

An Analytical and Numerical Study on Heat and Fluid Flow in Nanofluid-Saturated Porous Media

メタデータ	言語: en 出版者: Shizuoka University 公開日: 2017-06-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Zhang, Wenhao メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00010199

本研究においては、ナノ流体と発泡金属を組み合わせることで、飛躍的な伝熱促進が可能であることを理論的に明らかにしている。これは、ナノ流体の対流伝熱における Anomaly に起因する伝熱促進効果と発泡金属の機械的分散に起因する伝熱促進効果の相乗効果として現れる。

ナノ流体による伝熱促進については、ブラウン運動と熱泳動の両者のバランスで決まるナノ粒子の壁近傍の分布に起因すること、また高気孔率の発泡金属においては、非表面積の増加や熱分散により低圧損の下で伝熱促進が可能となることなどが分かっていたが、これらを組み合わせた際の相乗効果については全く検討されていなかった。

本研究では、ナノ流体で満たされた発泡金属内の熱流動に注目し、発泡金属充填チャンネルおよび円管の完全発達流れについて解析解を求めることに成功している。巨視的支配方程式を導くに当たっては、Buongiorno が修正を加えた Navier-Stokes の式、エネルギーの式およびナノ粒子の輸送式に局所体積平均操作を施している。その際、出現する Tortuosity 項、熱分散項およびナノ粒子機械分散項については、数学的にモデル化することで、すべて局所体積平均量の関数として表現している。このようにして解析的考察に基づき求めた漸近解は、ナノ流体と発泡金属を組み合わせることで、水を流した場合に比べ、同一ポンプ動力下で 80 倍もの伝熱促進が可能であることを示している。

さらに、発泡金属充填流路の二次元数値モデルとして正方形群からなる多孔質体流路を提案し、1 構造体ユニットについて周期的境界条件を用い、ナノ流体強制制対流場の微視的数値計算を実施している。これらの微視的計算結果を数学的定義に基づき局所体積平均することで、機械的分散項を算出している。

その結果、微視的数値計算を体積平均し求めた直接的数値計算結果とポアスケール解析解とが良好な一致を示すこと、熱分散項の相関式におけるナノ粒子の体積分率の効果は限定的であること、熱分散項およびナノ粒子の機械的分散項間にアナロジーが成立すること、金属界面から加熱されるナノ粒子の質量流束は界面熱流束が高くなるほど大きくなることなどを明らかにしている。

以上、要約するように、本論文は、今まで明らかとなっていなかった、ナノ流体で満たされた発泡金属内の熱流動特性について、解析的および数値実験的に検討することで新しい知見を提示することに成功しており、工学上寄与するところが大きい。よって、本論文を博士(工学)の学位に値する内容と判断する。