

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG LỎNG NITƠ CHO DAO MỎ LẠNH Ở VIỆT NAM

A RESEARCH ON USING NITROGEN LIQUID FOR CRYOPROBE IN VIETNAM

Hoàng Ngọc Đồng¹, Nguyễn Thành Văn¹, Lê Minh Trí²

¹Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; hndong@dut.udn.vn

²Trường Cao đẳng Công nghiệp Huế, lmtri@hueic.edu.vn.

Tóm tắt: Một trong những cách để tiêu diệt tế bào ung thư là làm lạnh nó ở nhiệt độ rất thấp. Để thực hiện việc này, người ta sử dụng loại dao mổ được làm lạnh đầu mũi đến nhiệt độ rất thấp (gọi là dao mổ lạnh) đưa đến tế bào ung thư. Khi được làm lạnh nhanh, tế bào ung thư sẽ chết hoặc rất yếu và bị sức đề kháng của cơ thể tiêu diệt. Khối tế bào này sẽ được cơ thể đào thải hoặc lấy ra ngoài bằng phẫu thuật. Để làm lạnh đầu dao mổ, người ta sử dụng khí hóa lỏng có nhiệt độ thấp. Như vậy phần quan trọng trong vận hành dao mổ lạnh là cách bố trí và sử dụng khí hóa lỏng để thu nhiệt từ tế bào ung thư.

Bài báo này phân tích và đề xuất sử dụng lỏng Nitơ làm lạnh đầu dao mổ ở điều kiện Việt Nam.

Từ khóa: dao mổ lạnh; lỏng Nitơ; truyền nhiệt; ung thư; thiết bị lạnh cryo

Abstract: One of the methods of destroying the cancer cells is freezing these cells by cryo technique at a very low temperature. Firstly, a cryoprobe whose top is frozen is put into the cancer cells. When refrigerated rapidly, they will be dead or very weak and destroyed by the body's resistance. After that, they will be eliminated by the body or removed by surgery. To freeze cryoprobe's top, people use LPG (Liquefied Petroleum Gas) in low temperatures. So the important part of operating cryoprobe is how to arrange and use LPG for endothermic process from cancer cells.

This article analyzes and proposes using nitrogen liquid to freeze cryoprobe's top in Vietnam.

Key words: cryoprobe; liquid nitrogen; heat transfer; cancer; cryogenic equipment.

1. Đặt vấn đề

Trên thế giới, dao mổ lạnh đã được đưa vào sử dụng để chữa trị các bệnh về ung thư, một số bệnh nhân đã đạt được kết quả khá tốt [1]. Ở Việt Nam, Khoa Ngoại tổng hợp Bệnh viện T.Ư Quân đội 108 cũng đã triển khai áp dụng dao mổ lạnh vào điều trị [2]. Đến nay các dao mổ lạnh loại này đều phải nhập khẩu rất đắt tiền nhất là phần làm lạnh. Ngoài ra, tất cả các tài liệu về dao mổ lạnh: catalogue, cấu tạo, nguyên lý v.v. đều ở dạng bảo mật của các công ty sản xuất.

Việc nghiên cứu hệ thống dao mổ lạnh phù hợp với điều kiện Việt Nam để phục vụ cho việc chữa trị bệnh ung thư là một nhiệm vụ cấp bách, thiết thực.

Ở trong nước, hiện nay vẫn chưa có một báo cáo, tài liệu nào nghiên cứu về dao mổ lạnh được công bố.

2. Phạm vi nghiên cứu

Trong phần thực nghiệm do điều kiện trang thiết bị hạn chế, tác giả tự chế tạo một thiết bị dao mổ lạnh bằng đồng với bình chứa Nitơ lỏng để thực nghiệm khả năng sử dụng lỏng Nitơ làm lạnh đầu dao mổ.

Nếu có điều kiện, tác giả đề xuất nên sử dụng inox làm dao mổ lạnh do: bảo đảm vệ sinh, có độ cứng nên dễ dàng thủ thuật và có độ dẫn nhiệt kém hơn đồng.

