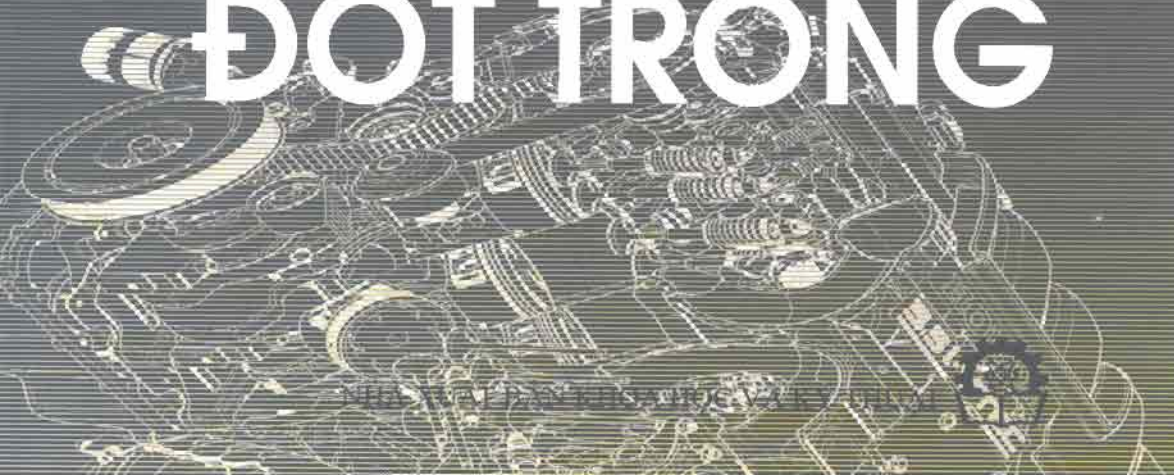




**PHẠM MINH TUẤN**

# ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG



PHẦN MÀU ĐƯỢC CHỤP VÀ KỸ THUẬT



**PGS.TS. PHẠM MINH TUẤN**

# **ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG**

*(Giáo trình cho sinh viên cơ khí)*

IN LẦN THỨ NĂM CÓ SỬA CHỮA VÀ BỔ SUNG



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT**  
**HÀ NỘI 2006**

## 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 ... Mặt khác, 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.

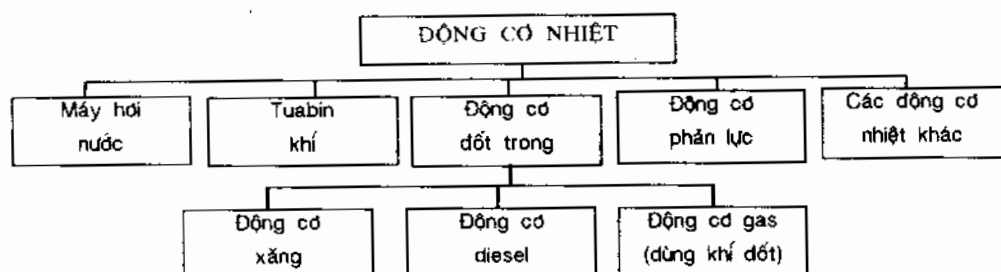
Tác giả

## Phần mở đầu

# VÀI NÉT SƠ LƯỢC 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 cấp nhiệt và quá trình giãn nở sinh công của môi 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 hầu 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 Köln nước Đức chế tạo một loại động cơ cũng chạy khí đốt nhưng đạt hiệu suất cao hơn với  $\eta_e = 10\%$ .

- 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;  $\eta_e = 26\%$ .

- 1954 : Động cơ piston quay do hãng NSU-Wankel chế tạo nổi bật về tính gọn nhẹ.

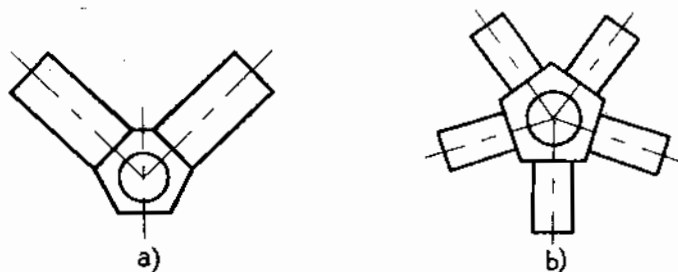
Ngành chế tạo động cơ đốt trong phát triển rất mạnh. Hiện nay sản lượng hàng năm ước tính 40 triệu chiếc với dải công suất từ 0,1 đến khoảng 70.000 kW cho các lĩnh vực kinh tế như giao thông vận tải, xây dựng, nông nghiệp, lâm nghiệp, năng lượng ... và gia dụng.

## 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 *cường 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 xylanh : động cơ 1 xylanh và động cơ nhiều xylanh.
- d. Theo cách bố trí dãy xylanh đối với động cơ nhiều xylanh : động cơ một hàng xylanh, 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 sau :

- Hiệu suất cao đến 50%, 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 vạn 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 lý 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 1*

# **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**

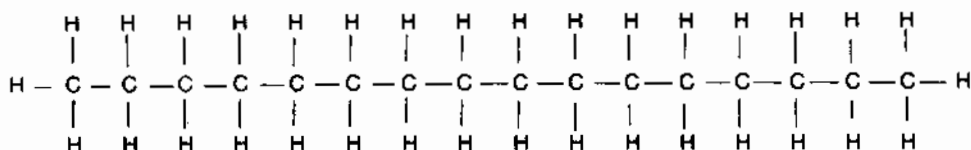
Khi tinh luyện dầu mỏ hoặc tổng hợp nhiên liệu thể khí hay nhiên liệu rắn ta thu được xăng, dầu hỏa, dầu diesel và dầu máy. Trong số đó xăng và dầu diesel được sử dụng làm nhiên liệu cho động cơ đốt trong (từ đây ta gọi ngắn gọn là nhiên liệu). Nhiên liệu thực chất là một hỗn hợp gồm nhiều loại cacbuahydrô 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

Sò dĩ dầu diesel có tính tự cháy cao vì trong thành phần của nó có nhiều cacbua-hydrô 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).

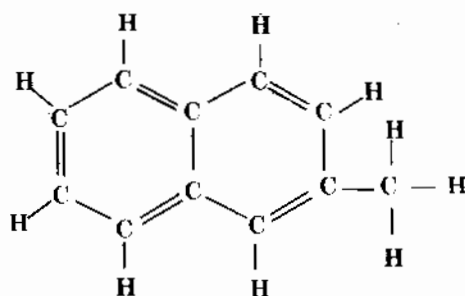


Hình 1-1. Xêtan  $C_{16}H_{34}$ , một loại cacbua-hydrô no mạch thẳng

### b. Đánh giá tính tự cháy của dầu diesel

Xêtan  $C_{16}H_{34}$  là một cacbua-hydrô no, dạng mạch thẳng có tính tự cháy cao. Còn  $\alpha$ -metylnaphtalin  $C_{11}H_{10}$  là một cacbua-hydrô 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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -metylnaphtalin, Xe = 0. Các loại dầu diesel thông dụng có Xe nằm trong khoảng 35 - 55. Ở nước ta thường dùng



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

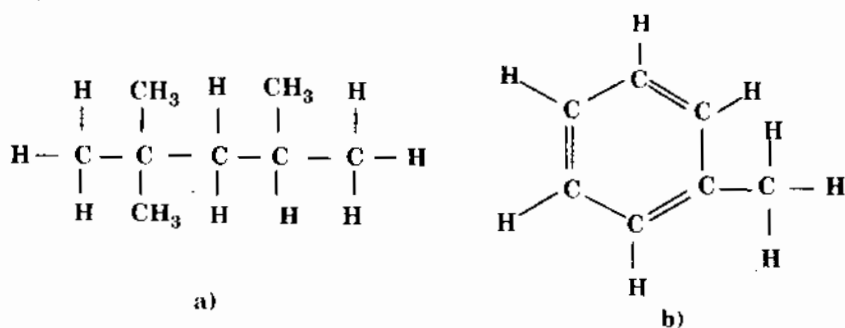
đầu D45 và D48 ứng với loại D1 và D2 theo TCVN 5689 - 92 có các thông số sau  $84 \div 88\% \text{ C}$ ,  $10 \div 14\% \text{ H}$ , nhiệt trị thấp  $Q_{nl} = 42500 \text{ kJ/kg}$ .

### 1.1.2. Xăng

Xăng là loại nhiên liệu nhẹ,  $\rho = 0,65 - 0,8 \text{ g/cm}^3$ , dễ bay hơi và có tính tự cháy kém.

#### a. Thành phần chính

Sở dĩ xăng có tính tự cháy kém vì thành phần của xăng gồm nhiều cacbua-hydrô no nhưng có dạng mạch nhánh và cacbua-hydrô thơm nhân benzen là các kết cấu rất bền vững ví dụ như isooctan  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  và metylbenzen  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$  (hình 1-3).



Hình 1-3. Sơ đồ cấu tạo phân tử : a) isooctan  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  và b) metylbenzen  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$

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 cường 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 đanh, 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. Đánh giá tính chống kích nổ của xăng*

Isôoctan  $C_8H_{18}$  (hình 1 - 3) có kết cấu phân tử dạng mạch nhánh 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 octan (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 xetan 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 octan càng cao thì tính chống kích nổ càng lớn. Xăng ô tô thông thường có trị số octan trong khoảng  $80 \div 100$ . Hiện nay trên thị trường nước ta phổ biến ba loại xăng sản xuất theo tiêu chuẩn ASTM của Mỹ là MOGAS 90; 92 và 95 với số octan tương ứng là 90; 92; 95.

Giữa trị số xetan (Xe) và trị số octan (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  $\lambda$*

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  $\lambda$  và được xác định như sau.

Ta có thể coi rằng, thành phần chủ yếu của nhiên liệu chỉ gồm có các nguyên tố hydro, oxy 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

$$12 \text{ kg C} + 32 \text{ kg O}_2 = 44 \text{ kg CO}_2 \quad (1-5)$$

$$4 \text{ kg H}_2 + 32 \text{ kg O}_2 = 36 \text{ kg H}_2\text{O} \quad (1-6)$$

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

$$\text{C kg cacbon} + \frac{8}{3} \text{ C kg ôxy} = \frac{11}{3} \text{ C kg cacbonic} \quad (1-7)$$

$$\text{H kg hydro} + 8 \text{ H kg ôxy} = 9 \text{ H kg nước} \quad (1-8)$$

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

$$\frac{8}{3} \text{ C} + 8 \text{ H} \quad (1-9)$$

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

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

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  $L_o$ .

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

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,  $\lambda$  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 (ĐCT) và điểm chết dưới (ĐCD) (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.

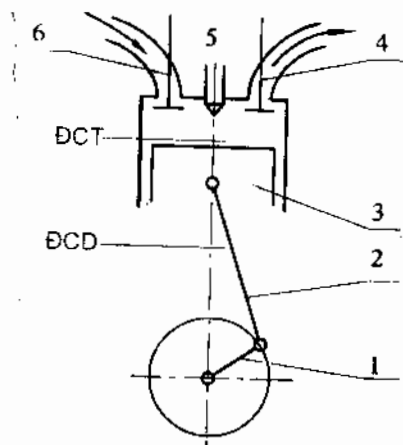
### 1.2.2. Kỳ

Kỳ là một phần của chu trình công tác xảy ra trong thời gian piston dịch chuyển một hành trình.

Theo số kỳ người ta phân động cơ ra hai loại, động cơ 2 kỳ và động cơ 4 kỳ.

Động cơ 2 kỳ là động cơ có chu trình công tác được thực hiện sau 2 hành trình của piston hay 1 vòng quay của trục khuỷu.

Động cơ 4 kỳ là động cơ có chu trình công tác được thực hiện sau 4 hành trình của piston hay 2 vòng quay của trục khuỷu.



Hình 1-4. Sơ đồ động cơ

1. trục khuỷu, 2. thanh truyền, 3. piston, 4. xupap, 5. vòi phun (động cơ diesel) hoặc bugi (động cơ xăng), 6. xupap nạp, ĐCT. điểm chết trên, ĐCD. điểm chết dưới

### 1.2.3. Thể tích công tác $V_h$

Đây là thể tích của xilanh giữa hai điểm chết.

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} S \quad (1-13)$$

với  $D$  là đường kính xilanh và  $S$  là hành trình piston.

### 1.2.4. Tỷ số nén

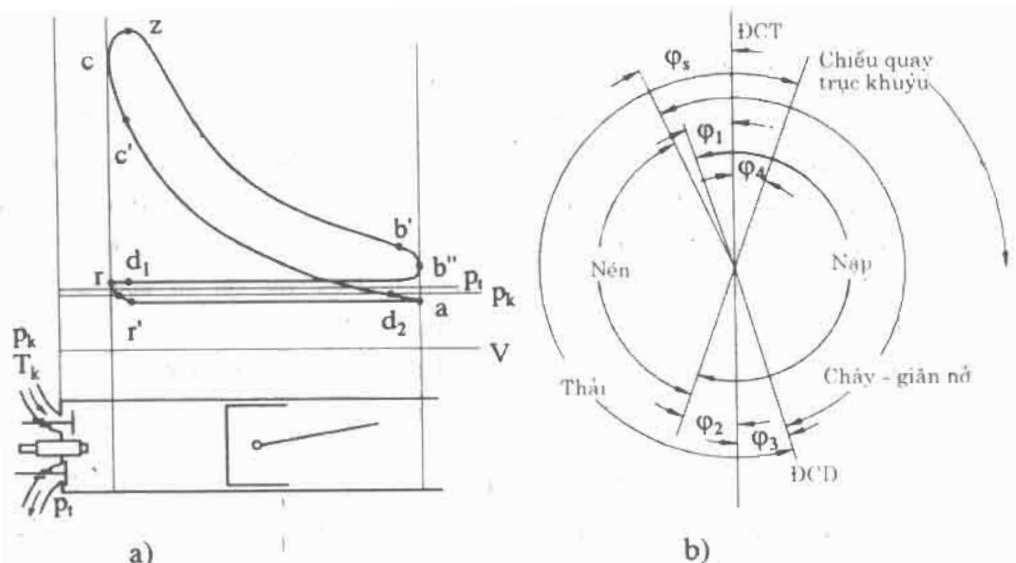
$$\varepsilon = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \quad (1-14)$$

## 1.3. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ 4 KỲ KHÔNG TĂNG ÁP

### 1.3.1. Quá trình nạp

Quá trình nạp được tiến hành chủ yếu do piston chuyển động từ điểm chết trên đến điểm chết dưới tạo ra sự chênh áp, do đó môi chất được hút vào xilanh. Khí nạp mới của động cơ xăng nói chung (trừ loại động cơ phun xăng trực tiếp vào buồng cháy) là hỗn hợp của xăng và không khí còn của động cơ diesel và động cơ phun xăng trực tiếp là không khí.

Trong thực tế, quá trình nạp bắt đầu tại điểm  $d_1$  (hình 1-5a) tương ứng với vị trí góc  $\varphi_1$  (hình 1-5b) trước điểm chết trên, xupap nạp mở. Góc  $\varphi_1$  được gọi



Hình 1-5. Đồ thị nguyên lý làm việc của động cơ 4 kỳ không tăng áp  
a. Đồ thị công ; b. Đồ thị pha

là góc mở sớm xupap nạp. Sau khi đến điểm chết trên, piston bắt đầu đi xuống, áp suất trong xylanh giảm dần. Từ thời điểm áp suất trong xylanh bằng áp suất trên đường ống nạp  $p_k$  trở đi cho đến khi piston tới điểm chết dưới tại điểm a, khí nạp mới được hút vào trong xylanh. Mở sớm xupap nạp nhằm mục đích, khi khí nạp mới thực sự đi vào xylanh thì diện tích thông qua của xupap nạp đã khá lớn nên sức cản khí động nhỏ, do đó nạp được nhiều khí nạp mới.

Tận dụng quán tính của dòng khí nạp để nạp thêm, xupap nạp chưa đóng tại điểm chết dưới mà đóng sau đó một góc  $\varphi_2$  (hình 1-5b) tại điểm  $d_2$  (hình 1-5a). Góc  $\varphi_2$  gọi là góc đóng muộn xupap nạp. Từ a đến  $d_2$  gọi là thời kỳ nạp thêm.

Về mặt nguyên tắc, người ta sử dụng các biện pháp có thể để nạp được nhiều khí nạp mới, do đó đốt được nhiều nhiên liệu, nhằm tận dụng khả năng động cơ phát ra công suất cao. Để đánh giá chất lượng quá trình nạp, người ta đưa ra thông số hệ số nạp  $\eta_v$ . Đây là tỷ số giữa khối lượng môi chất thực tế nạp vào xylanh  $G_{lt}$  và lượng môi chất theo lý thuyết  $G_k$  chứa trong thể tích công tác  $V_h$  ở nhiệt độ và áp suất trên đường ống nạp  $t_k$  và  $p_k$ . Hệ số nạp  $\eta_v$  được tính như sau :

$$\eta_v = \frac{G_{lt}}{G_k} = \frac{G_{lt}}{\rho_k V_h} \quad (1-15)$$

Do tổn thất khí động qua xupap nạp, do khí sót trong xylanh giãn nở ở đầu quá trình nạp và do môi chất mới được sấy nóng bởi khí sót và các chi tiết có nhiệt độ cao trong xylanh nên thông thường  $\eta_v < 1$ .

### 1.3.2. Quá trình nén

Piston tiếp tục chuyển động hướng tới điểm chết trên. Từ điểm  $d_2$ , là điểm xupap nạp đóng trở đi, môi chất thực sự được nén. Trong quá trình nén, nhiệt độ và áp suất trong xylanh tăng dần. Giữa môi chất và các chi tiết trong xylanh diễn ra quá trình trao đổi nhiệt rất phức tạp. Để đơn giản trong tính toán, người ta coi quá trình nén là một quá trình đa biến với chỉ số nén đa biến trung bình  $n_1$ . Trên cơ sở đó có thể tính nhiệt độ  $T_c$  và áp suất  $p_c$  cuối quá trình nén đa biến tại điểm c (không cháy) theo các công thức sau :

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1} \quad (1-16)$$

$$p_c = p_a \varepsilon^{n_1} \quad (1-17)$$

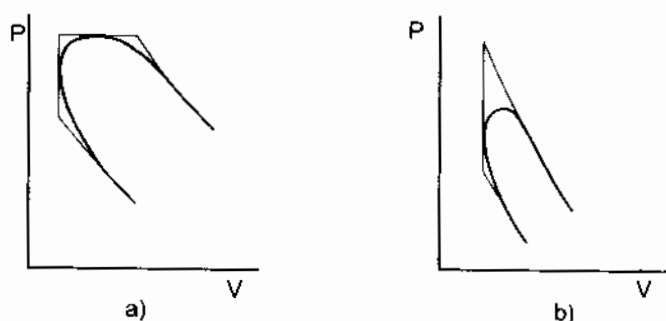
Đối với động cơ diesel, để nhiên liệu có thể tự cháy  $T_c$  phải lớn hơn nhiệt độ tự cháy của nhiên liệu. Từ (1-16) ta rút ra tỷ số nén  $\varepsilon$  phải lớn hơn một tỷ số nén giới hạn  $\varepsilon_{gh}$ . Trong thực tế, tỷ số nén của động cơ diesel từ 12 đến 24. Ngược lại đối với động cơ xăng, nhiệt độ trong quá trình nén cao rất dễ gây ra kích nổ. Vì vậy tỷ số nén của động cơ xăng không cao và nằm trong khoảng 6 đến 12. Cuối quá trình nén tại góc  $\varphi_s$  (hình 1-5b) trước điểm chết trên tại điểm c' (hình 1-5, a), nhiên liệu có áp suất cao được phun vào buồng cháy qua vòi phun đối với động cơ diesel để hòa trộn với không khí tạo thành hỗn hợp ; còn đối với động cơ xăng bugi bật tia lửa điện để đốt hỗn hợp. Góc  $\varphi_s$  được gọi là góc phun sớm (động cơ diesel) hay góc đánh lửa sớm (động cơ xăng).

### 1.3.3. Quá trình cháy và giãn nở

#### a. Quá trình cháy

Bản chất của quá trình cháy là quá trình oxy hóa nhiên liệu, phản ứng này tỏa nhiệt. Sau một khoảng thời gian ngắn chuẩn bị  $\tau_i$  - tính từ lúc bắt đầu phun nhiên liệu (động cơ diesel) hay bắt đầu bật tia lửa điện (động cơ xăng) quá trình cháy thực sự xảy ra. Giai đoạn này gọi là thời kỳ cháy trễ còn  $\tau_i$  gọi là thời gian cháy trễ (s). Trong động cơ diesel, do hỗn hợp hình thành bên trong xylanh nên đầu tiên phần hỗn hợp được chuẩn bị và tích tụ trong giai đoạn cháy trễ sẽ cháy rất nhanh, tốc độ tăng áp suất  $\frac{\Delta p}{\Delta \varphi}$  rất lớn, tạo ra tiếng gõ rất đáng đặc thù cho động cơ diesel. Tiếp sau đó là giai đoạn vừa chuẩn bị hỗn hợp vừa cháy nên cháy từ từ hơn. Vì thế, chu trình làm việc của động cơ diesel giống với chu trình cấp nhiệt hỗn hợp (hình 1-6a).

Còn ở hầu hết động cơ xăng, do hỗn hợp được chuẩn bị bên ngoài xylanh nên khi vào trong xylanh hỗn hợp có thành phần tương đối đồng đều, do đó phần lớn cháy rất nhanh sau thời gian cháy trễ. Vì thế chu trình làm việc của động cơ xăng gần với chu trình cấp nhiệt đẳng tích (hình 1-6b).



Hình 1-6. Quá trình cháy của động cơ diesel a) và động cơ xăng b)

Tuy nhiên ở cả hai loại động cơ, sau khi cháy phần lớn hỗn hợp quá trình cháy còn tiếp tục với tốc độ cháy nhỏ kéo dài trên đường giãn nở do cháy nốt phần hỗn hợp chưa cháy gọi là cháy rớt. Cháy rớt chỉ làm nóng các chi tiết, hiệu quả sử dụng nhiệt thấp nên người ta cố gắng nghiên cứu và áp dụng các biện pháp để hạn chế cháy rớt như chọn góc phối khí và góc phun sớm hay đánh lửa sớm thích hợp, tận dụng xoáy lốc của môi chất trong quá trình nạp để hoàn thiện quá trình nạp và tăng tốc độ cháy ...

#### b. Quá trình giãn nở

Tiếp theo quá trình cháy là quá trình giãn nở sinh công (từ điểm z đến điểm b', hình 1-5a). Thực ra đầu quá trình giãn nở còn có quá trình cấp nhiệt do cháy rớt. Mặt khác còn có hiện tượng trao đổi nhiệt giữa môi chất với thành vách các chi tiết. Vì vậy quá trình giãn nở là một quá trình nhiệt động phức tạp. Tương tự như quá trình nén, người ta coi gần đúng đây là một quá trình đa biến với chỉ số giãn nở đa biến  $n_2$ .

