

ẢNH HƯỞNG CỦA GÓC DÂY GÂN TẮM TRAO ĐỔI NHIỆT TỚI HIỆU QUẢ LÀM VIỆC CỦA KẾT MÁT DẠNG TẮM

THE EFFECT OF HEAT EXCHANGER PLATE RIDGELINE ANGLE ON PLATE COOLER OPERATIONAL EFFICIENCY

Vũ Thanh Trường^{1,2,*},
Đào Trọng Thắng², Nguyễn Huy Trường¹

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2024.131>

TÓM TẮT

Hiệu quả làm việc của kết làm mát dạng tấm phụ thuộc rất lớn vào khả năng trao đổi nhiệt của tấm trao đổi nhiệt. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến khả năng trao đổi nhiệt của tấm trao đổi nhiệt như: vật liệu của tấm trao đổi nhiệt, yếu tố hình học của tấm trao đổi nhiệt (kích thước tấm và kết cấu của gân trên tấm), bố trí dòng chảy trong các lớp môi chất, động lực học dòng chảy trong các dây tấm và một số yếu tố kết cấu khác. Trong đó yếu tố hình học và động lực học dòng chảy có ảnh hưởng rất lớn đến khả năng trao đổi nhiệt của tấm. Yếu tố hình học có kích thước hình học và cấu tạo của dây gân trên tấm. Mỗi dây gân có hai thông số chính là góc dây gân θ và góc đỉnh gân γ . Bài báo khảo sát ảnh hưởng của góc đỉnh gân đến hệ số trao đổi nhiệt của kết mát bằng phương pháp mô phỏng sử dụng phần mềm Ansys Fluent.

Từ khóa: Trao đổi nhiệt, Navier-Stock, Becnuli, Euler, kết mát dạng tấm.

ABSTRACT

The efficacy of a plate cooler is substantially influenced by the heat exchange capacity of the heat exchanger plate. The heat exchange capability of heat exchanger plates is influenced by a variety of factors, including the material composition, geometric characteristics (including plate size and rib structure), flow configuration within the media layers, flow dynamics in plate arrays, and additional structural elements. Specifically, geometric characteristics and flow dynamics significantly impact the plate's heat exchange capability. The structure and geometric dimensions of the rib array on the plate are considered shape elements. The tendon row angle (θ) and the tendon apex angle (γ) are the two primary parameters that define each tendon row. The impact of the rib top angle on the heat exchange coefficient of a cooler is analyzed in this article through simulation using the Ansys Fluent software.

Keywords: Heat exchangers, Navier-Stock, Bernoulli, Euler, plate cooler.

¹Viện Kỹ thuật Cơ giới quân sự

²Học viện Kỹ thuật quân sự

*Email: truongvucg@gmail.com

Ngày nhận bài: 20/02/2024

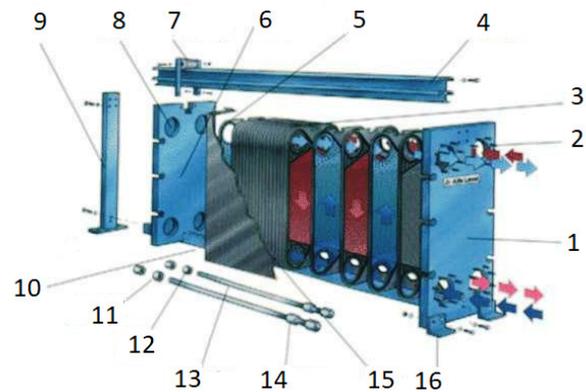
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/3/2024

Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024

1. GIỚI THIỆU

Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm (plate heat exchanger) hiện đang được ứng dụng trong rất nhiều ngành công

nh nghiệp như: nhiệt điện, hóa chất, thực phẩm, luyện kim, bia rượu, sản xuất sữa,... trên các tàu thủy thì thiết bị trao đổi nhiệt này được gọi bằng kết làm mát hoặc sinh hàn. Đặc biệt là trong thời gian gần đây thì kết làm mát dạng tấm đã được ứng dụng rất nhiều trên các động cơ tàu thủy vì những ưu điểm của nó [1]. Cấu tạo của thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm được thể hiện trên hình 1.



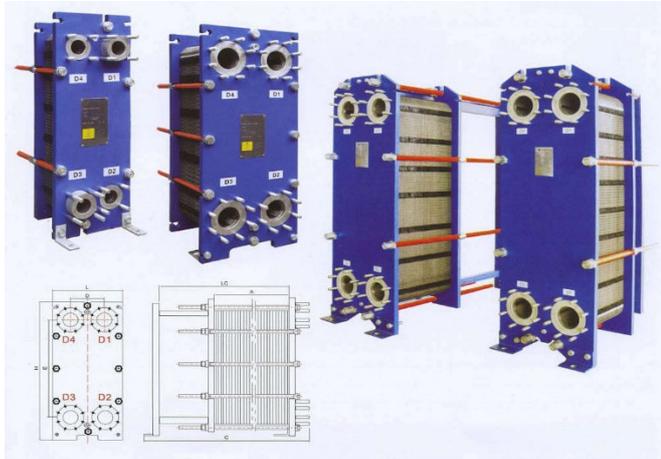
Hình 1. Cấu tạo chung của kết làm mát dạng tấm

1- Bích cố định; 2- Bu lông cấy; 3- Bộ tấm trao đổi nhiệt; 4- Thanh cố định trên; 5- Tấm trao đổi nhiệt đầu tiên; 6- Bích di động; 7- Con trượt; 8- Nắp kiểm tra; 9- Thanh đỡ; 10- Thanh cố định dưới; 11- Đai ốc; 12- Đệm khóa; 13- Bu lông kẹp; 14- Đệm dẫn hướng; 15- Vỏ che; 16- Chân giá

Kết làm mát dạng tấm làm việc dựa trên nguyên lý trao đổi nhiệt giữa các dòng chất lỏng qua các tấm kim loại [2]. Các lớp môi chất được ngăn cách với nhau bằng các tấm làm mát, là các thành vách mỏng có khả năng truyền nhiệt tốt. Dòng nhiệt từ lớp môi chất nóng sẽ được truyền qua thành vách để tới lớp môi chất lạnh, sau đó dòng chất lỏng lạnh sẽ thải ra ngoài môi trường. Do tận dụng được khả năng trao đổi nhiệt và diện tích bề mặt tiếp xúc của các lớp môi chất là lớn cho nên kết làm mát dạng tấm có hiệu quả trao đổi nhiệt cao, có kích thước nhỏ gọn hơn so với các kết làm mát dạng khác. Một số kết làm mát dạng tấm được thể hiện trên hình 2 và 3.