3. Kết quả nghiên cứu và khảo sát:

3.1. Lựa chọn khí hóa lỏng

Trên thế giới hiện sử dụng lỏng He để làm lạnh dao mổ. Do lỏng He có nhiệt độ sôi rất thấp ($-272,20^{\circ}\text{C}$) [3] nên thiết bị nhỏ gọn, tốc độ hạ nhiệt nhanh. Tuy nhiên khi áp dụng trong điều kiện Việt Nam có hạn chế sau: lỏng He chưa có trên thị trường Việt Nam, việc nhập khẩu chất lỏng có nhiệt độ thấp khá khó khăn, phức tạp.

Để thay thế lỏng He, về nguyên tắc tất cả các loại khí hóa lỏng có nhiệt độ thấp đều có thể sử dụng để thu nhiệt làm lạnh đầu dao mổ, tuy nhiên lựa chọn tốt nhất dành

cho các loại khí đã được thương mại hóa và an toàn trong sử dụng:

- Sử dụng khí CO_2 : Do khí CO_2 dễ bị hóa rắn ở nhiệt độ thấp, dễ gây ngạt thở cho người sử dụng hơn nữa còn tác dụng xấu đến khí quyển nên không sử dụng.

- Khí O_2 : Nhiệt độ sôi $-182,9^{\circ}\text{C}$, O_2 dễ gây cháy nổ, mất an toàn. Nên không sử dụng.

- Khí Ar: Nhiệt độ sôi $-185,9^{\circ}\text{C}$, Ar là một khí trơ nên có thể sử dụng. Tuy nhiên lỏng Ar khá đắt tiền và khó mua trên thị trường.

- Khí N_2 : Nhiệt độ sôi -196°C , N_2 khá an toàn cho người và thiết bị, thân thiện với môi trường. Lỏng N_2 tương đối rẻ (25.000 đồng/lít) [6] và phổ biến, trong điều kiện bình thường N_2 không tác dụng với vật liệu chế tạo. Hơn nữa lỏng N_2 có nhiệt độ sôi thấp nên làm nguồn thu nhiệt thuận tiện.

Kết luận dùng khí N_2 là nguồn thu nhiệt trong thiết bị.

3.2. Lựa chọn phương thức trao đổi nhiệt, truyền nhiệt

Dao mổ lạnh có thể được kết cấu theo các nguyên tắc truyền nhiệt sau:

a. - Truyền nhiệt qua một thanh kim loại đặc dẫn nhiệt tốt: Phương pháp này đơn giản, dễ chế tạo thiết bị, nhưng do tiết diện dao mổ lạnh rất nhỏ nên lượng nhiệt truyền qua thanh cũng nhỏ, không đảm bảo cấp nhiệt khối u theo kỹ thuật cryo.

b. - Truyền nhiệt qua một ống nhiệt: Khả năng dẫn nhiệt của ống nhiệt là rất tốt, tuy nhiên do nhiệt độ của đầu dao mổ không ổn định, nó sẽ hạ thấp dần theo nhiệt độ khối u từ nhiệt độ cơ thể đến nhiệt độ cần làm lạnh, do đó ống nhiệt không hoạt động được

- Truyền nhiệt bằng truyền chất trực tiếp theo nguyên tắc bình thông nhau để cấp lỏng Nitơ vào dao mổ lạnh: Phương pháp này phù hợp, lỏng Nitơ luôn cấp đầy đủ vào đầu dao mổ lạnh không phụ thuộc chiều dài dây dẫn.

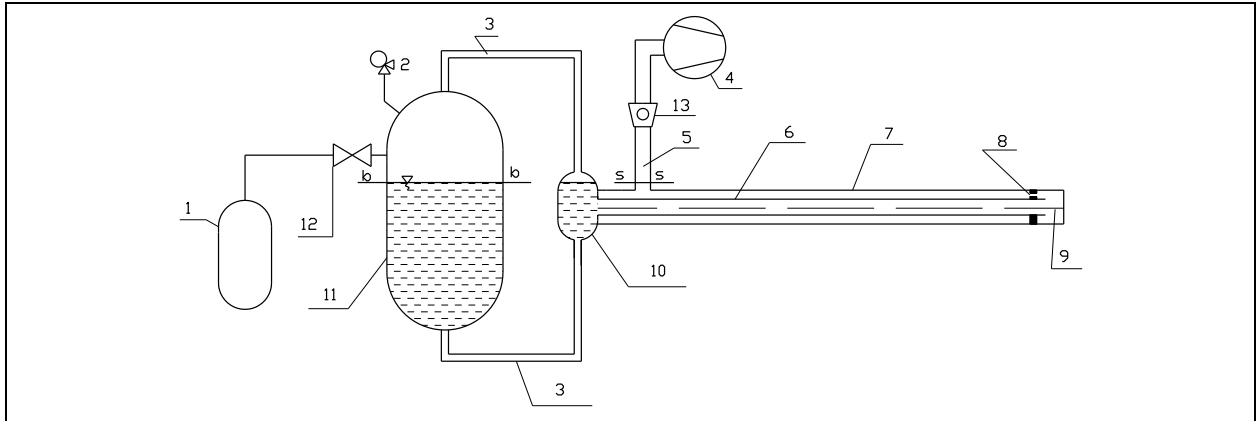
Kết luận: Chọn phương pháp truyền nhiệt bằng truyền chất trực tiếp theo nguyên tắc bình thông nhau.

