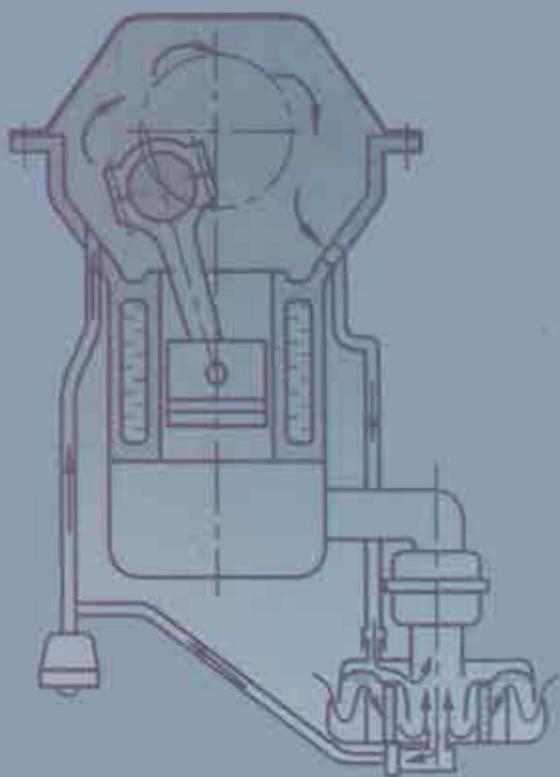


PHẠM MINH TUẤN



ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

PGS.PTS. PHẠM MINH TUẤN

ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

IN LẦN THỨ NHẤT

(Giáo trình cho sinh viên cơ khí)



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI - 1999**

LỜI NÓI ĐẦU

Động cơ đốt trong đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế, là nguồn động lực cho các phương tiện vận tải như ô tô, máy kéo, xe máy, tàu thủy, máy bay và các máy công tác như máy phát điện, bơm nước ... Một khía cạnh, động cơ đốt trong, đặc biệt là động cơ ô tô, là một trong những nguyên nhân chính gây ô nhiễm môi trường, nhất là ở thành phố.

Do tính phổ biến của động cơ đốt trong nên đã từ lâu, hầu như tất cả sinh viên cơ khí đều được học môn Động cơ đốt trong. Môn học này trang bị những kiến thức cơ bản về nguyên lý làm việc và kết cấu động cơ. Tuy nhiên, cho đến nay chưa có một cuốn giáo trình nào dạy về vấn đề trên.

Cuốn sách này được viết trên cơ sở tập hợp những bài giảng đã được giảng dạy lâu nay, có bổ sung những kiến thức mới và hiện đại về chuyên ngành sao cho phù hợp với thực tiễn Việt Nam.

Trước hết cuốn sách là giáo trình phục vụ sinh viên cơ khí, ngoài ra nó có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho sinh viên ngành động cơ, ngành ô tô khi bắt đầu học chuyên ngành.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn tập thể cán bộ giảng dạy bộ môn Động cơ đốt trong, khoa Cơ khí trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã đóng góp cho đề cương cũng như nội dung cuốn sách những ý kiến quý báu.

Kính mong bạn đọc và các bạn đồng nghiệp lượng thứ cho những sai sót do xuất bản lần đầu. Xin trân trọng cảm ơn những ý kiến đóng góp của các bạn để cuốn sách được hoàn chỉnh hơn trong những lần xuất bản sau.

Các ý kiến xin gửi về Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

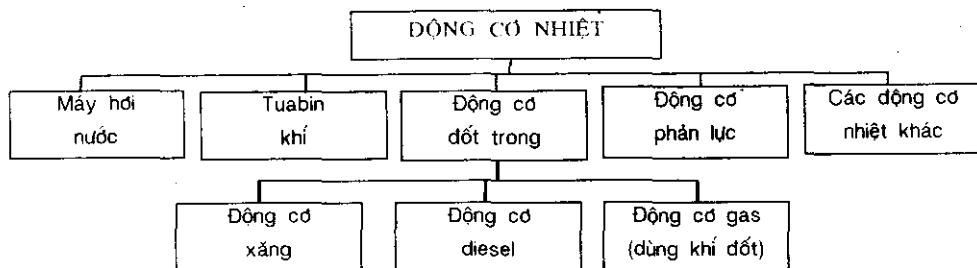
Tác giả

Phần mở đầu

VÀI NÉT SƠ LUẬC VỀ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

1. ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG LÀ MỘT LOẠI ĐỘNG CƠ NHIỆT

