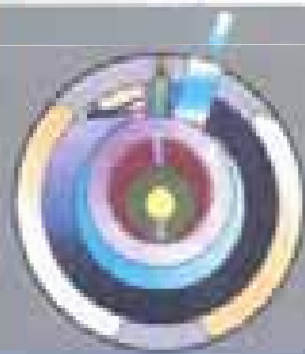


PGS.TS. NGUYỄN ĐỨC LỢI - PGS.TS. PHẠM VĂN TUY

# KỸ THUẬT LẠNH CƠ SỞ



NHA XUẤT BẢN GIÁO DỤC

PGS. TS. NGUYỄN ĐỨC LỢI – PGS. TS. PHẠM VĂN TUYÊN

# **KỸ THUẬT LẠNH CƠ SỞ**

*(Tái bản lần thứ 6)*

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

## LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình *Kỹ thuật lạnh* được biên soạn thành 2 tập :

Tập 1 : *Kỹ thuật lạnh cơ sở*

Tập 2 : *Kỹ thuật lạnh ứng dụng*

Nội dung của tập 1 hạn chế trong khuôn khổ các kiến thức cơ bản về kỹ thuật lạnh như : Các phương pháp làm lạnh nhân tạo, môi chất lạnh, chất tải lạnh, vật liệu lạnh, các thiết bị và chu trình máy lạnh nén hơi, máy lạnh hấp thụ, máy lạnh ejector, máy lạnh nén khí, các thiết bị tự động và tự động hoá hệ thống lạnh.

Tập 2 giới thiệu về các Sơ đồ hệ thống lạnh với các thiết bị chính, phụ trong thực tế, các tổ hợp lạnh cụ thể, các ứng dụng chủ yếu trong các ngành kinh tế như thực phẩm (kho lạnh, buồng lạnh, máy lạnh thương nghiệp, bể kem, đá, máy lạnh đông thực phẩm, tủ lạnh gia đình), lạnh trong công nghiệp rượu, bia, điều hoà không khí, bơm nhiệt, hút ẩm, máy lạnh trên các phương tiện vận tải, các phương pháp tính toán, thiết kế, lắp đặt vận hành, bảo dưỡng và sửa chữa.

Cuốn sách nhằm trang bị cho sinh viên ngành Nhiệt – Lạnh những kiến thức cơ bản cần thiết ứng dụng trong thực tế. Tuy nhiên sách cũng rất bổ ích cho các cán bộ, kỹ sư, công nhân các ngành liên quan đang sử dụng lạnh muốn đi sâu, tìm hiểu và tự bồi dưỡng về kỹ thuật lạnh. Phân công biên soạn tập 1 :

PGS Phạm Văn Tuy : Chương 7, 8, 12, 14.

PGS Nguyễn Đức Lợi : các chương còn lại.

Trong những năm qua, kỹ thuật lạnh đã có những thay đổi quan trọng trên thế giới và cả ở Việt Nam. Môi chất lạnh freon bị cấm, các nhà khoa học đang tìm kiếm các chất thay thế mới. Kỹ thuật lạnh ở Việt Nam thực sự đã đi sâu vào hầu hết các ngành kinh tế đang phát triển rất nhanh. Lần này tái bản lại cuốn "Kỹ thuật lạnh cơ sở", chúng tôi đã bổ sung, chỉnh lí lại

cuốn sách cho phù hợp với tình hình mới, đặc biệt phần môi chất lạnh mới và các bảng biểu mới trong phần phụ lục để phục vụ cho việc tính toán chu trình lạnh nén hơi. Đặc biệt trong lần tái bản này chúng tôi có thêm mục từ theo vần chữ cái để tiện tra cứu nhanh theo từ mục bố trí sau phần phụ lục.

Chúng tôi chân thành cảm ơn Viện KHCN Nhiệt lạnh, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Nhà xuất bản Giáo dục đã giúp đỡ hoàn thành cuốn sách. Chúng tôi cảm ơn các đồng nghiệp đã góp những ý kiến bổ ích cho đề cương và nội dung cuốn sách.

Cuốn sách chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, chúng tôi mong nhận được ý kiến đóng góp của bạn đọc. Các ý kiến xin gửi về Nhà xuất bản Giáo dục hoặc tác giả, Viện Nhiệt lạnh Trường Đại học Bách khoa Hà Nội Tel. 04.7165860, Mob. 0904113505, Email. Loidhbk@yahoo.com. Chúng tôi trân trọng cảm ơn bạn đọc góp ý nhằm hoàn thiện cuốn sách.

**CÁC TÁC GIẢ**

## Chương 1

# LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN VÀ Ý NGHĨA KINH TẾ CỦA KỸ THUẬT LẠNH

## 1.1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA KỸ THUẬT LẠNH

Con người đã biết làm lạnh và sử dụng lạnh từ cách đây rất lâu. Ngành khảo cổ học đã phát hiện ra những hang động có mạch nước ngầm nhiệt độ thấp chảy qua dùng để chứa thực phẩm và lương thực khoảng từ 5000 năm trước.

Các tranh vẽ trên tường trong các kim tự tháp Ai Cập cách đây khoảng 2500 năm đã mô tả cảnh nô lệ quạt các bình gốm xếp cho nước bay hơi làm mát không khí. Cách đây 2000 năm người Ấn Độ và Trung Quốc đã biết trộn muối vào nước hoặc nước đá để tạo nhiệt độ thấp hơn.

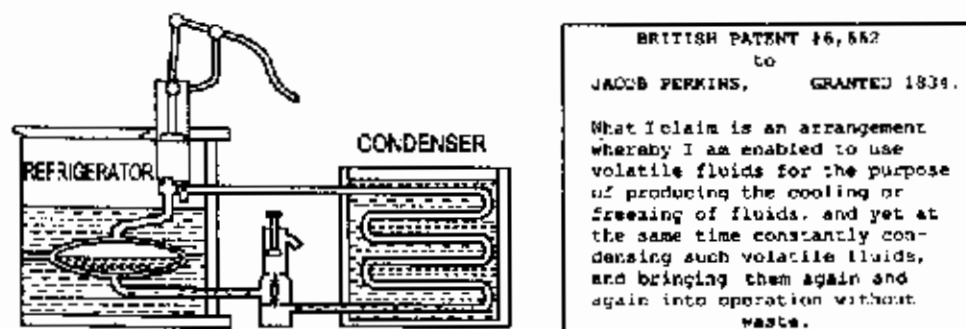
Nhưng kỹ thuật lạnh hiện đại bắt đầu phải kể từ khi giáo sư Black tìm ra nhiệt ẩn hoá hơi và nhiệt ẩn nóng chảy vào năm 1761 - 1764. Con người đã biết làm lạnh bằng cách cho bay hơi chất lỏng ở áp suất thấp.

Tiếp theo phát hiện quan trọng đó, Clouet và Monge lần đầu tiên hoá lỏng được khí  $\text{SO}_2$  vào năm 1780. Từ 1781 Cavallo bắt đầu nghiên cứu hiện tượng bay hơi một cách có hệ thống.

