

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC

PHẠM THỊ HẢI

**TRAO ĐỔI NHIỆT TRONG MỘT SỐ
QUÁ TRÌNH LAN TRUYỀN CỦA SÓNG TRONG
MÔI TRƯỜNG HAI PHA**

LUẬN VĂN THẠC SĨ TOÁN HỌC

Thái Nguyên - 2014

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC

PHẠM THỊ HẢI

**TRAO ĐỔI NHIỆT TRONG MỘT SỐ
QUÁ TRÌNH LAN TRUYỀN CỦA SÓNG TRONG
MÔI TRƯỜNG HAI PHA**

Chuyên ngành: Toán ứng dụng

Mã số: 60 46 01 12

LUẬN VĂN THẠC SĨ TOÁN HỌC

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. Nguyễn Văn Tuấn

Thái Nguyên - 2014

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan những kết quả có được trong luận văn là do bản thân tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của thầy giáo PGS.TS Nguyễn Văn Tuấn. Ngoài tài liệu tham khảo đã được trích dẫn, các số liệu và các kết quả có được trong luận văn là trung thực và chưa có ai công bố trong bất cứ công trình nào khác.

Thái Nguyên, tháng 9 năm 2014

Người thực hiện

Phạm Thị Hải

MỤC LỤC

| | |
|--|---|
| Trang bìa phụ | |
| Lời cam đoan..... | i |
| Mục lục..... | ii |
| Danh mục các ký hiệu, các chữ viết tắt | iv |
| Danh mục các hình vẽ..... | v |
| MỞ ĐẦU | 1 |
| CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN | 4 |
| CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT | 10 |
| 2.1. Hệ phương trình thủy - Nhiệt động lực học cho môi trường hai pha lỏng hơi . | 10 |
| 2.1.1. Xây dựng mô hình..... | 10 |
| 2.1.2. Hệ phương trình cơ sở | 10 |
| 2.1.2.1. Hệ phương trình cơ học của hỗn hợp hai pha | 11 |
| 2.1.2.2. Điều kiện đầu và điều kiện biên..... | 19 |
| 2.2. Phương pháp giải số và chương trình tính toán | 20 |
| 2.2.1. Phương pháp giải số | 20 |
| 2.2.2. Chương trình tính toán | 22 |
| CHƯƠNG 3. MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA SÓNG LÊN QUÁ TRÌNH TRAO ĐỔI NHIỆT GIỮA CÁC PHA TRONG HỖN HỢP CHẤT LỎNG CHỨA BỌT HƠI | 23 |
| 3.1. Quá trình trao đổi nhiệt giữa các pha khi có sóng ngắn lan truyền trong hỗn hợp của nước và ni tơ lỏng..... | 23 |
| 3.1.1. Quá trình trao đổi nhiệt giữa các pha trong hỗn hợp của nước chứa bọt hơi. | 23 |
| 3.1.1.1. Sự phụ thuộc vào cường độ ban đầu của sóng xung kích..... | 24 |
| 3.1.1.2. Sự phụ thuộc vào bán kính bọt..... | 26 |
| 3.1.1.3. Sự phụ thuộc vào thể tích pha hơi..... | 28 |
| 3.1.2. Quá trình trao đổi nhiệt giữa các pha trong hỗn hợp của ni tơ lỏng chứa bọt hơi..... | 30 |
| 3.1.2.1. Sự phụ thuộc vào cường độ ban đầu của sóng xung kích..... | 31 |
| Số hóa bởi Trung tâm Học liệu – Đại học Thái Nguyên | http://www.lrc-tnu.edu.vn/ |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.2.2. Sự phụ thuộc vào bán kính bọt..... | 33 |
| 3.1.2.3. Sự phụ thuộc vào thể tích pha hơi..... | 34 |
| 3.1.3. Nhận xét | 38 |
| 3.2.1. Quá trình trao đổi nhiệt giữa các pha trong hỗn hợp của nước chứa bọt hơi. | 38 |
| 3.2.1.1. Sự phụ thuộc vào cường độ ban đầu của sóng xung kích..... | 39 |
| 3.2.1.2. Sự phụ thuộc vào bán kính bọt..... | 41 |
| 3.2.1.3. Sự phụ thuộc vào thể tích pha hơi..... | 43 |
| 3.2.2. Quá trình trao đổi nhiệt giữa các pha trong hỗn hợp của ni tơ chứa bọt hơi | 45 |
| 3.2.2.1. Sự phụ thuộc vào cường độ ban đầu của sóng xung kích..... | 45 |
| 3.2.2.2. Sự phụ thuộc vào bán kính bọt..... | 47 |
| 3.2.2.3. Sự phụ thuộc vào thể tích pha hơi..... | 49 |
| KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN | 52 |
| Kết luận | 52 |
| Kiến nghị những nghiên cứu tiếp theo | 52 |
| TÀI LIỆU THAM KHẢO | 54 |