Động cơ nhiệt nói chung là những máy biến đổi nhiệt thành công. Động cơ đốt trong là một loại động cơ nhiệt, trong đó quá trình đốt cháy nhiên liệu để cung cấp nhiệt và quá trình giãn nở sinh công của mỗi chất công tác (sản vật cháy) đều được thực hiện ngay trong buồng công tác của động cơ. Nói chung, có thể phân loại động cơ đốt trong thuộc hệ thống động cơ nhiệt theo sơ đồ dưới đây :



Hình 1. Động cơ đốt trong trong họ các động cơ nhiệt

2. VÀI NÉT VỀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN

Trong lịch sử phát triển có một vài mốc đáng ghi nhớ sau :

- 1860 : Động cơ đốt trong đầu tiên ra đời do ông Lenoir là một người hẫu bàn và một nhà kỹ thuật nghiệp dư ở Paris chế tạo. Động cơ chạy khí đốt, có hiệu suất $\eta_c = 2 \div 3\%$.
- 1876 : Ôtô một nhà buôn ở thành phố Kolin nước Đức chế tạo một loại động cơ cũng chạy khí đốt nhưng đạt hiệu suất cao hơn với $\eta_c = 10\%$.
- 1886 : Hãng Daimler - Maybach cho xuất xưởng động cơ xăng đầu tiên có công suất $N_c = 0,25$ mã lực và tốc độ vòng quay $n = 600$ v/ph.
- 1897 : Động cơ diesel đầu tiên ra đời có hiệu suất khá cao; $\eta_c = 26\%$.
- 1954 : Động cơ piston quay do hãng NSU-Wankel chế tạo nổi bật về tính gọn nhẹ.

Ngành chế tạo động cơ đốt trong phát triển rất mạnh. Hiện nay sản lượng hàng năm ước tính 40 triệu chiếc với dải công suất từ 0,1 đến khoảng 70.000 kW cho các lĩnh vực kinh tế như giao thông vận tải, xây dựng, nông nghiệp, làm nghiệp, năng lượng ... và gia dụng.

3. PHÂN LOẠI ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

- a. Theo nhiên liệu : động cơ xăng, động cơ diesel và động cơ gas còn gọi là động cơ chạy khí (hình 1).
- b. Theo cách thức đốt nhiên liệu trong buồng cháy : đốt *atrong bức* bằng tia lửa điện như trong động cơ xăng, động cơ khí và đốt *do tự cháy* như ở động cơ diesel.

c. Theo số xylyanh : động cơ 1 xylyanh và động cơ nhiều xylyanh.

d. Theo cách bố trí dây xylyanh đối với động cơ nhiều xylyanh : động cơ một hàng xylyanh, chữ V (hình 2a) hay động cơ hình sao (hình 2b). Động cơ hình sao thường dùng cho máy bay.

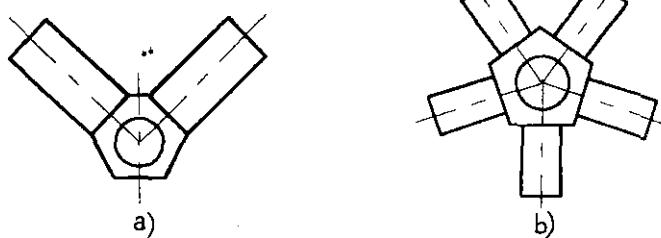
e. Theo loại chuyển động của piston : động cơ piston chuyển động tịnh tiến hay gọi ngắn gọn là động cơ piston và động cơ piston quay hay còn gọi là động cơ rôto như động cơ Wankel.

f. Theo điều kiện nạp : động cơ tăng áp và động cơ không tăng áp.

g. Theo số hành trình piston trong một chu trình : động cơ hai kỳ và động cơ bốn kỳ.

h. Theo phương pháp làm mát : động cơ làm mát bằng nước và động cơ làm mát bằng gió.

i. Theo tốc độ của piston : động cơ tốc độ thấp, tốc độ trung bình và động cơ cao tốc.