Thế kỷ 19 là thời kỳ phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật lạnh. Năm 1823 Faraday bắt đầu công bố những công trình về hoá lỏng khí  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$  và  $\text{HCl}$ . Đến 1845, ông đã hoá lỏng được hầu hết các loại khí kể cả etylen, nhưng vẫn phải bó tay trước các khí  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$  và  $\text{H}_2$ . Người ta cho rằng chúng là các khí không hoá lỏng được và luôn luôn chỉ ở thể khí nên gọi là các khí "vĩnh cửu - permanent", lí do là vì Natlerov (Áo) đã nén chúng tới một áp lực cực lớn 3600 atm mà vẫn không hoá lỏng được chúng. Mãi tới 1869, Andrew (Anh) giải thích được điểm tới hạn của khí hoá lỏng và nhờ đó Cailletet và Pictet (Pháp) hoá lỏng được khí "vĩnh cửu"  $\text{O}_2$  và  $\text{N}_2$  năm 1877, Dewar (Anh) hoá lỏng  $\text{H}_2$  năm 1898, Linde (Đức) hoá lỏng  $\text{O}_2$  và  $\text{N}_2$  và tách bằng chưng cất, K. Onnes (Hà Lan) hoá lỏng được Heli.

Năm 1834, J. Perkins (Anh) đã đăng kí bằng phát minh đầu tiên về máy lạnh nén hơi với đầy đủ các thiết bị như một máy lạnh nén hơi hiện đại gồm có máy nén, dàn ngưng tụ, dàn bay hơi và van tiết lưu (h.1). Đến cuối thế kỷ 19, nhờ có một loạt cải tiến của

Linde (Đức) với việc sử dụng amoniác làm môi chất lạnh cho máy lạnh nén hơi, việc chế tạo và sử dụng máy lạnh nén hơi mới thực sự phát triển rộng rãi trong hầu hết các ngành kinh tế quốc dân.



Hình 1.1 : Văn bản phát minh của J.Perkins.

Máy lạnh hấp thụ đầu tiên do Leslie (Pháp) đưa ra vào năm 1810 là máy lạnh hấp thụ chu kỳ với cặp môi chất  $H_2O/H_2SO_4$ . Đến giữa thế kỉ 19, nó được phát triển một cách rõ rệt nhờ kĩ sư tài ba Carré (Pháp) với hàng loạt bằng phát minh về máy lạnh hấp thụ chu kỳ và liên tục với các cặp môi chất khác nhau.

Máy lạnh hấp thụ khuếch tán hoàn toàn không có chi tiết chuyển động được Geppert (Đức) đăng kí bằng phát minh năm 1899 và được Platen và Munters (Thụy Điển) hoàn thiện vào năm 1922 được nhiều nước trên thế giới sản xuất chế tạo hàng loạt và nó vẫn có vị trí quan trọng cho đến ngày nay.

Máy lạnh nén khí đầu tiên do bác sĩ người Mỹ Gorrie chế tạo. Dựa vào các kết quả nghiên cứu của các nhà lí thuyết, bác sĩ Gorrie đã thiết kế chế tạo thành công máy lạnh nén khí dùng để điều tiết không khí cho trạm xá chữa bệnh sốt cao của ông. Nhờ thành tích đặc biệt này mà ông và trạm xá của ông trở thành nổi tiếng thế giới.

Máy lạnh ejectơ hơi nước đầu tiên do Leiblanc chế tạo năm 1910. Đây là một sự kiện có ý nghĩa rất trọng đại vì máy lạnh ejectơ hơi nước rất đơn giản. Năng lượng tiêu tốn cho nó lại là nhiệt năng do đó có thể tận dụng được các nguồn năng lượng phế thải để làm lạnh.

Một sự kiện quan trọng nữa của lịch sử phát triển kĩ thuật lạnh là việc sản xuất và ứng dụng các freon ở Mỹ vào năm 1930. Freon thực chất là các chất hữu cơ hydrôcacbua no hoặc chưa no như metan ( $CH_4$ ), etan ( $C_2H_6$ )... được thay thế một phần hoặc toàn bộ các nguyên tử hydrô bằng các nguyên tử gốc halôgen như clo (Cl), flo (F) hoặc brom (Br). Các chất này được sản xuất ở xưởng Dupont Kinetic Chemical Inc với cái tên thương mại là freon. Đây là những môi chất lạnh có nhiều tính chất quý báu như không cháy, không nổ, không độc hại, phù hợp với chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi do đó nó đã góp phần tích cực vào việc thúc đẩy kĩ thuật lạnh phát triển, nhất là kĩ thuật điều tiết không khí.

Ngày nay, kĩ thuật lạnh hiện đại đã tiến những bước rất xa, có trình độ khoa học kĩ thuật ngang với các ngành kĩ thuật tiên tiến khác. Phạm vi nhiệt độ của kĩ thuật lạnh ngày nay được mở rộng rất nhiều. Người ta đang tiến dần đến nhiệt độ không tuyệt đối. Phía nhiệt độ cao của thiết bị ngưng tụ, nhiệt độ có thể đạt trên  $100^{\circ}\text{C}$  dùng cho các mục đích của bơm nhiệt như sưởi ấm, chuẩn bị nước nóng, sấy v.v... Đây là ứng dụng của bơm nhiệt góp phần thu hồi nhiệt thải, tiết kiệm năng lượng sơ cấp.

Công suất lạnh của các tổ hợp máy lạnh cũng được mở rộng : từ những máy lạnh sử dụng trong phòng thí nghiệm chỉ có công suất chừng vài mW đến các tổ hợp có công suất hàng triệu W ở các trung tâm điều tiết không khí.

Hiệu suất máy tăng lên đáng kể, chi phí vật tư và chi phí năng lượng cho một đơn vị lạnh giảm xuống rõ rệt. Tuổi thọ và độ tin cậy tăng lên. Mức độ tự động hoá của các hệ thống lạnh và máy lạnh tăng lên rõ rệt. Những thiết bị lạnh tự động hoàn toàn bằng điện tử và vi điện tử đang dần dần thay thế các thiết bị thao tác bằng tay.

## 1.2. Ý NGHĨA KINH TẾ CỦA KỸ THUẬT LẠNH

### 1.2.1. Ứng dụng lạnh trong bảo quản thực phẩm

Lĩnh vực ứng dụng quan trọng nhất của kĩ thuật lạnh là bảo quản thực phẩm. Theo một số thống kê thì khoảng 80% công suất lạnh được sử dụng trong công nghiệp bảo quản thực phẩm. Thực phẩm như các loại rau, quả, thịt, cá, sữa... là những thức ăn dễ bị ôi thiu do vi khuẩn gây ra. Nước ta là một nước nhiệt đới có thời tiết nóng và ẩm nên quá trình ôi thiu thực phẩm xảy ra càng nhanh.

Muốn làm ngừng trệ hoặc làm chậm quá trình ôi thiu, phương pháp có hiệu quả và kinh tế nhất là bảo quản lạnh. Giả sử sữa  $35^{\circ}\text{C}$  có một mầm vi khuẩn thì chỉ 6 giờ sau số mầm vi khuẩn đã tăng lên 600 lần, sữa chỉ có thể bảo quản trong vòng một ngày. Ở nhiệt độ  $15^{\circ}\text{C}$  ta có thể bảo quản sữa được khoảng 3 ngày và nếu ở  $5^{\circ}\text{C}$  thời gian bảo quản có thể được hơn 4 ngày và đến ngày thứ 4 cũng chỉ có khoảng 4,5 mầm vi khuẩn.

