

ラティス構造による金型の冷却性能向上

Improvements of heat transfer performance of metal mold using lattice structures

[Industrial Research Institute of Ishikawa] 石川県工業試験場

高野 昌宏*
 宮川 康**
 吉田 勇太***
 塚田 勝之****

1. はじめに

金属 AM は付加製造であるため、複雑な形状を造形できる利点を有している。特に、従来工法では製作が難しいラティス構造は、金属 AM で造形できる代表的な構造であり、軽量化や衝撃吸収性の向上に関する研究やヒートシンクへの応用に関する検討が行われている。また、内部に複雑な冷却水管をもつ金型やタービンブレードなどが金属 AM の効果的な活用として提案、実用化されている。

本研究では、この冷却水管のさらなる熱交換性能の向上を目的に、水管内部にラティス形状のフィンを配置した水管構造を提案した。ラティス構造は、熱交換面積の増加に加えて、強度・剛性や流体の拡散性も向上するため、水管の形状や配置の設計自由度を高めることができ、より表面近傍に水管を形成できる利点をもつ。本稿では、ラティス水管の圧力損失、および熱交換性能、さらに金型へ応用した場合の効果について検討した結果を紹介する。

2. ラティス水管の圧力損失

本研究では、図 1 に示す造形性の優れた八面体形状のラティス構造について検討した。このラティス構造の格子ピッチ、線径を変化させた場合の圧力損失の変化を通気性試験機を用いて測定した。実験で得られたラティス構造の圧力損失 Δp と水力直径 d_h の関係

を図 2 に示す。格子ピッチや線径により圧力損失は変化するが、次式のダルシー・ワイスバッハの式におおよそ近似できている。

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d_h} \frac{\rho v^2}{2}, \quad d_h = 4 \frac{A}{W}$$

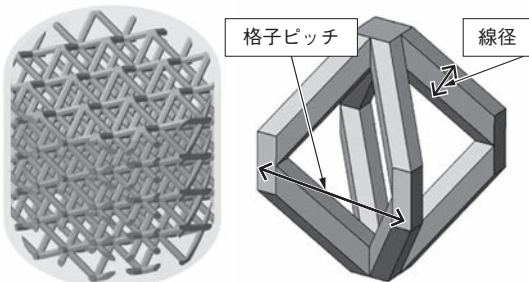
ここで、 λ ：管摩擦係数、 l ：管長さ、 ρ ：密度、 v ：流速、 A ：管断面積、 W ：濡れ縁長さである。したがって、上式を用いれば、さまざまな形状のラティス構造の圧力損失の推定が可能と思われる。

3. ラティス構造の熱交換性能

次に、同様に線径、格子ピッチの異なるラティス構造の熱交換量を熱伝導解析を用いて求めた。図 3 に圧力損失と熱交換量の増分比の関係、および解析条件を示す。熱交換量の増分比は水管内部にラティスがない場合（通常水管）からの増分とした。また、横軸の圧力損失は上式から求めた。同図に示すように格子ピッチや線径の違いにより、熱交換量と圧力損失が変化することがわかる。ここで格子ピッチ／線径のアスペクト比で整理した結果を図中の線で示す。アスペクト比 2.5 のラティス形状がほかのアスペクト比よりも全体的に熱交換量が大きくっており、最適なアスペクト比が存在することがわかる。

図 4 にアスペクト比と熱交換量の増分比の関係を示す。圧力損失（格子ピッチ）を変化させても、アスペクト比は約 2.5 で極大を示した。したがって、ラティス水管の設計は最適なアスペクト比（本条件では

*Masahiro Takano, **Hiroyasu Miyakawa, ***Yuta Yoshida : 機械金属部
 ****Katsuyuki Tsukada
 〒920-8203 石川県金沢市鞍月 2-1



(a) ラティス水管のイメージ (b) 1 格子のラティス形状

図 1 ラティス構造

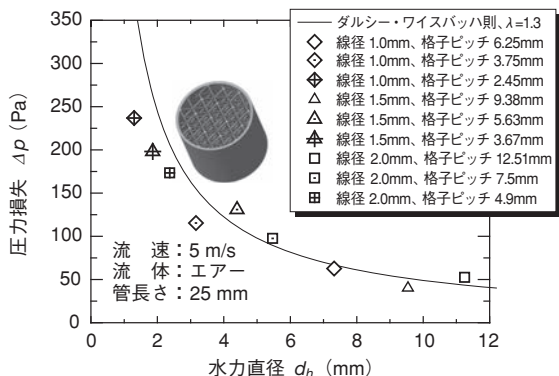


図 2 ラティス水管の圧力損失と水力直径の関係