Hình 2. a) động cơ chữ V và ; b) động cơ hình sao

4. ƯU NHƯỢC ĐIỂM CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

Khi so sánh với các động cơ nhiệt khác, động cơ đốt trong có những ưu điểm nổi bật :

- Hiệu suất cao đến 46%, trong khi đó hiệu suất của máy hơi nước kiểu piston 16%, của tuabin hơi 22 ± 28% và của tuabin khí 30%.

- Kích thước và trọng lượng nhỏ, công suất riêng lớn do mọi quá trình biến đổi trạng thái của môi chất thực hiện bên trong buồng công tác của động cơ. Ngoài ra, do dùng nhiên liệu có nhiệt trị cao nên rất thích hợp trên các phương tiện vận tải với điều kiện làm việc di động.

- Khởi động, vận hành, chăm sóc dễ dàng.

Tuy nhiên động cơ đốt trong có những nhược điểm cơ bản là :

- Không phát ra mômen lớn tại tốc độ vòng quay nhỏ nên không khởi động được khi có tải.

- Khả năng quá tải kém.

- Công suất cực đại (max) không cao. Một trong những động cơ lớn nhất thế giới hiện nay là động cơ của hãng MAN - B&W có công suất 68.520 kW (số liệu 1997) trong khi công suất của tuabin hơi bình thường có thể đạt vài chục kW.

- Nhiên liệu đắt và cạn dần trong thiên nhiên.

- Ô nhiễm môi trường vì khí xả và ồn.

Tuy nhiên trong vài ba thập niên tới, động cơ đốt trong vẫn là loại động cơ không thể thay thế, do những động cơ khác tuy ưu việt hơn nhưng vì những lí do kinh tế và kỹ thuật nên chưa được chế tạo hàng loạt.

Phần I

NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

Để có thể phân tích kết cấu các cơ cấu, các hệ thống của động cơ ở phần II của cuốn sách này, chúng ta phải tìm hiểu những vấn đề cơ bản liên quan đến nguyên tắc làm việc của động cơ.

Chương I

NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

Để có thể hiểu được nguyên lý làm việc của động cơ đốt trong, trước hết phải tìm hiểu bản chất của các nhiên liệu được sử dụng và hỗn hợp giữa nhiên liệu với không khí tạo thành hỗn hợp cháy. Do giới hạn của cuốn sách chúng ta chỉ xét động cơ xăng và động cơ diesel là những động cơ phổ biến nhất. Vì vậy, chúng ta cũng chỉ xét nhiên liệu cho các động cơ này là các nhiên liệu lỏng.

1.1. Nhiên liệu lỏng dùng trong động cơ đốt trong

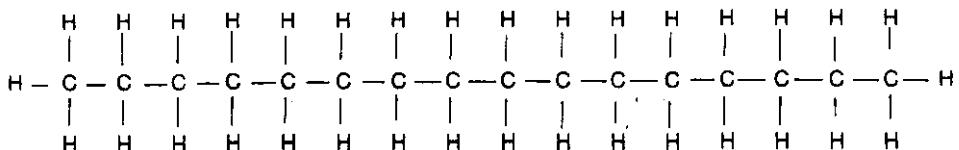
Khi tinh luyện dầu mỏ hoặc tổng hợp nhiên liệu thế khí hay nhiên liệu rắn ta thu được xăng, dầu hỏa, dầu diesel và dầu máy. Trong số đó xăng và dầu diesel được sử dụng làm nhiên liệu cho động cơ đốt trong (từ đây ta gọi ngắn gọn là nhiên liệu). Nhiên liệu thực chất là một hỗn hợp gồm nhiều loại cacbuahydrô với thành phần khác nhau. Chính sự khác nhau về thành phần các loại cacbuahydrô trong nhiên liệu dẫn tới sự phân loại nhiên liệu thành các dạng khác nhau.