#### 1.3.4. Quá trình thải

Cuối quá trình giãn nở, xupap thải được mở tại điểm b' (hình 1-5a) tương ứng với góc  $\varphi_3$  (hình 1-5b) trước điểm chết dưới nhằm lợi dụng độ chênh áp trong xylanh với đường thải *thải tự do* một lượng đáng kể khí đã cháy. Góc  $\varphi_3$  được gọi là *góc mở sớm xupap thải*. Tiếp theo, do piston đi lên, khí cháy được *thải cưỡng bức* qua xupap ra ngoài. Do tổn thất khí động khi qua xupap thải, áp suất trong xylanh trong quá trình thải cao hơn so với áp suất trên đường thải  $p_t$ . Nếu áp suất  $p_t$  càng cao, công bơm trong quá trình thải càng lớn, mặt khác khí sót càng nhiều sẽ làm bẩn môi chất công tác của chu trình tiếp theo. Vì vậy người ta cố gắng tìm các biện pháp giảm  $p_t$  như chọn góc mở sớm xupap thải và thiết kế đường thải hợp lý. Muốn lợi dụng quán tính của dòng khí thải để thải sạch

thêm, cuối quá trình thải, xupap thải không đóng tại điểm chết trên mà đóng tại điểm  $r'$  (hình 1-5a) sau điểm chết trên tương ứng với góc  $\varphi_4$  (hình 1-5b) tức là ở đầu quá trình nạp của chu trình tiếp theo.

Như vậy cuối quá trình thải và đầu quá trình nạp, cả hai xupap nạp và thải đều mở trong khoảng  $\varphi_1 + \varphi_4$  - gọi là *góc trùng điệp* (hình 1-5b). Do chênh áp nhỏ và tiết diện thông qua của xupap nạp còn rất nhỏ nên lượng khí thải lọt vào đường nạp không đáng kể.

Tóm lại, một chu trình làm việc của động cơ 4 kỳ tương ứng với 4 hành trình của piston gồm có các quá trình đã xét ở trên. Để *thải sạch và nạp đầy*, phải lựa chọn các góc mở sớm, đóng muộn của các xupap - còn gọi là *pha phối khí* - hợp lý. Pha phối khí cũng như góc phun sớm (động cơ diesel) hay đánh lửa sớm (động cơ xăng) tối ưu thường được lựa chọn bằng thực nghiệm.

## 1.4. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ 2 KỲ

Chu trình làm việc của động cơ 2 kỳ, động cơ diesel cũng như động cơ xăng, được thực hiện sau 2 hành trình của piston. Tuy nhiên chỉ có các quá trình nạp, nén, giãn nở và thải có một số điểm khác biệt còn quá trình cháy vẫn giống như động cơ 4 kỳ. Do đó, dưới đây chỉ trình bày tóm tắt diễn biến các quá trình trong động cơ 2 kỳ trên cơ sở một mô hình đơn giản trình bày trên hình 1-7 mà không trình bày tỷ mỉ như ở động cơ 4 kỳ.

### 1.4.1. Diễn biến các quá trình

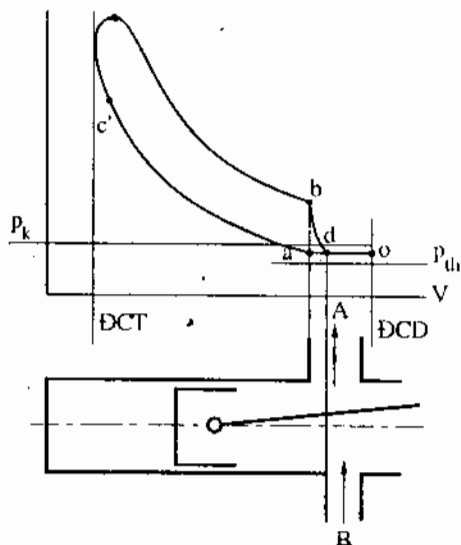
#### a. Hành trình I

Piston di chuyển từ điểm chết trên đến điểm chết dưới, khí đã cháy và đang cháy trong xylanh giãn nở sinh công. Khi piston mở cửa thải A, khí cháy có áp suất cao được thải tự do ra đường thải. Từ khi piston mở cửa quét B cho đến khi đến điểm chết dưới, khí nạp mới có áp suất cao nạp vào xylanh đồng thời quét khí đã cháy ra cửa A.

Như vậy trong hành trình I gồm các quá trình: *cháy giãn nở, thải tự do, quét khí và nạp khí mới*.

#### b. Hành trình II

Piston di chuyển từ điểm chết dưới đến điểm chết trên, quá trình quét nạp vẫn tiếp tục cho đến khi piston đóng cửa

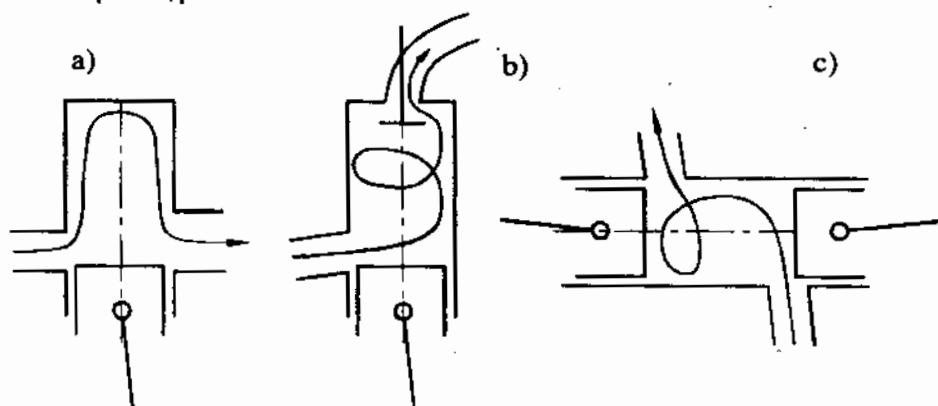


Hình 1-7. Nguyên lý làm việc của động cơ 2 kỳ

quét B. Từ đó cho đến khi piston đóng cửa thải A, môi chất trong xylanh bị đẩy qua cửa thải ra ngoài, vì vậy giai đoạn này gọi là giai đoạn *lọt khí*. Tiếp theo là quá trình *nén bắt đầu* từ khi piston đóng cửa thải A cho tới khi nhiên liệu phun vào xylanh (động cơ diesel) hoặc bugi (động cơ xăng) bật tia lửa điện. Sau một thời gian cháy trễ rất ngắn quá trình *cháy* sẽ xảy ra.

Như vậy trong hành trình II gồm có : *quét và nạp khí, lọt khí, nén và cháy*.

Theo cách tổ chức quét khí, người ta phân biệt các loại quét khác nhau. Nếu quét khí như hình 1-7 và 1-8a *qua cửa thải* gọi là *quét vòng*, còn như hình 1-8b *quét qua xupap thải* và *qua piston đối đỉnh* như hình 1-8c gọi là *quét thẳng*. So với quét vòng, dòng khí quét khí quét thẳng ít bị ngoặt nên chất lượng quá trình quét nạp tốt hơn.

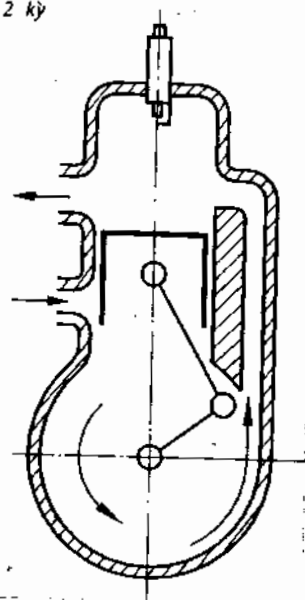


Hình 1-8. Các kiểu quét khí của động cơ 2 kỳ  
a) quét vòng, b) và c) quét thẳng

Đặc điểm của động cơ 2 kỳ là khí nạp mỗi phải có áp suất  $p_k$  đủ lớn để quét khí đã cháy ra đường thải có áp suất  $p_t$ . Thông thường người ta thiết kế máy nén khí riêng lắp trên động cơ hoặc tận dụng không gian bên dưới piston - hộp trục khuỷu để nén khí nạp như ở một vài động cơ xăng cỡ nhỏ, hình 1-9.

#### 1.4.2. So sánh động cơ 2 kỳ và 4 kỳ

- Nếu chúng có cùng đường kính xylanh  $D$ , hành trình piston  $S$  và số vòng quay  $n$  thì về lý thuyết công suất của động cơ 2 kỳ gấp hai lần công suất của động cơ 4 kỳ. Trong thực tế do có tổn thất hành trình cho các quá trình nạp thải và tổn công nén và quét khí nên chỉ gấp 1,6 đến 1,8 lần.



Hình 1-9. Nén khí quét bằng hộp cacte trục khuỷu

- Mô men của động cơ 2 kỳ đều hơn.
- Cơ cấu phối khí của động cơ 2 kỳ đơn giản hơn nhưng chất lượng nạp thải không tốt bằng của động cơ 4 kỳ.

## 1.5. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ TĂNG ÁP

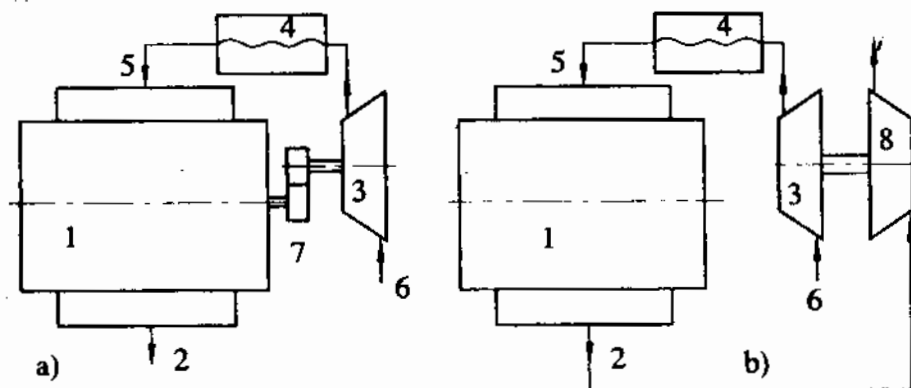
Một phương pháp rất hiệu quả để tăng công suất động cơ là tăng lượng môi chất nạp bằng cách nén môi chất trước khi nạp vào xylanh. Phương pháp này gọi là tăng áp động cơ. Khi nén, cùng với áp suất, nhiệt độ của môi chất tăng. Một số động cơ được trang bị bộ phận làm mát khí nén trước khi nạp vào động cơ gọi là bộ phận làm mát trung gian để nạp được nhiều hơn. Sau đây là một số phương án tăng áp chủ yếu.

### 1.5.1. Tăng áp cơ khí

Máy nén 3 được truyền động từ trục khuỷu của động cơ 1, hình 1-10a. Phương pháp này có ưu điểm là khi số vòng quay của động cơ thay đổi đột ngột, máy nén vẫn cung cấp cho động cơ lượng môi chất cần thiết. Tuy nhiên chính vì được dẫn động từ động cơ nên lượng khí nén chỉ phụ thuộc vào tốc độ vòng quay của động cơ dẫn tới nhược điểm là máy nén không cung cấp lượng khí nén phù hợp cho động cơ khi tải trọng thay đổi.

### 1.5.2. Tăng áp kiểu tuabin - máy nén

Theo phương pháp này (hình 1-10b) khí thải của động cơ dẫn vào tuabin 8 sinh công làm quay máy nén 3. Tốc độ vòng quay của tuabin máy nén có thể tới 100.000 v/ph. Phương pháp này tận dụng thêm được năng lượng của khí thải.



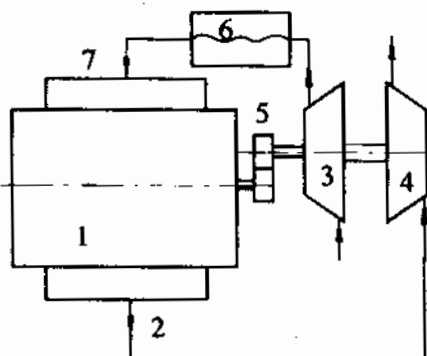
Hình 1-10. Tăng áp a) cơ khí, b) tuabin-máy nén

1. động cơ. 2. đường thải. 3. máy nén. 4. bình làm mát trung gian. 5. đường nạp.  
 a. môi chất trước máy nén. 7. bộ truyền cơ khí. 8. tuabin

Nhưng khi tốc độ vòng quay động cơ thay đổi đột ngột, do quán tính của tuabin - máy nén nên máy nén không cung cấp được lượng không khí cần thiết. Mặt khác, ở chế độ tốc độ vòng quay nhỏ và tải nhỏ, công của tuabin không đủ cho máy nén làm việc bình thường.

### 1.5.3. Tăng áp hỗn hợp

Hình 1-11 miêu tả một sơ đồ động cơ tăng áp hỗn hợp. Máy nén được dẫn động không những từ động cơ mà còn từ tuabin. Phương pháp này khắc phục được nhược điểm cơ bản của hai phương pháp đã trình bày ở trên. Động cơ được cung cấp khí nén phù hợp hơn tại các chế độ tải trọng và tốc độ vòng quay khác nhau, kể cả khi tốc độ thay đổi đột ngột. Mặt khác, công suất dư của tuabin được sử dụng như là công có ích của cả hệ thống.



Hình 1-11. Tăng áp hỗn hợp  
1. động cơ, 2. đường thải, 3. máy nén, 4. tuabin, 5. hệ truyền cơ khí, 6. bình làm mát trung gian, 7. đường nạp

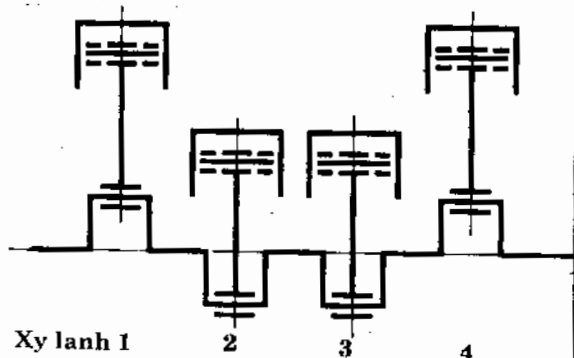
Trong thực tế còn có một số phương pháp khác như tăng áp bằng cách tận dụng sóng áp suất trên đường nạp, tăng áp dùng khí thải giãn nở để nén khí nạp (COMPREX)... nhưng do khuôn khổ sách có hạn nên chúng tôi không trình bày ở đây.

## 1.6. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ NHIỀU XYLANH

Trong hầu hết các động cơ nhiều xylanh, kích thước các chi tiết của các xylanh như nhau nên quá trình làm việc của xylanh cũng giống nhau chỉ khác về pha. Điều này, phụ thuộc vào việc bố trí tương quan giữa các xylanh của người thiết kế. Việc bố trí này theo những nguyên tắc sau :

- Bảo đảm cho mômen của động cơ trong một chu trình là đồng đều nhất. Theo nguyên tắc này ở động cơ một hàng xylanh người ta bố trí sao cho góc công tác giữa hai xylanh  $\varphi$  làm việc liên tiếp (tính theo góc quay trục khuỷu) đều như nhau.

- Không để tải trọng tập trung quá nhiều vào một hoặc một số cổ nào đó để trục có sức bền đồng đều.



Hình 1-12. Trục khuỷu của động cơ 4 kỳ, 4 xylanh

- Trục khuỷu phải có dạng động lực học hợp lý.

Từ các nguyên tắc đó nó sẽ quyết định hầu hết mọi bố trí và kết cấu của toàn động cơ.

Sau đây chúng ta sẽ áp dụng những nguyên tắc này để xét một ví dụ cụ thể nhưng khá phổ biến là động cơ 4 kỳ, 4 xylanh (hình 1- 12).

Với dạng trục khuỷu như hình 1- 12 có thể bố trí góc công tác giữa hai xylanh liên tiếp nhau là  $\delta_k = 720^\circ/4 = 180^\circ$ , tức là cứ đều đặn  $180^\circ$  có một lần sinh công, do đó mômen của động cơ phát ra đều. Mặt khác, trục khuỷu có dạng đối xứng với cổ trục giữa nên tính cân bằng động lực học tốt. với dạng trục khuỷu trên có thể có hai thứ tự làm việc là 1 - 3 - 4 - 2 hoặc 1 - 2 - 4 - 3. Với một thứ tự làm việc

cụ thể, ví dụ 1 - 3 - 4 - 2, ta có sơ đồ làm việc của động cơ trong hai vòng quay của trục khuỷu thể hiện qua bảng 1. Từ đó, ta có thể xác định góc quay của các xylanh thứ hai, ba, tư theo góc quay của xylanh thứ nhất hay nói cách khác là tương quan về pha giữa các xylanh.

**Bảng 1**

| $\varphi(^\circ)$<br>xylanh | 0-180 | 180-360 | 360-540 | 540-720 |
|-----------------------------|-------|---------|---------|---------|
| 1                           | Hút   | Nén     | Nổ      | Xả      |
| 2                           | Nén   | Nổ      | Xả      | Hút     |
| 3                           | Xả    | Hút     | Nén     | Nổ      |
| 4                           | Nổ    | Xả      | Hút     | Nén     |

$$\varphi_2 = \varphi_1 + 180^\circ$$

$$\varphi_3 = \varphi_1 + 540^\circ$$

$$\varphi_4 = \varphi_1 + 360^\circ$$

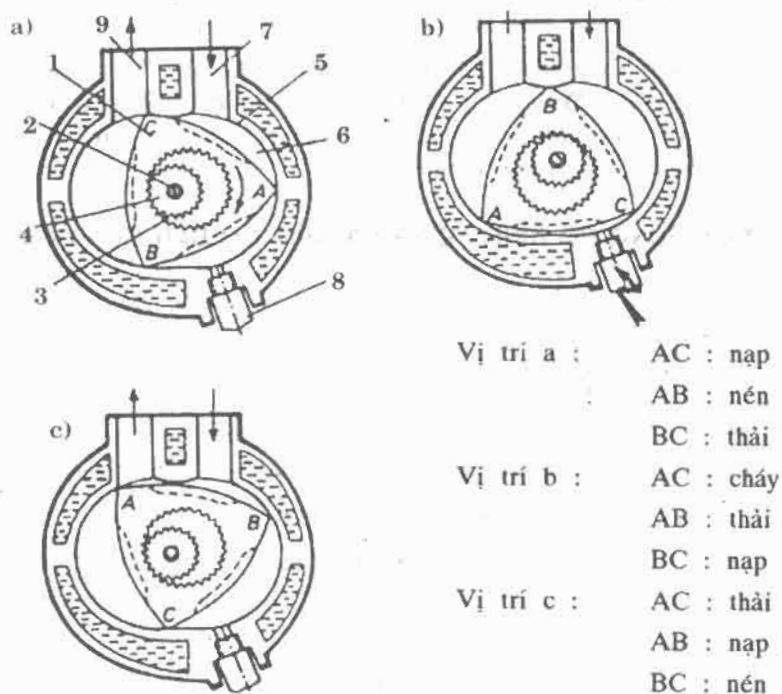
## 1.7. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ PISTON QUAY (ĐỘNG CƠ WANKEL)

Trong các mục trước chúng ta chỉ khảo sát động cơ có piston chuyển động tịnh tiến qui hồi hay gọi là động cơ piston thông thường. Sau đây, ta sẽ xét nguyên lý làm việc của động cơ rôto hay động cơ piston quay.

Hình 1-13 trình bày nguyên lý làm việc của một loại động cơ piston quay có rôto 1 (piston quay) cho động cơ xăng. Vành răng trong 3 của rôto luôn ăn khớp với bánh răng trục cơ 4 có tỷ số truyền  $i = \frac{2}{3}$ . Tâm của rôto lệch với tâm của trục cơ một khoảng là  $c$ . Khi rôto chuyển động song phẳng ba đỉnh A, B, C của rôto luôn tiếp xúc với bề mặt xylanh 5 có dạng đường cong epitrocôit do đó tạo ra ba không gian thay đổi là AC, AB và BC.

Trên hình 1-13a, theo chiều quay của rôto, không gian AC tăng dần thể tích và thông với cửa nạp 7 nên tại đây sẽ xảy ra quá trình nạp; không gian AB giảm dần thể tích với quá trình nén, còn ở không gian BC diễn ra quá trình thải. Khi đỉnh C đi qua cửa nạp 7, không gian AC đạt thể tích cực đại và quá trình nạp tại đây kết thúc. Tiếp theo, thể tích không gian AC giảm dần thực hiện quá trình nén môi chất.

Tại vị trí như trên hình 1-13b, bugi (động cơ xăng) bật tia lửa điện để đốt hỗn hợp. Sau một thời gian cháy trễ, quá trình cháy sẽ thực sự diễn ra. Áp suất trong không gian này tăng vọt tác dụng lên bề mặt AC của rôto tạo ra mômen quay do rôto 1 lệch tâm với trục cơ 2. Qua bộ truyền bánh răng 3-4 mômen được truyền ra trục cơ ra ngoài để kéo máy công tác. Đồng thời tại vị trí trên hình 1-13b ở không gian BC diễn ra quá trình nạp, còn khí cháy được thải ra ngoài từ không gian AB.



**Hình 1.13.** Nguyên lý làm việc của động cơ piston quay

1. rôto (piston quay), 2. trục cơ, 3. vành răng của rôto, 4. bánh răng trục cơ, 5. xylanh, 6. buồng nạp, 7. cửa nạp, 8. bugi, 9. cửa thải

Tương tự như vậy (hình 1-13c), ở không gian AC quá trình giãn nở kết thúc và chuẩn bị bắt đầu quá trình thải. Còn tại không gian AB, quá trình nạp bắt đầu trong khi không gian BC đang thực hiện quá trình nén.

Như vậy, khi rôto thực hiện một chu trình tương ứng với ba vòng quay của trục cơ 2, cả ba không gian đều thực hiện một chu trình làm việc gồm có các quá trình nạp, nén, cháy giãn nở và thải tương đương với động cơ piston thông thường 4 kỳ ba xy lanh.

So với động cơ piston thông thường, động cơ piston quay có những ưu điểm sau :

- Rôto quay nên cân bằng dễ dàng bằng đối trọng. Vì thế, tốc độ vòng quay động cơ có thể rất cao.
- Chất lượng nạp - thải cao vì dùng cửa nạp - thải (không phải dùng xupap) nên tiết diện lưu thông lớn.
- Động cơ rất gọn và có công suất cao.

Khuyết điểm chủ yếu của động cơ piston quay là các chi tiết bao kín dạng thanh ở các đỉnh của rôto và bề mặt xy lanh mòn rất nhanh vì vận tốc trượt lớn và khó bôi trơn. Do đó, tuổi thọ của động cơ không cao.

Như đã nêu trong phần sơ lược về lịch sử, năm 1954 động cơ rôto đầu tiên ra đời mang tên Wankel - là người phát minh ra loại động cơ này. Mặc dù với những ưu điểm kể trên, động cơ Wankel cho đến nay không được dùng phổ biến như động cơ piston thông thường.