Quá trình ôi thiu ở các loại thực phẩm khác cũng gần như vậy. Theo kinh nghiệm thì thời gian bảo quản là một hàm mũ của nhiệt độ. Sau đây là thời gian bảo quản của một số thực phẩm phụ thuộc vào nhiệt độ.

Số ngày bảo quản phụ thuộc vào nhiệt độ bảo quản :

	$-30^{\circ}\text{C}$	$-20^{\circ}\text{C}$	$-10^{\circ}\text{C}$	$+0^{\circ}\text{C}$	$10^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C}$
Cá	230	110	40	15	7	3
Thịt bò	2300	1000	100	30	16	8
Gia cầm	800	230	70	7	5	2

Thực ra, thời gian bảo quản còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như độ ẩm, phương pháp bao gói, thành phần không khí nơi bảo quản..., nhưng nhiệt độ đóng vai trò quan trọng nhất.

Ngày nay công nghiệp thực phẩm như chế biến thịt cá rau quả, công nghiệp đánh bắt hải sản dài ngày trên biển không thể phát triển nếu không có sự hỗ trợ tích cực của kĩ thuật lạnh. Các kho lạnh bảo quản, các kho lạnh chế biến phân phối, các máy lạnh thương nghiệp đến các tủ lạnh gia đình ; các nhà máy sản xuất nước đá, máy lạnh lắp đặt trên tàu thuỷ và các phương tiện vận tải, các máy lạnh đông nhanh thực phẩm không còn xa lạ với chúng ta ; kể cả các ngành công nghiệp rượu bia, bánh, kẹo, kem, nước uống, công nghiệp sữa, nước hoa quả, công nghiệp sản xuất aga – aga.

### **1.2.2. Sấy thăng hoa**

Vật sấy được làm lạnh đông xuống  $-20^{\circ}\text{C}$  và được sấy bằng cách hút chân không nên sấy thăng hoa là một phương pháp sấy hiện đại hầu như không làm giảm chất lượng của vật sấy. Nước được rút ra gần như hoàn toàn và sản phẩm trở thành dạng bột, bảo quản và vận chuyển dễ dàng. Giá thành sấy thăng hoa cao do đó người ta chỉ ứng dụng cho những sản phẩm quý và hiếm như những dược liệu từ hoa, cây, quả,... những sản phẩm y dược dễ biến đổi chất lượng do tác động của nhiệt độ như máu, các loại thuốc tiêm, hoặc môn hoạc trong công nghệ nuôi cấy vi khuẩn...

### **1.2.3. Ứng dụng lạnh trong công nghiệp hoá chất**

Những ứng dụng quan trọng nhất trong công nghiệp hoá chất là sự hoá lỏng khí bao gồm hoá lỏng các chất khí là sản phẩm của công nghiệp hoá học như clo, amoniac, cacbonic, sunfuro, clohydric, các loại khí đốt, các loại khí sinh học...

Hoá lỏng và tách khí từ các thành phần của không khí là ngành công nghiệp có ý nghĩa rất to lớn đối với ngành luyện kim, chế tạo máy và các ngành kinh tế khác kể cả y học và sinh học. Ôxy và nitơ được sử dụng ở nhiều lĩnh vực khác nhau như hàn, cắt kim loại, sản xuất phân đạm, làm chất tải lạnh... Các loại khí trơ như heli và argon... được sử dụng trong nghiên cứu vật lí, trong công nghiệp hoá chất và sản xuất bóng đèn.

Việc sản xuất vải, sợi, tơ, cao su nhân tạo, phim ảnh đòi hỏi sự hỗ trợ tích cực của kĩ thuật lạnh trong quy trình công nghệ. Thí dụ, trong quy trình sản xuất tơ nhân tạo, người ta phải làm lạnh bể quay tơ xuống nhiệt độ thấp đúng yêu cầu công nghệ thì chất lượng tơ mới đảm bảo.

Cao su và các loại chất dẻo khi hạ nhiệt độ xuống đủ thấp chúng sẽ trở nên giòn và dễ vỡ như thủy tinh. Nhờ đặc tính này người ta có thể chế tạo bột cao su mịn. Khi hoà trộn với bột sắt để tạo cao su từ tính hoặc hoà trộn với phụ gia nào đó, có thể đạt được độ đồng đều rất cao.



Các phản ứng hoá học trong công nghiệp hoá học cũng phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ. Nhờ có kĩ thuật lạnh người ta có thể chủ động điều khiển được tốc độ các phản ứng hoá học.

#### **1.2.4. Ứng dụng lạnh trong điều tiết không khí**

Một lĩnh vực ứng dụng quan trọng của kĩ thuật lạnh là điều tiết không khí. Ngày nay người ta không thể tách rời kĩ thuật điều tiết không khí với các ngành như cơ khí chính xác, kĩ thuật điện tử và vi điện tử, kĩ thuật phim ảnh, máy tính điện tử, kĩ thuật quang học...

Để đảm bảo chất lượng cao của các sản phẩm, để đảm bảo các máy móc, thiết bị làm việc bình thường cần có những yêu cầu nghiêm ngặt về các điều kiện và thông số của không khí như : thành phần, độ ẩm, nhiệt độ, độ chứa bụi và các loại hoá chất độc hại... Kĩ thuật lạnh và đặc biệt là bơm nhiệt có thể giúp ta khống chế các yêu cầu đó.

Điều tiết không khí cũng đóng vai trò quan trọng trong các ngành công nghiệp nhẹ nhằm đảm bảo chất lượng sản phẩm như công nghiệp dệt, vải, sợi, thuốc lá. Ví dụ : ở một nhà máy thuốc lá, nếu độ ẩm quá thấp thì quần, sợi thuốc sẽ bị rời và điều thuốc bị rỗng, ngược lại nếu độ ẩm quá cao thì điều thuốc sẽ quá chặt, không cháy và dễ bị mốc...

Ở các nước tiên tiến, các chuồng trại chăn nuôi của công nghiệp sản xuất thịt sữa được điều tiết không khí để có thể đạt được tốc độ tăng trọng cao nhất, vì gia súc và gia cầm cần có khoảng nhiệt độ và độ ẩm thích hợp để tăng trọng và phát triển. Ngoài khoảng nhiệt độ và độ ẩm đó, quá trình phát triển và tăng trọng giảm xuống, và nếu vượt qua giới hạn nhất định chúng có thể bị sút cân hoặc bệnh tật.

Một trong những nội dung nâng cao đời sống con người là tạo cho con người điều kiện khí hậu thích hợp để sống và lao động. Điều tiết không khí công nghiệp và dân dụng đã trở thành quen thuộc với những người dân ở các nước phát triển. Nhiệt độ, độ ẩm và các thông số không khí quanh năm trong phòng hoàn toàn phù hợp với cơ thể con người. Cũng chính ở điều kiện đó, con người có khả năng lao động sáng tạo cao nhất.