3.3. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của thiết bị thử nghiệm

Bình tạo áp suất 1 tạo áp suất trong bình chứa Ni tơ lỏng 11. Áp suất này có thể theo dõi qua áp kế 2 và điều chỉnh bằng van điều chỉnh áp suất 12. Thông qua ống cân bằng hơi và lỏng 3, mức lỏng Ni tơ trong bình thông nhau 10 sẽ được duy trì và cấp lỏng vào dao mổ lạnh theo ống trong 6 vào làm lạnh đầu dao mổ 9. Lỏng Ni tơ sẽ thu

nhật làm lạnh khối u, bay hơi qua khe hở 8 vào ống 7. Sau đó được máy hút 4 hút ra ngoài qua đầu 5.

Để hạn chế ảnh hưởng của vỏ ống 7 đến các tế bào xung quanh, tác giả bố trí máy hút 4 tạo áp suất thấp trong ống 7, đồng thời điều chỉnh áp suất trong bình 11 sao cho lỏng Ni tơ chỉ vừa đủ làm lạnh đầu dao mổ. Khi Ni tơ đi qua khe hở 8 nó đã biến thành hơi hoàn toàn. Do khả năng trao đổi nhiệt của hơi thấp hơn của lỏng nên lượng nhiệt trao đổi trong ống 7 sẽ giảm xuống.



Hình 1. Nguyên lý làm việc của dao mổ lạnh

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 1. Bình tạo áp suất; | 7. Ống dẫn lỏng ra; |
| 2. Áp kế; | 8. Khe hở cho hơi Ni tơ ra; |
| 3. Đường cân bằng hơi và lỏng; | 9. Đầu dao mổ lạnh; |
| 4. Máy hút; | 10. Bình thông nhau; |
| 5. Đầu hơi Ni tơ ra; | 11. Bình chứa Ni tơ lỏng; |
| 6. Ống dẫn lỏng Ni tơ vào; | 12. Van điều chỉnh áp suất. |
| | 13. Lưu lượng kế |

3.3.1. Tính kích thước thiết bị

Giả sử có một khối u hình cầu có độ ẩm ϕ , nhiệt độ ban đầu $t_1 = 37^\circ\text{C}$. Để hạ nhiệt độ bề mặt khối u xuống nhiệt độ đóng băng $t_0 = 0^\circ\text{C}$, người ta sử dụng một đầu dao mổ lạnh có bán kính r_6 để làm lạnh khối u. Tại thời điểm ($\tau_0 = 0$) bề mặt dao mổ được làm lạnh xuống nhiệt độ $t_f = -196^\circ\text{C}$. Khối cầu thịt có các thông số vật lý:

Khi thịt chưa đóng băng có: khối lượng riêng ρ_1 , hệ số dẫn nhiệt λ_1 , nhiệt dung riêng c_1 , nhiệt ẩn đóng băng l .

Khi thịt đóng băng có: khối lượng riêng ρ_f , hệ số dẫn nhiệt λ_f , nhiệt dung riêng c_f . Hãy xác định thời gian làm lạnh và kích thước đầu dao mổ r_6 .

Khác với quá trình lạnh đông thông thường do độ chênh lệch giữa t_1 và t_f rất lớn. Quá trình hạ nhiệt độ từ t_1 xuống t_0 và quá trình chuyển pha hóa rắn trong vật ẩm xảy ra rất nhanh.