## 1.8. NHỮNG THÔNG SỐ KINH TẾ - KỸ THUẬT CƠ BẢN CỦA ĐỘNG CƠ

### 1.8.1. Công

a. Công chỉ thị  $L_i$  là công dương của chu trình nhiệt động của động cơ. Trên đồ thị công có thể xác định được  $L_i$  (hình 1-5).

b. Công tổn hao cơ khí  $L_m$  là công mất mát cho các tổn thất cơ khí như ma sát, dẫn động các cơ cấu phụ, công cho quá trình nạp thải (công âm trên đồ thị công, hình 1-5) tính cho một chu trình của động cơ.

c. Công có ích  $L_e$  là công trực khuỷu truyền ra bên ngoài để kéo các máy công tác.

$$L_e = L_i - L_m \quad (1-19)$$

### 1.8.2. Áp suất trung bình

a. Áp suất chỉ thị trung bình  $p_i$

$p_i$  là công chỉ thị tính cho một đơn vị thể tích công tác của xy lanh

$$p_i = \frac{L_i}{V_h} \quad (1-20)$$

b. *Áp suất tổn thất cơ giới trung bình  $p_m$*

$p_m$  là công tổn thất cơ khí tính cho một đơn vị thể tích công tác của xy lanh

$$p_m = \frac{L_m}{V_h} \quad (1-21)$$

c. *Áp suất có ích trung bình  $p_e$*

$p_e$  là công có ích tính cho một đơn vị thể tích công tác của xy lanh

$$p_e = \frac{L_e}{V_h} \quad (1-22)$$

Tương tự như (1-19), ta có

$$p_e = p_i - p_m \quad (1-23)$$

### 1.8.3. Công suất

a. *Công suất chỉ thị  $N_i$*

$N_i$  là công suất ứng với công chỉ thị  $L_i$ .

Gọi  $f$  là số chu trình của một xy lanh trong một giây, động cơ 4 kỳ có  $f = n/120$ , còn động cơ 2 kỳ có  $f = n/60$ .

Nếu gọi  $\tau$  là thông số đặc trưng cho số kỳ, động cơ 4 kỳ  $\tau = 4$  và động cơ 2 kỳ  $\tau = 2$ , ta có thể viết  $f = n/(30\tau)$ . Công suất chỉ thị  $N_i$  được tính như sau :

$$N_i = z f L_i = \frac{p_i V_h z n}{30\tau} \quad (1-24)$$

trong đó,  $z$  là số xy lanh.

b. *Công suất có ích  $N_e$*

$N_e$  là công suất ứng với công có ích  $L_e$ . Tương tự như (1-24) ta có :

$$N_e = \frac{p_e V_h z n}{30\tau} \quad (1-25)$$

Trong kỹ thuật người ta thường xác định  $N_e$  trên bảng thử công suất trên cơ sở đo mômen  $M_e$  và tốc độ vòng quay :

$$N_e = M_e \omega = \frac{M_e \pi n}{30} \quad (1-26)$$

### 1.8.4. Hiệu suất

a. *Hiệu suất chỉ thị  $\eta_i$*

$\eta_i$  là hiệu suất của chu trình nhiệt động trong động cơ

$$\eta_i = \frac{L_i}{Q_{ct}} \quad (1-27)$$

trong đó  $Q_{ct}$  là nhiệt lượng của nhiên liệu  $g_{ct}$  cung cấp cho động cơ trong 1 chu trình.

$$Q_{ct} = g_{ct} \cdot Q_{nl}$$

với  $Q_{nl}$  là nhiệt trị của nhiên liệu (J/kg)

Trong thực tế  $\eta_i = 22 \div 56\%$

b. Hiệu suất cơ giới  $\eta_m$

$$\eta_m = \frac{L_e}{L_i} = \frac{p_e}{p_i} = \frac{N_e}{N_i} \quad (1-28)$$

Thông thường  $\eta_m = 65 \div 93\%$

c. Hiệu suất có ích  $\eta_e$

Theo định nghĩa :  $\eta_e = \frac{L_e}{Q_{ct}}$ , từ các phương trình (1-27) và (1-28) rút ra :

$$\eta_e = \eta_i \eta_m \quad (1-29)$$

Tùy theo loại động cơ  $\eta_e$  thay đổi từ 15 đến 50%.

#### 1.8.5. Suất tiêu thụ nhiên liệu

Gọi  $G_{nl}$  là lượng tiêu thụ nhiên liệu đo được trong một đơn vị thời gian, suất tiêu thụ nhiên liệu là lượng nhiên liệu tiêu thụ cho một đơn vị công suất động cơ trong một đơn vị thời gian.

a. Suất tiêu thụ nhiên liệu chỉ thị  $g_i$

$$g_i = \frac{G_{nl}}{N_i} \quad (1-30)$$

b. Suất tiêu thụ nhiên liệu có ích  $g_e$

$$g_e = \frac{G_{nl}}{N_e} \quad (1-31)$$

Từ (1-29), (1-30) và (1-31) ta có thể rút ra

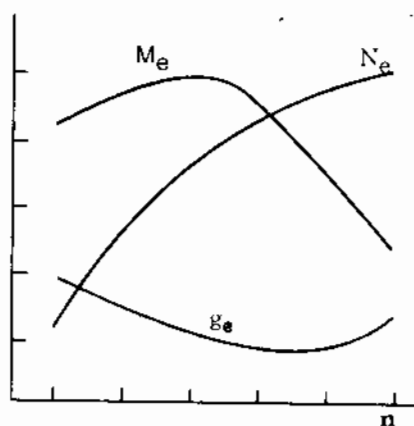
$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} \quad (1-32)$$

Như vậy ta có hai thông số là  $\eta_e$  và  $g_e$  cùng đặc trưng cho tính kinh tế của

động cơ. Nhưng khác với  $\eta_e$ , động cơ có tính kinh tế càng cao tức là có  $g_e$  càng nhỏ.

Trong thực tế, động cơ ô tô - máy kéo (thường là động cơ cao tốc) có  $g_e$  khoảng  $160 \div 190$  g/mã lực.h đối với động cơ diesel và khoảng  $210 + 250$  g/mã lực.h đối với động cơ xăng. Một số động cơ diesel cỡ lớn ; ví dụ của hãng MAN - B & W (số liệu 1996) có suất tiêu thụ rất thấp tới 128 g/mã lực. h.

Trong các tài liệu kỹ thuật của động cơ thường cho các thông số ở chế độ định mức như tốc độ vòng quay  $n_e$  (v/ph), công suất  $N_e$  (mã lực hay kW), suất tiêu hao nhiên liệu  $g_e$  (g/mã lực.h) hay (g/kWh), mômen cực đại  $M_{emax}$  (N.m) và tốc độ vòng quay ứng với  $M_{emax}$ . Nhà sản xuất cũng có thể cho đường đặc tính  $N_e$ ,  $M_e$  và  $g_e$  theo tốc độ vòng quay khi cơ cấu điều khiển ở vị trí cung cấp nhiên liệu nhiều nhất gọi là đặc tính ngoài của động cơ, hình 1 - 4.

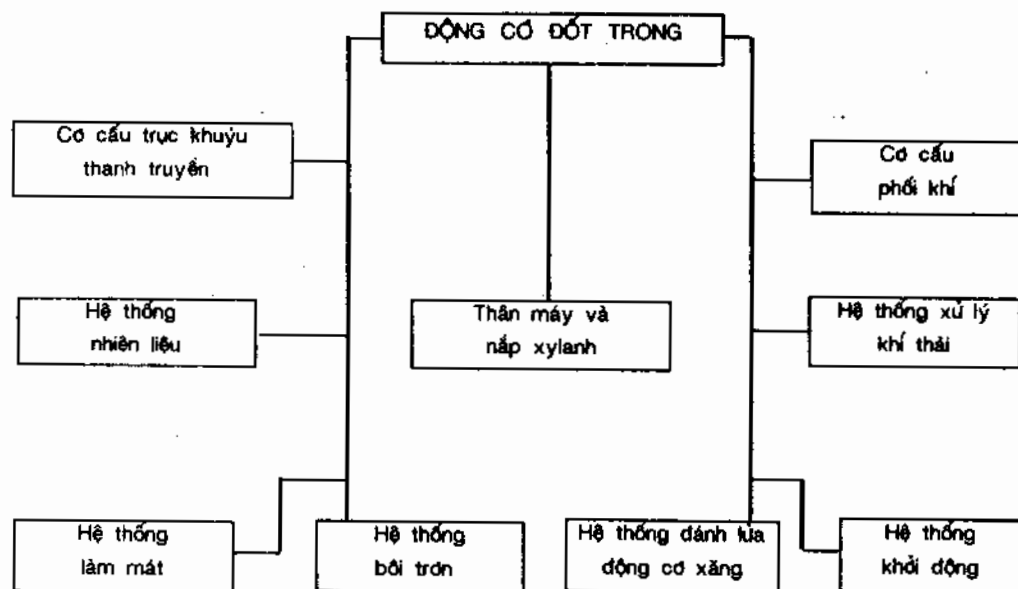


Hình 1-14. Đặc tính ngoài của động cơ

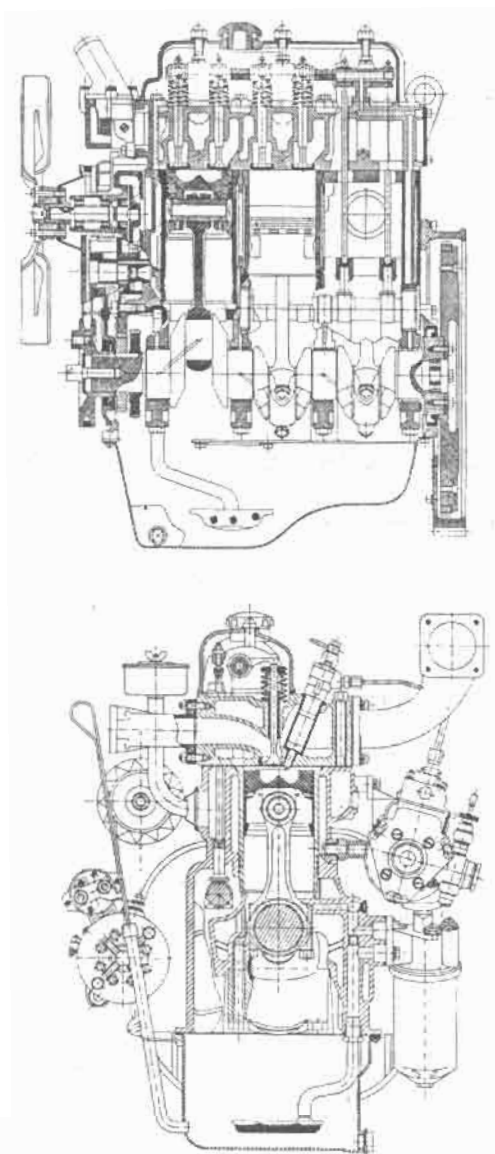
## Phần 2

# CÁC CƠ CẤU VÀ HỆ THỐNG CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

Do khuôn khổ của giáo trình, sau đây chúng ta chỉ khảo sát những vấn đề liên quan đến động cơ piston thông thường, gọi ngắn gọn là động cơ piston. Về mặt kết cấu, động cơ đốt trong là một tổ hợp máy móc rất phức tạp như ví dụ trên hình 2-0 thể hiện mặt cắt dọc và ngang của một loại động cơ ô tô kiểu chữ V, 4 kỳ, 8 xylanh dùng tuabin tăng áp. Tuy nhiên, có thể coi động cơ là một tổ hợp máy bao gồm các cơ cấu và hệ thống chủ yếu theo sơ đồ như sau :



Ở phần này ta sẽ khảo sát từng cơ cấu và hệ thống cụ thể.



Hình 2-0. Mặt cắt dọc và mặt cắt ngang động cơ diesel 3 xy lanh 3DN88

## Chương II

# CƠ CẤU TRỤC KHUYỬ THANH TRUYỀN

Cơ cấu trục khuỷu - thanh truyền là cơ cấu chính trong động cơ và bao gồm hầu hết các chi tiết chủ yếu như piston, trục khuỷu, thanh truyền, v.v. .. Trước khi khảo sát các chi tiết cụ thể, ta tìm hiểu qui luật động học và động lực học của cơ cấu để làm cơ sở khảo sát lực và mômen tác dụng lên cơ cấu sau này.

## 2.1. ĐỘNG HỌC, ĐỘNG LỰC HỌC CỦA CƠ CẤU TRỤC KHUYỬ-THANH TRUYỀN

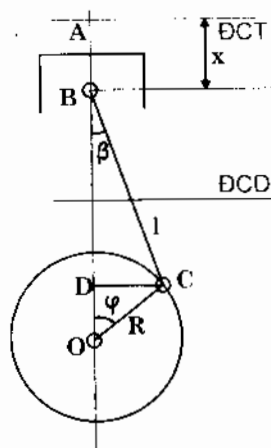
### 2.1.1. Qui luật vận động của cơ cấu trục khuỷu - thanh truyền

Tìm qui luật chuyển động tịnh tiến của piston là nhiệm vụ chủ yếu khi nghiên cứu động học cơ cấu trục khuỷu - thanh truyền. Để tiện việc nghiên cứu, ta giả thiết trong quá trình làm việc, trục khuỷu quay với một tốc độ góc  $\omega$  không đổi.

#### a. Chuyển vị của piston

Hình 2 - 1 giới thiệu sơ đồ của cơ cấu trục khuỷu - thanh truyền thông dụng. Chuyển vị  $x$  tính từ ĐCT của piston tùy thuộc vào vị trí góc quay  $\varphi$  của trục khuỷu. Từ hình 2 - 1 ta có :

$x = AB = AO - (BD + DO) = (l + R) - (R\cos\varphi + l\cos\beta)$  với  $l$  là chiều dài thanh truyền và  $R$  là bán kính quay của trục khuỷu.



Hình 2-1. Sơ đồ của cơ cấu trục khuỷu - thanh truyền

Gọi  $\lambda = \frac{R}{l}$  là thông số kết cấu, ta có thể viết :

$$x = R \left[ \left( 1 + \frac{1}{\lambda} \right) - \left( \cos\varphi + \frac{1}{\lambda} \cos\beta \right) \right] \quad (2-1)$$

Đây là dạng công thức chính xác của chuyển vị piston. Để tính toán gần đúng trị số của x, có thể dùng công thức gần đúng. Từ tam giác OCB, ta có :

$$\lambda = \frac{\sin \beta}{\sin \varphi} \text{ và do } \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta}$$

$$\text{nên } \cos \beta = \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi} = (1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi)^{\frac{1}{2}}$$

Khai triển vế phải của đẳng thức thành chuỗi Macloranh ta có :

$$\begin{aligned} (1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi)^{\frac{1}{2}} &= 1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \varphi + \frac{\frac{1}{2}(\frac{1}{2} - 1)}{2!} \lambda^4 \sin^4 \varphi \\ &\quad - \frac{\frac{1}{2}(\frac{1}{2} - 1)(\frac{1}{2} - 2)}{3!} \lambda^6 \sin^6 \varphi + \dots \\ &= 1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \varphi - \frac{1}{8} \lambda^4 \sin^4 \varphi - \frac{1}{16} \lambda^6 \sin^6 \varphi - \dots \end{aligned}$$

Bỏ các số hạng lũy thừa bậc 4 trở lên rồi thay trị số gần đúng của  $\cos \beta$  vào phương trình (2-1), sau khi rút gọn ta có công thức gần đúng sau đây :

$$x \approx R \left[ (1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\varphi) \right] \quad (2-2)$$

#### b. Vận tốc của piston

Lấy đạo hàm công thức (2-2) đối với thời gian, ta có tốc độ của piston :

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{dx}{d\varphi} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dx}{d\varphi} \cdot \omega$$

Trong đó  $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$  là tốc độ góc của trục khuỷu.

$$\text{Do đó : } v = R\omega \left( \sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi \right) \quad (2-3)$$

Trong thiết kế người ta còn chú ý đến tốc độ trung bình của piston để phân loại động cơ đốt trong.

Tốc độ trung bình của động cơ tính theo công thức sau :

$$v_{tb} = \frac{S \cdot n}{30} \text{ (m/s)}$$

Trong đó : S là hành trình piston, S = 2R (m)

n là tốc độ vòng quay của động cơ (vòng/phút).

Động cơ tốc độ thấp :

$$v_{tb} = 3,5 - 6,5 \text{ m/s}$$

Động cơ tốc độ trung bình :

$$v_{tb} = 6,5 - 9 \text{ m/s}$$

Động cơ tốc độ cao :

$$v_{tb} > 9 \text{ m/s}$$

c. Gia tốc của piston

Lấy đạo hàm công thức (2-3) đối với thời gian, ta có công thức tính gia tốc của piston :

$$\begin{aligned} j &= \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{d\varphi} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dv}{d\varphi} \cdot \omega \\ j &= R\omega^2(\cos\varphi + \lambda\cos 2\varphi) \end{aligned} \quad (2-4)$$

2.1.2. Lực và mômen tác động lên cơ cấu trục khuỷu - thanh truyền động cơ một xylanh

Để xét lực và mômen tác động lên cơ cấu, trước hết ta xét lực tác dụng lên piston. Các lực này gồm có lực khí thể  $P_{kt}$ , lực quán tính chuyển động tịnh tiến  $P_j$ . Gọi diện tích tiết diện của piston (đồng thời của xylanh) là  $F_p$ , ta có :

$$P_{kt} = p_{kt}F_p = p_{kt}\pi D^2/4 \quad (2-5)$$

và gọi khối lượng của nhóm piston - gồm có piston, chốt piston và xecmăng là  $m_{np}$  ta có :

$$P_j = - m_{np}j = - m_{np}R\omega^2(\cos\varphi + \lambda\cos 2\varphi) \quad (2-6)$$

$$\text{Gọi } P_{j1} = - m_{np}R\omega^2\cos\varphi \text{ và} \quad (2-7)$$

$$P_{j2} = - m_{np}R\omega^2\lambda\cos 2\varphi \quad (2-8)$$

là lực quán tính tịnh tiến cấp 1 và cấp 2 ta có :

$$P_j = P_{j1} + P_{j2} \quad (2-9)$$

Do lực quán tính và lực khí thể cùng tác dụng trên đường tâm xylanh nên lực tổng hợp của chúng  $P_1$  cũng có phương tác dụng là đường tâm xylanh :

$$P_1 = P_{kt} + P_j \quad (2-10)$$

Lực  $P_1$  được phân thành lực tác dụng dọc tâm thanh truyền  $P_{tt}$  và lực ngang  $N$  ép piston lên thành xylanh. Theo sơ đồ hình 2-2 ta có thể tính được :

$$N = P_1 \tan\beta \quad (2-11)$$

$$P_{tt} = P_1/\cos\beta \quad (2-12)$$

Lực  $P_{tt}$  tác dụng lên trục khuỷu lại được phân thành hai lực là lực tiếp tuyến  $T$  sinh ra mômen quay và lực pháp tuyến  $Z$  gây uốn trục khuỷu. Từ tam giác OBC (hình 2-2) ta tính được :

$$T = P_{tt}\sin(\varphi + \beta) = f_1(\varphi) \quad (2-13)$$

$$Z = P_{tt}\cos(\varphi + \beta) = f_2(\varphi) \quad (2-14)$$

Do đó, có thể xác định dễ dàng mômen quay  $M$  theo góc quay trục khuỷu động cơ :

$$M = TR = f_3(\varphi) \quad (2-15)$$

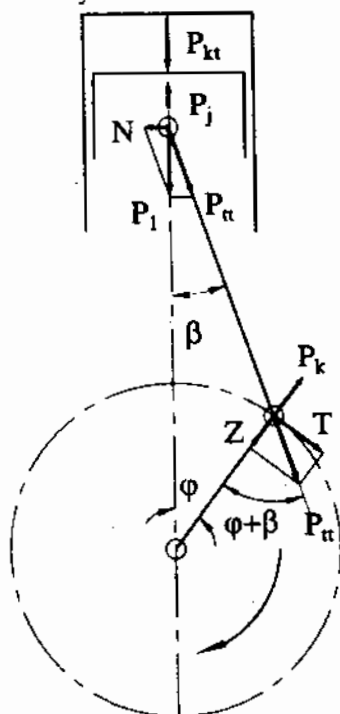
Mômen  $M$  sẽ cân bằng với mômen cản của máy công tác trên trục  $M_c$  và làm thay đổi tốc độ góc của trục:

$$M = M_c + J\varepsilon \quad (2-16)$$

Trong đó  $J$  là mômen quán tính tương đương của các khối lượng quay quy về tâm trục khuỷu và  $\varepsilon$  là gia tốc góc của trục.

Lực ngang  $N$  gây ra mômen lật ngang động cơ. Trong thực tế, mômen lật sẽ được cân bằng bởi mômen ghim máy của các liên kết giữ động cơ trên bệ, ví dụ như bulông nền.

Ngoài ra, các khối lượng lệch tâm khi quay còn sinh ra lực quán tính ly tâm  $P_k$  qui dẫn về tâm chốt khuỷu trên hình 2-2.



Hình 2-2. Lực và mômen tác động lên cơ cấu trục khuỷu - thanh truyền

### 2.1.3. Lực và mômen tác động lên cơ cấu trục khuỷu - thanh truyền động cơ một hàng xylanh

Khi đã biết lực và mômen tác động lên cơ cấu trục khuỷu - thanh truyền của một xylanh, đối với thứ tự làm việc đã cho, ta hoàn toàn có thể xác định được lực và mômen gây ra ở các xylanh khác trên cơ sở xác định các góc lệch pha giữa chúng. Lấy ví dụ cho động cơ 4 xylanh, 4 kỳ, hình 1-12, từ quan hệ pha (1-18) :

$$\varphi_2 = \varphi_1 + 180^\circ$$

$$\varphi_3 = \varphi_1 + 540^\circ$$

$$\varphi_4 = \varphi_1 + 360^\circ$$

ta có thể xác định mômen quay sinh ra trên từng khuỷu và tổng mômen quay của toàn bộ động cơ :

$$M = \sum_{i=1}^z T_i R \quad (2-17)$$

với  $z$  là số xylanh.

Từ đây ta có thể tìm được mômen trung bình  $M_{tb}$  để chọn được máy công tác (có mômen cần  $M_c$  bằng  $M_{tb}$ ) hoặc làm cơ sở cho các tính toán liên quan như tính bánh đà, trục khuỷu v.v...

## 2.2. KẾT CẤU CÁC CHI TIẾT CHÍNH

### 2.2.1. Piston

#### a. Vai trò

Vai trò chủ yếu của piston là cùng với các chi tiết khác như xylanh, nắp xylanh bao kín tạo thành buồng cháy, đồng thời truyền lực của khí thể cho thanh truyền cũng như nhận lực từ thanh truyền để nén khí. Ngoài ra ở một số động cơ 2 kỳ, piston còn có nhiệm vụ đóng mở các cửa nạp và thải của cơ cấu phối khí.

#### b. Điều kiện làm việc

Điều kiện làm việc của piston rất khắc nghiệt, cụ thể là :

\* Tải trọng cơ học lớn và có chu kỳ :

- Áp suất lớn, có thể đến  $120 \text{ kg/cm}^2$  hoặc hơn nữa

- Lực quán tính lớn, đặc biệt là ở động cơ cao tốc.