#### **1.2.5. Siêu dẫn**

Một ứng dụng quan trọng của kĩ thuật lạnh là ứng dụng hiện tượng siêu dẫn để tạo ra các nam châm cực mạnh trong các máy gia tốc ở các nhà máy điện nguyên tử, nhiệt hạch, trong các phòng thí nghiệm nguyên tử, các đệm từ cho các tàu hoả cao tốc.

Năm 1911, nhà vật lí Hà Lan O.Kamerlingh phát hiện ra rằng, khi giảm đến một nhiệt độ rất thấp nào đó, điện trở biến mất, kim loại trở thành siêu dẫn. Nhiệt độ khi

điện trở biến mất gọi là nhiệt độ nhảy. Do nhiệt độ nhảy thường rất thấp, thí dụ đối với chì là 7,2K, thường là ở khoảng nhiệt độ sôi ở heli (4K) nên việc ứng dụng rất hạn chế vì heli lỏng rất đắt.

Để có thể ứng dụng rộng rãi siêu dẫn trong công nghiệp phải tìm được các chất siêu dẫn ở nhiệt độ cao, trên nhiệt độ sôi của nitơ lỏng ( $-196^{\circ}\text{C}$ ), nhiệt độ thăng hoa của nước đá ( $-78,5^{\circ}\text{C}$ ) hoặc cao hơn nữa. Nhiệt độ siêu dẫn càng gần nhiệt độ môi trường, chi phí để làm lạnh dây dẫn càng giảm.

Năm 1964, V.Little (Mĩ) và Ginsbua (Nga) đã đưa ra những cơ chế mới về siêu dẫn ở nhiệt độ cao.

Tháng 2 - 1987, hai nhà bác học ở trường Alabama (Mĩ) đã mở ra bước đột phá, tìm ra chất siêu dẫn ở  $-180^{\circ}\text{C}$ . Sau đó, C.W. Chu ở trường Houston (Mĩ) tìm ra chất siêu dẫn ở  $-175^{\circ}\text{C}$ .

Gần đây, ở Hungari, các nhà bác học đã chế tạo được chất siêu dẫn ở  $-100^{\circ}\text{C}$  và ở Nga người ta công bố một mẫu gốm có nhiệt độ siêu dẫn ở  $-23^{\circ}\text{C}$ .

Những thành tựu vừa qua đã làm cho những ước mơ về các đường dây tải điện không hao hụt điện năng, các nam châm cực mạnh, các tàu hoả cao tốc trên đệm từ sắp trở thành hiện thực.

### 1.2.6. Sinh học cryô

Kĩ thuật lạnh, ngày càng đóng vai trò quan trọng trong nông, lâm nghiệp, sinh học, vi sinh... Kĩ thuật lạnh thâm độ, còn gọi là kĩ thuật cryô ( $-80^{\circ}\text{C}$  đến  $-196^{\circ}\text{C}$ ) đã hỗ trợ đắc lực cho việc lai tạo giống, bảo quản tinh đông, gây đột biến hoặc cho các quá trình xử lí trong công nghệ sinh học.

Nhờ kĩ thuật cryô mà một con bò đực có thể phối giống cho hàng vạn bò cái, ngay cả sau khi bò đực đã chết hàng chục năm.

Ở Mĩ hiện nay có khoảng hai chục bệnh nhân được ướp "sống", ở nhiệt độ rất thấp. Họ bị các loại bệnh y học hiện nay chưa chữa được. Người ta sẽ làm cho họ sống lại khi tìm được liệu pháp điều trị thích hợp. Nếu thành công, con người có thể ngừng cuộc sống một thời gian nhất định.

Thực tế, sinh học cryô ngày nay đã trở thành một môn khoa học đầy hấp dẫn và lí thú.

### 1.2.7. Ứng dụng trong kĩ thuật đo và tự động

Áp suất bay hơi của một chất lỏng luôn luôn phụ thuộc vào nhiệt độ. Khi áp suất tăng, nhiệt độ tăng và khi áp suất giảm nhiệt độ giảm.

Hiệu ứng nhiệt điện nói lên sự liên quan giữa nhiệt độ và cường độ dòng điện của hai dây dẫn khác tính. Khi cho một dòng điện chạy qua một dây dẫn gồm hai dây khác tính (cặp nhiệt điện) một đầu nối sẽ nóng lên và đầu kia lạnh đi.

Ứng dụng những quan hệ trên người ta có thể tạo ra các dụng cụ đo đặc nhiệt độ, áp suất hoặc các dụng cụ tự động điều chỉnh, bảo vệ trong kĩ thuật đo và tự động.

### 1.2.8. Ứng dụng trong thể dục thể thao

Trong thể dục, thể thao hiện đại, nhờ có kĩ thuật lạnh người ta có thể tạo ra các sân trượt băng, các đường đua trượt băng và trượt tuyết nhân tạo cho các vận động viên luyện tập hoặc cho các đại hội thể thao ngay cả khi nhiệt độ không khí còn rất cao. Trong một cung thể thao, người ta có thể sử dụng máy lạnh giải quyết hai nhu cầu đồng thời về nóng và lạnh. Thí dụ năng suất lạnh của máy dùng để duy trì sân trượt băng còn năng suất nhiệt lấy ra từ dàn ngưng có thể dùng để sưởi ấm bể bơi, đun nước nóng tắm rửa trong mùa đông v.v..

### 1.2.9. Một số ứng dụng khác

Trong ngành hàng không và du hành vũ trụ, máy bay hoặc con tàu vũ trụ phải làm việc trong rất nhiều điều kiện khác nhau. Nhiệt độ bên ngoài có lúc tăng lên hàng ngàn độ nhưng có lúc hạ xuống dưới  $-100^{\circ}\text{C}$ . Kĩ thuật lạnh khi đó giúp các nhà khoa học kiểm tra xem máy bay hoặc con tàu vũ trụ có làm việc được trong các điều kiện tương tự.

Trong khai thác mỏ, hầm lò càng sâu, nhiệt độ càng cao và độ ẩm càng lớn vì trung bình cứ khoan sâu xuống đất 30 mét, nhiệt độ tăng lên  $1^{\circ}\text{C}$ .

Nhờ có kĩ thuật lạnh người ta mới có thể điều tiết được không khí trong hầm lò bảo đảm điều kiện làm việc của công nhân. Đối với lò xây dựng ở các vùng đầm lầy, nhờ có kĩ thuật lạnh làm đông cứng đất ướt, mới có thể xây dựng được hầm lò.

Các công trình ngầm quân sự hoặc dân sự cũng có sự hỗ trợ của kĩ thuật lạnh để đảm bảo nhiệt độ, độ ẩm và thành phần không khí như các hầm ngầm, các đường tàu điện ngầm v.v..