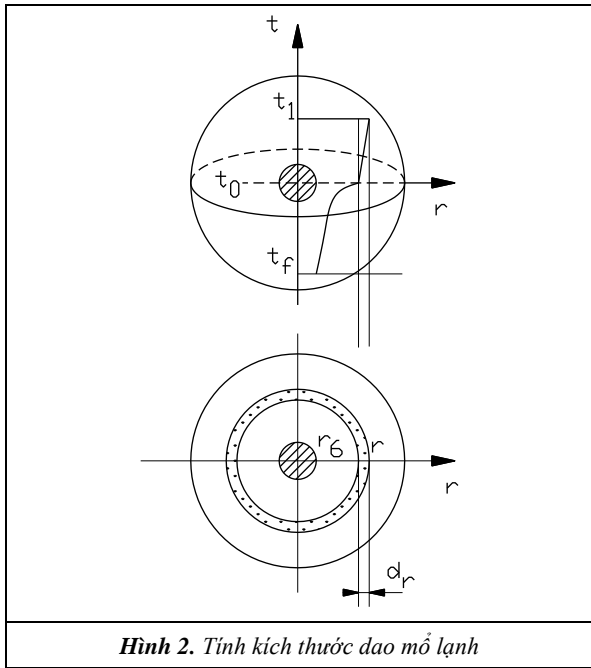
Gọi r là bán kính cầu lớp băng đã tạo ra lúc τ

Gọi dr là bán kính hình cầu lớp băng mới tạo ra sau thời gian $d\tau$

Theo định luật nhiệt động 1 ta có thể phát biểu: “nhiệt lượng truyền qua khối hình cầu đang xét trong thời gian $d\tau$ ” = “nhiệt lượng làm thay đổi nội năng khối hình cầu có thể tích dV này”. Trong đó dV có thể tính $dV = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot dr$.

Ta có phương trình:

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda_f \cdot (t_0 - t_f)}{\frac{1}{2 \cdot r_6} - \frac{1}{2 \cdot r}} \cdot d\tau = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot dr \cdot \rho_1 \cdot [c_1 \cdot (t_1 - t_0) + \phi \cdot l]$$



Hình 2. Tính kích thước dao mổ lạnh

Biến đổi ta có: $d\tau = \frac{A}{r_6} \cdot (r - r_6) \cdot r \cdot dr$ Trong đó:

$$A = \frac{\rho_1 \cdot [c_1 \cdot (t_1 - t_0) + \varphi \cdot l]}{\lambda_f \cdot (t_0 - t_f)} \quad ;(s/m^2);$$

Thực hiện tích phân 2 vế

$$\text{Ta có } \int_0^\tau d\tau = \int_{r_6}^r \frac{A}{r_6} \cdot (r - r_6) \cdot r \cdot dr$$

$$\text{Hay } \tau = \frac{A}{6 \cdot r_6} (2 \cdot r^3 - 3 \cdot r^2 \cdot r_6 + r_6^3) ;(s);(1)$$

Đây là phương trình liên quan giữa bán kính r của khối u, bán kính r₆ của đầu dao mổ và thời gian để làm lạnh. Giả sử khối u có bán kính r = 5mm. Thay các thông số vật lý của thịt bò vào công thức:

$\rho = 1020 \text{kg/m}^3$; $r = 0,005 \text{m}$; $\lambda_f = 1,5 \text{W/m}^2 \cdot \text{k}$ (hệ số dẫn nhiệt của thịt đã đóng băng); $c_1 = 3450 \text{J/kg} \cdot \text{độ}$; $\varphi = 75\%$; $l = 334000 \text{J/kg}$; $c_f = 2670 \text{J/kg} \cdot \text{độ}$. [4], [5]