Kết được cấu tạo từ các thành phần chính: Tấm trao đổi nhiệt, bích ép, vỏ bao kín, bu lông, chân giá,... Ngoài ra, tùy vào kết cấu cụ thể của từng loại kết cụ thể mà cấu tạo của

mỗi loại kết làm mát dạng tấm sẽ có những chi tiết riêng. Trong kết làm mát dạng tấm thì tấm trao đổi nhiệt là chi tiết đóng vai trò rất quan trọng. Do vậy, nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng trao đổi nhiệt của tấm làm mát là nội dung được quan tâm nghiên cứu phát triển.



Hình 2. Kết làm mát dạng tấm S43-IS06 của hãng SONDEX



Hình 3. Kết làm mát dạng tấm FG10X20-120 của hãng GEA Heat Exchangers

2. MÔ HÌNH MÔ PHỎNG DÒNG MÔI CHẤT GIỮA HAI TẤM TRAO ĐỔI NHIỆT

Hiện nay, việc sử dụng mô phỏng toán học và tính toán, tối ưu hóa bằng máy tính là việc không thể thiếu trong quá trình nghiên cứu và chế tạo động cơ đốt trong và những cụm trang thiết bị liên quan tới động cơ. Việc ứng dụng máy tính để mô phỏng và tính toán tối ưu ngày càng được sử dụng nhiều do các phần mềm hiện nay có độ chính xác tương đối cao, có thể giúp rút ngắn được quá trình nghiên cứu cũng như giảm đáng kể số lượng các thực nghiệm tốn kém.

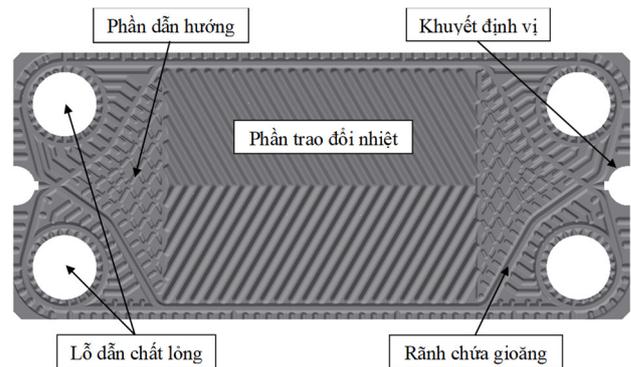
Các trung tâm nghiên cứu động cơ đốt trong lớn trên thế giới đã tập trung nghiên cứu phát triển các phần mềm cho phép giải quyết các bài toán hoàn thiện chu trình công tác của động cơ, các quá trình hóa, lý diễn ra ở các cụm chi tiết. Hiện nay có rất nhiều phần mềm đang được sử dụng và cho độ tin cậy cao như: Matlab, C, C++, phần mềm mô phỏng động cơ ESP (Engine Simulation Program); hoặc một số phần mềm khác như BOOST (AVL), WAVE (Ricardo), GT-Power, Ansys. Trong đó Ansys là một phần mềm được nhiều tổ chức nghiên cứu sử dụng để hỗ trợ cho các tính toán cơ học, giải các bài toán cơ học thủy khí, mô phỏng quá trình chuyển động của dòng khí, dòng chất lỏng phức tạp. Mô đun Ansys Fluent với khả năng mô hình hóa rộng rãi các đặc

tính vật lý của dòng chảy chất lưu được áp dụng trong nhiều ngành kỹ thuật, vì vậy các tác giả lựa chọn Ansys Fluent để nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố hình học tấm trao đổi nhiệt và áp suất dòng môi chất tới hiệu quả làm việc của kết làm mát dạng tấm.

2.1. Xây dựng mô hình mô phỏng dòng môi chất giữa hai tấm trao đổi nhiệt bằng phần mềm Ansys Fluent

2.1.1. Xây dựng mô hình mô phỏng

Tấm làm mát gồm các phần chính: Các lỗ dẫn chất lỏng vào và ra; phần dẫn hướng và phần trao đổi nhiệt. Mô hình và bố trí các phần chính trên tấm làm mát được trình bày trên hình 4.



Hình 4. Mô hình và bố trí các phần chính trên tấm làm mát

Khuyết định vị là các khuyết dạng bán nguyệt tại 2 đầu của tấm làm mát. Khuyết định vị có nhiệm vụ dẫn hướng cho các tấm làm mát trong quá trình tháo lắp và cố định vị trí của chúng.

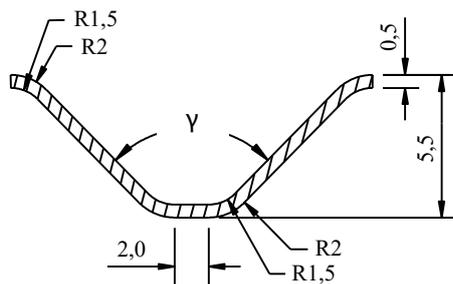
Rãnh chứa gioăng được bố trí xung quanh tấm làm mát và các lỗ dẫn chất lỏng nhằm chứa các gioăng bao kín cho lớp môi chất.

