

PGS. TS BÙI HẢI
PGS. TS TRẦN THẾ SƠN

Kỹ thuật nhiệt

Thu Vien DHKTCN-TN



MGT06008009



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

PGS. TS BÙI HẢI - PGS. TS TRẦN THẾ SƠN

KỸ THUẬT NHIỆT

(In lần thứ 4 có sửa chữa, bổ sung)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2004

Chịu trách nhiệm xuất bản : Pgs. Ts. Tô Đăng Hải
Biên tập : Phạm Niên, Ngọc Khuê
Trình bày và chế bản : Văn Cẩm
Vẽ bìa : Hương Lan

6 - 411

KHKT - 2004

In 1000 cuốn khổ 19x27cm. Tại Nhà in Đại Học Quốc Gia Hà Nội.
Giấy phép xuất bản: 6 - 411 ngày 12 tháng 8 năm 2004.
In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2004.

LỜI NÓI ĐẦU

"KỸ THUẬT NHIỆT" là môn học nghiên cứu những qui luật biến đổi năng lượng (chủ yếu là qui luật biến đổi giữa nhiệt năng và cơ năng) và qui luật truyền nhiệt năng trong các vật nói chung hoặc trong thiết bị nhiệt nói riêng.

Cuốn giáo trình "KỸ THUẬT NHIỆT" này được biên soạn nhằm đáp ứng nhu cầu giảng dạy và học tập của sinh viên các trường đại học kỹ thuật, trên cơ sở đề cương mới của môn học đã được Bộ môn Máy lạnh và thiết bị nhiệt Trường Đại học Bách khoa Hà Nội thông qua. Nội dung của môn học đã được cải tiến nhờ kinh nghiệm giảng dạy lâu năm của các tác giả. Tuy nhiên, cuốn sách không khỏi có những sai sót, mong các đồng nghiệp và bạn đọc góp ý cho tác giả.

Giáo trình gồm hai phần và tám chương.

Phần Nhiệt động kỹ thuật (chương 1, 2, 3, 4) do PGS, TS Bùi Hải biên soạn.

Phần Truyền nhiệt (chương 5, 6, 7, 8) do PGS, TS Trần Thế Sơn biên soạn.

Chúng tôi xin cảm ơn PGS, TS Phạm Lê Dân, PGS, TSKH Đặng Quốc Phú và TS Dương Đức Hồng đã giúp đỡ chúng tôi trong quá trình biên soạn giáo trình này.

Chủ biên: PGS, TS Bùi Hải

Các tác giả
Nguyễn Ngọc Dũng.

PHẦN THỨ NHẤT

Nhiệt động kỹ thuật

Môn học kỹ thuật nhiệt gồm hai phần: Nhiệt động kỹ thuật và Truyền nhiệt. Nhiệt động kỹ thuật nghiên cứu các quá trình biến đổi năng lượng nói chung và trong các máy nhiệt nói riêng. Truyền nhiệt nghiên cứu quá trình trao đổi nhiệt giữa các vật. Đầu tiên chúng ta nghiên cứu phần nhiệt động kỹ thuật sau đó sẽ nghiên cứu phần truyền nhiệt.

Nhiệt động kỹ thuật là môn học nghiên cứu những qui luật biến đổi năng lượng có liên quan tới năng lượng nhiệt trong các quá trình lý hóa khác nhau, trong đó có quá trình biến đổi nhiệt năng thành cơ năng và ứng dụng trong kỹ thuật. Những cơ sở của nhiệt động đã phát triển từ thế kỷ 19 khi xuất hiện các động cơ nhiệt. Môn nhiệt động được xây dựng trên cơ sở hai định luật thực nghiệm: định luật nhiệt động thứ nhất và thứ hai. Định luật nhiệt động thứ nhất thực chất là định luật bảo toàn và biến hóa năng lượng ứng dụng trong phạm vi nhiệt, nó đặc trưng về mặt số lượng của quá trình biến đổi năng lượng. Định luật nhiệt động thứ hai xác định điều kiện và mức độ biến đổi nhiệt năng thành cơ năng, xác định chiều hướng tiến hành các quá trình xảy ra trong tự nhiên, nó đặc trưng về mặt chất lượng của những quá trình biến đổi năng lượng. Dựa trên hai định luật này và bằng phương pháp toán học có thể rút ra những kết luận cơ bản của nhiệt động học làm cơ sở ứng dụng vào kỹ thuật.