\* Tải trọng nhiệt cao :

Do tiếp xúc trực tiếp với khí cháy có nhiệt độ  $2200 - 2800 \text{ K}$  nên nhiệt độ đỉnh piston có thể đến  $500 - 800 \text{ K}$ . Do nhiệt độ cao, piston bị giảm sức bền, bó kẹt, nứt, làm giảm hệ số nạp, gây kích nổ ...

\* Ma sát lớn và ăn mòn hóa học :

Do có lực ngang  $N$  nên giữa piston và xylanh có ma sát lớn. Điều kiện bôi trơn tại đây rất khó khăn, thông thường chỉ bằng vung té nên khó bảo đảm bôi trơn hoàn hảo. Mặt khác do thường xuyên tiếp xúc trực tiếp với sản vật cháy có

các chất ăn mòn như các hơi axit nên piston còn chịu ăn mòn hóa học.

### c. Vật liệu chế tạo

Vật liệu chế tạo piston phải bảo đảm cho piston làm việc ổn định và lâu dài trong những điều kiện khắc nghiệt đã nêu trên. Trong thực tế, một số vật liệu sau được dùng chế tạo piston.

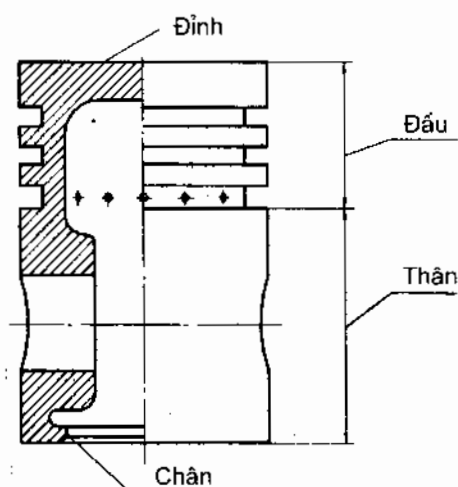
- *Gang*. Thường dùng gang xám, gang dẻo, gang cầu. Gang có sức bền nhiệt và bền cơ học khá cao, hệ số giãn nở dài nhỏ nên khó bị bó kẹt, dễ chế tạo và rẻ. Tuy nhiên gang rất nặng nên lực quán tính của piston lớn. Do đó gang chỉ dùng để chế tạo piston động cơ tốc độ thấp. Mặt khác hệ số dẫn nhiệt của gang nhỏ nên nhiệt độ đỉnh piston cao.

- *Thép*. Thép có sức bền cao nên piston nhẹ. Tuy nhiên hệ số dẫn nhiệt cũng nhỏ đồng thời khó đúc nên hiện nay ít được dùng. Một số hãng đã sử dụng thép để chế tạo piston như Ford (Mỹ) hay Junker (Đức) trong chiến tranh thế giới thứ hai.

- *Hợp kim nhôm*. Hợp kim nhôm có nhiều ưu điểm như nhẹ, hệ số dẫn nhiệt lớn, hệ số ma sát với gang (xylanh thường bằng gang) nhỏ, dễ đúc, dễ gia công nên được dùng rất phổ biến để chế tạo piston. Tuy nhiên hợp kim nhôm có hệ số giãn nở dài lớn nên khe hở giữa piston và xylanh phải lớn để tránh bó kẹt. Do đó, lọt khí nhiều từ buồng cháy xuống hộp trục khuỷu, động cơ khó khởi động và làm việc có tiếng gõ khi piston đổi chiều. Ở nhiệt độ cao, sức bền của piston giảm khá nhiều. Ví dụ, khi nhiệt độ tăng từ 288 lên 623 K, sức bền của hợp kim nhôm giảm 65 đến 70% trong khi đó sức bền của gang ở nhiệt độ này chỉ giảm 18 - 20%. Mặt khác piston bằng hợp kim nhôm chịu mòn kém và đắt.

### d. Kết cấu

Để thuận lợi phân tích kết cấu, có thể chia piston thành những phần như đỉnh, đầu, thân và chân piston, hình 2-3. Mỗi phần đều có nhiệm vụ riêng và những đặc điểm kết cấu riêng.



Hình 2-3. Kết cấu piston

- *Đỉnh piston.* Đỉnh piston có nhiệm vụ cùng với xylanh, nắp xylanh tạo thành buồng cháy. Về mặt kết cấu có các loại đỉnh piston sau :

\* *Đỉnh bằng* (hình 2 - 4a), diện tích chịu nhiệt nhỏ, kết cấu đơn giản. Kết cấu này được sử dụng trong động cơ diesel buồng cháy dự bị và buồng cháy xoáy lốc (xem chương V).

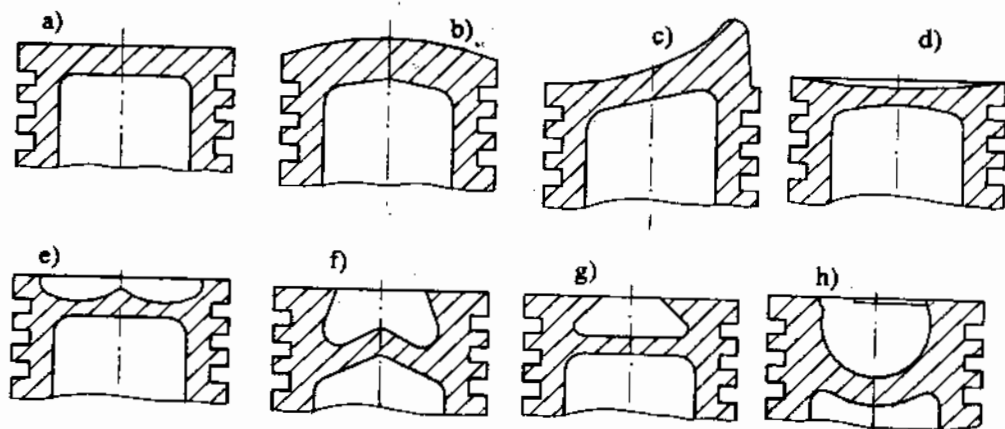
\* *Đỉnh lõm* (hình 2-4,b) có sức bền lớn. Đỉnh mỏng, nhẹ nhưng diện tích chịu nhiệt lớn. Loại đỉnh này thường được dùng trong động cơ xăng 4 kỳ và 2 kỳ xupap treo, buồng cháy chỏm cầu. Trên hình 2-4c thể hiện kết cấu đỉnh piston động cơ 2 kỳ quét vòng qua cửa thải. Phía dốc đứng được lắp về phía cửa quét để hướng dòng khí quét lên sát nắp xylanh rồi vòng xuống ra cửa thải, nhằm mục đích quét sạch buồng cháy.

\* *Đỉnh lồi* : hình 2-4d, có thể tạo xoáy lốc nhẹ, tạo thuận lợi cho quá trình hình thành khí hỗn hợp và cháy. Tuy nhiên sức bền kém và diện tích chịu nhiệt lớn hơn so với đỉnh bằng. Loại đỉnh này được dùng trong cả động cơ diesel và động cơ xăng.

\* *Đỉnh chứa buồng cháy* : thường gặp trong động cơ diesel (xem chương V). Đối với động cơ diesel có buồng cháy trên đỉnh piston, kết cấu buồng cháy phải thỏa mãn các yêu cầu sau đây tùy từng trường hợp cụ thể :

+ Phải phù hợp với hình dạng buồng cháy và hướng của chùm tia phun nhiên liệu để tổ chức tạo thành hỗn hợp tốt nhất (hình 2-4e).

+ Phải tận dụng được xoáy lốc của không khí trong quá trình nén, hình 2-4,f: buồng cháy dent; (hình 2 - 4g) : buồng cháy omega; (hình 2- 4h) : buồng cháy MAN.



Hình 2-4. Các dạng kết cấu đỉnh piston

- *Đầu piston.* Đường kính đầu piston thường nhỏ hơn đường kính thân vì thân là phần dẫn hướng của piston. Kết cấu đầu piston phải bảo đảm những yêu cầu sau :

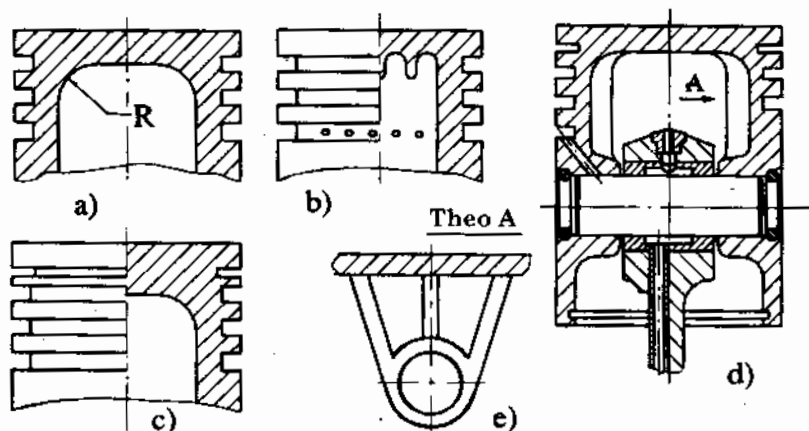
\* *Bao kín tốt cho buồng cháy* nhằm ngăn khí cháy lọt xuống cacte dầu và dầu bôi trơn từ cacte sục lên buồng cháy. Thông thường người ta dùng xec măng để bao kín. Có hai loại xec măng là xec măng khí để bao kín buồng cháy và xec măng dầu để ngăn dầu sục lên buồng cháy. Số xec măng tùy thuộc vào loại động cơ :

Nếu động cơ tốc độ nhỏ, tỷ số nén lớn, đường kính xy lanh lớn thì số xec măng nhiều hơn.

Xec măng được lắp lỏng trong rãnh xec măng nên có thể tự xoay trong rãnh để xy lanh không bị mòn cục bộ.

\* *Tản nhiệt tốt cho piston* vì phần lớn nhiệt của piston truyền qua xec măng cho xy lanh đến môi chất làm mát. Để tản nhiệt tốt thường dùng các kết cấu đầu piston sau :

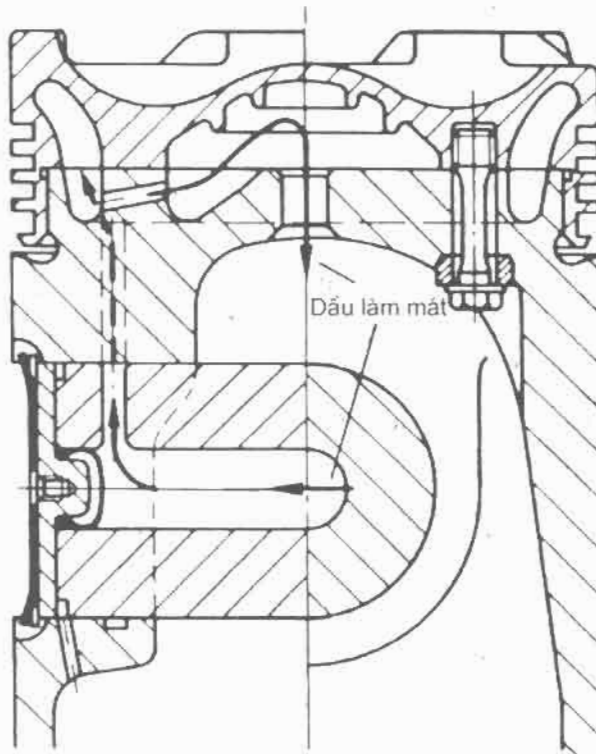
- + Phần chuyển tiếp giữa đỉnh và đầu có bán kính  $R$  lớn (hình 2-5a).
- + Dùng gân tản nhiệt ở dưới đỉnh piston (hình 2-5b).



Hình 2-5. Kết cấu đầu piston

+ Tạo rãnh ngăn nhiệt ở đầu piston (hình 2 - 5 c) để giảm nhiệt lượng truyền cho xec măng thứ nhất (chỉ tiết làm việc ở điều kiện khắc nghiệt nhất).

+ Làm mát đỉnh piston (hình 2 - 5d) như ở động cơ ô tô IFA-W 50. Trong những động cơ cỡ lớn, đỉnh piston rỗng được làm mát bằng dầu lưu thông, hình 2 - 6.



**Hình 2-6.** Đầu piston rỗng, làm mát bằng dầu lưu thông

\* *Sức bền cao.* Để tăng sức bền và độ cứng vững cho bộ chốt piston người ta thiết kế các gân trụ lực (hình 2-5e).

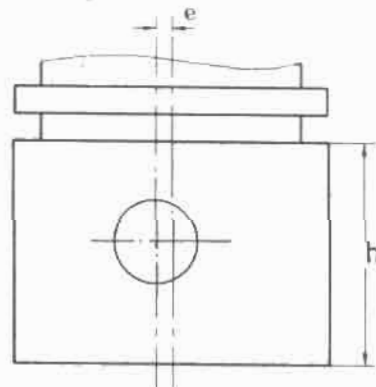
– *Thân piston có nhiệm vụ dẫn hướng cho piston chuyển động trong xylanh.*

\* Chiều cao  $h$  của thân (hình 2-6) được quyết định bởi điều kiện áp suất tiếp xúc, do lực ngang  $N$  gây ra, phải nhỏ hơn áp suất tiếp xúc cho phép :

$$p = \frac{N}{hD} \leq [p] \quad (2-18)$$

\* *Vị trí tâm chốt* được bố trí sao cho piston và xylanh mòn đều, đồng thời giảm va đập và gõ khi piston đổi chiều. Một số động cơ có tâm chốt piston lệch với tâm xylanh một giá trị  $e$  về phía nào đó sao cho lực ngang  $N_{\max}$  giảm (hình 2-7) để hai bên chịu lực  $N$  của piston và xylanh mòn đều.

\* *Chống bó kẹt piston.* Có nhiều nguyên nhân gây bó kẹt piston trong xylanh, cụ thể do :



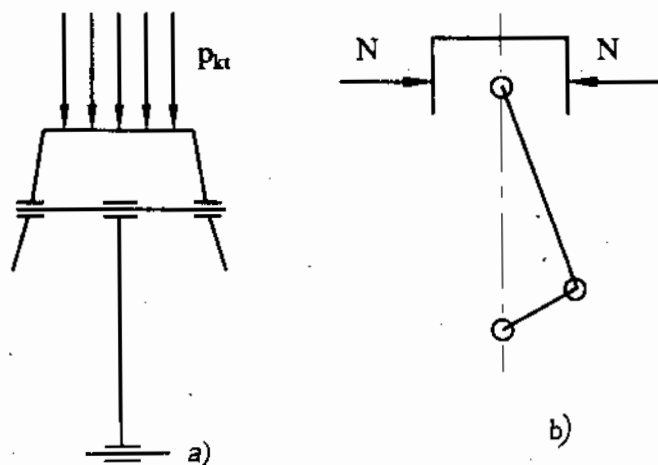
**Hình 2-7.** Thân piston

+ lực ngang  $N$  (hình 2-8a),

+ lực khí thể (hình 2-8b),

+ kim loại giãn nở.

Do những nguyên nhân trên piston thường bị bó kẹt theo phương tâm chốt piston. Đối với piston bằng hợp kim nhôm, hệ số giãn nở dài lớn nên càng dễ xảy ra bó kẹt.



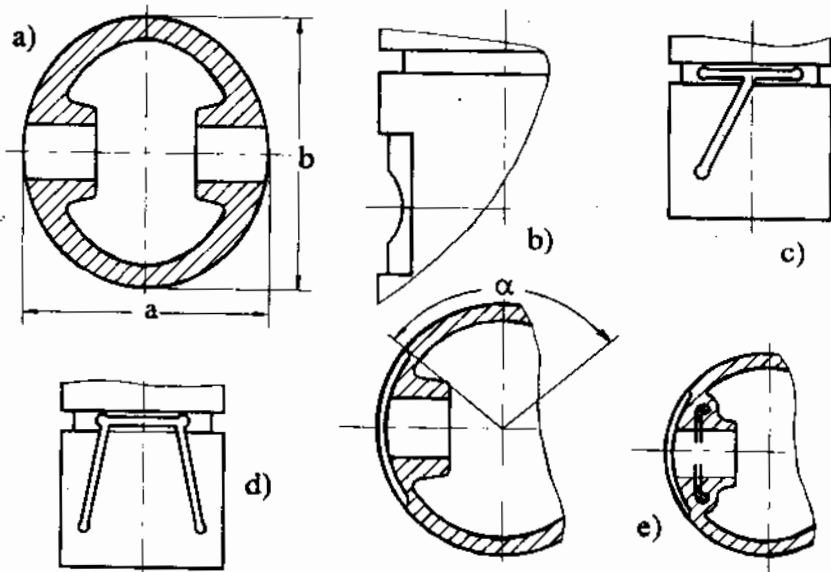
Hình 2-8. Các nguyên nhân gây bó kẹt piston

Để khắc phục hiện tượng bó kẹt piston người ta sử dụng những biện pháp sau :

+ Chế tạo thân piston có dạng ô van, trục ngắn trùng với tâm chốt (hình 2 - 9a).

+ Tiện vát 2 mặt ở bề chốt chỉ để lại một cung  $\alpha = 90^\circ \div 100^\circ$  để chịu lực mà không ảnh hưởng nhiều đến phân bố lực (hình 2- 9b).

+ Xẻ rãnh giãn nở trên thân piston (hình 2- 9c,d). Khi xẻ rãnh người ta không xẻ hết để bảo đảm độ cứng vững cần thiết và thường xẻ chéo để tránh cho xy lanh bị gờ xước. Khi lắp phải chú ý để bề mặt thân xẻ rãnh về phía lực ngang

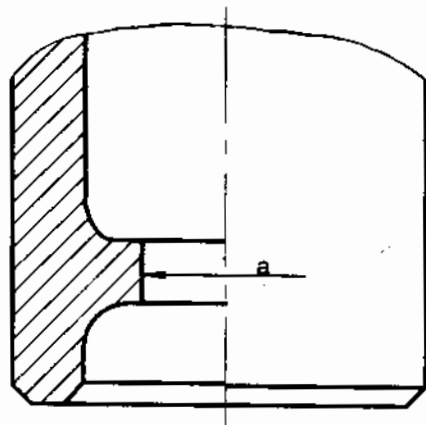


Hình 2-9. Các biện pháp chống bó kẹt piston

N nhỏ. Loại piston này có ưu điểm là khe hở lúc nguội nhỏ, động cơ không bị gõ, khởi động dễ dàng. Nhưng khi xê rãnh, độ cứng vững của piston giảm nên phương pháp này chỉ dùng ở động cơ xăng.

+ Đúc hợp kim có độ giãn nở dài nhỏ (ví dụ, hợp kim inva có hệ số giãn nở dài chỉ bằng 1/10 của hợp kim nhôm) vào hệ chốt piston (hình 2-9e) hạn chế giãn nở của thân theo phương vuông góc với tâm chốt.

- *Chân piston.* Hình 2-10 là một kết cấu điển hình của chân piston. Theo kết cấu này, thân có vành đai để tăng độ cứng vững. Mặt trụ a cùng với mặt đầu chân piston là chuẩn công nghệ khi gia công và là nơi điều chỉnh trọng lượng của piston sao cho đồng đều giữa các xylanh. Độ sai lệch về trọng lượng đối với động cơ ô tô máy kéo không quá 0,2 - 0,6% còn ở động cơ tĩnh tại và tàu thủy giới hạn này là 1- 1,5%.



Hình 2-10. Kết cấu chân piston

### 2.2.2. Chốt piston

#### a. Vai trò

Chốt piston là chi tiết nối piston và thanh truyền. Tuy có kết cấu đơn giản nhưng chốt piston có vai trò rất quan trọng để bảo đảm điều kiện làm việc bình thường của động cơ.

#### b. Điều kiện làm việc

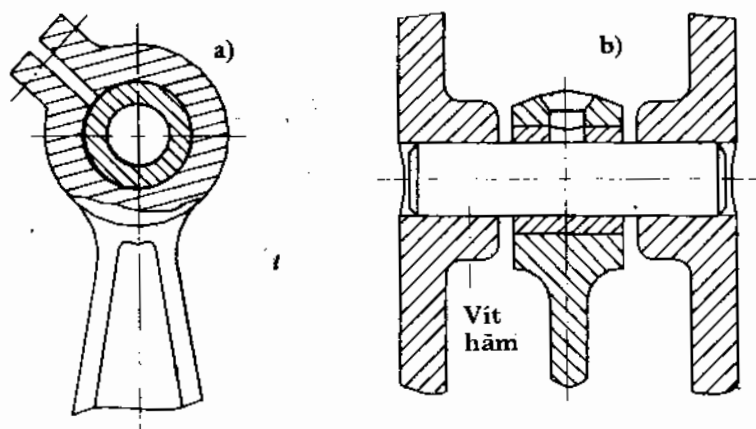
Chốt piston chịu lực va đập, tuần hoàn, nhiệt độ cao và điều kiện bôi trơn khó khăn.

#### c. Vật liệu chế tạo

Chốt piston thường được chế tạo từ thép ít cacbon và thép hợp kim có các thành phần hợp kim như crôm, măng gan với thành phần cacbon thấp. Để tăng độ cứng cho bề mặt - tăng sức bền mỏi - chốt được thấm than, xianua hóa, hoặc tôi cao tần và được mài bóng.

#### d. Kết cấu và các kiểu lắp ghép

Đa số các chốt piston có kết cấu đơn giản như dạng trụ rỗng. Các mối ghép giữa chốt piston và piston, thanh truyền theo hệ trục để bảo đảm lắp ghép dễ dàng. Trong thực tế có ba kiểu lắp ghép sau :

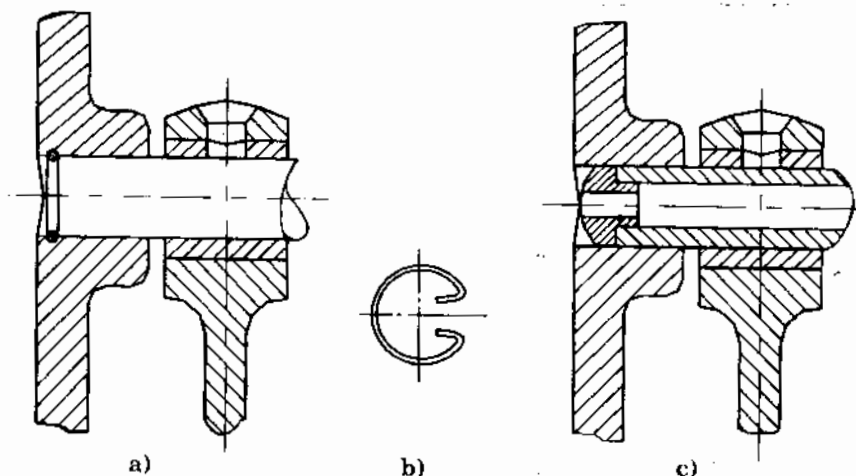


**Hình 2-11.** Lắp cố định chốt piston trên đầu nhỏ thanh truyền a) và trên bệ chốt b)

- *Cố định chốt trên đầu nhỏ thanh truyền* (hình 2 - 11a). Khi đó chốt piston phải được lắp tự do trên bệ chốt. Do không phải giải quyết vấn đề bôi trơn của mối ghép với thanh truyền nên có thể thu hẹp bề rộng đầu thanh truyền và như vậy tăng được chiều dài của bệ chốt, giảm được áp suất tiếp xúc - mòn tại đây. Tuy nhiên mặt phẳng chịu lực của chốt ít thay đổi nên tính chịu mỏi kém.