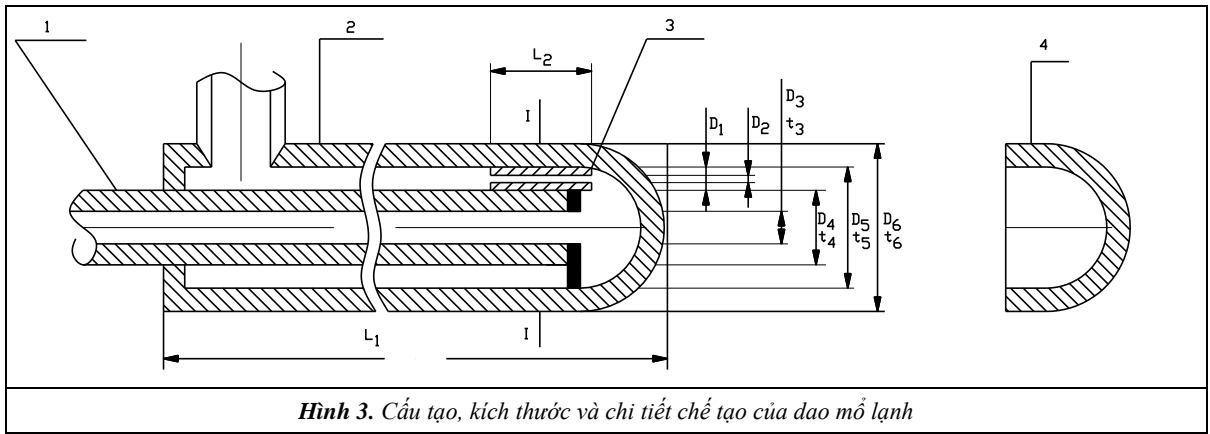
Cho r₆ những giá trị khác nhau ta có bảng:

r ₆ (mm)	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35
τ (s)	31,42	29,47	27,67	26,02	24,49

Để thuận tiện việc gia công, tác giả chọn r₆ = 1,25mm, tương ứng với thời gian lạnh đồng khối u là 27,67s;

Do khối u nằm sâu bên trong cơ thể, để thân dao xuyên qua mô cơ bên ngoài, tác giả chọn chiều dài dao L₁ = 150mm.

Căn cứ vào các vật liệu có sẵn trên thị trường tác giả đã chọn các kích thước khác. Kết quả dao mổ lạnh có các kích thước L₁; L₂; D₁; D₂; D₃; D₄; D₅; D₆ lần lượt tương ứng là: 150; 15; 0,5; 0,3; 1; 1,5; 2; 2,5 mm.



Hình 3. Cấu tạo, kích thước và chi tiết chế tạo của dao mổ lạnh

Để chế tạo dao mổ lạnh, tác giả đã dùng cặp ống lồng lồng 1 và 2. Tại mặt cắt I-I, tác giả đặt thêm đoạn ống 3 vào giữa hai lớp ống 1 và 2.

Sử dụng một nắp đậy 4, đặt sát vào phần dao đã chuẩn bị. Sau đó hàn kín theo mặt I-I

3.4. Tính nhiệt thiết bị

- Giả sử lồng Ni tơ được cấp vào ở đầu A có dạng bão hòa lỏng có entanpi (i₁''), hơi Ni tơ thoát ra ở đầu C có dạng bão hòa khô có entanpi (i₁'').

- Phương trình cân bằng nhiệt cho dao mổ lạnh có thể viết:

$$m \cdot (i_1' - i_1'') = Q_1 + Q_2; (W); (2)$$

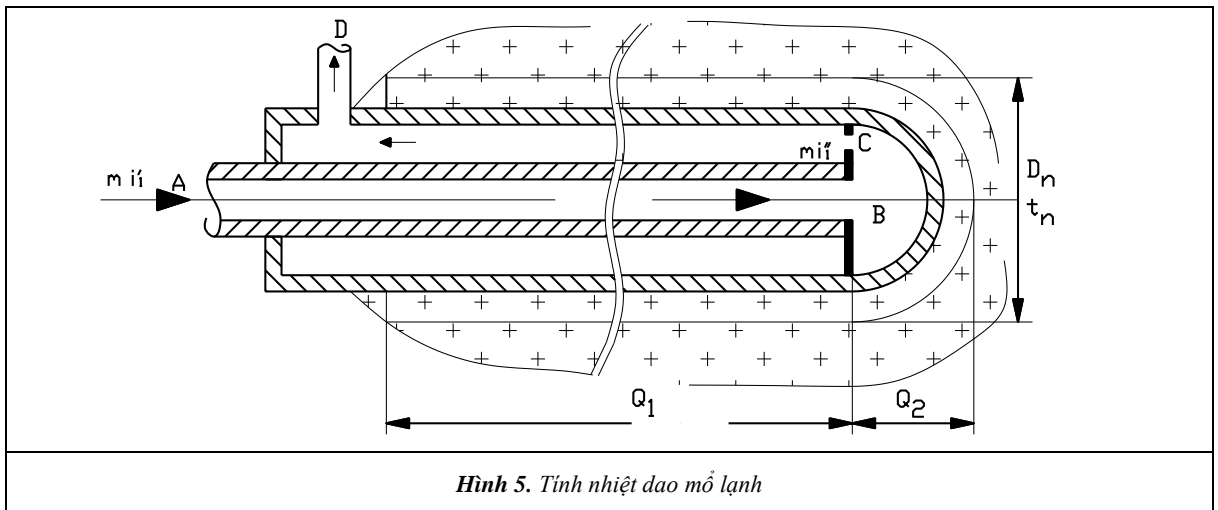
Trong đó:

Q₁- Tổng thất nhiệt trong đoạn thân dao mổ lạnh;

Q₂- Tổng thất nhiệt tại đầu dao mổ lạnh;

m- Lưu lượng khối lượng môi chất đi trong ống (kg/s);

i₁'; i₁''- entanpi của Ni tơ vào ở đầu A và ra ở khe hở C (kJ/kg);



Hình 5. Tính nhiệt dao mô lạnh

+ Tính Q_1 : Do thân dao tiếp xúc trực tiếp với vùng tế bào, nên vùng tế bào này sẽ bị ảnh hưởng đông lạnh là không tránh khỏi. Giả sử vùng tế bào bị đóng băng có đường kính $D_n = 3,5\text{mm}$, nhiệt độ tại $t_n = 0^\circ\text{C}$. Ống dẫn

trong và ngoài làm bằng đồng. Ống trong D_3 tiếp xúc với Nitơ lỏng nên có thể xem nhiệt độ tại $t_3 = -196^\circ\text{C}$. Xem Q_1 là truyền nhiệt qua vách trụ nhiều lớp nên theo [4] ta có:

$$Q_1 = \pi \cdot \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{cu}} \cdot \ln \frac{D_4}{D_3} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot D_4} + \frac{1}{\alpha_3 \cdot D_5} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{cu}} \cdot \ln \frac{D_6}{D_5} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_f} \cdot \ln \frac{D_n}{D_6}} \cdot L_1 \cdot (t_n - t_3)$$

Thay số với $\lambda_{cu} = 372 \text{ W/m.K}$; $\alpha_2 = \alpha_3 = 15 \text{ W/m}^2.\text{K}$ [1]; $\lambda_f = 1,5 \text{ W/m.K}$ [6]

$$Q_1 = 1,19 \text{ W.}$$

+ Tính Q_2 : Đây là một quá trình trao đổi nhiệt có biên chuyển pha hóa rắn. Đường kính khối cầu bị đóng băng sẽ thay đổi theo thời gian lúc đầu nhỏ ứng với tổn thất nhiệt lớn, sau đó đường kính lớn dần và tương ứng tổn thất nhiệt này nhỏ lại. Để tính được tổn thất nhiệt Q_2 ta sẽ tính tổn thất nhiệt trong trường hợp đường kính có kích thước còn nhỏ, giả sử lúc tính $d_n = 3,5 \text{ mm}$.

Lông Ni tơ tiếp xúc trực tiếp với bên trong khối cầu có đường kính D_5 , do lớp đồng 5-6 dẫn nhiệt rất tốt nên có thể xem nhiệt độ $t_5 = t_6 = -196^\circ\text{C}$. Tính Q_2 theo công thức [5]:

$$Q_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda_f \cdot (t_n - t_6)}{\frac{1}{D_n} - \frac{1}{D_6}} = 4,62 \text{ (W)}$$

+ Lưu lượng khối lượng môi chất đi trong ống: Thay $i_1'' = 282 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$; $i_1' = 82 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$ [9] và Q_1, Q_2 vào (2) ta có:

$$m = \frac{Q_1 + Q_2}{i_1'' - i_1'} = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ (kg/s)}$$

3.5. Quan hệ áp suất và lưu lượng môi chất

Xét mặt cắt b-b và s-s (xem hình 1)

Áp dụng phương trình Bernoulli cho mặt cắt b-b và s-s.

$$Z_b + \frac{P_b}{\gamma} + \frac{\alpha_b \cdot v_b^2}{2 \cdot g} = Z_s + \frac{P_s}{\gamma} + \frac{\alpha_s \cdot v_s^2}{2 \cdot g} + \sum h_{tt}$$