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU SỬ DỤNG

- Chỉ số trên - Trạng thái cân bằng sau sóng tới và sau sóng phản xạ của hỗn hợp. ($i= 1, 2$)
- Chỉ số dưới - Trạng thái ban đầu của hỗn hợp, chỉ pha lỏng, pha khí, khí hoà tan và không tan. ($i = 0,1,2,v,g$)
- B - Hằng số khí.
- c, c_{p2}, c_{v2} - Nhiệt dung riêng, nhiệt dung riêng khi áp suất và vận tốc không đổi
- $D^{(l)}$ - Vận tốc của sóng
- j - Cường độ chuyển pha
- l - Nhiệt độ hoá hơi của nước
- n - Số lượng bọt
- p - áp suất của hỗn hợp
- p_e - Cường độ của sóng xung kích ban đầu
- q - Dòng nhiệt
- R - Bán kính bọt
- T - Nhiệt độ của hỗn hợp
- t - Thời gian
- $v, v^{(i)}$ - Vận tốc của hỗn hợp
- w_l - Vận tốc hướng kính của chất lỏng chuyển động xung quanh bọt
- $w_{l\sigma}$ - Vận tốc màng bọt
- X_i - Phần khối lượng của pha i
- α - Phần thể tích của pha trong hỗn hợp
- σ - Hệ số sức căng bề mặt
- ξ - Toạ độ Lagrange
- φ_1, φ_2 - Hệ số điều chỉnh của hỗn hợp
- ν_l - Hệ số nhớt động lực của chất lỏng

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

| | Trang |
|--|-------|
| Hình 3.1: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi áp suất lan truyền trong hỗn hợp khí $\Delta P_{\max} = 1.5$. | 24 |
| Hình 3.2: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi áp suất lan truyền trong hỗn hợp khí $\Delta P_{\max} = 2$. | 24 |
| Hình 3.3: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi áp suất lan truyền trong hỗn hợp khí $\Delta P_{\max} = 2.5$. | 25 |
| Hình 3.4: Sự giảm nhiệt độ dọc theo ống xung kích khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp của nước. | 25 |
| Hình 3.5: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp khí $R_0 = 0.001m$. | 26 |
| Hình 3.6: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp khí $R_0 = 0.0012m$. | 27 |
| Hình 3.7: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp khí $R_0 = 0.0015m$. | 27 |
| Hình 3.8: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp khí $\alpha_{20} = 2\%$. | 28 |
| Hình 3.9: quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp khí $\alpha_{20} = 4\%$. | 29 |
| Hình 3.10: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp khí $\alpha_{20} = 6\%$. | 29 |
| Hình 3.11: Sự giảm nhiệt độ dọc theo chiều dài của ống xung kích. | 30 |
| Hình 3.12: Quá trình truyền nhiệt từ pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp khí $\Delta P_{\max} = 1.5$. | 31 |
| Hình 3.13: Quá trình truyền nhiệt từ pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp khí $\Delta P_{\max} = 2$. | 31 |
| Hình 3.14: Quá trình truyền nhiệt từ pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp khí $\Delta P_{\max} = 2.5$. | 32 |
| Hình 3.15: Sự giảm nhiệt độ dọc theo ống xung kích khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp của nước. | 33 |

| | |
|--|----|
| Hình 3.16: Quá trình truyền nhiệt từ pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp của ni tơ khi $R_0 = 0.001m$ | 33 |
| Hình 3.17: Quá trình truyền nhiệt từ pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp của ni tơ khi $R_0 = 0.0012m$ | 34 |
| Hình 3.18: Quá trình truyền nhiệt từ pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp của ni tơ khi $R_0 = 0.0015m$ | 34 |
| Hình 3.19: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp khi $\alpha_{20} = 2\%$ | 35 |
| Hình 3.20: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp khi $\alpha_{20} = 4\%$ | 35 |
| Hình 3.21: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp khi $\alpha_{20} = 6\%$ | 36 |
| Hình 3.22: Sự giảm nhiệt độ dọc theo ống xung kích khi xung áp suất lan truyền trong các hỗn hợp của nước và ni tơ. | 37 |
| Hình 3.23: Sự giảm nhiệt độ xung quanh bọt khi xung áp suất lan truyền trong các hỗn hợp của nước và ni tơ, tương ứng với các đường cong (1), (2) | 37 |
| Hình 3.24: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi cường độ sóng dài $\Delta P_{\max} = 1.4$ | 39 |
| Hình 3.25: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi cường độ sóng dài $\Delta P_{\max} = 1.5$ | 40 |
| Hình 3.26: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi cường độ sóng dài $\Delta P_{\max} = 1.6$ | 40 |
| Hình 3.27: Sự giảm nhiệt độ dọc theo ống xung kích trong hỗn hợp của nước..... | 41 |
| Hình 3.28: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi bán kính bọt $R_0 = 0.001m$ | 42 |
| Hình 3.29: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi bán kính bọt $R_0 = 0.0012m$ | 42 |
| Hình 3.30: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi bán kính bọt $R_0 = 0.0015m$ | 42 |
| Hình 3.31: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi thể tích pha hơi $\alpha_{20} = 2\%$ | 43 |