Tất cả các đại lượng vật lý trong giáo trình được trình bày theo hệ đơn vị đo cơ bản (SI). Trong hệ đơn vị này có bốn đơn vị cơ bản: khối lượng (kg), chiều dài (m), thời gian (s), nhiệt độ ($^{\circ}\text{K}$). Tất cả đơn vị của các đại lượng vật lý khác đều là đơn vị dẫn xuất từ các đơn vị cơ bản trên.

Trong phần nhiệt động kỹ thuật chúng ta dùng các chữ nhỏ (l, q, u, \dots) để ký hiệu các đại lượng ứng với 1 kg chất mà ta nghiên cứu, còn các chữ lớn (L, Q, U, \dots) để ký hiệu các đại lượng ứng với khối lượng bất kỳ (khác 1 kg) của chất ta nghiên cứu.

Những khái niệm cơ bản

1.1. HỆ NHIỆT ĐỘNG VÀ THÔNG SỐ TRẠNG THÁI

1.1.1. Nguyên lý làm việc của máy nhiệt

Máy nhiệt là thiết bị thực hiện quá trình chuyển hóa giữa nhiệt năng và cơ năng ở hai nguồn nhiệt: nguồn nóng có nhiệt độ T_1 và nguồn lạnh có nhiệt độ T_2 .

Máy nhiệt được chia thành hai nhóm: nhóm động cơ nhiệt và nhóm máy lạnh, bơm nhiệt.

Động cơ nhiệt (ví dụ máy hơi nước, tuabin hơi, tuabin khí, động cơ đốt trong, động cơ phản lực) làm việc theo nguyên lý sau: môi chất nhận nhiệt Q_1 từ nguồn nóng (quá trình cháy nhiên liệu, phản ứng hạt nhân...), giãn nở để biến một phần nhiệt này thành công L_0 . Sau đó môi chất nhả phần nhiệt còn lại Q_2 cho nguồn lạnh (khí quyển, nước làm mát, ...). Ở đây ta có: $Q_1 - |Q_2| = L_0$ và $L_0 < Q_1$.

Máy lạnh và bơm nhiệt hoạt động theo nguyên lý sau: máy tiêu hao năng lượng L_0 (nhận công hoặc nhiệt năng) để môi chất nhận nhiệt Q_2 từ nguồn lạnh (nhiệt của vật cần làm lạnh trong buồng lạnh, ...) rồi truyền nhiệt Q_2 cùng với năng lượng L_0 cho nguồn nóng (khí quyển, ...). Ở đây ta có: $|Q_1| = Q_2 + |L_0|$. Máy lạnh sử dụng nhiệt Q_2 để làm lạnh các vật còn bơm nhiệt sử dụng Q_1 để sưởi ấm, sấy các vật.

Nhiệt và công đều là các đại lượng vật lý phụ thuộc vào quá trình và là các dạng của năng lượng. Vì chúng ta có thể biến đổi một dạng năng lượng này sang dạng năng lượng khác, nên năng lượng được đo bằng đơn vị thống nhất là Jun (J); bội số của Jun là: $1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J}$, $1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$. Ngoài ra ta còn dùng đơn vị Btu, cal, kcal và ta có quy đổi:

$$1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}; 1 \text{ kJ} = 0,24 \text{ kcal}; 1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal}; 1 \text{ Btu/h} \approx 0,3 \text{ W}.$$

Trong phần nhiệt động kỹ thuật ta quy ước dấu của nhiệt và công như sau: Nhiệt mà vật nhận vào mang dấu dương ($Q > 0$), nhiệt mà vật nhả ra mang dấu âm ($Q < 0$). Công mà vật sinh ra mang dấu dương ($L > 0$), công mà vật nhận được mang dấu âm ($L < 0$).