Phần dẫn hướng có kết cấu dạng các rãnh được dập về các phía ngược chiều nhau. Nhiệm vụ của phần dẫn hướng là để định hướng dòng chất lỏng chảy từ các lỗ dẫn chất lỏng đến phần trao đổi nhiệt. Trong quá trình làm việc, phần dẫn hướng cũng tham gia một phần vào quá trình trao đổi nhiệt giữa các dòng chất lỏng. Tuy nhiên, trong quá trình tính toán thường bỏ qua phần này.

Phần trao đổi nhiệt là khu vực chính thực hiện quá trình trao đổi nhiệt giữa các dòng chất lỏng. Phần trao đổi nhiệt có kết cấu các gân dạng chữ V dọc theo chiều dài tấm. Nội dung của bài báo tập trung mô phỏng, tính toán sự thay đổi của hệ số trao đổi nhiệt của tấm trao đổi nhiệt khi thay đổi các kích thước hình học của góc dây gân.

Dạng gân của phần trao đổi nhiệt rất đa dạng, trên tấm có thể bố trí 1 hoặc nhiều dây gân. Tuy nhiên, khi xét đến cả yếu tố công nghệ trong gia công các tấm trao đổi nhiệt thì các gân thường được chế tạo có dạng hình thang, được bố trí cách nhau 4 - 5mm [4, 5], hình dạng kích thước của dây gân được thể hiện như trên hình 5. Các thông số hình học chính của lớp môi chất được thể hiện như trong bảng 1, trong đó góc đỉnh gân γ được cố định, góc dây gân θ (khảo sát tấm có 1 dây gân) thay đổi để khảo sát sự ảnh hưởng các

thông số tới hiệu quả trao đổi nhiệt cũng như các đặc điểm nhiệt - thủy lực của dòng.



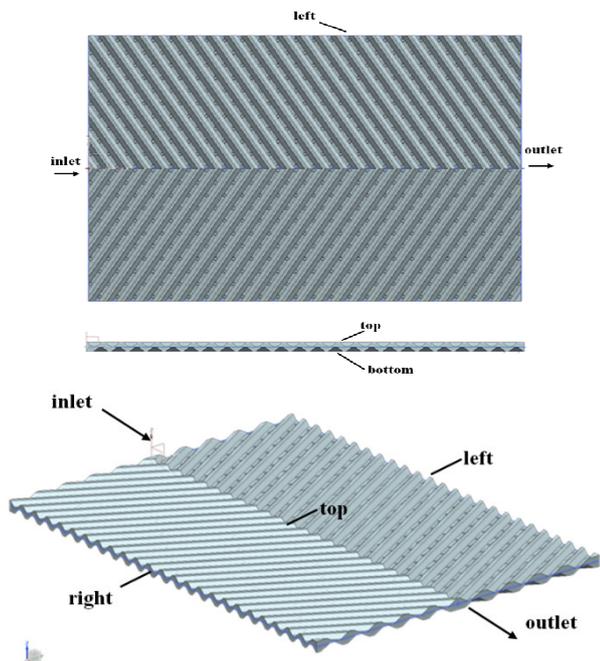
Hình 5. Kích thước gân hình thang của tấm làm mát

Bảng 1. Các thông số hình học chính của lớp môi chất

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Chiều rộng lớp môi chất	m	0,3
2	Chiều dài lớp môi chất	m	0,4
3	Chiều cao lớp môi chất	m	0,005
4	Dạng gân	-	Hình thang
5	Góc đỉnh gân, γ	độ	90
6	Số dây gân	-	1
7	Góc dây gân, θ	độ	90; 105; 120; 135

Các mô hình 3D dòng chất lỏng (nước ngọt) chảy trong kênh giữa 2 tấm của két mát được thiết kế bằng phần mềm NX, với các góc γ và θ thay đổi như trong bảng 1. Ví dụ trường hợp có góc đỉnh gân $\gamma = 90^\circ$; góc dây gân $\theta = 120^\circ$ được thể hiện trên hình 6.

Các bề mặt để thiết lập điều kiện biên được đặt tên inlet (đầu vào), outlet (đầu ra), top, bottom, right, left (các tường biên) bằng phần mềm ANSYS Design Modeler (hình 6).



Hình 6. Mô hình 3D của dòng môi chất giữa hai tấm trao đổi nhiệt có biên dạng gân hình thang, góc đỉnh gân $\gamma = 90^\circ$; góc dây gân $\theta = 120^\circ$; các bề mặt để thiết lập điều kiện biên: inlet, outlet, top, bottom, right, left

2.1.2. Mô hình lưới

Mô hình mô phỏng được chia lưới bằng mô đun T-grid (Fluent Meshing) trong gói phần mềm ANSYS 2020R1. Tất cả các mô hình lưới sử dụng công nghệ chia lưới Mosaic Meshing với các phần tử đa diện (polyhedra) được đánh giá là cho độ chính xác cao và ít tổn bộ nhớ hơn, giảm thiểu các phần tử bị lỗi nhất là đối với các mô hình phức tạp có các chi tiết rất nhỏ [9].

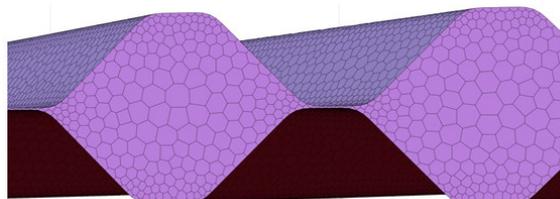
Do chế độ dòng chảy thực tế là dòng rối nên việc lựa chọn mô hình rối là rất quan trọng. Trong một số trường hợp các mô hình rối cho kết quả hoàn toàn khác biệt. Hiện nay, mô hình k- ω SST được sử dụng rộng rãi khi tối ưu hóa thiết kế thiết bị trao đổi nhiệt bằng phần mềm CFD cho kết quả tốt hơn so với mô hình k- ϵ [5]. Để sử dụng mô hình rối k- ω SST mô phỏng trường vận tốc sát các lớp biên (boundary layer), lưới được chia với hệ số phần tử đầu tiên ở biên $y+ < 5$, tốc độ tăng độ dày các phần tử ở lớp biên 1, 2.

