A505 流体発振形冷却装置の開発 (赤外線カメラによる冷却過程の可視化)

Development of Fluid Oscillating Cooling Device (Visualization of Cooling Process by Infrared Camera)

中島 正弘[○](鹿児島高専), 野崎 勉(鹿児島大工), 三角 利之(鹿児島高専)

Masahiro NAKASHIMA^{*}, Tsutomu NOZAKI^{**} and Toshiyuki MISUMI^{*}

^{*} Dept. of Mech. Eng., Kagoshima Natl. Coll. Tech., 899-5193, Hayato-cho, Aira-gun, Kagoshima

^{**} Dept. of Mech. Eng., Kagoshima Univ., 890-0065, Koorimoto, Kagoshima

ABSTRACT

This paper is concerned with the new type of the cooling unit to which the flow mechanism of fluidics called "the vortex chamber oscillation device" is applied. The water jet issuing from this cooling device impinges on the heated plate with swinging by itself. Since the flow mechanism of swinging water jet and the impinging property have been reported already in previous paper, the cooling process by this cooling device have been visualized through the infrared camera in this paper. Furthermore, by comparing the cooling area by the swinging water jet with that by non-swinging one, the validity of this proposed cooling unit have been confirmed.

Key words: Impinging jet, Cooling device, Fluidics, Flow visualization, Infrared camera

1. 緒言

衝突噴流は高い熱伝達率や物質輸送が望めることおよび制御性に優れているため、製鉄や塗装プロセスにおいて広く利用されている。したがって、流体力学および伝熱工学的観点から衝突噴流の特性がこれまで活発に研究されている。

一方、中山ら^{1), 2)}は流体の自己発振機構を応用した散水装置を開発し、これを新幹線軌道上での融雪に利用している。また、中島ら³⁾は太陽熱温水器や太陽光発電装置などの屋外設置機器のパネル面上の固形物を除去する目的で、この種の散水装置を改良している。

本研究は上述の散水装置から流出する発振水噴流を加熱平板に衝突させて冷却を行う流体発振形冷却装置に関するものである。前報^{4), 5), 6)}では、高速度デジタルビデオカメラ、画像処理システムおよび感温液晶などを用いて、水噴流の発振機構、衝突特性や加熱平板上の冷却過程の可視化を行った。ここでは、赤外線カメラを用いて冷却過程を可視化し、発振および非発振水噴流による冷却面積の比較を行うことによって、本冷却装置の有用性を明らかにする。

2. 実験装置および方法

本研究で用いる流体発振形冷却装置を図1に示す。この種の装置は中山ら¹⁾によって開発され、「渦室発振素子」と名付けられている。図1に示す冷却装置は直径 $D=48\text{mm}$ のアクリル樹脂製の渦室、および矩形の真鍮製ノズル(幅 5mm, 深さ 8mm)

で構成されており、また、圧力回復孔直径 d および出口幅 b はそれぞれ、6mm および 8mm である。なお、 d および b は散水角度 α に大きく影響を及ぼし、この値のときに最大散水角度が得られることが明らかになっている³⁾。

冷却過程の可視化実験は以下の要領で行った。冷却装置を加

Fig.1 Cooling device

Fig 2 Cooling pattern for $h/b=3$

Fig.3 Cooling pattern for swing jet in $h/b=30$

Fig.4 Ratio of cooling area

熱平板の下方に設置し、発振水噴流をこれに衝突させて平板を冷却した。そして、冷却装置出口から加熱平板までの高さである衝突高さ h を種々変化させながら、平板の上方に設置した赤外線カメラにより、平板が冷却される様子を調べた。なお、実験装置の主なものは前報⁹⁾と同様なので省略する。

3. 実験結果および考察

比較的、衝突高さが低い $h/b=3$ の場合の加熱平板の冷却の様子を図2に示す。なお、前報で述べたように、冷却過程は約5秒で定常状態に達することが確認されており、ここで示した図はいずれも、この定常状態に達した後の観察結果である。

図2(a)に示した発振水噴流による冷却の場合、冷却面形状は楕円である。一方、冷却装置出口と同じ断面形状・寸法をもつ矩形ノズルから直進水噴流が流出した場合の結果を図2(b)に示す。この場合、冷却面形状はやや複雑なものとなる。これは、水噴流が矩形ノズルから流出するため、水噴流は捻れながら流出し加熱板に衝突することによる。また、発振水噴流の場合には、冷却が促進されたことを示す濃い青色の領域が直進水噴流の場合と比較して広く分布していることがわかる。

次に、衝突高さが比較的高い $h/b=30$ の場合の発振水噴流による加熱平板の冷却の様子を図3に示す。冷却面の形状が図2(a)と若干、異なるが冷却面積に大きな相違は認められない。しかし、濃い青色の占める領域は $h/b=30$ の方が狭いようである。これは、前報^{9),10)}に示したように $h/b=3$ の場合は発振水噴流が直接、加熱平板に衝突するのに対し、 $h/b=30$ の場合は大きな水

滴が衝突するためであり、冷却促進の程度が異なることによる。

さらに、提案した冷却装置の有用性を確認するため、発振水噴流と直進水噴流による冷却領域で、同一の温度を示す領域の面積を求め、その結果を図4に示す。衝突高さの減少に伴って、直進水噴流の冷却面積 (Δ 印) は増加する。また、発振水噴流の場合 ($\square$ 印), $h/b=12.5$ 付近で減少し、それから再び増加する。なお、高速度カメラによる観察によれば、この $h/b=12.5$ 付近で水噴流が大きな水滴に分裂しているようである。さらに、図4にこれらの水噴流による冷却面積の比 ($\bullet$ 印) を示す。これによれば、 h/b が大きい場合、発振水噴流による冷却で約2倍近く面積の増加が得られ、また、 h/b が小さい場合でも15%以上の面積増加が認められた。

4. 結言

新型冷却装置に関する研究の一環として、赤外線カメラによる加熱平板の冷却の様子を可視化した。さらに、得られた可視化画像から冷却面積を求めることによって、提案した新型冷却装置の有用性を実証した。

(参考文献) (1) 中山・他3名, 渦室発振素子の特性, 日本機械学会論文集, 52-474, B(1986-2), pp. 727-732. (2) 中山・他2名, 渦室発振素子の特性解析, 可視化情報, 14-2(1994), 137-140. (3) 中島・野崎, 各種パネル面除塵用流体発振形散水装置の特性, 日本機械学会論文集, 63-612, B(1997-8), pp. 2745-2751. (4) 中島・他2名, 流体発振形冷却装置の開発 (流れと冷却過程の可視化), 可視化情報学会誌, 19-74(1999-7), pp. 208-214. (5) Nakashima, M. et al., Flow Visualization on Cooling Device, CD Rom Proc. 2nd Pacific Symp. on Flow Visualization and Image Processing. (6) 中島・他2名, 流体発振形冷却装置の開発, 可視化情報, 18-2(1998-9), pp. 37-38.