1.1.1. Dầu diesel

Dầu diesel là loại nhiên liệu nặng với tỷ trọng $\rho = 0,8 - 0,95 \text{ g/cm}^3$, có tính tự cháy cao (không cần nguồn lửa bên ngoài).

a. Thành phần chính

Số dí dầu diesel có tính tự cháy cao vì trong thành phần của nó có nhiều cacbuahydô no C_nH_{2n+2} ở dạng mạch thẳng nên dễ bị phân huỷ ở nhiệt độ cao trong phản ứng ôxy hóa tỏa nhiệt, ví dụ xêtan $C_{16}H_{34}$ (hình 1-1).

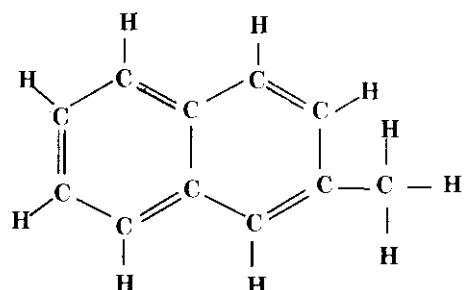


Hình 1-1. Xêtan $C_{16}H_{34}$, một loại cacbuahydô no mạch thẳng

b. Đánh giá tính tự cháy của dầu diesel

Xêtan $C_{16}H_{34}$ là một cacbuahydô no, dạng mạch thẳng có tính tự cháy cao. Còn α -metylnaphtalin $C_{11}H_{10}$ là một cacbuahydô có dạng mạch vòng (hình 1 - 2), có kết cấu phân tử rất bền vững, do đó tính tự cháy rất kém. Để đánh giá tính tự cháy của dầu diesel, người ta sử dụng một thông số gọi là số xêtan (Xe). Để xác định số Xe của một loại dầu diesel, trên một động cơ thử nghiệm đặc biệt có thể thay đổi được tỷ số nén, theo một qui trình nhất định, người ta thử nghiệm động cơ với dầu diesel này. Sau đó, người ta tiến hành thử nghiệm tương tự với nhiên liệu là một hỗn hợp gồm xêtan ($C_{16}H_{34}$) và α -metylnaphtalin gọi là nhiên liệu so sánh. Thành phần xêtan trong hỗn hợp so sánh được điều chỉnh cho đến khi tính tự cháy của hai loại nhiên liệu thử nghiệm là tương đương. Khi đó, thành phần xêtan tính theo % trong hỗn hợp so sánh được coi là số Xe cần xác định của dầu diesel.

Rõ ràng, số Xe càng lớn thì tính tự cháy của nhiên liệu càng cao và ngược lại. Đối với xêtan, Xe = 100; còn đối với α -metylnaphtalin, Xe = 0. Các loại dầu diesel thông dụng có Xe nằm trong khoảng 35 – 55. Ở nước ta thường dùng



Hình 1-2. α -metylnaphtalin $C_{11}H_{10}$ có kết cấu phân tử dạng mạch vòng

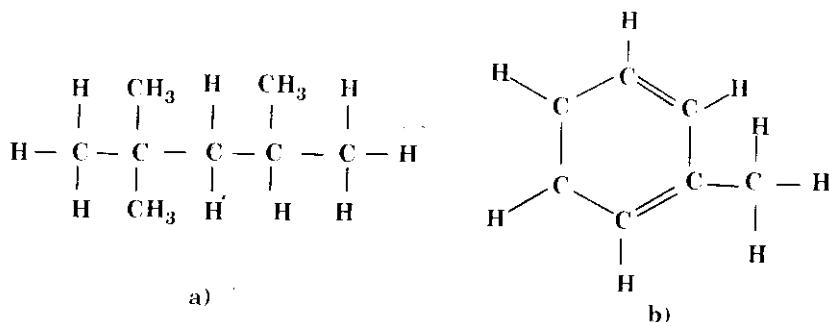
dầu D45 và D48 ứng với loại D1 và D2 theo TCVN 5689 - 92 có các thông số sau 84 ± 88% C, 10 ± 14% H, nhiệt trị thấp $Q_{nl} = 42500$ kJ/kg.