Đánh giá chất lượng lưới dựa vào các tiêu chí Minimum Orthogonal Quality, Maximum Aspect Ratio, cho thấy các mô hình lưới phần tử đa diện đảm bảo chất lượng tốt hơn nhiều, trong khi số phần tử ít hơn khi sử dụng phần tử tứ diện (tetrahedra). Các mô phỏng cũng thử nghiệm với các số lượng phần tử khác nhau đảm bảo kết quả thu được không phụ thuộc vào mô hình lưới. Các trường hợp có khoảng 3 ÷ 4 triệu phần tử.

Các phần tử ở bề mặt biên và bên trong mô hình lưới được thể hiện một phần ở các hình 7.



a) Lưới ở mặt trên của mô hình mô phỏng



b) Lưới ở mặt bên của mô hình mô phỏng

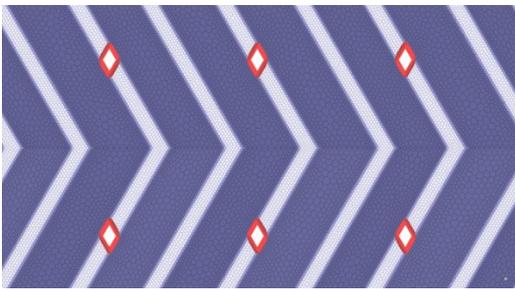


c) Các phần tử bên trong mô hình chia lưới

Hình 7. Các phần tử ở bề mặt biên và bên trong mô hình lưới

Để tránh gây lỗi lưới, các vị trí tiếp xúc giữa hai tấm không có dòng chảy qua (mô hình có các lỗ rất nhỏ) được “điền đầy” bằng cách tạo lớp môi chất công tác mỏng 0,1mm (tương đương kích thước 1 - 2 phần tử thể tích hữu hạn). Kích thước này nhỏ hơn nhiều so với dòng chính, giúp nâng chất lượng lưới mà không làm thay đổi kết quả tính toán. Ví dụ, đối với trường hợp góc $\gamma = 120^\circ$, $\theta = 120^\circ$, khi mô hình có các lỗ thì chỉ tiêu đánh giá chất lượng lưới Minimum Orthogonal Quality = 0,0053, Maximum Aspect Ratio = 164,23. Còn đối với mô hình lưới không có lỗ Minimum Orthogonal Quality = 0,21, Maximum Aspect Ratio = 19,22. Lưu ý rằng giá trị Orthogonal Quality chấp nhận được là 0,15 - 0,20, còn tốt là > 0,20. Còn giá trị Maximum Aspect Ratio thấp hơn 35:1 sẽ cho kết quả ổn định [8].

Mô hình lưới trong trường hợp có lỗ ở các vị trí tiếp xúc giữa các gân hai tấm làm mát được thể hiện như trên hình 8.



Hình 8. Các phần tử bên trong mô hình mô phỏng khi có lỗ tại các vị trí tiếp xúc của hai tấm

2.2. Thiết lập điều kiện biên cho mô phỏng CFD

Khi mô phỏng khả năng trao đổi nhiệt của lớp môi chất sử dụng các điều kiện quy ước như sau:

- 1) Môi chất công tác (nước) không nén được, là chất lỏng Newton, không có biến đổi pha;
- 2) Nhiệt độ phân tiếp xúc với các tấm thép không gỉ (inox) ở trên và ở dưới được tính trung bình bằng nhau trên toàn bộ bề mặt - chỉ xảy ra trao đổi nhiệt ở các bề mặt này;
- 3) Không có trao đổi nhiệt, ma sát và độ nhám ở các mặt bên (theo độ dày) của khối môi chất công tác;
- 4) Bỏ qua lực trọng trường; áp suất môi trường (operating pressure) bằng 101325 [Pa].

Do môi chất công tác là chất lỏng không nén được, không đẳng nhiệt nên điều kiện biên phù hợp là áp suất toàn phần và nhiệt độ ở đầu vào, lưu lượng ở đầu ra.

Bảng 2. Các điều kiện biên

Tên biên	Dạng biên	Điều kiện biên
inlet	Pressure inlet	Áp suất toàn phần $p_{in}^* = 215190$ [Pa]; nhiệt độ $T_{in} = 363$ [K]; cường độ rối 5%.
outlet	Mass flow outlet	Lưu lượng khối đầu ra $m_{out} = 0,888$ [kg/s]
top, bottom	Wall	Nhiệt độ $T_{wall} = 318$ [K]; độ dày tấm 0.0005 [m]; vật liệu tấm: stainless steel ($\rho = 8308$ [kg/m ³]; $C_p = 502,48$ [J/(kg.K)]; $k = 16,27$ [W/(m.K)]
left, right	Wall	Không trao đổi nhiệt (adiabatic wall)

Lựa chọn thuật toán giải kết hợp áp suất - vận tốc (pressure-velocity coupling) sẽ kết hợp các phương trình liên tục và động lượng để đưa ra phương trình áp suất (khi chọn pressure based coupled solver). Điều này phù hợp với dòng đơn pha, cho kết quả hội tụ tốt hơn thuật toán giải riêng rẽ (segregated solver). Sử dụng khởi tạo giải từ mặt biên inlet. Độ hội tụ xấp xỉ 10^{-3} đảm bảo độ chính xác của kết quả đồng thời giảm thiểu số lượng phần tử tính toán và bộ nhớ. Điều kiện biên được thiết lập như trong bảng 2.