- *Cố định chốt piston trên bệ chốt* (hình 2 - 11b). Khi đó chốt phải được lắp tự do trên thanh truyền. Cũng giống như phương pháp trên, do không phải bôi trơn cho bệ chốt nên có thể rút ngắn chiều dài của bệ để tăng chiều rộng đầu nhỏ thanh truyền, giảm được áp suất tiếp xúc của mối ghép này. Tuy nhiên, mặt phẳng chịu lực của chốt piston không thay đổi nên tính chịu mỏi của chốt kém.

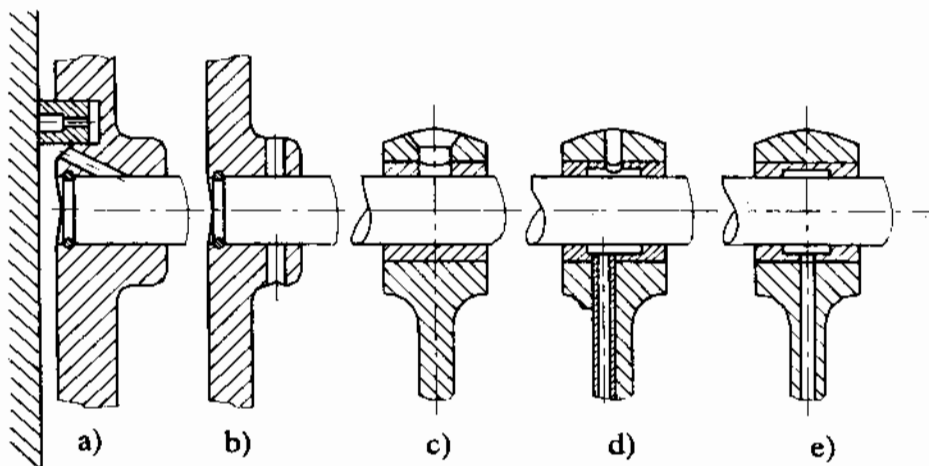
- *Lắp tự do ở cả hai mối ghép* (hình 2- 12a). Tại hai mối ghép đều không có kết cấu hãm. Khi lắp ráp, mối ghép giữa chốt và bạc đầu nhỏ thanh truyền là



**Hình 2-12.** Lắp tự do chốt piston

mối ghép lỏng, còn mối ghép với bệ chốt là mối ghép trung gian, có độ dôi ( $0,01 + 0,02$  mm đối với động cơ ô tô máy kéo). Trong quá trình làm việc, do nhiệt độ cao, piston bằng hợp kim nhôm giãn ra nhiều hơn chốt piston bằng thép, tạo ra khe hở ở mối ghép này nên chốt piston có thể tự xoay. Khi đó, mặt phẳng chịu lực thay đổi nên chốt piston mòn đều hơn và chịu mài tốt hơn. Vì vậy, phương pháp này được dùng rất phổ biến hiện nay. Tuy nhiên phải giải quyết vấn đề bôi trơn ở cả hai mối ghép và phải có kết cấu hạn chế di chuyển dọc trục của chốt, thông thường dùng vòng hãm (hình 2-12b) hoặc nút kim loại mềm có mặt cầu như trên hình 2-12c. Trước khi lắp chốt vào bệ chốt nên ngâm piston trong dầu hoặc trong nước nóng để lắp ráp dễ dàng.

Do có các mối ghép động nên phải giải quyết bôi trơn cho các mối ghép này. Sau đây là một số phương án được dùng trong thực tế. Đối với hệ chốt thường được khoan lỗ để dẫn dầu do xéc măng dầu gạt về (hình 2-13a) hoặc khoan lỗ hứng dầu (hình 2-13 b). Còn đối với thanh truyền, để bôi trơn người ta có thể dùng lỗ hứng dầu (hình 2-13c) hoặc bôi trơn cưỡng bức kết hợp với làm mát đỉnh piston bằng dầu có áp suất cao dẫn từ trục khuỷu dọc theo thân thanh truyền như được dùng ở động cơ ô tô IFA W 50 hoặc ZIL 130 (hình 2-13d và e).



Hình 2-13. Bôi trơn các mối ghép chốt piston

### 2.2.3. Xecmăng

#### a. Vai trò

Như đã trình bày ở phần Đầu piston, xecmăng khí làm nhiệm vụ bao kín tránh lọt khí còn xecmăng dầu ngăn dầu bôi trơn từ hộp trục khuỷu sục lên buồng cháy.

### b. Điều kiện làm việc

Cũng như piston, xecmăng chịu tải trọng cơ học lớn, nhất là xecmăng đầu tiên. Cụ thể là áp suất của khí cháy rất lớn như đã trình bày ở phần điều kiện làm việc của piston, ngoài ra xecmăng còn chịu lực quán tính lớn, có chu kỳ và va đập. Đồng thời, phải kể đến nhiệt độ cao, ma sát lớn, ăn mòn hóa học và ứng suất uốn ban đầu khi lắp ráp xecmăng vào rãnh ở piston.

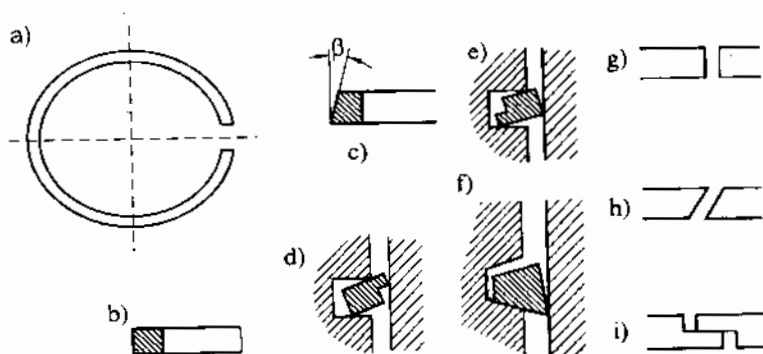
### c. Vật liệu chế tạo

Một yêu cầu rất quan trọng đối với vật liệu chế tạo xecmăng là phải bảo đảm độ đàn hồi ở nhiệt độ cao và chịu mòn tốt. Hầu hết xecmăng được chế tạo bằng gang xám pha hợp kim. Vì xecmăng đầu tiên chịu điều kiện làm việc khắc nghiệt nhất nên ở một số động cơ xecmăng khí đầu tiên, được mạ crôm xốp có chiều dày  $0,03 \div 0,06$  mm có thể tăng tuổi thọ của xecmăng này lên 3 đến 3,5 lần.

### d. Kết cấu

- *Xecmăng khí.* Về đại thể, xecmăng có kết cấu đơn giản là một vòng hồ miêng (hình 2-14a). Kết cấu của xecmăng khí được đặc trưng bằng kết cấu của tiết diện và miêng xecmăng.

Loại tiết diện chữ nhật (hình 2-14b) có kết cấu đơn giản nhất, dễ chế tạo, nhưng có áp suất riêng không lớn, thời gian rà khít với xylanh sau khi lắp ráp lâu. Loại có mặt côn  $\beta = 15 \div 30^\circ$  (hình 2-14c) có áp suất tiếp xúc lớn và có thể rà khít nhanh chóng với xylanh, tuy nhiên chế tạo phức tạp và phải đánh dấu khi lắp sao cho khi xec măng đi xuống sẽ có tác dụng như một lưỡi cạo để gạt dầu. Để có được ưu điểm trên và tránh được những điều phiền phức đã nêu, người ta đưa ra kết cấu tiết diện không đối xứng bằng cách tiện vát tiết diện xecmăng (hình 2-14d và e). Khi lắp vào piston và xylanh, do có sức căng nên xec măng bị vênh đi nên có tác dụng như một mặt côn. Khi lắp ráp phải chú ý: nếu

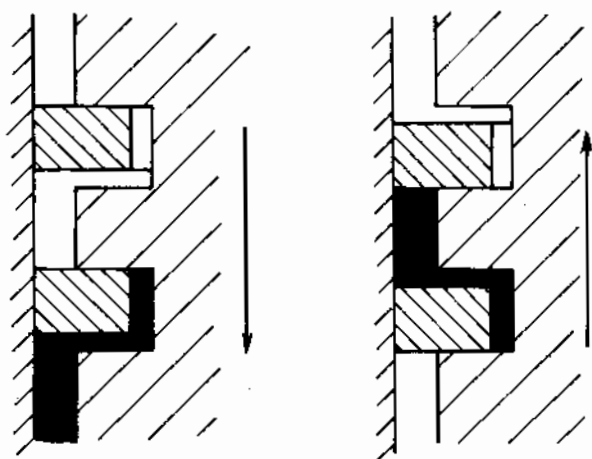


Hình 2-14. Kết cấu xecmăng khí

vát phía ngoài (hình 2- 14d) thì phải lắp hướng xuống phía dưới còn vát phía trong (hình 2- 14e) thì phải lắp hướng lên buồng cháy, nhằm tránh hiện tượng giảm lực căng của xéc măng do áp suất cao của khí lọt từ buồng cháy. Loại hình thang - vát (hình 2- 14f) có tác dụng giữ muội than khi xéc măng co bóp do đường kính xylanh không hoàn toàn đồng đều theo phương dọc trục, do đó tránh được hiện tượng bó kẹt xéc măng trong rãnh của nó.

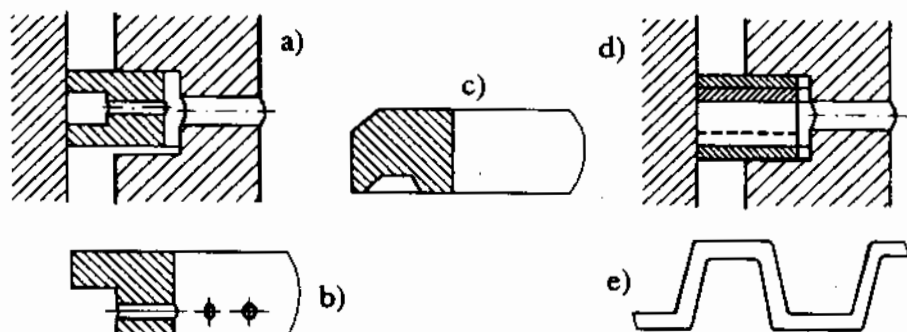
Về kết cấu miệng, loại thẳng (hình 2-14g) dễ chế tạo nhưng dễ lọt khí và sục dầu qua miệng. Loại vát (hình 2-14h) có thể khắc phục phần nào những nhược điểm trên. Loại bậc (hình 2- 14i) bao kín rất tốt, nhưng khó chế tạo.

- *Xecmăng dầu.* Nếu chỉ có xecmăng khí thì có hiện tượng "bơm" dầu lên buồng cháy qua khe hở mặt dầu xecmăng trong rãnh xecmăng khi piston đổi chiều chuyển động (hình 2-15). Dầu sẽ bị cháy, kết muội và tiêu hao nhiều dầu bôi trơn. Xecmăng dầu làm nhiệm vụ ngăn dầu và ngoài ra dẫn đều dầu lên mặt xylanh. Thông thường ở rãnh xecmăng dầu của piston có rãnh thoát dầu (hình 2-16a và b). Hình 2-16c trình bày



Hình 2.15. Hiện tượng bơm dầu của xecmăng khí

kết cấu tiết diện xecmăng dầu có dạng lưỡi cạo gạt dầu thường gặp trong thực tế. Dầu gạt về sẽ theo các lỗ khoan trên piston rơi xuống cacte dầu. Hình 2-16d nêu kết cấu của xecmăng dầu tổ hợp gồm ba chi tiết riêng rẽ.



Hình 2.16. Kết cấu xecmăng dầu

Do có lò xo hình sóng (hình 2-16e) ép hai vòng thép mỏng lên mặt đầu của rãnh nên xecmăng khi làm việc không có khe hở mặt đầu. Do đó, xecmăng dầu tổ hợp có tác dụng ngăn dầu và giảm va đập rất tốt.

#### 2.2.4. Thanh truyền

##### a. Vai trò

Thanh truyền là chi tiết nối giữa piston và trục khuỷu hoặc guốc trượt.

##### b. Điều kiện làm việc

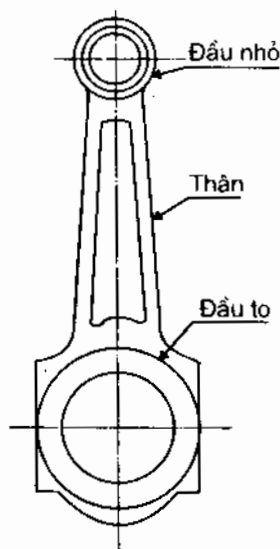
Thanh truyền chịu lực khí thể, lực quán tính của nhóm piston và lực quán tính của bản thân thanh truyền. Các lực trên đều là các lực tuần hoàn, va đập.

##### c. Vật liệu chế tạo

Đối với động cơ tĩnh tại và động cơ tàu thủy tốc độ thấp, người ta dùng thép ít cacbon hoặc thép cacbon trung bình như C30, C35, C45. Đối với động cơ ô tô máy kéo và động cơ tàu thủy cao tốc, người ta dùng thép cacbon trung bình như C40, C45 hoặc thép hợp kim crôm, niken. Còn đối với động cơ cao tốc và cường hóa như động cơ ô tô du lịch, xe đua ... người ta dùng thép hợp kim đặc biệt có nhiều thành phần hợp kim như mangan, niken, vonfram ...

##### d. Kết cấu

Người ta chia kết cấu thanh truyền làm 3 phần là đầu nhỏ, đầu to và thân thanh truyền (hình 2-17). Sau đây ta xét kết cấu từng phần cụ thể.

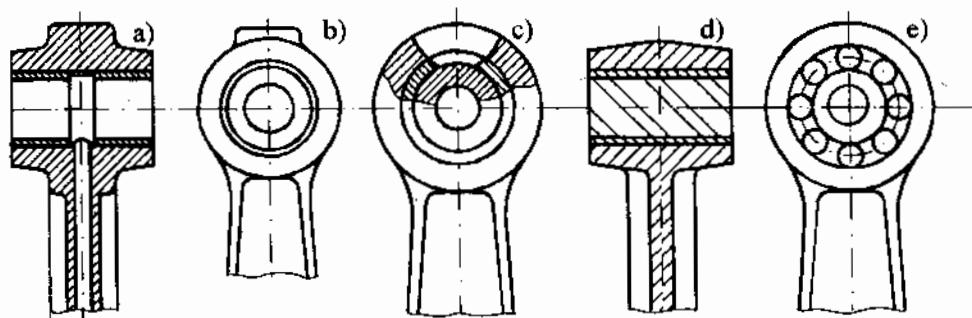


Hình 2-17. Kết cấu thanh truyền

### — Đầu nhỏ

\* Khi chốt piston lắp tự do với đầu nhỏ thanh truyền, trên đầu nhỏ thường phải có bạc lót (hình 2-18a). Đối với động cơ ô tô máy kéo thường là động cơ cao tốc, đầu nhỏ thường mỏng để giảm trọng lượng. Ở một số động cơ người ta thường làm vấu lồi trên đầu nhỏ để điều chỉnh trọng tâm thanh truyền cho đồng đều giữa các xylanh (hình 2-18b). Để bôi trơn bạc lót và chốt piston có những phương án như dùng rãnh hứng dầu (hình 2-18c) hoặc bôi trơn cưỡng bức do dẫn dầu từ trục khuỷu dọc theo thân thanh truyền (hình 2-18a).

Ở động cơ 2 kỳ, do điều kiện bôi trơn khó khăn, người ta làm các rãnh chứa dầu ở bạc đầu nhỏ (hình 2-18d). Cũng chính vì bôi trơn khó khăn nên ở một số động cơ người ta dùng bi kim thay cho bạc lót (hình 2-18e). Khi đó lắp ráp thanh truyền với chốt piston và piston khá phức tạp. Bạc lót đầu nhỏ thanh truyền thường bằng đồng thanh hoặc thép có tráng hợp kim chống mòn. Bạc lắp có độ dôi vào đầu nhỏ rồi doa đạt kích thước chính xác lắp ghép.

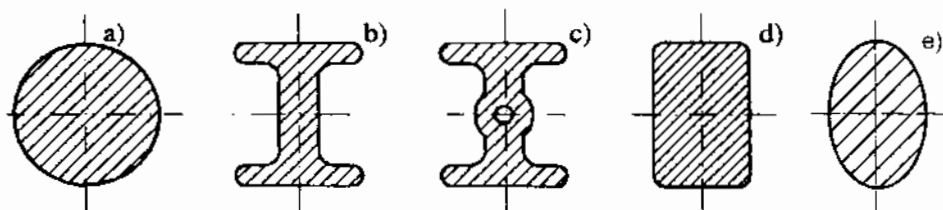


Hình 2-18. Kết cấu đầu nhỏ thanh truyền

\* Khi chốt piston cố định trên đầu nhỏ thanh truyền, đầu nhỏ phải có kết cấu kẹp chặt (hình 2-10).

### — Thân thanh truyền

Tiết diện thân thanh truyền thường thay đổi từ nhỏ đến lớn kể từ đầu nhỏ đến đầu to. Tiết diện tròn (hình 2-19a) có dạng đơn giản, có thể tạo phôi bằng rèn tự do, thường được dùng trong động cơ tàu thủy. Loại này không tận dụng vật liệu theo quan điểm sức bền đều. Loại tiết diện chữ I (hình 2-19b) có sức bền đều theo hai phương, được dùng rất phổ biến, từ động cơ cỡ nhỏ đến động cơ cỡ lớn và được tạo phôi bằng phương pháp rèn khuôn. Loại tiết diện hình chữ nhật, ô van (hình 2-19c và d) có ưu điểm là dễ chế tạo, thường được dùng ở động cơ mô tô, xuồng máy cỡ nhỏ.

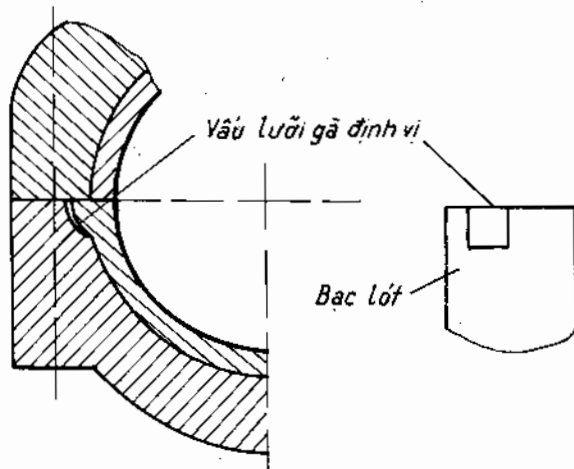


**Hình 2-19.** Các loại tiết diện thân thanh truyền

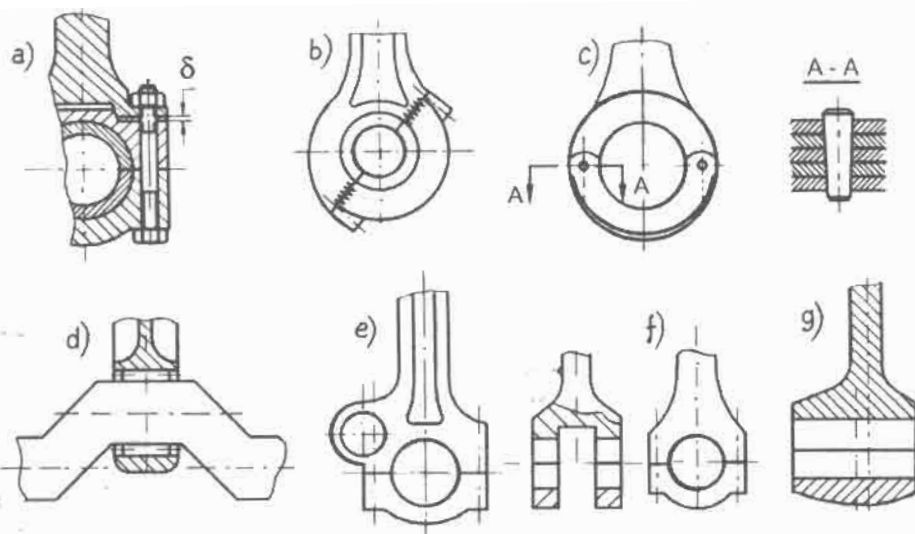
#### - Đầu to thanh truyền

Để lắp ráp với trục khuỷu một cách dễ dàng, đầu to thanh truyền thường được cắt làm hai nửa và lắp ghép với nhau bằng bulông hay vít cấy. Do đó bạc lót cũng phải được chia làm hai nửa và phải được cố định trong lỗ đầu to thanh truyền. Hình 2-20 thể hiện một dạng kết cấu này gọi là kiểu vấu lưỡi gà. Do đầu to thanh truyền chia làm hai nửa, ở một số động cơ, người ta lắp một số đệm bằng thép mềm ở bề mặt phân cách. Khi sửa chữa lớn, sẽ lấy bớt các tấm đệm này ra rồi tiến hành doa hoặc cạo rà lại bạc lót. Phương pháp này chỉ dùng với những động cơ có tính đơn chiếc. Ngoài ra, khi lắp đệm ở bề mặt phân cách sẽ làm tăng tải trọng tác dụng lên chi tiết lắp ghép nối hai nửa đầu to là bulông hay gugiông thanh truyền, vì khi đó độ cứng của mối ghép sẽ giảm. Đối với động cơ cỡ lớn, để tiện khi chế tạo, người ta chế tạo đầu to thanh truyền riêng rồi lắp với thân thanh truyền (hình 2-21a). Bề mặt lắp ghép giữa thân và đầu to thanh truyền được lắp các tấm đệm thép dày 5-20 mm để có thể điều chỉnh tỷ số nén cho đồng đều giữa các xylanh. Trong một số trường hợp, do kích thước đầu to quá lớn nên đầu to thanh truyền được chia làm hai

nửa bằng mặt phẳng chéo (hình 2-21b) để đút lọt vào xylanh khi lắp ráp. Khi đó mối ghép sẽ phải có kết cấu chịu lực cắt thay cho bulông thanh truyền như vấu hoặc răng khía. Để giảm kích thước đầu to thanh truyền, có loại kết cấu bán lẻ và hãm bằng chốt côn (hình 2-21c). Một số động cơ hai kỳ cỡ nhỏ có thanh truyền không chia làm



**Hình 2-20.** Kết cấu cố định bạc lót trên đầu to thanh truyền



**Hình 2.21.** Các dạng kết cấu đầu to thanh truyền

hai nửa phải dùng ổ bi đũa (hình 2-21d) được lắp dần từng viên. Ở một số động cơ nhiều xylanh kiểu chữ V hoặc hình sao, thanh truyền của hai hàng xylanh khác nhau, thanh truyền phụ không lắp trực tiếp với trục khuỷu mà lắp với chốt phụ trên thanh truyền chính (hình 2-21e) hoặc hai thanh truyền lắp lồng với nhau trên trục khuỷu nên một thanh truyền có đầu to dạng hình nạng (hình 2-21f). Đối với một số động cơ có trục khuỷu trốn cổ, để bố trí khoảng cách giữa các xylanh hợp lý, chiều dày đầu to không đối xứng qua mặt phẳng dọc của thân thanh truyền (hình 2-21g).

