

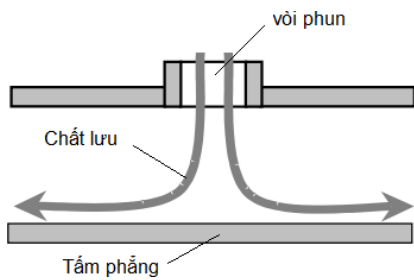
KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM DÒNG PHUN THẲNG ĐỨNG VUÔNG GÓC LÊN MẶT PHẲNG

Nguyễn Anh Tuấn

Trường Đại học Thủy lợi, email: tuan_na_mxd@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Hiện nay, việc phun dòng chất lưu tác động lên bề mặt được ứng dụng rộng rãi trong các ứng dụng công nghiệp như hệ thống làm mát về hệ thống sấy. Khi tác động vào bề mặt nó có khả năng loại bỏ một lượng nhiệt lớn trên diện tích bề mặt tương đối nhỏ. Thêm vào đó, một trong những ưu điểm nổi bật của dòng phun lên bề mặt đó là nó có khả năng điều chỉnh và kiểm soát hiệu suất truyền nhiệt bằng cách điều chỉnh các thông số thiết kế như biên dạng bề mặt, tốc độ phun, khoảng cách từ vòi phun tới bề mặt và chất lưu sử dụng (Hình 1).



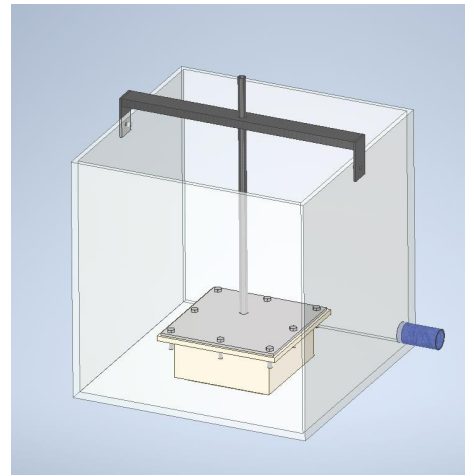
Hình 1. Cấu hình dòng phun lên bề mặt

Các ứng dụng phổ biến của dòng phun tia như: làm mát cánh tuabin, làm mát trong sản xuất thép, làm mát linh kiện điện tử, CPU máy tính (trong các máy trạm). Ngoài ra trong quân sự dòng phun tia được sử dụng để làm mát bộ phận tên lửa, sản xuất sân bay, gương phản xạ vũ khí laser; trong y tế nó được dùng để làm mát thiết bị chụp X-quang, sấy khô giấy, vải và ủ thủy tinh.

Do tính ứng dụng khá rộng trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật nên dòng phun tia được rất được quan tâm nghiên cứu.

Đã có rất nhiều nghiên cứu về dòng phun tác động lên bề mặt được công bố. Nổi bật nhất là bài báo khảo sát của Zuckerman và Lior. Bài báo này cung cấp những thảo luận chung về tính chất của dòng phun tia, biểu đồ hệ số Nu về truyền nhiệt. Trong nghiên cứu này chúng tôi khảo sát hình ảnh nhiệt và số Nu của cấu hình dòng phun đơn theo phương đứng vuông góc lên bề mặt phẳng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

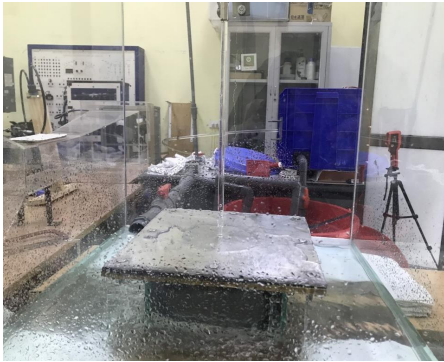


Hình 2. Thiết kế 3D của bể thí nghiệm

Phương pháp thực nghiệm được sử dụng trong nghiên cứu này. Một bể thí nghiệm bằng kính trong được thiết kế (hình 2). Bên trong bể lắp đặt một tấm kim loại nhôm 99,9% với kích thước $290 \times 290 \times 6$ mm. Độ dẫn nhiệt của nhôm $244 \text{ W/m} \cdot \text{K}$. Hai thanh gia nhiệt hình chữ L công suất 2kW đặt phía dưới tấm kim loại để làm nóng tấm lên nhiệt độ khoảng 80°C . Một hệ thống luân chuyển

dòng chất lỏng từ bể làm lạnh đến ống phun bằng nhựa trong acrylic có đường kính trong $D = 6\text{mm}$. Một biến tần điều chỉnh tốc độ vòng quay của bơm để điều khiển tốc độ phun của dòng chất lỏng. Để xác định vận tốc dòng trong đường ống phun, một cảm biến lưu lượng FD-5M (Keyence, Nhật Bản) được lắp trên hệ thống đường ống. Chất lỏng được sử dụng trong hệ thống này là nước sạch được duy trì ở nhiệt độ 20°C trong bể chứa có hệ thống kiểm soát nhiệt độ.