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

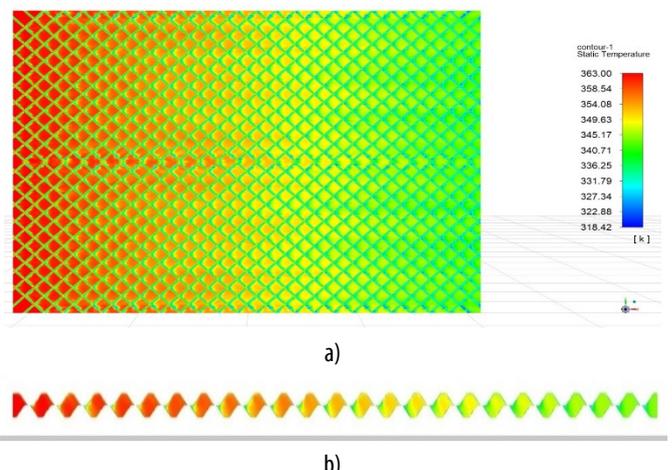
Trên cơ sở mô hình đã được thiết lập ở trên, phần này nghiên cứu ảnh hưởng của góc dây gân đến giá trị hệ số trao đổi nhiệt của tấm làm mát.

3.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của góc dây gân θ tới hiệu quả trao đổi nhiệt

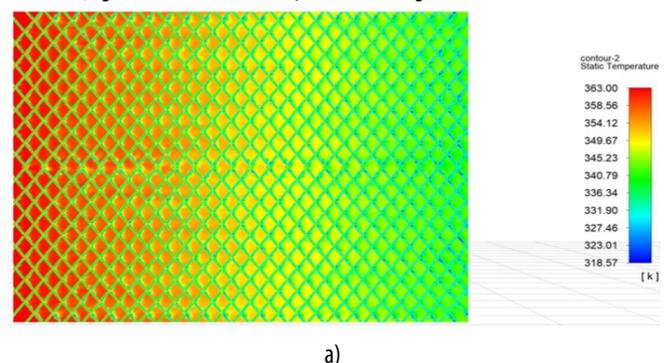
Trong trường hợp này, ta cố định góc đỉnh gân $\gamma = 90^\circ$ và thay đổi góc dây gân θ từ 90° tới 135° sau đó đánh giá tác động của việc thay đổi góc θ tới hệ số trao đổi nhiệt, độ chênh nhiệt độ và tổn hao áp suất, phân bố dòng ở của lớp môi chất nhằm so sánh hiệu quả trao đổi nhiệt của các tấm làm mát.

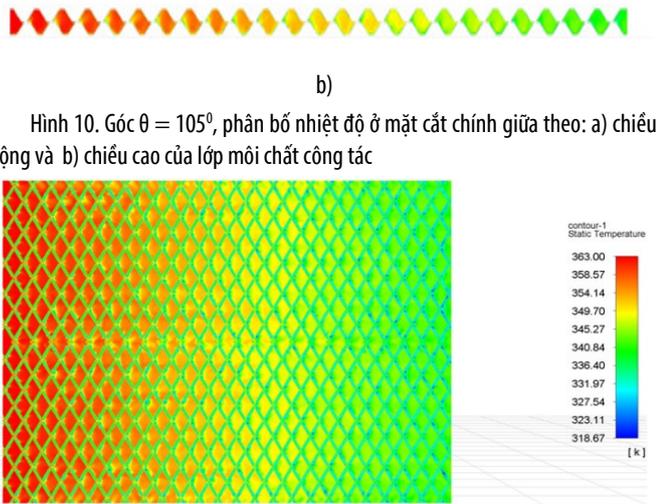
Khảo sát ảnh hưởng của góc dây gân θ tới hệ số trao đổi nhiệt h [K]

Phân bố nhiệt độ theo các mặt cắt chính giữa theo chiều rộng và chiều cao của lớp môi chất phụ thuộc vào góc θ được thể hiện trên các hình 9 - 12.

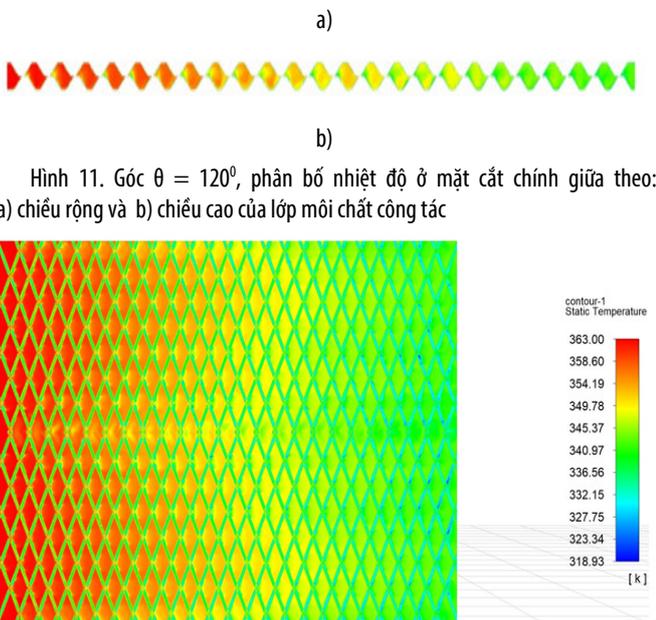


Hình 9. Góc $\theta = 90^\circ$, phân bố nhiệt độ ở mặt cắt chính giữa theo: a) chiều rộng và b) chiều cao của lớp môi chất công tác

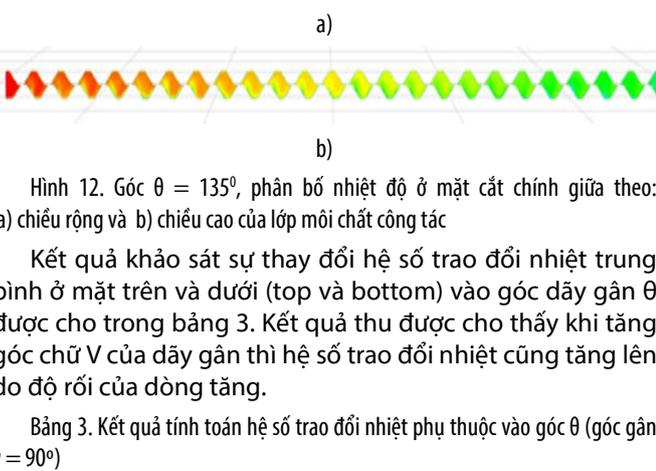




Hình 10. Góc $\theta = 105^\circ$, phân bố nhiệt độ ở mặt cắt chính giữa theo: a) chiều rộng và b) chiều cao của lớp môi chất công tác