### 2.2.5. Bulông thanh truyền

#### a. Vai trò

Bulông thanh truyền là chi tiết ghép nối hai nửa đầu to thanh truyền. Nó có thể ở dạng bulông hay vít cấy (gugiong), tuy có kết cấu đơn giản nhưng rất quan trọng nên phải được quan tâm khi thiết kế và chế tạo. Nếu bulông thanh truyền do nguyên nhân nào đó bị đứt sẽ dẫn tới phá hỏng toàn bộ động cơ.

#### b. Điều kiện làm việc

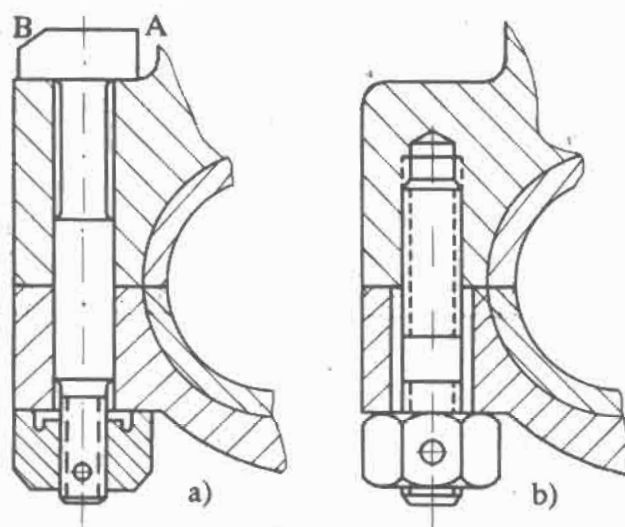
Bulông thanh truyền khi làm việc chịu các lực như lực xiết ban đầu, lực quán tính của nhóm piston – thanh truyền không kể nắp đầu to thanh truyền. Những lực này đều là các lực có chu kỳ cho nên bulông thanh truyền phải có sức bền mỏi cao.

### c. Vật liệu chế tạo

Bulông thanh truyền thường được chế tạo bằng thép hợp kim có các thành phần crôm, mang gan, niken ... Tốc độ động cơ càng lớn, vật liệu bulông thanh truyền có hàm lượng kim loại quý càng nhiều.

### d. Kết cấu

Như đã trình bày ở trên, hai nửa đầu to thanh truyền có thể được ghép nối bằng bulông (hình 2-22a) hoặc gugiông (hình 2-22b). Hình 2-22a thể hiện kết cấu điển hình của bulông thanh truyền, thường gặp ở động cơ ô tô máy kéo. Theo kết cấu này, hai nửa đầu to được định vị bằng mặt trụ của bulông. Đầu bulông có mặt vát A để chống xoay khi lắp ráp. Còn mặt vát B có tác dụng làm mềm phần đối diện với mặt vát A để phân lực hai phía trên bề mặt tỷ được đồng đều sao cho tổng phản lực tác dụng đúng trên đường tâm bulông để tránh cho bulông bị uốn. Bán kính góc lượn của các phần chuyển tiếp nằm trong khoảng  $0,2 \div 1$  mm nhằm giảm tập trung ứng suất. Phần nối giữa thân và ren thường làm thắt lại để tăng độ dẻo của bulông. đai ốc có kết cấu đặc biệt để ứng suất trên các ren đồng đều. Ren được tạo thành bằng những phương pháp gia công không phoi như lăn, cán. Ngoài ra bulông thanh truyền còn được tôi, ram và xử lý bề mặt bằng phun cát, phun bi để đạt độ cứng HRC  $26 \div 32$ . Khi lắp ghép phải dùng cờ lê lực kế để bảo đảm mômen xiết đúng qui định của nhà chế tạo.



Hình 2-22. Một dạng kết cấu bulông a) và gugiông thanh truyền b)

### 2.2.6. Trục khuỷu

Đây là chi tiết rất quan trọng và chiếm tỷ trọng khá lớn, có thể đến  $25 \div 30\%$  giá thành động cơ.

#### a. Vai trò

Trục khuỷu nhận lực tác dụng từ piston tạo mômen quay kéo các máy công tác và nhận năng lượng của bánh đà ; sau đó truyền cho thanh truyền và piston thực hiện quá trình nén cũng như trao đổi khí trong xy lanh.

#### b. Điều kiện làm việc

Trục khuỷu chịu lực T, Z do lực khí thể và lực quán tính của nhóm piston – thanh truyền gây ra. Ngoài ra, trục khuỷu còn chịu lực quán tính ly tâm của các khối lượng quay lệch tâm của bản thân trục khuỷu và của thanh truyền. Những lực này gây uốn, xoắn, dao động xoắn và dao động ngang của trục khuỷu trên các ổ đỡ.

#### c. Vật liệu và phương pháp chế tạo

##### - Thép.

Trục khuỷu của động cơ tốc độ thấp như động cơ tàu thủy và tĩnh tại thường được chế tạo bằng thép cacbon trung bình như thép C35, C40, C45. Còn trục khuỷu của động cơ cao tốc thường dùng thép hợp kim crôm, niken. Động cơ cường hóa như ô xe đua, xe du lịch, trục khuỷu được chế tạo bằng thép hợp kim có các thành phần mangan, vômfram ... Thép cacbon có ưu điểm là rẻ và có hệ số ma sát trong lớn nên giảm dao động xoắn tốt nhưng sức bền không cao bằng thép hợp kim. Phôi trục khuỷu bằng thép thường tạo bằng phương pháp rèn khuôn hoặc rèn tự do. Sau đó phôi được ủ và thường hóa trước khi gia công cơ. Tiếp theo gia công cơ thô, trục khuỷu được nhiệt luyện và xử lý bề mặt rồi gia công lần cuối như mài các cổ trục. Với kiểu tạo phôi bằng phương pháp rèn, lượng dư gia công cơ thường khá lớn. Nếu tạo phôi bằng phương pháp đúc thì lượng dư gia công cơ ít hơn. Tuy nhiên, sức bền của trục khuỷu nhận được từ phương pháp đúc không cao bằng khi dùng phương pháp rèn.

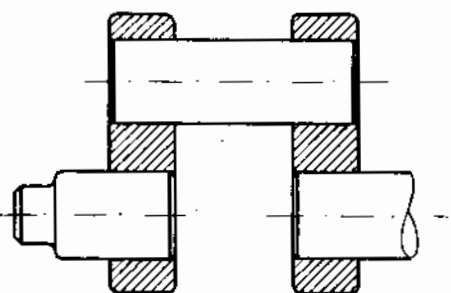
##### - Gang graphit cầu

Gang cầu có đặc điểm rất dễ đúc và rẻ. Ngoài ra, do có cacbon ở dạng graphit cầu nên ma sát trong lớn, chịu mòn tốt và không nhạy cảm với ứng suất tập trung. Khi đúc tạo phôi có thể đúc được phôi có hình dạng phức tạp như yêu cầu thiết kế đề ra nhằm bảo đảm sức bền đều trên toàn bộ trục khuỷu. Tuy nhiên khó khăn lớn nhất khi chế tạo trục khuỷu bằng gang cầu là cầu hóa.

#### d. Kết cấu

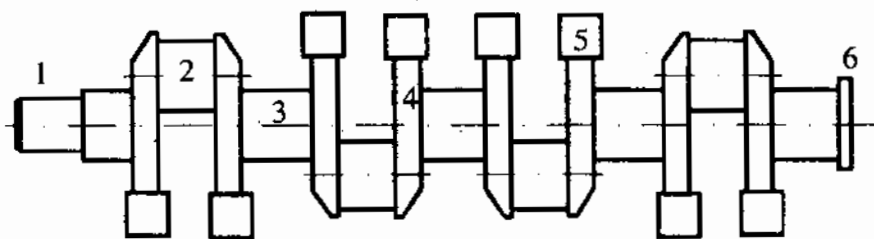
Kết cấu trục khuỷu phụ thuộc trước hết vào loại trục khuỷu. Người ta phân chia trục khuỷu thành một số loại sau :

\* *Trục khuỷu ghép và trục khuỷu nguyên.* Trục khuỷu ghép là trục gồm nhiều chi tiết được lắp với nhau (hình 2-23). Loại trục khuỷu này được dùng nhiều trong động cơ cỡ lớn, động cơ đồng gam (xem mục 2.2.8.2) và đôi khi ở động cơ cỡ nhỏ như động cơ xe máy.



Hình 2-23. Trục khuỷu ghép

Trục khuỷu nguyên là trục chỉ gồm một chi tiết (hình 2-24). Trục khuỷu nguyên được dùng trong động cơ cỡ nhỏ và trung bình, ví dụ ở động cơ ô tô, máy kéo.



Hình 2-24. Trục khuỷu động cơ 4 kỳ, 4 xylanh

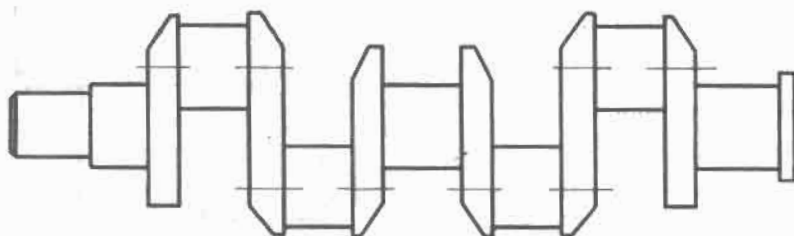
1. đầu trục, 2. chốt khuỷu, 3. cổ khuỷu, 4. má khuỷu, 5. đối trọng, 6. đuôi trục khuỷu

\* *Trục khuỷu đủ cổ và trục khuỷu trốn cổ.* Gọi số xylanh của động cơ là  $z$  và số ổ đỡ là  $i$ . Nếu trục khuỷu có số ổ đỡ là  $i = z + 1$ , tức là giữa hai xylanh liên tiếp nhau luôn có một ổ đỡ thì được gọi là trục khuỷu đủ cổ (hình 2-24). Còn nếu  $i < z + 1$  thì trục khuỷu được gọi là trục khuỷu trốn cổ. Thông thường ở trục khuỷu trốn cổ  $i = z/2 + 1$ . Hình 2-25 mô tả trục khuỷu động cơ 4 kỳ, 4 xylanh, trốn cổ, chỉ có 3 ổ đỡ.

Để xét tỷ mỉ kết cấu các phần của trục khuỷu, người ta chia trục khuỷu thành các phần như đã thể hiện trên hình 2-24. Sau đây ta sẽ xét từng phần cụ thể.

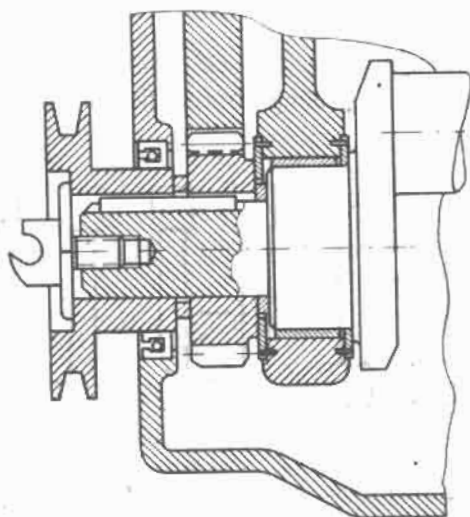
#### - Đầu trục khuỷu

Hình 2-26 thể hiện một loại kết cấu đầu trục khuỷu động cơ ô tô. Đầu trục lắp vấu để quay trục khi cần thiết hoặc để khởi động bằng tay quay



**Hình 2-25.** Trục khuỷu động cơ 4 kỳ, 4 xylanh, trốn cổ

(maniven). Trên đầu trục khuỷu thường có then để lắp puli dẫn động quạt gió, bơm nước cho hệ thống làm mát, đĩa giảm dao động xoắn (nếu có) và lắp bánh răng trục khuỷu. Bộ truyền bánh răng từ trục khuỷu để dẫn động trục cam phối khí và bơm cao áp (của động cơ diesel) hoặc bộ chia điện đánh lửa (của động cơ xăng) và bơm dầu của hệ thống bôi trơn. Ngoài ra đầu trục khuỷu loại này còn có kết



**Hình 2-26.** Một loại kết cấu đầu trục khuỷu động cơ ô tô

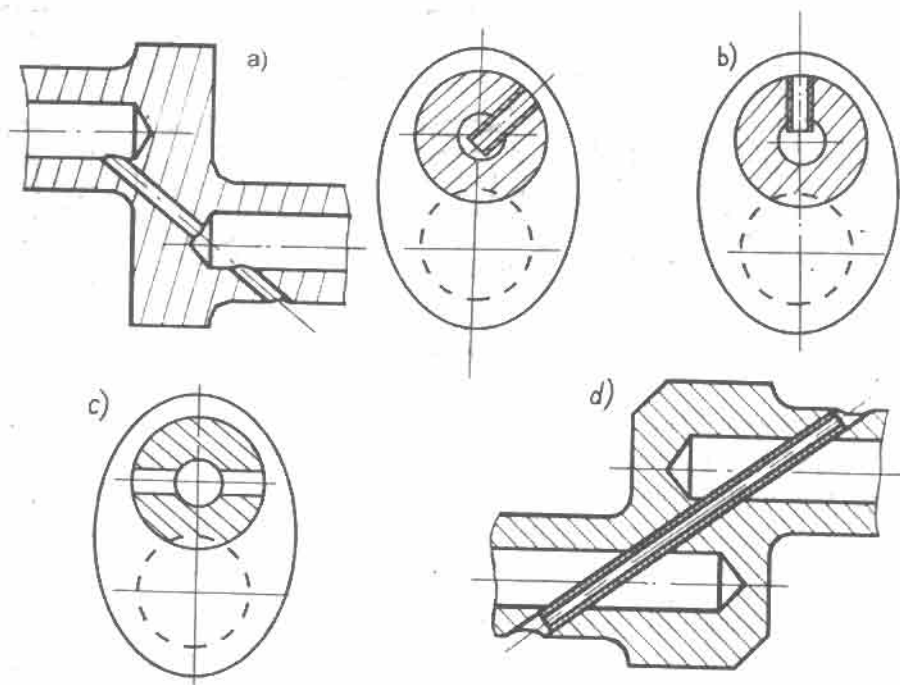
cấu hạn chế di chuyển dọc trục. Các bề mặt đầu của cổ trục đầu tiên khi di chuyển dọc trục sẽ tỳ vào các tấm chặn có tráng hợp kim chịu mòn.

#### - Cổ khuỷu

Cổ trục khuỷu được gia công và xử lý bề mặt đạt độ cứng và độ bóng cao. Phần lớn các động cơ có cổ trục cùng một đường kính. Đặc biệt có động cơ, thường là động cơ cỡ lớn, với đường kính cổ trục lớn dần từ đầu đến đuôi trục khuỷu để có sức bền đều. Tuy nhiên nó sẽ rất phức tạp vì có nhiều bạc lót hoặc ổ đỡ có đường kính khác nhau. Cổ khuỷu thường rỗng để làm rãnh dẫn dầu bôi trơn đến các cổ và chốt khác của trục khuỷu.

### - Chốt khuỷu

Chốt khuỷu cũng phải được gia công và xử lý bề mặt để đạt độ cứng và độ bóng cao. Đường kính chốt thường nhỏ hơn đường kính cổ, nhưng cũng có những trường hợp động cơ cao tốc - do lực quán tính lớn - đường kính chốt khuỷu có thể bằng đường kính cổ khuỷu. Trong trường hợp đầu to thanh truyền làm liền khối lắp ổ bi kim ở một số động cơ hai kỳ, do phải lắp lồng thanh truyền từ đầu trục khuỷu nên đường kính chốt phải lớn hơn đường kính cổ. Cũng như cổ khuỷu, chốt khuỷu có thể làm rỗng để giảm trọng lượng và chứa dầu bôi trơn. Để dẫn dầu bôi trơn lên bề mặt chốt khuỷu có các phương pháp kết cấu như trên hình 2- 27.



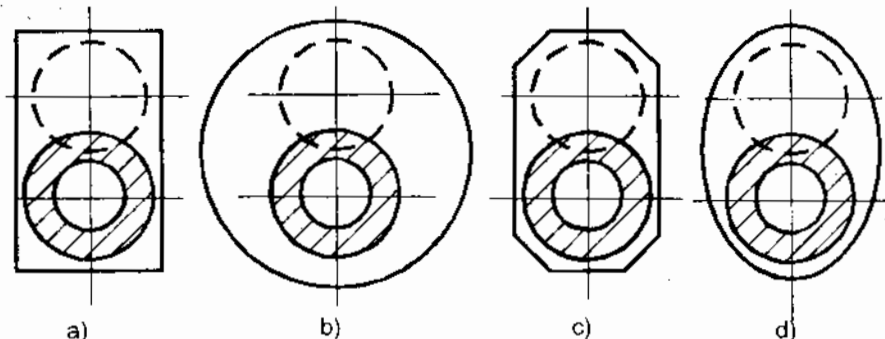
Hình 2-27. Kết cấu dẫn dầu bôi trơn chốt khuỷu

Dầu bôi trơn thường được dẫn từ thân máy đến các cổ trục khuỷu, rồi theo các đường rãnh trong cổ, má khuỷu dẫn lên chốt khuỷu (hình 2- 27a). Vị trí lấy dầu ra bôi trơn chốt khuỷu thuận lợi nhất là vị trí mà tại đó áp suất tiếp xúc nhỏ nhất (hình 2- 27a) nhưng chi tiết kiểu này khó gia công. Lấy dầu ra như hình 2- 27b thì dễ gia công chi tiết hơn nhưng nó làm giảm đáng kể sức bền trục khuỷu. Phương án lấy dầu ra như trên hình 2- 27c thì dễ gia công hơn và ảnh hưởng không lớn đến sức bền trục khuỷu. Do lực ly tâm, các cặn bẩn chứa trong dầu bôi trơn văng ra xa tâm quay nên nhờ có ống nhỏ dầu sạch ở phía trong khoang rỗng của chốt được dẫn ra bôi trơn (hình 2- 27a).

Do trục khuỷu có các khoang chứa dầu nên khi khởi động phải có thời gian để dầu điền đầy các khoang. Để nhanh chóng đưa dầu lên bôi trơn lên bề mặt trục khuỷu, người ta dùng ống dẫn lắp ép trong trục khuỷu (hình 2-27d), tuy nhiên dầu không được lọc sạch thêm nhờ hiệu ứng ly tâm như đã nói ở trên.

#### - Má khuỷu

Má khuỷu đơn giản và dễ gia công nhất là có dạng chữ nhật và dạng tròn (hình 2-28a và b). Đối với động cơ có cổ khuỷu lắp ổ bi, má khuỷu tròn đồng thời đóng vai trò cổ khuỷu. Để giảm trọng lượng, người ta thiết kế má khuỷu chữ nhật được vát góc (hình 2-28c). Má khuỷu ô van (hình 2-28d) có sức bền đều hơn.

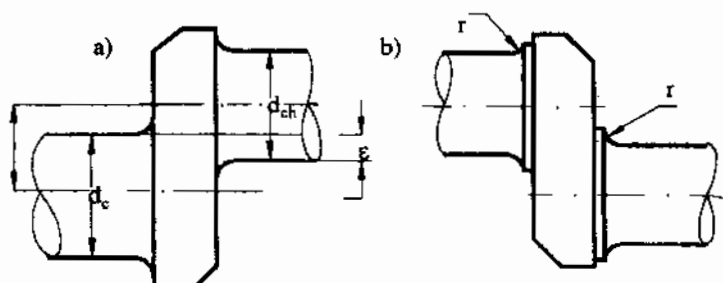


Hình 2-28. Các dạng má khuỷu

Để trục khuỷu có độ cứng vững và sức bền cao, trục khuỷu thường được thiết kế có độ trùng điệp. Độ trùng điệp, ký hiệu là  $\varepsilon$  (hình 2-29a), có thể xác định theo công thức sau :

$$\varepsilon = \frac{d_{ch} + d_c}{2} - R \quad (2-19)$$

Độ trùng điệp càng lớn, độ cứng vững và độ bền của má khuỷu, hay nói chính xác hơn, của toàn bộ trục khuỷu càng cao. Muốn tăng độ trùng điệp, theo công thức (2-19), hoặc tăng đường kính các cổ trục, cổ chốt  $d_c$ ,  $d_{ch}$  - áp suất tiếp xúc và mài mòn ở các cổ này sẽ giảm - hoặc giảm bán kính quay  $R$  của



Hình 2-29. Các biện pháp kết cấu tăng bền má khuỷu

trục khuỷu - tức là giảm hành trình hay vận tốc trung bình của piston  $v_{tb}$  đồng thời cũng có nghĩa giảm mài mòn cặp piston - xylanh. Điều đó có thể giải thích dễ dàng nhờ các quan hệ sau :  $S = 2R$  và  $v_{tb} = \frac{S}{30} n$ .

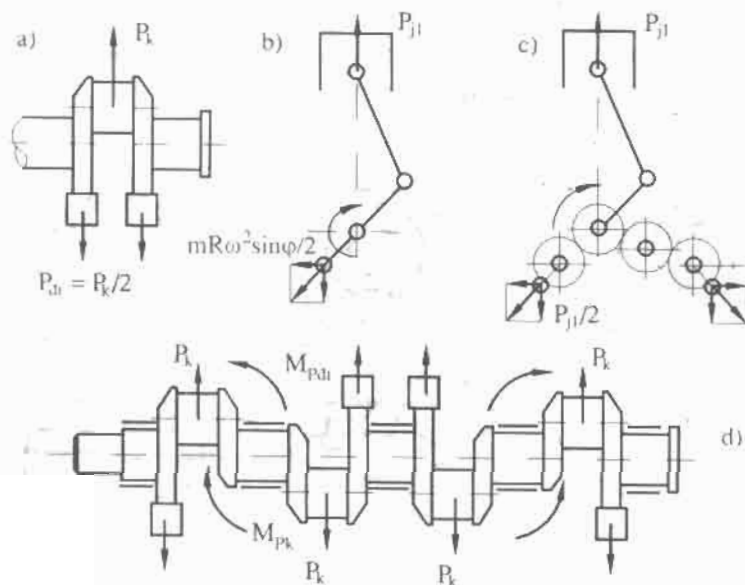
Để tránh tập trung ứng suất, giữa má và cổ khuỷu, chốt khuỷu thường có các bán kính chuyển tiếp  $r$  (hình 2-29b).

- *Đối trọng.*

Đối trọng là các khối lượng gắn trên trục khuỷu để tạo ra lực quán tính ly tâm nhằm những mục đích sau :

\* Cân bằng lực quán tính ly tâm  $P_k$  của trục khuỷu (hình 2-30a).