Ngoài ra sinh học cryô, trong các phòng nghiên cứu nông lâm nghiệp người ta còn ứng dụng rộng rãi phòng nhiệt áp để nghiên cứu tạo và lai giống cây trồng. Phòng nhiệt áp có khả năng điều chỉnh nhiệt độ, áp suất, điều kiện ánh sáng và khí hậu đúng theo chương trình định sẵn. Tính chất vật lí của vật chất phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ. Từ nhiều thế kỉ nay con người đã không ngừng khám phá những tính chất đó để có thể tạo ra được công nghệ sản xuất phù hợp. Chính vì vậy, kĩ thuật lạnh từ khi ra đời đã phát triển nhanh chóng và ngày càng đóng một vai trò quan trọng trong công nghệ sản xuất, gia công, chế biến, bảo quản và trong nghiên cứu khoa học.

### 1.3. KỸ THUẬT LẠNH Ở VIỆT NAM

Khí hậu nước ta nóng và ẩm, phía nam hầu như không có mùa đông, bờ biển dài trên 3 ngàn cây số, đó là những điều kiện thuận lợi cho việc phát triển ngành lạnh. Thực vậy, kỹ thuật lạnh ngày càng đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển kinh tế ở nước ta. Kỹ thuật lạnh đã thâm nhập vào hơn 60 ngành kinh tế, đặc biệt vào các ngành chế biến thực phẩm, hải sản xuất khẩu, công nghiệp nhẹ, điều hoà không khí v.v.. Hàng chục ngàn cơ sở đang sử dụng thiết bị lạnh lớn nhỏ. Ngoại tệ nhập thiết bị lạnh cũng lên hàng trăm triệu USD mỗi năm.

Nhưng đặc điểm chủ yếu của ngành lạnh ở nước ta hiện nay là quá nhỏ bé non yếu và lạc hậu. Nước ta mới chỉ chế tạo được các loại máy lạnh amoniắc loại nhỏ, chưa chế tạo được các loại máy nén và thiết bị cỡ lớn, các loại máy lạnh freon, các thiết bị tự động... Một đặc điểm quan trọng khác của ngành lạnh nước ta là tản mạn và phân tán, không có một cơ quan trung ương chủ trì nên không được quan tâm đầu tư và phát triển một cách đúng mức. Các đơn vị sử dụng lạnh ở các ngành thường trang bị tự phát nhiều khi dẫn tới những thiệt hại và lãng phí tiền vốn và thiết bị đáng kể do các nguyên nhân kinh tế và kỹ thuật gây ra.

Vì vậy việc nghiên cứu tổ chức và phát triển ngành lạnh ở nước ta là thực sự cấp thiết và chắc chắn nó sẽ mang lại hiệu quả to lớn.

## Chương 2

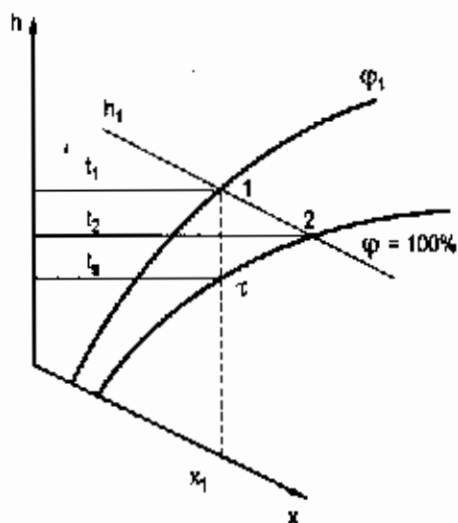
### CÁC PHƯƠNG PHÁP LÀM LẠNH NHÂN TẠO

Từ lâu, con người đã biết lợi dụng thiên nhiên để thoả mãn một phần nhu cầu về lạnh của mình. Ở các nước ôn đới, người ta trữ nước đá trong các hầm cách nhiệt để sử dụng cho mùa hè. Ở các nước nhiệt đới, người cổ đại sử dụng các hang động có mạch nước ngầm nhiệt độ thấp để bảo quản thực phẩm và lương thực. Tuy nhiên những phương pháp này vẫn được coi là làm lạnh tự nhiên, chưa phải làm lạnh nhân tạo.

Làm lạnh nhân tạo là các quá trình làm lạnh nhờ một phương tiện hoặc thiết bị do con người tạo ra như một số phương pháp được trình bày sau đây :

#### 2.1. PHƯƠNG PHÁP BAY HƠI KHUẾCH TÁN

Một thí dụ điển hình của bay hơi khuếch tán là nước bay hơi vào không khí. Khi phun nước liên tục vào không khí khô có cùng nhiệt độ, nước sẽ bay hơi khuếch tán vào không khí và trạng thái không khí sẽ biến đổi theo đường đẳng entanpy  $h = \text{const}$ . Hình 2.1 biểu diễn quá trình làm lạnh bằng bay hơi khuếch tán nước vào không khí khô trên đồ thị entanpy  $h$  - độ chứa hơi  $x$  của không khí ẩm.



Hình 2.1 : Đồ thị  $h - x$  của không khí ẩm.

Điểm 1 - Trạng thái ban đầu của không khí.

$t_1$  - Nhiệt độ khô ;

$t_2$  - Nhiệt độ ướt ;

$t_3$  - Nhiệt độ đọng sương.

Từ điểm 1 là trạng thái ban đầu của không khí đến điểm 2, độ ẩm tăng từ  $\phi_1$  đến  $\phi_{\text{max}} = 100\%$ . Bằng cách này ta đã thực hiện quá trình làm lạnh không khí. Nhiệt độ giảm từ  $t_1$  đến  $t_2$ . Nhiệt độ  $t_1$  là nhiệt độ đọc trên nhiệt kế khô và  $t_2$  là nhiệt độ đọc trên nhiệt kế ướt.

Ở các vùng nóng và khô có thể sử dụng phương pháp này để điều hoà nhiệt độ. Ở nước ta, khí hậu nóng và ẩm nên không thể ứng dụng hiệu quả trừ một số ngày nắng gió tây.

Ứng dụng khác trong kĩ thuật lạnh là máy lạnh hấp thụ khuếch tán. Ở dàn hay hơi amoniắc lỏng bay hơi khuếch tán vào khí hydro, là chất khí dùng cân bằng áp suất cho hệ thống lạnh.