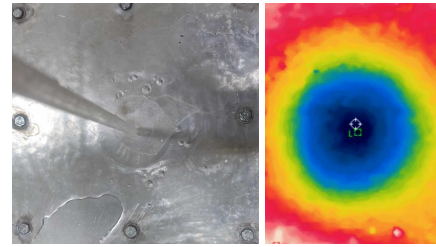
Khi cho bơm hoạt động, chất lỏng có nhiệt độ 20°C được phun lên bề mặt kim loại nung nóng với nhiệt độ khoảng 80°C . Một camera nhiệt hồng ngoại Uti172S, độ phân giải IR = 120×90 pixels được bố trí phía dưới đáy bể thí nghiệm để chụp ảnh phân bố nhiệt độ trên bề mặt tấm kim loại khi dòng chất lỏng được phun lên tấm theo phương thẳng đứng.



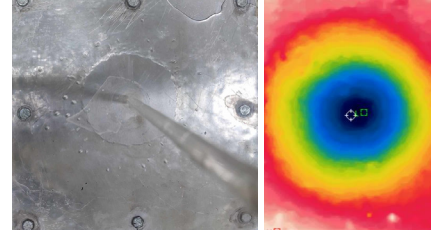
Hình 3. Thực hiện thí nghiệm thực tế

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

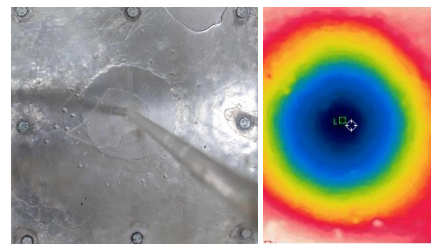
Khi chất lỏng được phun vào bề mặt kim loại theo phương thẳng đứng từ trên xuống trên bề mặt kim loại sẽ hình thành một lớp chất lỏng (lớp biên). Chiều dày lớp biên phụ thuộc vào đặc tính của chất lưu, tốc độ dòng, khoảng cách phun. Khả năng truyền nhiệt phụ thuộc vào chiều dày lớp biên này. Khi chất lỏng va đập vào bề mặt kim loại, chất lỏng chảy trên bề mặt kim loại lan ra bên ngoài theo hướng kính hình thành một vành chất lỏng (bước nhảy thủy lực) bán kính của vành chất lỏng này cũng phụ thuộc vào đặc tính của chất lỏng, vận tốc phun, khoảng cách phun.



