートシンクの冷却性能は、平均気孔径を使って十分設計できる知見を得ている。
- (6) 平均気孔径を使って設計したロータス型ポーラス銅ヒートシンクの冷却性能は、他のヒートシンクに比べて優れた冷却性能を示すことを実験結果から明らかにしている。これは、ロータス型ポーラス銅の使用したヒートシンクは、冷却性能の高いヒートシンクとして実用化可能であることを示している。

以上のように、本論文はロータス型ポーラス銅の熱伝導特性と、ヒートシンクとして用いた場合の熱伝達特性および圧力損失を明らかにしたものであり、ロータス型ポーラス銅を使用したヒートシンク的设计指針を確立している。ロータス型ポーラス銅は、高性能ヒートシンクとしての実用化も期待できる。したがって、学術的、実用的にも重要な知見を多数含んでおり、材料工学および伝熱工学の発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。