1.1.2. Xăng

Xăng là loại nhiên liệu nhẹ, $\rho = 0,65 - 0,8$ g/cm³, dễ bay hơi và có tính tự cháy kém.

a. Thành phần chính

Sò dì xăng có tính tự cháy kém vì thành phần của xăng gồm nhiều cacbuahydô no nhưng có dạng mạch nhánh và cacbuahydô thơm nhán benzen là các kết cấu rất bền vững ví dụ như isôoctan C_8H_{18} và mêtylbenzen $C_6H_5CH_3$ (hình 1-3).



Hình 1-3. Sơ đồ cấu tạo phân tử : a) isôoctan C_8H_{18} và b) mêtylbenzen $C_6H_5CH_3$

Trong động cơ xăng có một hiện tượng cháy không bình thường gắn với bản chất của động cơ này là hiện tượng *cháy kích nổ*. Khác với động cơ diesel là động cơ có hỗn hợp nhiên liệu – không khí tự cháy do nén còn hỗn hợp trong động cơ xăng được đốt cưỡng bức bằng tia lửa điện. Sau khi bugi bật tia lửa điện, màng lửa sẽ lan tràn từ bugi ra khắp buồng cháy để đốt hỗn hợp. Đó là quá trình cháy bình thường. Nếu ở một vùng nào đó có những nguyên nhân làm tăng nhiệt độ cục bộ và do đó đủ điều kiện để diễn ra tại đây *quá trình tự bốc cháy khi màng lửa từ bugi chưa lan tràn tới* thì đó là quá trình cháy không bình thường gọi là cháy kích nổ. Khi đó, tốc độ cháy rất lớn, mặt khác có sự chèn ép dữ dội giữa hai vùng cháy (vùng cháy do tia lửa điện và vùng cháy kích nổ) nên trong xylanh có tiếng gõ rất mạnh, tải trọng động lớn, nhiệt độ và áp suất tại đây rất cao khiến nhiên liệu bị phân hủy nên khí thải có khói đen. Động cơ rất nóng và rung, công suất giảm và không thể tiếp tục làm việc.

Rõ ràng, xăng có cấu trúc phân tử càng bền vững thì tính tự cháy càng kém do đó khó xảy ra kích nổ và ngược lại.

b. *Dánh giá tính chống kích nổ của xăng*

Isôoctan C_8H_{18} (hình 1 – 3) có kết cấu phân tử dạng mạch vòng nên rất bền vững, có tính chống kích nổ cao. Để đánh giá tính chống kích nổ của xăng, người ta dùng một thông số gọi là số ôctan (O). Một hỗn hợp của isôoctan C_8H_{18} với heptan C_7H_{16} – một cacbuahydrô no mạch thẳng – được dùng làm nhiên liệu so sánh với cách thức tương tự như xác định chỉ số xêtan của dầu diesel đã trình bày ở trên. Với isôoctan C_8H_{18} , $O = 100$; còn đối với heptan C_7H_{16} , $O = 0$. Loại xăng nào có trị số ôctan càng cao thì tính chống kích nổ càng lớn. Xăng ô tô thông thường có trị số ôctan trong khoảng 80 – 100. Hiện nay trên thị trường nước ta phổ biến hai loại xăng sản xuất theo tiêu chuẩn ASTM của Mỹ là MOGAS 83 và MOGAS 92 với các thông số chính : số ôctan 83 và 92 tỷ trọng 0,7 và $0,74 \text{ g/m}^3$, hàm lượng chì 0,4 g/l.