Trong đó:

Z_b, Z_s : độ cao hình học; ta có thể xem $Z_b = Z_s = 0\text{m}$

γ : Trọng lượng riêng của lỏng Ni tơ;

α_b, α_s : hệ số động học. Trong công thức ta có thể xem $\alpha_b = \alpha_s = 1$

$\sum h_{tt}$: Tổng tổn thất trong đoạn ống dẫn; (m)

Phương trình trên trở thành

$$\frac{P_b}{\gamma} + \frac{v_b^2}{2 \cdot g} = \frac{P_s}{\gamma} + \frac{v_s^2}{2 \cdot g} + \sum h_{tt}; \quad (2.21)$$

P_b, P_s : Áp suất môi chất tại mặt cắt b-b và s-s; (N/m²)

v_b, v_s : vận tốc môi chất tại mặt cắt b-b và s-s; (m/s).

Ta có mối quan hệ

$$v_s = \frac{V_s}{S_s} = \frac{m \cdot \phi_s}{\pi \cdot \frac{d_s^2}{4}}$$

Trong đó:

V_s - Thể tích môi chất đi qua s-s

S_s - Tiết diện tại mặt cắt s- s;(m²);

ϕ_s - Thể tích riêng của hơi môi chất;

d_s - Đường kính tại mặt cắt s-s

Giả sử tổng tổn thất là $\sum h_{tt}$ là hằng số phụ thuộc

P_b, P_r bằng áp suất của máy hút $P_r = \text{const}$; Do đường kính bình chứa Ni tơ đủ lớn nên vận tốc v_b rất bé xem $v_b = \text{const}$; Vì vậy ta xem lưu lượng môi chất m chỉ phụ thuộc và áp suất bình Ni tơ $P_b \cong f(m^2)$. Hay mối quan hệ này có thể viết:

$$P_b = a \cdot m^2 + c; (3); (N/m^2)$$

3.6. Quy trình sử dụng dao mổ lạnh

Để sử dụng dao mổ lạnh chúng ta thực hiện các bước sau:

- Kiểm tra khả năng cấp lỏng N₂;
- Xác định vị trí, kích thước tế bào ung thư;
- Xác định thời gian lạnh đông tế bào;
- Tính kích thước khối cầu bị đóng băng theo công thức 1. Xác định số lượng dao mổ lạnh;
- Tính lượng Ni tơ lỏng cần thiết dựa vào công thức 2;
- Xác định áp suất bình Ni tơ theo công thức 3;
- Thủ thuật đưa dao mổ đến tế bào ung thư;
- Tiến hành lạnh đông với thời gian và áp suất đã xác định

3.7. Thực nghiệm hoạt động dao mổ

Trên cơ sở thiết kế, tác giả đã chế tạo một hệ thống thiết bị để kiểm tra khả năng sử dụng lỏng Nitơ làm lạnh đầu dao mổ. Phần thực nghiệm, dựa trên mô hình đã làm tác giả đã tiến hành các thực nghiệm sau:

- Kiểm tra khả năng cấp lỏng Nitơ: Tăng áp suất trong bình 1, cho đến khi có hiện tượng phun lỏng Nitơ ở đầu ra thiết bị. Như vậy hệ thống thông suốt và đảm bảo cấp đủ lỏng Nitơ cho dao mổ lạnh
- Đo xác định mối quan hệ trong phương trình 3: Điều chỉnh áp suất tăng dần đồng thời theo dõi lưu lượng môi chất đi qua hệ thống ta lập được bảng

Bảng 1. Thực nghiệm đo quan hệ áp suất và lưu lượng

TT	P _b (PSI)	P _{td} (N/m ²)	m.10 ⁻⁵ (m ³ /s)
1	24,7	271969,55	1,14
2	26,3	282685,05	1,50
3	31,3	317158,84	2,25
4	35,8	348185,24	2,46
5	57,9	400559,38	3,00