## 2.2. PHƯƠNG PHÁP HOÀ TRỘN LẠNH

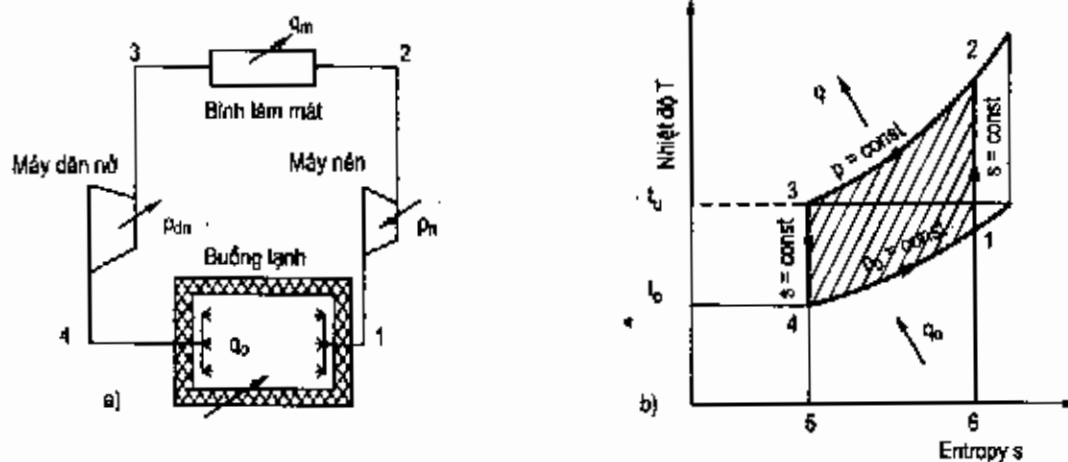
Cách đây 2000 năm, người Trung Quốc và Ấn Độ đã biết làm lạnh bằng cách hoà trộn muối và nước theo những tỉ lệ nhất định. Nếu hoà trộn 31 gam  $\text{NaNO}_3$  và 31 gam  $\text{NH}_4\text{Cl}$  với 100 gam nước ở nhiệt độ  $10^\circ\text{C}$  thì hỗn hợp sẽ giảm nhiệt độ đến  $-12^\circ\text{C}$ . Hoặc nếu hoà trộn 200 gam  $\text{CaCl}_2$  với 100 gam nước đá vụn, nhiệt độ sẽ giảm từ  $0^\circ\text{C}$  xuống  $-42^\circ\text{C}$ . Hiệu ứng này cũng xảy ra khi hoà trộn muối ăn với nước hoặc nước đá nhưng ở mức độ kém hơn. Hiệu ứng lạnh phụ thuộc nồng độ và nhiệt độ điểm cùng tính.

Cho đến đầu thế kỉ 20 ở Mĩ vẫn còn bán các loại muối làm lạnh. Sau khi sử dụng, hỗn hợp dùng làm phân bón rất tiện lợi. Ngày nay người ta vẫn sử dụng nước đá muối để ướp cá mới đánh bắt khi cần bảo quản cá ở nhiệt độ thấp hơn  $0^\circ\text{C}$ . Nhược điểm chủ yếu của phương pháp này là giá thành muối cao và phần lớn các loại muối đều có tính ăn mòn mạnh.

## 2.3. PHƯƠNG PHÁP DẪN NỠ KHÍ CÓ SINH NGOẠI CÔNG

Đây là phương pháp làm lạnh nhân tạo quan trọng. Các máy lạnh làm việc theo nguyên lí dẫn nỡ khí có sinh ngoại công gọi là máy lạnh nén khí có máy dẫn nỡ. Phạm vi ứng dụng rất rộng lớn từ máy điều tiết không khí cho đến các máy sử dụng trong kĩ thuật cryô để sản xuất nitơ, oxy lỏng, hoá lỏng không khí và tách khí, hoá lỏng khí đốt...

Nguyên tắc làm việc của máy lạnh nén khí được trình bày trên hình 2.2.



Hình 2.2 : Nguyên tắc làm việc của máy lạnh nén khí.

a) Sơ đồ thiết bị ; b) Chu trình lạnh biểu diễn trên đồ thị T-s.

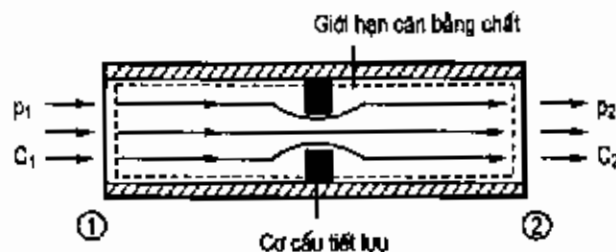
Máy lạnh nén khí gồm 4 thiết bị chính : Máy nén, bình làm mát, máy dẫn nở và buồng lạnh. Môi chất lạnh là không khí hoặc một chất khí bất kì, không biến đổi pha trong chu trình. Không khí được nén đoạn nhiệt  $s_1 = \text{const}$  từ trạng thái 1 đến trạng thái 2. Ở bình làm mát, không khí thải nhiệt cho môi trường ở áp suất không đổi đến trạng thái 3, sau đó được dẫn nở đoạn nhiệt  $s_3 = \text{const}$  xuống trạng thái 4 có nhiệt độ thấp và áp suất thấp. Trong phòng lạnh không khí thu nhiệt của môi trường ở áp suất không đổi và nóng dần lên điểm 1, khép kín vòng tuần hoàn. Như vậy chu trình máy lạnh nén khí gồm 2 quá trình nén và dẫn nở đoạn nhiệt với hai quá trình thu và thải nhiệt đẳng áp nhưng không đẳng nhiệt.

Nhiệt độ  $t_0$  đạt được phụ thuộc vào  $t_3$ , áp suất  $p_1, p_2$  và số mũ đoạn nhiệt  $k$ .

Năng suất lạnh riêng  $q_0$  và năng suất nhiệt  $q_k$  được xác định bằng hiệu nhiệt độ với nhiệt dung riêng đẳng áp. Công của chu trình bằng diện tích 1-2-3-4 biểu diễn trên đồ thị T-s và bằng các quan hệ toán học ta có thể xác định được hệ số lạnh của chu trình bằng hệ số lạnh của chu trình Carnot ngược chiều. Tuy nhiên ở chu trình Carnot ngược chiều nhiệt độ  $t_0$  là không đổi, trong khi ở chu trình nén khí  $t_0$  tăng đến  $t_1$ .

## 2.4. PHƯƠNG PHÁP TIẾT LƯU KHÔNG SINH NGOẠI CÔNG HIỆU ỨNG JOULE – THOMSON

Có thể dẫn nở khí không sinh ngoại công bằng cách tiết lưu khí qua các cơ cấu tiết lưu từ áp suất cao  $p_1$  xuống áp suất thấp hơn  $p_2$ , không có trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài (hình 2.3).



Hình 2.3 : Tiết lưu không sinh ngoại công của một dòng môi chất.

Có thể sử dụng phương trình cân bằng nhiệt của định luật nhiệt động thứ nhất, với điều kiện bỏ qua sự chênh lệch độ cao của 2 điểm (1) và (2) :

$$q_{12} + l_{12} = h_2 - h_1 + \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2}$$

$q_{12} = 0$ , vì đây là quá trình tiết lưu đoạn nhiệt, nhiệt lượng cấp vào quá trình bằng không ;

$l_{12} = 0$ , vì không sinh ngoại công ;

$(\omega_2^2 - \omega_1^2) / 2 \approx 0$ , vì tốc độ dòng chảy nhỏ.

Như vậy, quá trình tiết lưu đoạn nhiệt không sinh ngoại công có entanpy không đổi :

$$h_2 = h_1$$

Quá trình tiết lưu là quá trình không thuận nghịch điển hình. Tuy  $q_{12} = 0$  nhưng entropy tăng, áp suất giảm do dòng chảy tạo xoáy và ma sát mạnh.