Giữa trị số xêtan (Xe) và trị số ôctan (O) có mối quan hệ rất rõ nét. Nhiên liệu có số Xe càng cao thì có số O càng thấp và ngược lại. Mối quan hệ này có thể được diễn tả bằng công thức thực nghiệm sau :

$$O = 120 - 2Xe \quad (1-1)$$

1.1.3. Hệ số dư lượng không khí λ

Trong động cơ, hỗn hợp giữa nhiên liệu và không khí (gọi ngắn gọn là hỗn hợp) được nén và đốt trong xylanh nên tỏa nhiệt và sinh công. Mức độ đậm nhạt hay thành phần của hỗn hợp là một thông số làm việc quan trọng của động cơ. Thành phần của hỗn hợp được đánh giá thông qua một thông số đặc biệt gọi là hệ số dư lượng không khí λ và được xác định như sau.

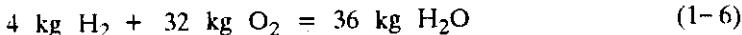
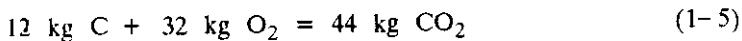
Ta có thể coi rằng, thành phần chủ yếu của nhiên liệu chỉ gồm có các nguyên tố hydrô, ôxy và cacbon. Nếu gọi thành phần khối lượng của các nguyên tố trên lần lượt là H, O và C, ta có :

$$H + O + C = 1 \quad (1-2)$$

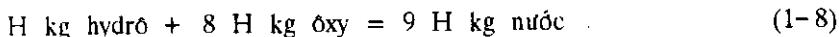
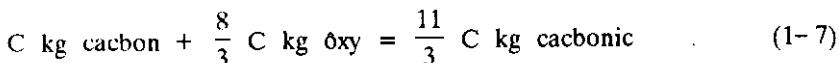
Mỗi loại nhiên liệu cụ thể có các thành phần H, O và C nhất định cho trong các tài liệu chuyên môn. Nhiên liệu khi cháy sẽ tỏa nhiệt và tuân theo các phương trình phản ứng sau :



Căn cứ vào phương trình (1-3) và (1-4), ta có thể xác định các phương trình cân bằng khối lượng của các phản ứng



Phương trình (1-5) và (1-6) viết cho C kg cacbon và H kg hydrô có dạng



Lượng ôxy (kg) cần thiết cho hai phản ứng (1-7) và (1-8) là



Trong 1 kg nhiên liệu có sẵn O kg ôxy. Vì vậy lượng ôxy cần thiết trong không khí O_{ct} để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu là

$$O_{ct} = \frac{8}{3} C + 8 H - O \quad (1-10)$$

Ta đã biết, thành phần khối lượng của ôxy trong không khí là 0,23 còn thành phần thể tích là 0,21. Từ đó có thể xác định lượng không khí cần thiết để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu L_o .

$$L_o = \frac{1}{0,23} (\frac{8}{3} C + 8H - O) \text{ (kg/kg nhiên liệu)} \quad (1-11)$$

Thực tế, bằng thực nghiệm có thể xác định được lượng không khí thực sự nạp vào động cơ tính cho 1 kg nhiên liệu là L. Tỷ số

$$\lambda = \frac{L}{L_o} \quad (1-12)$$

được gọi là *hệ số dư lượng không khí và nó đặc trưng cho mức độ đậm nhạt của hỗn hợp*. Tùy theo loại động cơ và tùy thuộc vào chế độ làm việc, λ có thể lớn hơn, nhỏ hơn hay bằng 1.

1.2. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Trước khi xét nguyên lý làm việc của động cơ cụ thể, ta làm quen với một vài khái niệm cơ bản để thuận tiện trong quá trình khảo sát sau này.

1.2.1 Điểm chết

Vị trí mà tại đó piston đổi chiều chuyển động gọi là điểm chết. Có hai điểm chết là điểm chết trên (DCT) và điểm chết dưới (DCD) (hình 1-4). Khi piston ở điểm chết trên và điểm chết dưới, buồng công tác có thể tích nhỏ nhất V_{min} và lớn nhất V_{max} . Khoảng cách giữa hai điểm chết được gọi là hành trình piston S.