\* Cân bằng một phần lực quán tính chuyển động tịnh tiến cấp I (hình 2-30b). Thông thường người ta cân bằng một nửa lực quán tính chuyển động tịnh tiến cấp I của nhóm piston - thanh truyền. Đối trọng - lắp ngược với hướng của chốt khuỷu - tạo ra lực quán tính ly tâm có giá trị bằng  $P_{j1}/2 = mR\omega^2/2$ . Như vậy trên phương ngang sẽ xuất hiện lực mất cân bằng  $mR\omega^2 \sin\varphi/2$ . Phương pháp cân bằng này về thực chất là chuyển một phần lực mất cân bằng trên một phương sang phương vuông góc. Phương pháp này thường dùng cho những động cơ đặt nằm ngang. Để cân bằng triệt để lực quán tính chuyển động tịnh tiến, người ta dùng cơ cấu cân bằng Langxetche thường dùng ở những động cơ một



Hình 2-30. Vai trò của đối trọng

xylanh, ví dụ, động cơ máy kéo Bông Sen. Đối trọng trong trường hợp này không lắp trực tiếp trên trục khuỷu mà lắp trên hai trục dẫn động từ trục khuỷu (hình 2-30c).

\* Giảm tải trọng tác dụng cho một cổ khuỷu, ví dụ cho cổ giữa trục khuỷu động cơ 4 kỳ, 4 xylanh (hình 2-30d). Đối với trục khuỷu này, các lực quán tính ly tâm  $P_K$  tự cân bằng nhưng tạo ra cặp mômen  $M_{PK}$  luôn gây uốn cổ giữa. Khi có đối trọng, cặp mômen  $M_{Pdt}$  của đối trọng sẽ cân bằng cặp mômen  $M_{PK}$  nên giảm được tải cho cổ giữa.

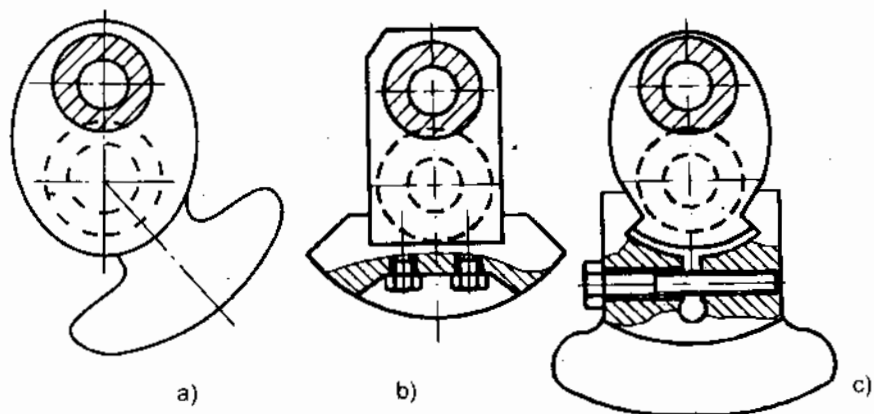
\* Đối trọng còn là nơi để khoan bớt các khối lượng khi cân bằng động hệ trục khuỷu.

Về mặt nguyên tắc, đối trọng càng bố trí xa tâm quay thì lực quán tính ly tâm càng lớn. Tuy nhiên, khi đó sẽ làm tăng kích thước hộp trục khuỷu.

Về mặt kết cấu có các loại đối trọng sau :

\* Đối trọng liền với má khuỷu, thông thường dùng cho động cơ cỡ nhỏ và trung bình như động cơ ô tô, máy kéo (hình 2-31a).

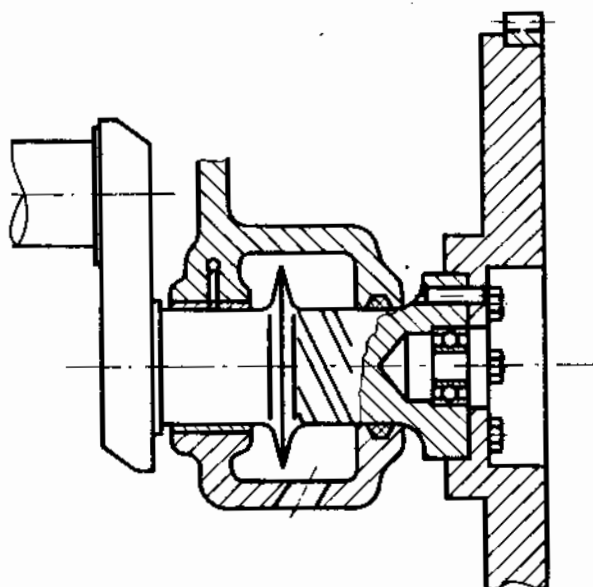
\* Để dễ chế tạo, đối trọng được làm rời rồi lắp với trục khuỷu. Lắp bằng phương pháp hàn thường làm cho trục khuỷu biến dạng và để lại ứng suất dư làm giảm sức bền mỏi của trục khuỷu nên phương pháp này ít được dùng. Thông thường đối trọng được lắp bằng bulông với trục khuỷu (hình 2-31b). Để giảm lực tác dụng lên bulông, đối trọng được lắp với má trục khuỷu bằng rãnh mang cá và được kẹp chặt bằng bulông (hình 2-31c).



Hình 2-31. Kết cấu đối trọng

### *- Đuôi trục khuỷu*

Hình 2-32 nêu một kết cấu điển hình của đuôi trục khuỷu, rất phổ biến ở động cơ ô tô, máy kéo. Theo kết cấu này, đuôi trục khuỷu có mặt bích để lắp bánh đà và được làm rỗng để lắp vòng bi đỡ trục sơ cấp hộp số. Trên bề mặt ngồng trục có lắp phốt chắn dầu, tiếp đó là ren hồi dầu có chiều xoắn ngược với chiều quay của trục khuỷu để gạt dầu trở lại. Sát với cổ trục cuối cùng là đĩa chắn dầu. Dầu được các kết cấu chắn dầu ngăn lại sẽ rơi xuống và theo lỗ thoát trở về cacte dầu.



**Hình 2-32.** Một loại kết cấu đuôi trục khuỷu ô tô

Ngoài ra, ở một số động cơ, đuôi trục khuỷu còn là nơi lắp chắn di chuyển dọc trục, lắp bánh răng dẫn động các cơ cấu phụ như bơm cao áp, bơm dầu v.v... như ở động cơ ô tô TATRA 928 chẳng hạn.

### **2.2.7. Bánh đà**

#### *a. Vai trò*

Cũng như ở các máy móc khác, bánh đà của động cơ đốt trong có vai trò giữ cho độ không đồng đều của động cơ nằm trong giới hạn cho phép. Ngoài ra, bánh đà còn là nơi lắp các chi tiết của cơ cấu khởi động như vành răng khởi động và là nơi đánh dấu tương ứng với điểm chết và khắc vạch chia độ góc quay trục khuỷu.

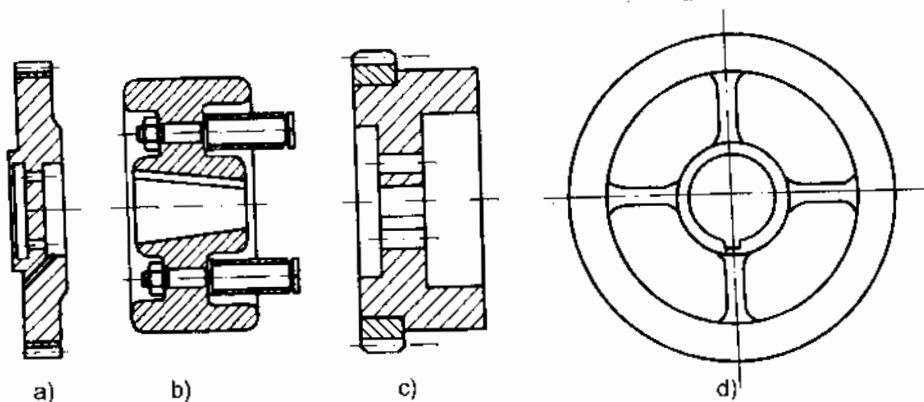
#### *b. Vật liệu chế tạo*

Bánh đà động cơ tốc độ thấp thường là gang xám, còn của động cơ tốc độ cao thường dùng thép ít cacbon.

#### *c. Kết cấu*

Theo kết cấu, người ta chia bánh đà thành các loại sau :

- *Bánh đà dạng đĩa* (hình 2-33a) là bánh đà mỏng có mômen quán tính nhỏ nên chỉ dùng cho động cơ tốc độ cao và rất hay gặp ở động cơ ô tô, máy kéo. Bề mặt bánh đà được gia công phẳng, nhằm để lắp đĩa ma sát và đĩa ép ly hợp. Ngoài ra, trên bánh đà thường được lắp ép vành răng khởi động.



Hình 2-33. Kết cấu bánh đà

- *Bánh đà dạng vành* (hình 2-33b) là bánh đà dày có mômen quán tính lớn. Một số động cơ còn sử dụng bánh đà như một pu li để truyền công suất ra kéo các máy công tác.

- *Bánh đà dạng chậu* (hình 2-33c) là bánh đà có dạng trung gian của hai loại trên. Bánh đà loại này có mômen quán tính và sức bền lớn, thường hay gặp ở động cơ máy kéo.

- *Bánh đà dạng vành có nan hoa*. Để tăng mômen quán tính của bánh đà, phần lớn khối lượng bánh đà ở dạng vành xa tâm quay và nối với moayơ bằng các gân kiểu nan hoa (hình 2-33d).

Bánh đà của động cơ cỡ lớn như động cơ tàu thủy cỡ lớn chẳng hạn, thường được ghép từ nhiều phần giống nhau để dễ chế tạo.

Thông thường sau khi chế tạo, bánh đà và trục khuỷu thường được lắp với nhau rồi cân bằng động. Giữa trục khuỷu và bánh đà đều có kết cấu định vị để bảo đảm vị trí tương quan không thay đổi.

## 2.2.8. Các loại ổ đỡ của trục khuỷu

### 2.2.8.1. Bạc lót

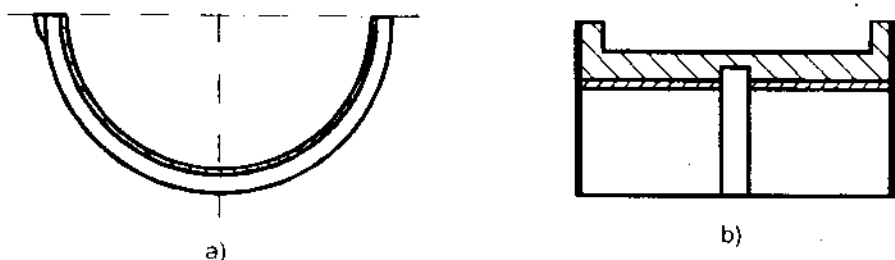
Bạc lót trên trục khuỷu gồm bạc lót cổ khuỷu và bạc lót chốt khuỷu. Về mặt kết cấu hai loại tương tự như nhau, chỉ khác nhau chủ yếu là về kích thước.

#### a. Kết cấu

Về thực chất, bạc lót gồm gộp bạc bằng thép và lớp hợp kim chịu mòn tráng trên bề mặt gộp bạc. Gộp bạc thường được chế tạo bằng thép ít cacbon để có độ đàn hồi cao và tránh bị tôi cứng trong quá trình đập lớp hợp kim chịu mòn. Để tăng tính bám của hợp kim chịu mòn trên gộp bạc giữa hai lớp có một lớp kim loại rất mỏng khoảng 0,05 - 0,1 mm. Thông thường bạc được làm từ hai nửa và có kết cấu hãm trên ổ (hình 2 - 20).

Có thể chia bạc lót thành hai loại là bạc lót mỏng và bạc lót dày

*Bạc lót mỏng* (hình 2-34a) thường được sử dụng ở động cơ ô tô máy kéo, có ưu điểm thuận tiện khi thay thế, sửa chữa theo cốt, tức là thay bạc có đường kính nhỏ hơn.



Hình 2-34. Bạc lót mỏng a) và bạc lót dày b)

*Bạc lót dày* (hình 2-34b) có gộp bạc và lớp hợp kim chịu mòn đều dày và thường có gối vai cũng được tráng hợp kim chịu mòn để hạn chế di chuyển dọc trục. Giữa hai bề mặt phân cách của bạc đôi khi có các tấm đệm thép, khi sửa chữa thường được lấy bớt đi để có thể cao rà bạc lót theo kích thước sửa chữa (xem mục 2.2.4).

#### b. Vật liệu chịu mòn

Hợp kim chịu mòn cho bạc lót của động cơ đốt trong thường có các loại sau :

##### - Hợp kim bachit

Phổ biến là bachit nền thiếc và bachit nền chì. Về tổ chức kim loại, ví dụ, bachit nền thiếc gồm những hạt đồng (Cu) và hợp kim đồng thiếc (CuSn) cứng trên nền thiếc (Sn) mềm. Khi làm việc, nền thiếc mềm sẽ mòn nhanh chóng và tạo thành nơi chứa dầu bôi trơn, còn các hạt cứng sẽ đỡ lấy trục. Hợp kim bachit có ưu điểm là có tính dẻo cao, dễ đúc, có tính bám tốt và dễ rà khít với trục. Tuy nhiên áp suất tiếp xúc cho phép nhỏ, chịu nhiệt kém và thiếc khá đắt. Vì vậy bạc lót với hợp kim bachit thường chỉ được dùng trong động cơ xăng.

##### - Hợp kim đồng chì

Tổ chức kim loại của hợp kim đồng chì là hỗn hợp cơ học của đồng (Cu) và chì (Pb), cụ thể là các tấm chì mềm trên nền đồng cứng. Hợp kim đồng chì có sức bền cơ và nhiệt cao, độ cứng lớn, áp suất tiếp xúc cho phép lớn, dẫn nhiệt tốt, do đó được dùng trong những động cơ có áp suất lớn như động cơ diesel. Nhược điểm cơ bản của hợp kim đồng chì là dễ bị thiên tích khi đúc do nhiệt độ nóng chảy của đồng và chì rất khác nhau. Ngoài ra khi dùng hợp kim đồng chì, cổ trục phải được nhiệt luyện để đạt độ cứng cao.

#### - Hộp kim nhôm

Hộp kim nhôm đóng vai trò là hộp kim chịu mòn được tráng, cán và ủ khuếch tán trên gốp bạc thép để tạo độ bám dính. Bạc lót hộp kim nhôm có sức bền cơ học và độ cứng cao, hệ số dẫn nhiệt lớn, do đó ngày càng được dùng rộng rãi để thay thế cho hộp kim đồng chì. Nhược điểm cơ bản của hộp kim nhôm là khó dính bám trên gốp bạc thép và hệ số giãn nở dài lớn nên khe hở bạc - trục phải để lớn hơn so với khi dùng hộp kim đồng chì.

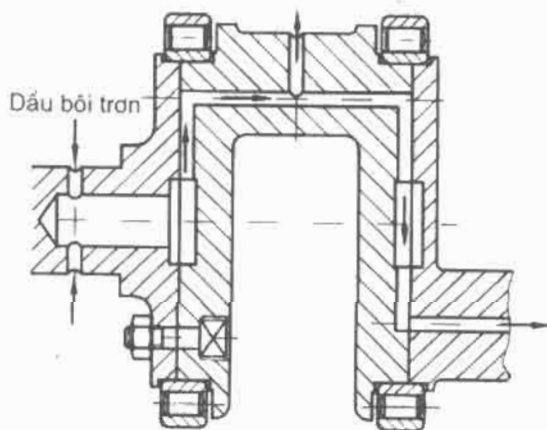
#### - Hộp kim gốm

Hộp kim gốm có ưu điểm chủ yếu là ít phải bôi trơn vì kim loại ở dạng xốp có thể chứa được dầu bôi trơn. Ngoài ra, khả năng chịu nhiệt của hộp kim gốm rất cao. Đây là loại vật liệu mới, giá thành chế tạo còn khá cao nên chưa được sử dụng rộng rãi.

#### 2.2.8.2. Ổ bi

Để giảm chiều dài trục khuỷu - tức là chiều dài thân máy - của động cơ nhiều xylanh, cổ khuỷu đồng thời là má khuỷu được lắp ổ bi (hình 2-35). Khi đó trục khuỷu gồm nhiều đoạn trục được định vị và lắp ghép với nhau bằng bulông. Như vậy có thể ghép để tạo ra trục khuỷu cho các động cơ đồng gam một cách dễ dàng. Hãng TATRA thường sử dụng kiểu trục khuỷu ghép dùng ổ bi cho các động cơ ô tô làm mát bằng gió.

Động cơ đồng gam là họ các động cơ có các chi tiết chủ yếu như piston, xec măng, xylanh, thanh truyền ... giống nhau, nhưng số xylanh khác nhau nên



Hình 2.35. Trục khuỷu dùng ổ bi

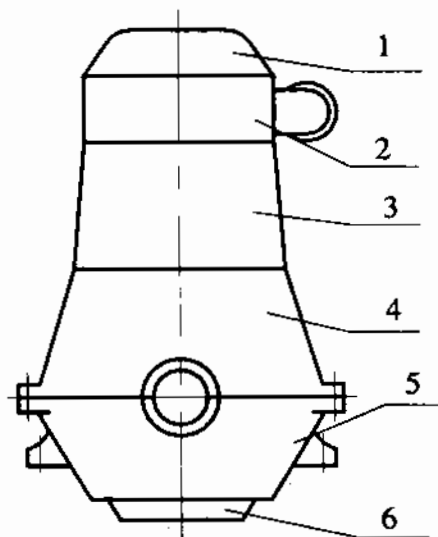
có công suất khác nhau. Chế tạo động cơ đồng gam có thể nâng cao chất lượng, giảm được giá thành vì sản lượng các chi tiết chủ yếu lớn nên có thể tập trung đầu tư công nghệ tiên tiến.

Để bôi trơn các chốt khuy (vẫn phải dùng bạc lót), dầu phải được dẫn từ một ổ có bạc lót thường ở đầu trục khuy – gọi là ổ giả rồi theo các đường dẫn trong trục khuy để đến các ổ chốt. Tuy nhiên, áp suất dầu sau mỗi chốt khuy sẽ giảm dần nên chất lượng bôi trơn không đồng đều. Cụ thể, chốt khuy cuối cùng dễ bị thiếu dầu bôi trơn, nhất là khi khe hở các ổ trục lớn vì quá mòn. Dầu bôi trơn thiếu có thể dẫn tới tróc lớp hợp kim chịu mòn khỏi gộp bạc thép hay còn gọi là cháy bạc, gây hư hỏng động cơ.

### Chương III

## THÂN MÁY VÀ NẮP XYLANH

Động cơ có thể chia làm 5 phần, hình 3-1, và được lắp với nhau bằng bulông hoặc gu giông. Nắp che 1 để chắn bụi và ngăn không cho dầu bôi trơn vung ra ngoài. Nắp xylanh 2 cùng với xylanh và piston tạo thành buồng cháy. Máng dầu 6 là nơi chứa và hứng dầu bôi trơn (xem chương VII), thường bằng tôn dập như ở động cơ ô tô hoặc bằng gang đúc như ở một vài động cơ máy kéo. Thân xylanh 3, hộp trục khuỷu 4 và đế máy 5 tạo thành thân máy.



**Hình 3-1.** Sơ đồ phân chia động cơ  
1. nắp che, 2. nắp xylanh, 3. thân xylanh, 4. hộp trục khuỷu, 5. đế máy, 6. cacte dầu (máng dầu)

Thân máy và nắp xylanh là những chi tiết cố định và rất phức tạp để lắp hầu hết các cơ cấu và các hệ thống khác của động cơ. Hình dạng và kết cấu của chúng phụ thuộc chủ yếu vào các yếu tố sau :

- Kiểu kết cấu (liền hay rời), kiểu loại động cơ (xăng diesel, công suất nhỏ hay lớn, loại buồng cháy, cách bố trí vòi phun, cách bố trí xupap ...).
- Phương pháp làm mát (bằng nước hay không khí).
- Phương pháp chế tạo (đúc hay hàn) ...

Sau đây chúng ta sẽ xét lần lượt đặc điểm kết cấu của thân máy và nắp xylanh.

### 3.1. THÂN MÁY

#### 3.1.1. Vai trò

Như trên đã trình bày, thân máy cùng với nắp xylanh là nơi lắp đặt và bố

trí hầu hết các cụm các chi tiết của động cơ. Cụ thể trên thân máy bố trí xylanh, hệ trục khuỷu và các bộ phận truyền động để dẫn động các cơ cấu và hệ thống khác của động cơ như trục cam, bơm nhiên liệu, bơm dầu, bơm nước, quạt gió ...

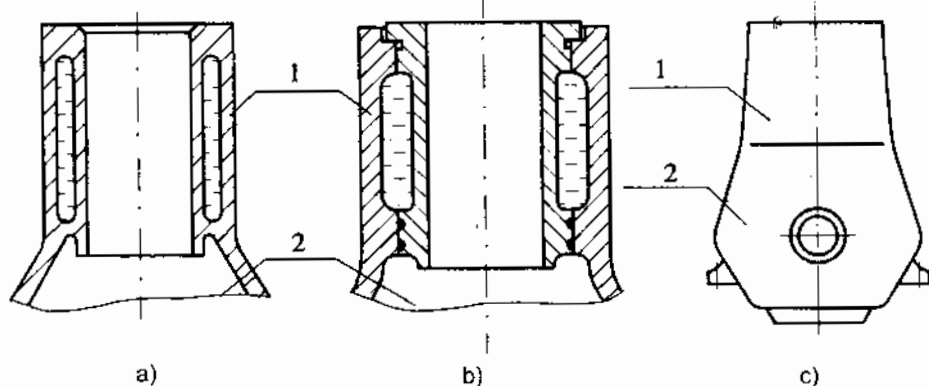
Trong động cơ đốt trong, thân máy là chi tiết có kích thước và khối lượng lớn nhất. Đối với động cơ ô tô, máy kéo, mô tô, xe máy, tỷ lệ đó là 30 đến 60%, còn đối với động cơ đầu máy xe lửa, tàu thủy và các máy tĩnh tại là 50 đến 70% khối lượng toàn bộ động cơ. Thân máy chế tạo theo phương pháp hàn, tỷ lệ đó là 20 đến 25%.

### 3.1.2. Vật liệu

Thân máy có thể bằng gang đúc, hợp kim nhôm hoặc duyara. Động cơ cỡ lớn có thể có thân máy bằng thép tấm dùng kết cấu hàn.

### 3.1.3. Kết cấu

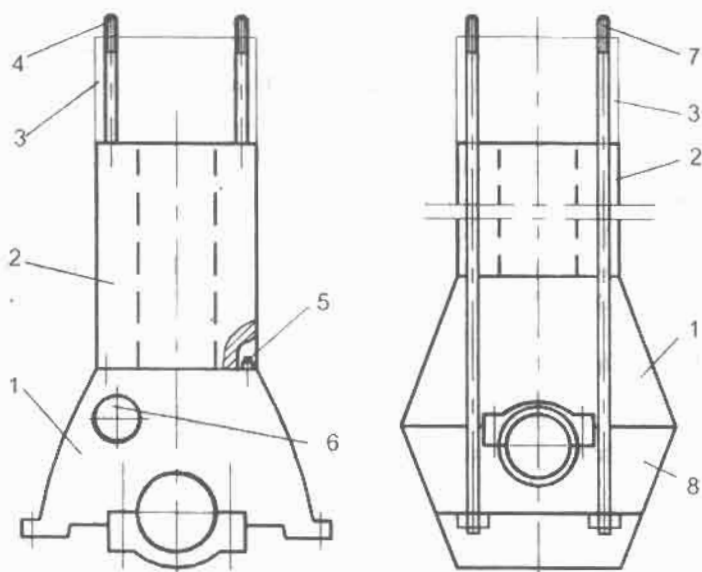
Loại thân máy có xylanh đúc liền với thân gọi là thân máy kiểu thân xylanh (hình 3-2a). Khi xylanh làm riêng thành ống lót rồi lắp vào thân thì thân máy loại này gọi là vỏ thân (hình 3-2b). Ở động cơ làm mát bằng nước, khoảng không gian bao quanh xylanh để chứa nước gọi là áo nước (hình 3-2a,b).