1.1.2. Môi chất và hệ nhiệt động

1. Môi chất

Để thực hiện quá trình biến đổi giữa nhiệt và công trong các máy nhiệt người ta dùng chất trung gian gọi là môi chất (hay chất môi giới). Môi chất có thể ở một

trong ba thể cơ bản: thể khí, thể lỏng hoặc thể rắn. Trong các máy nhiệt thường thấy môi chất ở thể khí, vì chất khí có khả năng thay đổi thể tích rất lớn nên có khả năng trao đổi công lớn.

Mọi chất khí trong tự nhiên đều là khí thực, chúng được tạo nên từ các phân tử và nguyên tử, các phân tử và nguyên tử này có kích thước bản thân nhất định, đồng thời giữa chúng có lực tác dụng tương hỗ. Trước tiên, để đơn giản cho việc nghiên cứu, chúng ta đưa ra khái niệm gọi là khí lý tưởng. Khí lý tưởng là khí gồm các phân tử và nguyên tử mà giữa chúng không có lực tương tác và chúng không có thể tích bản thân, các phân tử và nguyên tử ở đây chỉ là những chất điểm chuyển động.

Trong thực tế, các khí như không khí, hydro, oxy, ..., ở điều kiện áp suất thấp và nhiệt độ bình thường, có thể coi là khí lý tưởng với sai số gặp phải trong tính toán không lớn lắm.

2. Hệ nhiệt động

Hệ nhiệt động là một vật hoặc nhiều vật được tách riêng ra khỏi các vật khác để nghiên cứu những tính chất nhiệt động của chúng. Tất cả những vật ngoài hệ gọi là môi trường. Hệ nhiệt động được phân ra làm nhiều loại:

- Hệ kín là hệ trong đó trọng tâm của hệ không chuyển động (không có chuyển động vĩ mô) hoặc có chuyển động nhưng với tốc độ nhỏ mà ta hoàn toàn có thể bỏ qua động năng của nó. Khối lượng của hệ không đổi và môi chất trong hệ không đi qua bề mặt ranh giới giữa hệ và môi trường. Ví dụ: chất khí chứa trong bình kín là một hệ kín vì trọng tâm của khối khí không chuyển động, khối lượng khí không đổi và khí không thoát ra khỏi bình. Hơi nước trong chu trình động lực hơi nước của nhà máy nhiệt điện cũng là một hệ kín, vì về toàn bộ trọng tâm của hơi không chuyển động, khối lượng của hơi không đổi và hơi không thoát ra ngoài.

- Hệ hở là hệ trong đó trọng tâm của hệ có chuyển động (chuyển động vĩ mô), khối lượng của hệ thay đổi và môi chất đi qua bề mặt ranh giới giữa hệ và môi trường. Ví dụ: tuabin (hơi hoặc khí) là một hệ hở vì khối lượng hơi trong tuabin thay đổi, hơi chuyển động vào ra khỏi tuabin (vượt qua ranh giới giữa hệ và môi trường). Máy nén khí cũng là hệ hở vì lượng khí trong xy lanh thay đổi, khí đi vào và ra khỏi xy lanh.

- Hệ đoạn nhiệt là hệ không trao đổi nhiệt với môi trường.

- Hệ cô lập là hệ không trao đổi nhiệt và công với môi trường.

1.1.3. Các thông số trạng thái của môi chất

Thông số trạng thái là những đại lượng vật lý có giá trị xác định ở một trạng thái nhất định nào đó. Thông số trạng thái là hàm chỉ phụ thuộc vào trạng thái mà