Năm 1825 Joule và Thomson nêu lên quan hệ giữa sự thay đổi áp suất và nhiệt độ qua quá trình tiết lưu như sau :

$$\left(\frac{dT}{dp}\right)_h = \alpha$$

$$\alpha = \frac{1}{c_p} \left[ v - T \left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \right]$$

Đối với khí lí tưởng, vì  $v = \frac{RT}{p}$  nên  $T \left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_p = T \frac{R}{p} = v$ ,

Suy ra  $\alpha = 0$ , nhiệt độ không thay đổi sau tiết lưu. Đối với khí thực, xảy ra 3 trường hợp : lớn hơn, bằng và nhỏ hơn không và được gọi là hiệu ứng Joule - Thomson :

$\alpha > 0$  nhiệt độ giảm sau tiết lưu ;

$\alpha = 0$  nhiệt độ không đổi ;

$\alpha < 0$  nhiệt độ tăng sau tiết lưu.

Nhờ các phương trình trạng thái của khí thực, người ta có thể xác định được đường cong  $\alpha = 0$  chia ra hai vùng  $\alpha < 0$  và  $\alpha > 0$  trên đồ thị T-s. Đường cong  $\alpha = 0$  thường gọi là đường chuyển biến và nhiệt độ giới hạn khí  $\alpha(T) = 0$  gọi là nhiệt độ chuyển biến. Nhiệt độ chuyển biến  $T_{cb}$  của hầu hết các hơi và khí đều bằng 6,75 lần nhiệt độ tới hạn. Như vậy ở nhiệt độ môi trường, chỉ trừ He và  $H_2$  còn hầu hết các khí và hơi khi tiết lưu đều có nhiệt độ giảm, đặc biệt khi tiết lưu hơi ẩm hoặc lỏng.

Trong công nghiệp, Linde (Đức) là người đầu tiên sử dụng hiệu ứng tiết lưu kết hợp với các thiết bị trao đổi nhiệt ngược dòng để hoá lỏng không khí.

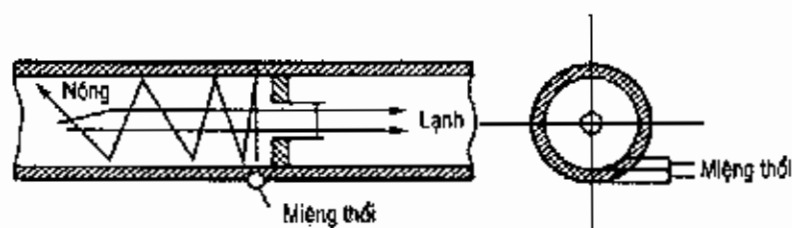
Trong máy lạnh nén hơi, hấp thụ và ejector, người ta sử dụng các thiết bị tiết lưu đơn giản, gọn nhẹ thay cho máy dẫn nở rất công kềnh phức tạp.

## 2.5. DẪN NỔ KHÍ TRONG ỐNG XOÁY

Năm 1933 Ranque (Mĩ) đã mô tả về một hiệu ứng đặc biệt trong ống xoáy như sau : Khi cho một dòng không khí có áp suất 6 bar ở  $20^\circ\text{C}$  thổi tiếp tuyến với thành trong của ống, vuông góc với trục ống  $\phi 12$  mm thì nhiệt độ ở thành ống tăng lên trong khi nhiệt độ ở tâm ống giảm xuống. Khi đặt một tấm chắn, sát dòng thổi tiếp tuyến có đường kính lỗ  $d \ll 12$  mm thì gió lạnh sẽ đi qua tấm chắn còn gió nóng đi theo hướng ngược lại.



Hiệu nhiệt độ lên đến 70K. Nhiệt độ phía lạnh đạt tới  $-12^{\circ}\text{C}$ , phía nóng tới  $58^{\circ}\text{C}$ , áp suất sau khi dẫn nở bằng áp suất khí quyển (hình 2.4).



Hình 2.4 : Ống xoáy.

Hiệu ứng ống xoáy mới đầu hấp dẫn nhiều nhà khoa học vì nó đơn giản và đầy hứa hẹn nhưng đến nay ống xoáy vẫn không được ứng dụng vì hệ số lạnh quá nhỏ.

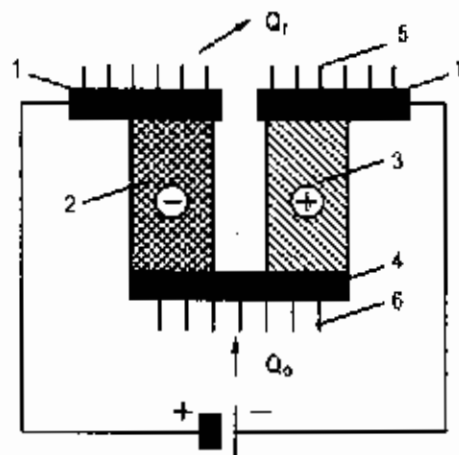
## 2.6. HIỆU ỨNG NHIỆT ĐIỆN, HIỆU ỨNG PELTIER

Năm 1821 Seebeck (Đức) đã phát hiện ra rằng trong một vòng dây dẫn kín gồm 2 kim loại khác nhau, nếu đốt nóng một đầu nối và làm lạnh đầu kia thì xuất hiện một dòng điện trong dây dẫn.

Đến năm 1834 Peltier (Mĩ) phát hiện ra hiện tượng ngược lại là nếu cho một dòng điện một chiều đi qua vòng dây dẫn kín gồm 2 kim loại khác nhau thì một đầu nối sẽ nóng lên và đầu kia lạnh đi.

Hiệu ứng Peltier được gọi là hiệu ứng nhiệt điện và được ứng dụng trong đo đạc nhiệt độ và cả trong kĩ thuật lạnh. Để đạt được độ chênh nhiệt độ lớn người ta phải sử dụng các cặp nhiệt điện thích hợp gồm các chất bán dẫn đặc biệt của bismút, antimon, sêlen, và các phụ gia.

Hình 2.5 mô tả cách bố trí một cặp nhiệt điện. Khi nối với dòng điện một chiều, một phía sẽ lạnh xuống và một phía nóng lên.



Hình 2.5 : Cặp nhiệt điện.

- 1 - Đồng thanh phía nóng ;
- 2,3 - Cặp kim loại bán dẫn khác tính ;
- 4 - Đồng thanh phía lạnh ;
- 5,6 - Cánh tản nhiệt.

Hiệu nhiệt độ có thể đạt đến 60K. Máy lạnh nhiệt điện được sử dụng khá rộng rãi nhưng năng suất lại nhỏ (từ 30 đến 100W).

Ưu điểm chính của tủ lạnh nhiệt điện là :

- Không gây tiếng ồn, không có chi tiết chuyển động.
- Gọn nhẹ, chắc chắn, dễ mang xách, không cần môi chất lạnh.
- Chỉ cần thay đổi chiều đấu điện là chuyển được từ tủ lạnh sang tủ nóng và ngược lại.
- Chỉ cần điện áp quy một chiều, tiện lợi cho du lịch và nông thôn.

Nhưng tủ cũng có nhiều nhược điểm :

- Hệ số lạnh thấp, tiêu tốn điện năng lớn.

Giá thành cao.

- Không trữ lạnh và nóng được vì các cặp kim loại là các cặp nhiệt lớn cân bằng nhanh nhiệt độ trong và ngoài.