Hình 11. Góc $\theta = 120^\circ$, phân bố nhiệt độ ở mặt cắt chính giữa theo: a) chiều rộng và b) chiều cao của lớp môi chất công tác



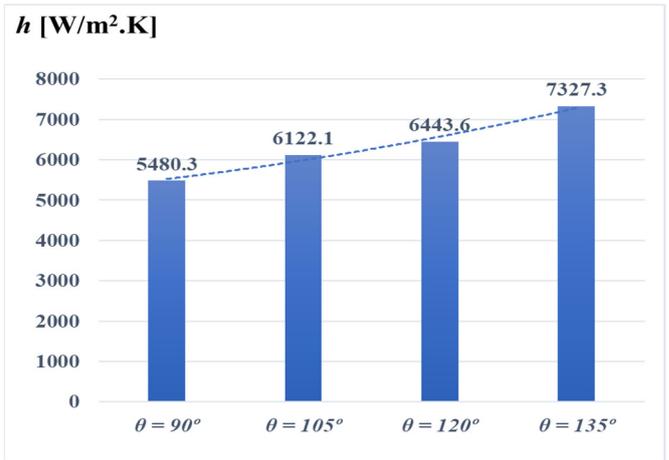
Hình 12. Góc $\theta = 135^\circ$, phân bố nhiệt độ ở mặt cắt chính giữa theo: a) chiều rộng và b) chiều cao của lớp môi chất công tác

Kết quả khảo sát sự thay đổi hệ số trao đổi nhiệt trung bình ở mặt trên và dưới (top và bottom) vào góc dây gân θ được cho trong bảng 3. Kết quả thu được cho thấy khi tăng góc chữ V của dây gân thì hệ số trao đổi nhiệt cũng tăng lên do độ rối của dòng tăng.

Bảng 3. Kết quả tính toán hệ số trao đổi nhiệt phụ thuộc vào góc θ (góc gân $\gamma = 90^\circ$)

	$\theta = 90^\circ$	$\theta = 105^\circ$	$\theta = 120^\circ$	$\theta = 135^\circ$
Hệ số trao đổi nhiệt h [K]	5480,3	6122,1	6443,6	7327,3

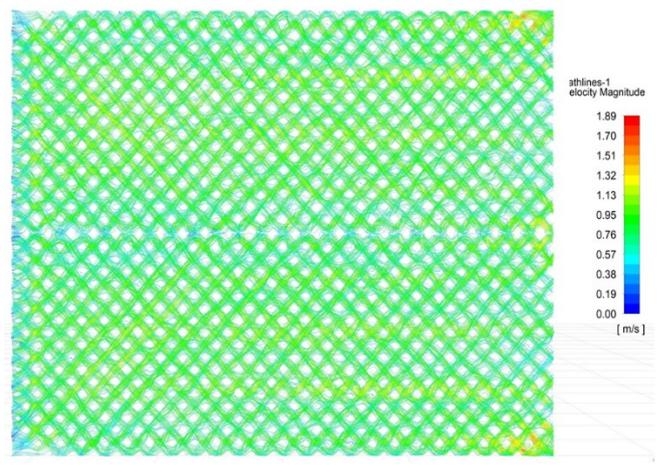
Đồ thị biểu diễn sự ảnh hưởng của góc dây gân θ tới hệ số trao đổi nhiệt được thể hiện trên hình 13.



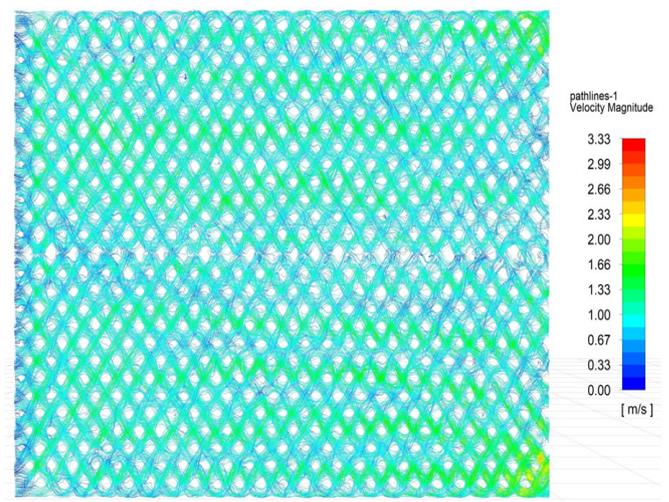
Hình 13. Hệ số trao đổi nhiệt phụ thuộc vào góc θ ($\gamma = 90^\circ$)

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của góc θ tới độ rối của dòng

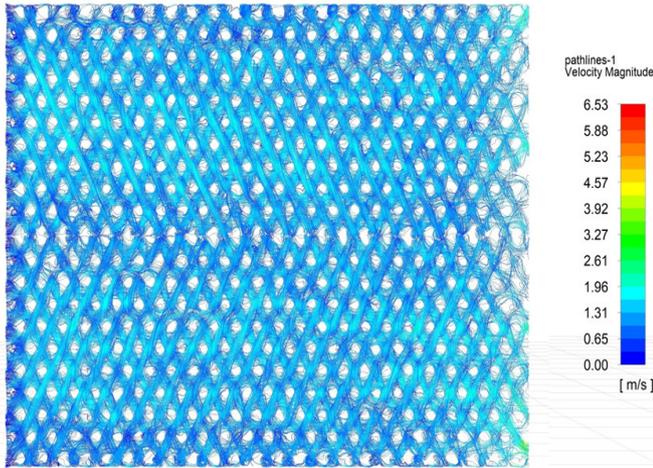
Tương tự như phần trên, góc γ có giá trị cố định bằng 90° , góc θ lần lượt nhận các giá trị bằng $90^\circ, 105^\circ, 120^\circ, 135^\circ$. Dòng rối với phân bố vận tốc dòng được thể hiện trên hình 14 - 17.