| | |
|--|----|
| Hình 3.32: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi thể tích pha hơi $\alpha_{20} = 4\%$ | 44 |
| Hình 3.33: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi thể tích pha hơi $\alpha_{20} = 5\%$ | 44 |
| Hình 3.34: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi cường độ sóng dài $\Delta P_{\max} = 1.4$ | 45 |
| Hình 3.35: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi cường độ sóng dài $\Delta P_{\max} = 1.5$ | 46 |
| Hình 3.36: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi cường độ sóng dài $\Delta P_{\max} = 1.6$ | 46 |
| Hình 3.37: Sự giảm nhiệt độ dọc theo ống xung kích trong hỗn hợp của ni tơ. | 47 |
| Hình 3.38: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi bán kính bọt $R_0 = 0.001m$ | 47 |
| Hình 3.39: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi bán kính bọt $R_0 = 0.0012m$ | 48 |
| Hình 3.40: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi bán kính bọt $R_0 = 0.0015m$ | 48 |
| Hình 3.41: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi thể tích pha hơi $\alpha_{20} = 2\%$ | 49 |
| Hình 3.42: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi thể tích pha hơi $\alpha_{20} = 4\%$ | 50 |
| Hình 3.43: Quá trình truyền nhiệt xung quanh bọt từ pha hơi sang pha lỏng khi thể tích pha hơi $\alpha_{20} = 5\%$ | 50 |
| Hình 3.44: Sự giảm nhiệt độ dọc theo ống xung kích khi xung áp suất lan truyền trong hỗn hợp của nước và ni tơ..... | 51 |

MỞ ĐẦU

Hỗn hợp chất lỏng chứa bọt - hơi là một môi trường hai pha rất phức tạp. Môi trường này thường gặp nhiều trong các quá trình tự nhiên, trong công nghệ hóa học, vật lý... và cũng được ứng dụng rất nhiều trong các ngành công nghiệp năng lượng như: khai thác, vận chuyển và chế biến dầu khí... Tuy nhiên, chỉ từ năm 1950 trở lại đây, việc nghiên cứu về dòng hai pha lỏng - khí mới được tiến hành một cách có hệ thống cả về lý thuyết và thực nghiệm. Trong các hỗn hợp dạng này thì quá trình trao đổi nhiệt - khối lượng là một trong những hiện tượng quan trọng không thể tách rời nhất là trong trường hợp tồn tại sóng xung kích lan truyền trong hỗn hợp và xảy ra hiện tượng tương tác pha trong hỗn hợp.

Môi trường hỗn hợp hai pha có tính chất đặc biệt ở chỗ trong hỗn hợp do có sự kết hợp các tính chất phi tuyến vật lý mạnh, sự tán sắc và hao tán năng lượng nên biểu đồ mô tả các sóng có nhiều dạng. Chính vì vậy, khi thay đổi các điều kiện thủy động lực sẽ dẫn đến sự thay đổi cấu trúc về sóng, các tính chất vật lý nhiệt, và các quá trình tương tác giữa các pha. Tính chất đặc trưng của hỗn hợp chất lỏng chứa bọt khí trong các quá trình động lực học là sự xuất hiện biến dạng cục bộ của hỗn hợp khi thay đổi thể tích môi trường do sự thay đổi thể tích của bọt. Khả năng mức độ co nén của bọt phụ thuộc mạnh vào sự trao đổi nhiệt và khối lượng giữa pha lỏng và pha khí. Sự xuất hiện đồng thời những năng lượng do biến dạng này sẽ dẫn tới sóng có cấu trúc khác nhau. Ngoài ra sự truyền sóng áp suất trong những môi trường như vậy cũng dẫn đến khả năng hóa hơi và ngưng tụ của pha khí, từ đó dẫn đến sự thay đổi chủ yếu cấu trúc của môi trường.

Do hỗn hợp chất lỏng chứa bọt khí có tính chất đặc biệt như trên hơn nữa đây là hỗn hợp xuất hiện rất nhiều trong các lĩnh vực công nghiệp năng lượng, công nghệ hóa học và các quá trình tự nhiên... cho nên, sự hiểu biết về các hiện tượng có thể xuất hiện khi sóng áp suất lan truyền qua chất lỏng chứa bọt và nhất là khi xảy ra quá trình tương tác giữa các sóng là rất cần thiết.