## 2.7. PHƯƠNG PHÁP KHỬ TỪ ĐOẠN NHIỆT

Đây là phương pháp sử dụng trong kĩ thuật cryô để hạ nhiệt độ của các mẫu thí nghiệm từ nhiệt độ sôi của heli ( $3 + 4K$ ) xuống gần nhiệt độ không tuyệt đối, khoảng  $10^{-3}K$ . Nguyên tắc làm việc như sau : Người ta sử dụng một loại muối nhiễm từ, ở quá trình nhiễm từ giữa 2 cực từ mạnh, các tinh thể được sắp xếp thứ tự, muối toả ra một lượng nhiệt nhất định, lượng nhiệt này truyền ra ngoài để bay hơi heli lỏng. Quá trình nhiễm từ và toả nhiệt kết thúc, từ trường bị ngắt, muối bị khử từ đoạn nhiệt, nhiệt độ giảm đột ngột và tạo ra một năng suất lạnh q<sub>o</sub>. Lặp lại các quá trình đó nhiều lần, người ta có thể tạo ra nhiệt độ lạnh rất thấp.

## 2.8. TAN CHẢY HOẶC THĂNG HOA VẬT RẮN

Tan chảy và thăng hoa vật rắn để làm lạnh là phương pháp chuyển pha của các chất tải lạnh như nước đá và đá khô.

Nước đá khi tan ở  $0^{\circ}C$  thu một nhiệt lượng  $333kJ$  ( $\approx 79,5kcal$ ). Nếu cần nhiệt độ thấp hơn, phải hoà trộn đá vụn với muối ăn hoặc muối  $CaCl_2$ . Nhiệt độ thấp nhất có thể đạt được với nước đá muối là  $-21,2^{\circ}C$  ở nồng độ muối 23% trong nước đá.

Nước đá và nước đá muối được sử dụng rộng rãi nhất là trong công nghiệp đánh bắt hải sản vì các ưu điểm rõ tiến, không độc hại và nhiệt ẩn tan chảy lớn, nhược điểm là gây ẩm ướt cho sản phẩm bảo quản. Nước muối đá có tính ăn mòn cao.

Đá khô là cacbonic ở dạng rắn. Khi sử dụng, nó chuyển từ dạng rắn sang dạng hơi, không để lại lỏng nên gọi là đá khô. Ngày nay đá khô có ý nghĩa công nghiệp rộng lớn, đặc biệt dùng làm lạnh trên phương tiện vận tải. Nhiệt ẩn thăng hoa của đá khô là  $572,2 kJ/kg$  ở nhiệt độ  $-78,5^{\circ}C$ . Khi tăng lên đến  $0^{\circ}C$  năng suất lạnh riêng của đá khô

là 637,3 kJ/kg. Đá khô có rất nhiều ưu điểm : khá rẻ so với nitơ lỏng, nhiệt ẩn thăng hoa lớn, năng suất lạnh thể tích lớn, không làm ẩm ướt sản phẩm, CO<sub>2</sub> có khả năng kìm hãm vi sinh vật phát triển. Nhược điểm là đá khô khá đắt tiền so với nước đá.

## 2.9. BAY HƠI CHẤT LỎNG

Quá trình bay hơi chất lỏng bao giờ cũng gắn liền với quá trình thu nhiệt. Nhiệt lượng cần thiết để bay hơi một kg chất lỏng gọi là nhiệt ẩn bay hơi  $r$ . Vì nhiệt ẩn bay hơi của chất lỏng bao giờ cũng lớn hơn rất nhiều nhiệt ẩn hoá rắn nên hiệu ứng lạnh lớn hơn.

Chất lỏng bay hơi đóng vai trò là môi chất lạnh và chất tải lạnh quan trọng trong kĩ thuật lạnh.

Nitơ lỏng được coi là chất tải lạnh quan trọng đặc biệt trong sinh học cryô. Nhiều trường hợp, nitơ lỏng vừa là chất tải lạnh vừa là chất để bảo quản vì nitơ là loại khí trơ có tác dụng kìm hãm các quá trình sinh hoá trong sản phẩm bảo quản.

Nitơ lỏng sôi ở nhiệt độ  $-196^{\circ}\text{C}$ . Nhiệt ẩn hoá hơi 200kJ/kg. Nếu tăng lên đến nhiệt độ  $0^{\circ}\text{C}$ , nitơ thu thêm một lượng nhiệt cũng khoảng 200kJ/kg, như vậy năng suất lạnh riêng  $q_0$  gần bằng 400kJ/kg ở nhiệt độ  $0^{\circ}\text{C}$ .

Các môi chất lỏng cho máy lạnh nén hơi, hấp thụ và ejectơ là amoniác, nước, các freôn đều thực hiện quá trình thu nhiệt ở môi trường lạnh bằng quá trình bay hơi ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp, và thải nhiệt ra môi trường bằng quá trình ngưng tụ ở áp suất cao và nhiệt độ cao.

## Chương 3

# MÔI CHẤT LẠNH VÀ CHẤT TẢI LẠNH

### 3.1. MÔI CHẤT LẠNH

Môi chất lạnh (còn gọi là tác nhân lạnh hay ga lạnh) là chất môi giới sử dụng trong chu trình nhiệt động ngược chiều để thu nhiệt của môi trường có nhiệt độ thấp và thải nhiệt ra môi trường có nhiệt độ cao hơn. Môi chất tuần hoàn được trong hệ thống lạnh nhờ quá trình nén.

Ở máy lạnh nén hơi, sự thu nhiệt ở môi trường có nhiệt độ thấp nhờ quá trình bay hơi ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp, sự thải nhiệt cho môi trường có nhiệt độ cao nhờ quá trình ngưng tụ ở áp suất cao và nhiệt độ cao, sự tăng áp suất của quá trình nén hơi và giảm áp suất nhờ quá trình tiết lưu hoặc dẫn nở lỏng.

Ở máy lạnh nén khí, môi chất lạnh không thay đổi trạng thái, luôn ở thể khí.

#### 3.1.1. Yêu cầu đối với môi chất lạnh

Do những đặc điểm của chu trình ngược, hệ thống thiết bị, điều kiện vận hành... môi chất cần có những tính chất hoá học, vật lí, nhiệt động... thích hợp :

##### 1) Tính chất hoá học

– Môi chất cần bền vững về mặt hoá học trong phạm vi áp suất và nhiệt độ làm việc, không được phân huỷ, không được polime hoá.

– Môi chất phải trơ, không ăn mòn các vật liệu chế tạo máy, dầu bôi trơn, oxy trong không khí và hơi ẩm.

– An toàn, không dễ cháy và dễ nổ.

##### 2) Tính chất lí học

– Áp suất ngưng tụ không được quá cao, nếu áp suất ngưng tụ quá cao, độ bền chi tiết yêu cầu lớn, vách thiết bị dày, dễ rò rỉ môi chất.

– Áp suất bay hơi không được quá nhỏ, phải lớn hơn áp suất khí quyển để hệ thống không bị chân không, dễ rò lọt không khí vào hệ thống.

– Nhiệt độ đông đặc phải thấp hơn nhiệt độ bay hơi nhiều, và nhiệt độ tới hạn phải cao hơn nhiệt độ ngưng tụ nhiều.