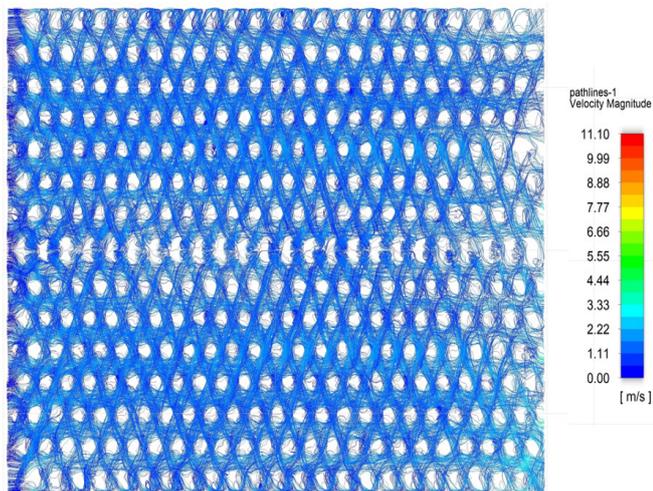
Hình 14. Dòng chảy rối với phân bố vận tốc trong kênh lưu thông giữa 2 tấm làm mát với $\theta = 90^\circ$



Hình 15. Dòng chảy rối với phân bố vận tốc trong kênh lưu thông giữa 2 tấm làm mát với $\theta = 105^\circ$



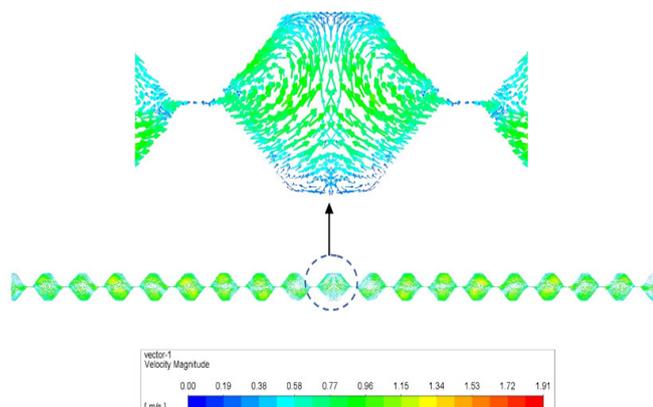
Hình 16. Dòng chảy rối với phân bố vận tốc trong kênh lưu thông giữa 2 tấm làm mát với $\theta = 120^\circ$



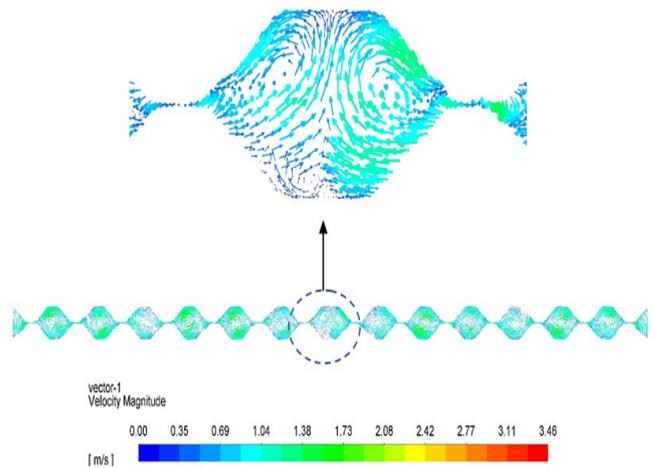
Hình 17. Dòng chảy rối với phân bố vận tốc trong kênh lưu thông giữa 2 tấm làm mát với $\theta = 135^\circ$

Phân bố dòng rối cho thấy khi tăng góc θ là thì cấu trúc dòng rối là như nhau nhưng tốc độ hay cường độ rối được tăng lên.

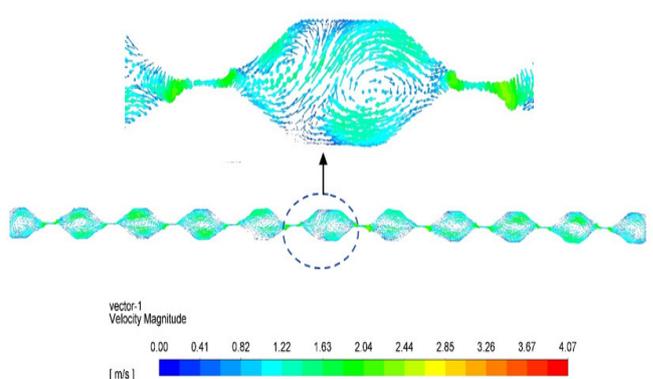
Vận tốc trung bình theo mặt cắt ngang lớp môi chất được thể hiện trên hình 18 - 21.