Trong đó: P_b – áp suất đo tại bình

P_{td}- áp suất tuyệt đối

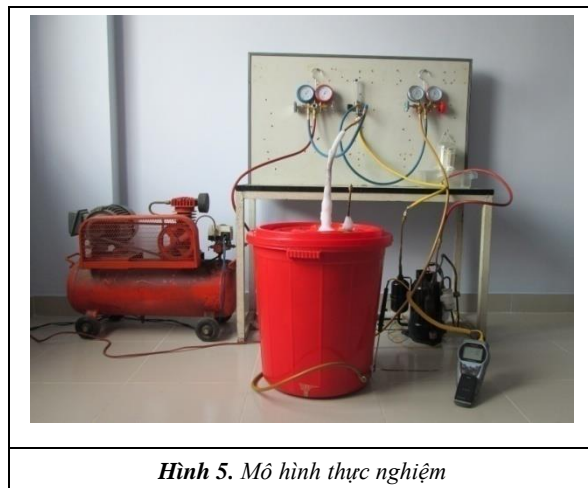
Sử dụng đồ thị, thực hiện phép tính gần đúng ta lập được phương trình:

$$P_{tdb} = 2,9815 \cdot 10^{-14} \cdot m^2 + 233221,58; (N/m^2)$$

- Xác định áp suất làm việc của thiết bị: Giảm áp suất ở bình 1 cho đến khi có hiện tượng tuyết bắt đầu tan (nhiệt độ 0°C), đo nhiệt độ hơi ra khỏi thiết bị (t_{ra}). Trong thực nghiệm tác giả đo được t_{ra}= 0,5°C.

- Xác định thời gian cấp lỏng Nitơ: Duy trì áp suất đã điều chỉnh, sử dụng thịt bò tạo tải nhiệt ở đầu dao. Đo thời gian (τ_{lv}) từ lúc bắt đầu cho đến khi nhiệt độ hơi ra khỏi thiết bị t_{ra} đạt 0,5°C. Qua thực nghiệm tác giả đã đo được τ_{lv} = 44s. Như vậy để để vùng thân dao ít ảnh hưởng đến các tế bào xung quanh (nhiệt độ thân dao đạt 0°C) thời gian cấp lỏng Nitơ là 44s

- Thực nghiệm khả năng làm lạnh đầu dao: tiếp tục cho thiết bị hoạt động cho đến khi khối thịt (30x 40x 80mm) bị đông cứng hoàn toàn. Như vậy lỏng Nitơ đã làm lạnh hoàn toàn khối thịt thực nghiệm.



Hình 5. Mô hình thực nghiệm



Hình 6. Khả năng cấp lỏng Nitơ



Hình 7. Xác định áp suất làm việc của thiết bị



Hình 8. Xác định thời gian cấp lỏng N_2



Hình 9. Khả năng làm lạnh đầu dao mổ

4. Kết luận

Có thể sử dụng lỏng Nitơ để làm lạnh đầu dao mổ ở điều kiện Việt Nam.

Cần có những nghiên cứu toàn diện hơn để có thể chế tạo hoàn chỉnh dao mổ lạnh. Trong tương lai có thể đưa dao mổ lạnh sử dụng lỏng Nitơ vào sử dụng cho các bệnh viện Ung Bướu trên toàn quốc.

Tài liệu tham khảo

[1] Liệu pháp phẫu thuật lạnh [Trực tuyến]. Địa chỉ:

<http://cancer.com.vn/index.php/lieu-phap/lieu-phap-phau-thuat-lanh> [Truy cập: 18/4/2013];

[2] Bệnh viện K [Trực tuyến]. Địa chỉ: <http://benhvien.com/tin-tuc/danh-cho-thay-thuoc/1025-ap-lanh-trong-dieu-tri-ung-thu> [Truy cập: 18/4/2013];

[3] Phần mềm tra cứu thông số vật lý môi chất lạnh Refrigeration Utilities;

[4] Phạm Lê Dân, Đặng Quốc Phú(2002), *Bài tập cơ sở kỹ thuật nhiệt*, NXB Giáo Dục;

[5] Bảo quản thịt bò[Trực tuyến]. Địa chỉ: <http://www.docs.vn/vi/hoa-hoc-40/67844-bao-quan-thit-bo.html>[Truy cập: 18/4/2013];

[6] Bảng báo giá Nitơ của Nhà máy Oxy- Nitơ Tứ Hạ, Hương Trà, Thừa Thiên Huế, ĐT: 054.3558735

(BBT nhận bài: 22/01/2014, phản biện xong: 01/04/2014)