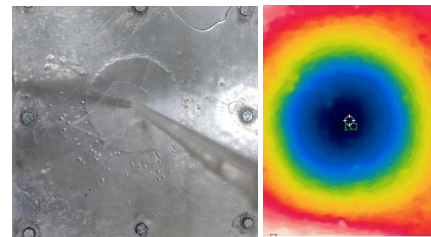
(a) $Re = 7000, H/D = 1$



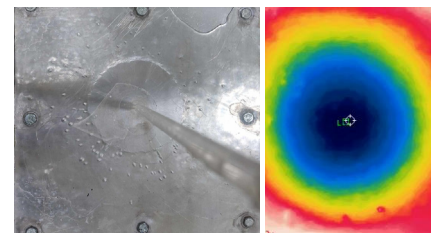
(b) $Re = 10000, H/D = 1$



(c) $Re = 12000, H/D = 1$



(d) $Re = 15000, H/D = 1$

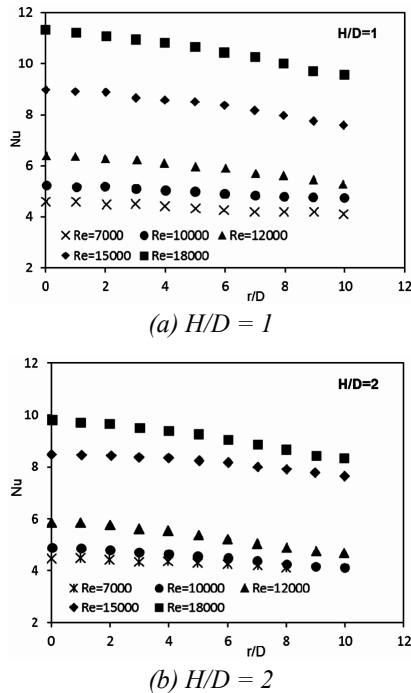


(e) $Re = 18000, H/D = 1$

Hình 4. Hình ảnh chụp dòng và trường phân bố nhiệt độ trên bề mặt kim loại

Hình ảnh chụp trường phân bố nhiệt độ và hình ảnh chụp vành chất lỏng (hình 4) trên bề mặt kim loại cho thấy khu vực dòng phun đập vào bề mặt kim loại bị giảm nhiệt độ mạnh nhất. Nhiệt độ bề mặt kim loại tại khu vực này gần bằng với nhiệt độ của dòng chất lỏng khi va đập lên bề mặt kim loại. Nhiệt độ bề mặt kim loại tăng dần khi dòng chất lỏng lan ra bên ngoài theo hướng kính tạo thành vành chất lỏng trên bề mặt (bước nhảy thủy lực). Nhiệt độ tấm kim loại ở phía trong vành chất lỏng thì giảm nhiều còn ở ngoài vành chất lỏng gần như không giảm. Khả năng truyền nhiệt sẽ giảm đáng kể tại khu vực của tấm kim loại ở phía ngoài bước nhảy thủy lực (vành chất lỏng).

Ở đây, số Reynolds ($Re = vD/\mu$) được xác định tại mép ra của đường ống phun với đường kính trong của ống là $D = 6\text{mm}$, v là vận tốc dòng chất lỏng tại mép ra của ống, μ là độ nhớt động học của chất lỏng ở nhiệt độ 20°C , H là khoảng cách từ mép ra của ống phun đến bề mặt tấm kim loại.



Hình 5. Sự thay đổi của số Nu trên bề mặt với các số Re và H/D khác nhau

Hệ số Nusselts là thông số quan trọng và được sử dụng rộng rãi trong truyền nhiệt như một giá trị không thứ nguyên của hệ số truyền nhiệt, và thông số này được dùng để đánh giá tốc độ và hiệu quả truyền nhiệt. Ở đây số Nusselt được định nghĩa ở dạng tổng quát: $Nu = hD/K$, với D là đường kính vòi phun, h là hệ số truyền nhiệt, và K là hệ số dẫn nhiệt.

Tuy nhiên đối với mỗi bài toán cụ thể thì hệ số Nusselt phụ thuộc vào hình dạng hình học, vận tốc dòng chảy, tính chất vật lý của chất lỏng. Từ đồ thị hình 5 cho thấy trị số Nu thay đổi trên bề mặt kim loại theo hướng dòng từ tâm phun ra bên ngoài theo hướng kính (r/D). Ở vị trí trung tâm vòi phun, khả năng truyền nhiệt là tốt nhất. Khả năng truyền nhiệt càng giảm ở vị trí xa vòi phun. Khi sử dụng các số Reynolds khác nhau, ta được các vận tốc đầu vào của dòng khác nhau, do vậy giá trị các số Nusselt cũng khác nhau.

4. KẾT LUẬN

Cấu hình dòng phun thẳng đứng vuông góc lên bề mặt kim loại nhôm đã được khảo sát thực nghiệm bằng việc chụp hình ảnh nhiệt. Khả năng truyền nhiệt phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ của chất lỏng phun, khoảng cách phun (H/D) và số Reynolds Re . Số Nu được sử dụng để đánh giá sự hiệu quả truyền nhiệt. Tại khu vực dòng phun tác động vào bề mặt kim loại, khả năng truyền nhiệt cao nhất. Ở tại khu vực này thì trị số Nu lớn nhất. Chất lỏng lấy lượng nhiệt khỏi bề mặt kim loại nhiều nhất tại khu vực này. Khi chất lỏng chảy trên bề mặt ra xa tâm phun theo hướng kính sự truyền nhiệt giảm xuống do đó trị số Nu cũng giảm xuống.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. Zuckerman, N. Lior (2006), Jet Impingement Heat Transfer: Physics, Correlations, and Numerical Modeling, Advances in Heat Transfer, Volume 39, 2006, Pages 565-631.