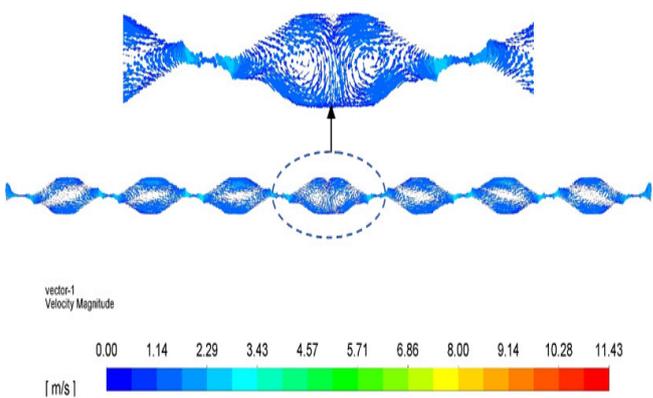
Hình 18. Góc $\gamma = 90^\circ; \theta = 90^\circ$; vận tốc trung bình theo mặt cắt ngang lớp môi chất



Hình 19. Góc $\gamma = 90^\circ; \theta = 105^\circ$; vận tốc trung bình theo mặt cắt ngang lớp môi chất



Hình 20. Góc $\gamma = 90^\circ; \theta = 120^\circ$; vận tốc trung bình theo mặt cắt ngang lớp môi chất

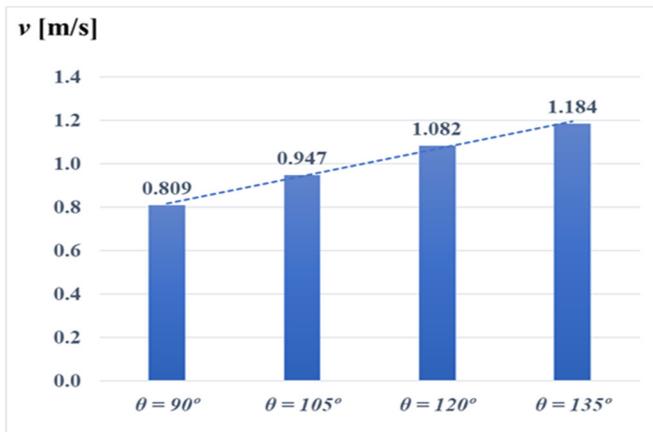


Hình 21. Góc $\gamma = 90^\circ; \theta = 135^\circ$; vận tốc trung bình theo mặt cắt ngang lớp môi chất

Giá trị vận tốc trung bình theo mặt cắt ngang lớp môi chất (mặt phẳng cắt chính giữa tâm) được thể hiện trong bảng 4. Đồ thị phụ thuộc vận tốc trung bình vào sự thay đổi góc θ (hình 22) cho thấy càng tăng góc dây gân θ thì vận tốc dòng tăng lên, tức mức độ rối của dòng càng tăng lên.

Bảng 4. Vận tốc trung bình theo mặt cắt ngang phụ thuộc vào góc θ

	$\theta = 90^\circ$	$\theta = 105^\circ$	$\theta = 120^\circ$	$\theta = 135^\circ$
Vận tốc trung bình, \bar{v} [m/s]	0,809	0,947	1,082	1,184



Hình 22. Vận tốc trung bình theo mặt cắt ngang phụ thuộc vào góc θ

Từ kết quả phân tích ảnh hưởng của góc dây gân θ tới hệ số trao đổi nhiệt và các đặc trưng nhiệt - thủy lực của dòng môi chất ta nhận thấy: Khi tăng góc dây gân θ thì tổn hao áp suất và hệ số trao đổi nhiệt đều tăng lên do độ rối của dòng tăng. Kết quả này phù hợp với các công trình đã công bố, khẳng định góc dây gân là một trong những thông số có ảnh hưởng lớn tới với hiệu quả làm việc của thiết bị làm mát dạng tấm.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này trình bày phương pháp thiết lập mô hình mô phỏng và tính toán xác định ảnh hưởng của góc dây gân θ tới hệ số trao đổi nhiệt của tấm và các đặc trưng nhiệt-thủy lực của dòng môi chất. Khi tăng góc dây gân θ (giữ nguyên góc gân $\gamma = 90^\circ$) thì hệ số trao đổi nhiệt tăng đáng kể, cấu trúc của dòng rối trong lớp môi chất như nhau nhưng cường độ rối tăng lên. Kết quả nghiên cứu là cơ sở cho việc tính toán, thiết kế tối ưu kết làm mát dạng tấm trong thực tế.

LỜI CẢM ƠN

Các tác giả cảm ơn các đồng nghiệp trong Viện Cơ khí động lực - Học viện Kỹ thuật Quân sự đã có những góp ý quý báu để nâng cao chất lượng của bản thảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ho Tan Chuan, Nguyen Duc Phu, Tran Van Te, Nguyen Tat Tien, *Ket cau va tinh toan dong co dot trong*, Tập 3. Vietnam Education Publishing House, Hanoi, 1966.

[2]. Nguyen Bon, Hoang Ngoc Dong, *Nhiet ky thuat*. Vietnam Education Publishing House, Hanoi, 1999.

[3]. Hoang Dinh Tin, *Co so truyen nhiet va thiet ke thiet bi trao doi nhiet*. Vietnam National University, Ho Chi Minh City Press, Ho Chi Minh City, 2013.

[4]. Aphur P. Fraas, M Necati Ozisik, *Heat Exchanger Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York - London - Sydney, 1971.

[5]. L. Wang, B. Sundén, R. M. Manglik, *Plate Heat Exchangers. Design, Applications, and Performance*. WIT Press. ISBN: 978-1-85312-737-3, 2007.

[6]. www.alfalaval.com/hvac. *Heating and cooling solutions from Alfa Laval*. Everything you need for your HVAC application, 2012-2013.

[7]. Tsvetkov F. F., Grigoriev B. A., *Heat and Mass Exchange*. MPEI Publishing: Moscow, Russia, 126-298, ISBN 978-5-383-00563-7, 2011. (In Russian).

[8]. Kutateladze S.S., *Heat and mass transfer and friction in a turbulent boundary layer*. Moc. Energoatomizdat, 1985. (In Russian).

[9]. G. N. Danilova, S. N. Bogdanov, O. P. Ivanov, *Heat exchangers of refrigeration units*. Ed. Mechanical engineering, 1973. (In Russian).

AUTHORS INFORMATION

Vu Thanh Truong^{1,2}, Dao Trong Thang², Nguyen Huy Truong¹

¹Military Institute of Mechanical Engineering, Vietnam

²Military Technical Academy, Vietnam