Hình 3-2. Thân máy kiểu thân xylanh - hộp trục khuỷu  
1. thân xylanh, 2. hộp trục khuỷu

Khi thân xylanh đúc liền với hộp trục khuỷu thì thân máy là loại thân xylanh - hộp trục khuỷu (hình 3-2a,b). Hộp trục khuỷu có thể chia thành hai nửa (hình 3-1) với ổ trục khuỷu là ổ trượt hoặc làm liền (hình 3-2c), khi đó ổ trục phải dùng ổ bi (xem 2.2.8.2).

Khi thân xylanh làm rời với hộp trục khuỷu và lắp với nhau bằng bulông hay gugiông thì thân máy là loại thân máy rời. Kết cấu trên hình 3-3a rất phổ biến ở động cơ ô tô, máy kéo. Một số động cơ tàu thủy chỉ dùng một loại gugiông suốt từ nắp xylanh cho đến bề mặt cacte dầu, hình 3-3b.

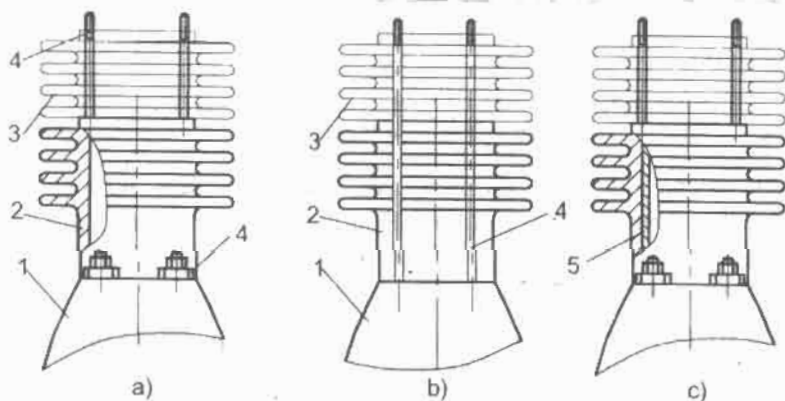


**Hình 3-3.** Thân máy rời

1. hộp trục khuỷu, 2. thân xylanh, 3. nắp xylanh, 4. gu giông nắp máy, 5. gu giông thân máy, 6. lỗ lắp trục cam, 7. gu giông toàn bộ, 8. đế máy

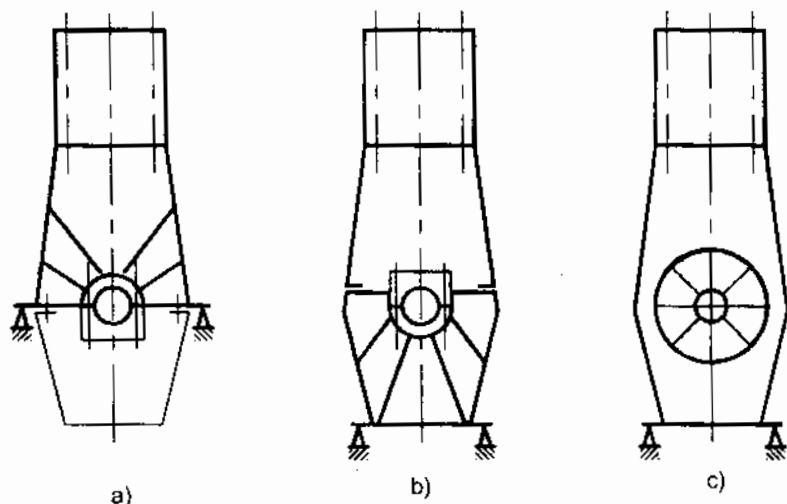
Thân máy của động cơ làm mát bằng gió thường là thân máy rời, hình 3-4. Về mặt nguyên tắc có thể dùng gu giông riêng rẽ (hình 3-4a) hay một gu giông để ghép nắp và thân xylanh với hộp trục khuỷu (hình 3-4b). Xylanh cổ thể làm liền với thân hoặc làm rời ở dạng ống lót rồi lắp vào thân.

Tùy theo phương pháp lắp đặt trục khuỷu trong hộp trục khuỷu mà thân máy có kết cấu khác nhau. Những phương pháp thường gặp trong thực tế là :



**Hình 3-4.** Thân máy động cơ làm mát bằng gió

1. hộp trục khuỷu, 2. thân xylanh, 3. nắp xylanh, 4. gu giông, 5. lót xylanh



**Hình 3-5. Các kiểu lắp đặt trực khuỷu**  
a) trực khuỷu treo, b) trực khuỷu đặt, c) trực khuỷu luồn

- *Trực khuỷu treo*, hình 3-5a. Hộp trực khuỷu chia làm hai nửa, nửa dưới là cacte dầu. Thân máy hay toàn bộ động cơ được lắp đặt trên các gối đỡ. Đây là kiểu phổ biến cho động cơ ô tô, máy kéo.

- *Trực khuỷu đặt*, hình 3-5b. Hộp trực khuỷu cũng chia làm hai nửa, nửa dưới đồng thời là bệ máy. Trực khuỷu và toàn bộ thân máy cùng các chi tiết lắp ráp được đặt trên bệ máy.

- *Trực khuỷu luồn*, hình 3-5c. Hộp trực khuỷu nguyên khối, do đó khi lắp ráp trực khuỷu vào động cơ phải bằng cách luồn.

Theo tình trạng chịu lực khí thể, người ta còn phân biệt thân máy theo các dạng sau :

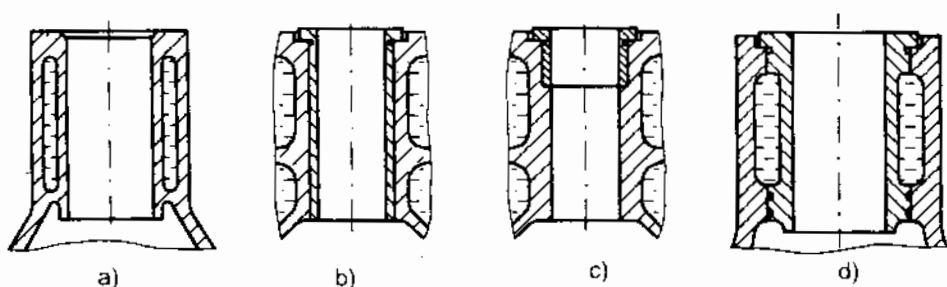
- *Thân xylanh hay xylanh chịu lực*, hình 3-2a và 3-4a (xylanh liền với thân máy). Lực khí thể tác dụng lên nắp xylanh, qua gugiông nắp máy truyền xuống thân xylanh.

- *Vỏ thân chịu lực*, hình 3-2b (xylanh làm rời ở dạng ống lót rồi lắp vào thân máy). Lực khí thể truyền qua gu giông xuống vỏ thân, xylanh hoàn toàn không chịu lực khí thể.

- *Gu giông chịu lực* hình 3-3,b và 3-4,b (thân xylanh và hộp trực khuỷu rời). Lực khí thể hoàn toàn do gu giông chịu.

Thân máy là chi tiết rất phức tạp, trên đó bố trí các chi tiết của cơ cấu trực khuỷu thanh truyền, cơ cấu phối khí, hệ thống làm mát ... nhưng quan trọng nhất là xylanh của động cơ. Có thể chia ra một số loại xylanh như sau :

- *Xylanh liền với thân máy* (hình 3-4b và 3-6a). Thân máy có độ cứng vững cao, được làm mát tốt do tiếp xúc trực tiếp với nước làm mát hay không khí. Tuy nhiên, đối với động cơ làm mát bằng nước, hình 3-6a, do kết cấu hộp kín



**Hình 3-5. Các loại xylan**  
a) thân xylan, b) và c) lót xylan khô, d) lót xylan ướt

nên khó đúc. Ngoài ra toàn bộ thân máy đều dùng vật liệu tốt như vật liệu xylan nên lãng phí. Loại thân máy này được dùng chủ yếu trong động cơ cỡ nhỏ có áp suất và nhiệt độ không cao.

- **Lót xylan khô** (hình 3-6b). Lót xylan bằng vật liệu chất lượng cao được ép vào lỗ xylan. Sau khi ép có gờ nhô lên để khi lắp với đệm nắp máy sẽ kín khít hơn. Phương pháp này không lãng phí vật liệu, thân máy có độ cứng vững cao, nhưng truyền nhiệt ra môi chất làm mát khó khăn hơn. Để tiết kiệm vật liệu hơn nữa, một số động cơ chỉ có lót xylan ở phần trên (buồng cháy), hình 3-6c, là nơi xylan mòn nhiều nhất do nhiệt độ, áp suất cao, bôi trơn khó khăn và ăn mòn hóa học do khí cháy.

- **Lót xylan ướt** (hình 3-6d). Xylan được chế tạo rời rồi lắp vào thân máy. Gờ vai xylan cũng được lắp nhô lên như loại trên để bảo đảm kín khít. Nước làm mát bao quanh xylan nên hiệu quả làm mát tốt. Do có dạng hộp rỗng nên thân máy dễ đúc. Tuy nhiên cũng chính vì rỗng hồ nên độ cứng vững của thân máy không cao. Ngoài ra, phải giải quyết bao kín xylan để tránh lọt nước làm mát xuống cacte dầu.

## 3.2. NẮP XYLANH

### 3.2.1. Vai trò

Nắp xylanh đóng kín một đầu xylan, cùng với piston và xylan tạo thành buồng cháy. Nhiều bộ phận của động cơ được lắp trên nắp xylan như bugi, vòi phun, cụm xupap, cơ cấu giảm áp hỗ trợ khởi động (xem chương IX)... Ngoài ra, trên xylan còn bố trí các đường nạp, đường thải, đường nước làm mát, đường dầu bôi trơn ... Do đó, kết cấu của nắp xylan rất phức tạp.

### 3.2.2. Điều kiện làm việc

Điều kiện làm việc của nắp xylan rất khắc nghiệt như nhiệt độ rất cao, áp suất khí thể rất lớn và bị ăn mòn hóa học bởi các chất ăn mòn trong sản phẩm cháy.

### 3.2.3. Vật liệu

Nắp xy lanh động cơ diesel làm mát bằng nước đều đúc bằng gang hợp kim, dùng khuôn cát. Còn nắp xy lanh của động cơ làm mát bằng gió thường chế tạo bằng hợp kim nhôm dùng phương pháp đúc hoặc phương pháp rèn dập (ví dụ, nắp xy lanh động cơ máy bay).

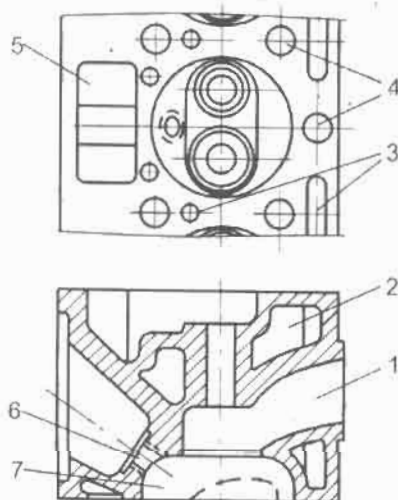
Nắp xy lanh động cơ xăng thường dùng hợp kim nhôm, có ưu điểm là nhẹ, tản nhiệt tốt, giảm được khả năng kích nổ. Tuy nhiên, sức bền cơ và nhiệt thấp hơn so với nắp xy lanh bằng gang.

### 3.2.4. Kết cấu

Như trên đã trình bày, nắp xy lanh là một chi tiết rất phức tạp nên kết cấu rất đa dạng. Tuy nhiên, tùy theo loại động cơ, nắp xy lanh có một số đặc điểm riêng.

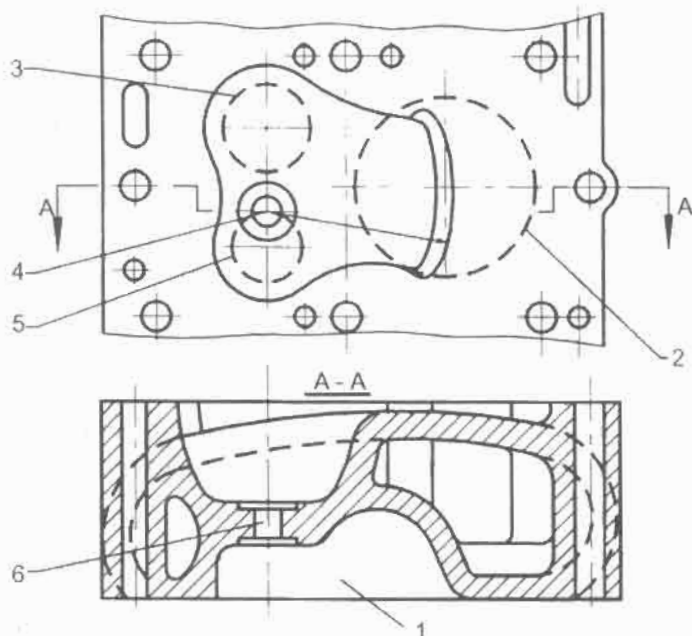
Nắp xy lanh động cơ xăng có kết cấu tùy thuộc vào kiểu buồng cháy, số xupap, cách bố trí xupap và bugi, kiểu làm mát (bằng nước hay bằng gió) cũng như kiểu bố trí đường nạp và đường thải.

Kiểu buồng cháy có ý nghĩa quyết định đến kết cấu nắp xy lanh. Hình 3-7 mô tả một dạng buồng cháy hình bán cầu thường dùng trên động cơ ô tô máy kéo. Động cơ dùng cơ cấu phối khí kiểu xupap treo có xupap nạp hơi lớn so với xupap thải. Bugi đặt bên hông buồng cháy, khoảng cách từ bugi đến điểm xa nhất của buồng cháy gần bằng đường kính xy lanh. Vách buồng cháy được làm mát tốt bằng các khoang nước để tránh kích nổ. Ngoài ra, trên nắp xy lanh còn có khoang 5 để luồn đưa dây dẫn động xupap và các lỗ nhỏ 3 dẫn nước làm mát từ thân máy lên cũng như một số lỗ 4 có đường kính lớn hơn để lắp gugiông nắp máy. Đinh piston có thể lồi lên trong buồng cháy (đường chấm khuất) có tác dụng tạo xoáy lốc nhẹ trong quá trình nén tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình cháy sau này.



**Hình 3-7.** Buồng cháy bán cầu trong động cơ xăng  
1. đường thải (hoặc nạp), 2. khoang nước làm mát,  
3. lỗ thông nước lên nắp máy, 4. lỗ gugiông, 5. khoang lắp đưa dây, 6. khoang lắp bugi, 7. buồng cháy

Trong động cơ xăng có tỷ số nén trung bình và thấp thường hay dùng loại nắp



**Hình 3-8.** Nắp xylanh với buồng cháy Ricardô

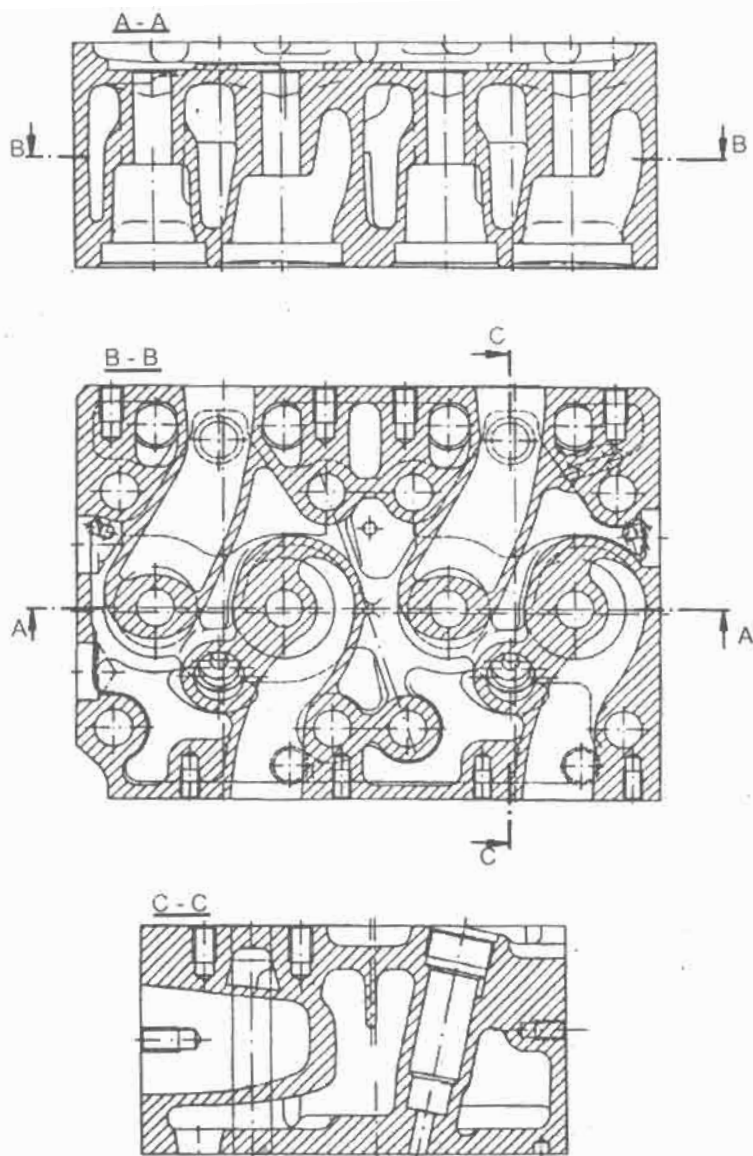
1. buồng cháy, 2. vị trí xylanh, 3. vị trí xupap nạp, 4 và 6. vị trí bugi, 5. vị trí xupap thải

xylanh có buồng cháy hình chêm có tên là buồng cháy Ricardô, hình 3-8. Động cơ dùng cơ cấu phối khí xupap đặt (xem chương IV). Toàn bộ chi tiết của cơ cấu phối khí bố trí ở thân máy nên nắp máy có cấu tạo rất đơn giản. Theo lý thuyết về kích nổ, thời gian lan truyền màng lửa từ bugi đến những vùng xa bugi nhất là dài nhất nên tại những vùng này dễ phát sinh kích nổ. Do đó, những điểm xa nhất của buồng cháy được bố trí cách đều tâm bugi (với bán kính R) cũng có tác dụng giảm xác suất xảy ra kích nổ. Mặt khác, nôi chung trong buồng cháy động cơ, xupap thải là nơi nóng nhất nên dễ là nguyên nhân gây kích nổ. Trên hình 3-8, bugi bố trí gần xupap thải nên thời gian lan truyền màng lửa từ bugi đến xupap thải ngắn hơn thời gian cháy trễ của hỗn hợp cục bộ tại đây, do đó có tác dụng chống kích nổ. Tuy nhiên, nhiệt độ của bugi rất cao.

Với buồng cháy Ricardô cũng có thể bố trí bugi ở gần xupap nạp để bugi không bị quá nóng.

Nắp xylanh động cơ diesel so với nắp xylanh của động cơ xăng nói chung phức tạp hơn. Trên nắp xylanh phải bố trí các đường nạp, thải, cụm xupap của cơ cấu phối khí xupap treo, ngoài ra còn rất nhiều chi tiết như vòi phun, buồng cháy phụ (xem chương V) van khí nén, van giảm áp, bugi sấy (xem chương IX)...

Nói chung, kết cấu nắp xylanh tùy thuộc vào từng loại động cơ cụ thể, trước hết phụ thuộc vào kiểu hình thành khí hỗn hợp của động cơ hay kiểu buồng cháy của động cơ (xem chương IV).

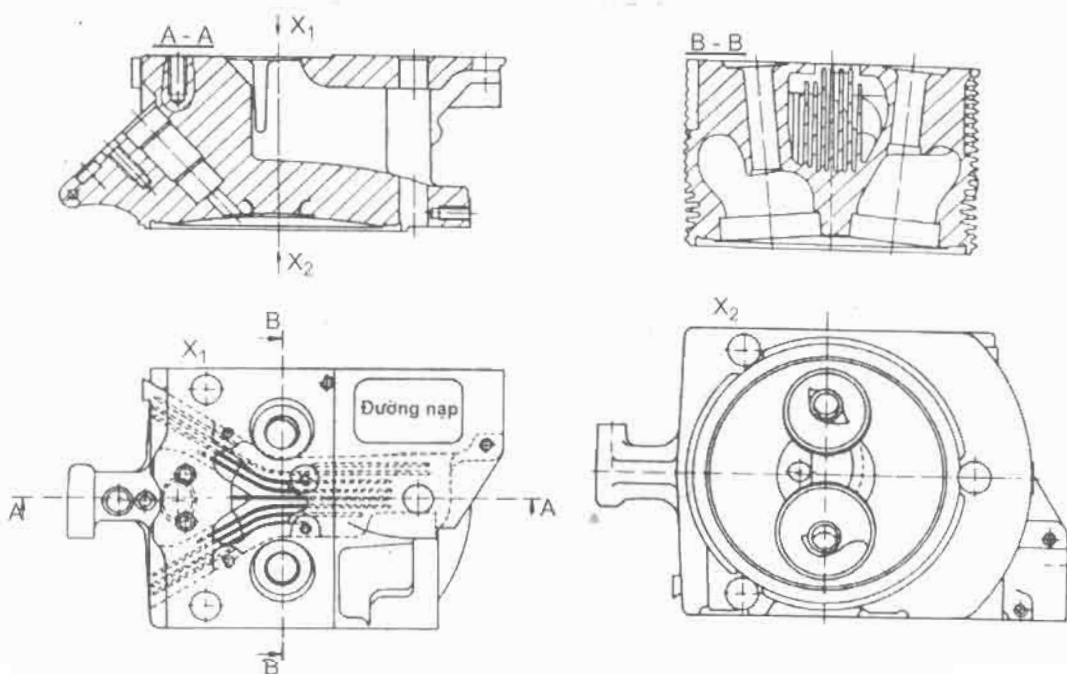


**Hình 3-9.** Nắp xylanh kép động cơ diesel ô tô vận tải của hãng MAN

Điều kiện làm việc của nắp xylanh động cơ diesel rất nặng nề, cụ thể là nhiệt độ cao, áp suất lớn. Vì vậy, đối với động cơ nhiều xylanh, nắp xylanh có thể làm rời cho từng xylanh hoặc chung cho một vài xylanh để tăng độ cứng vững. Hình 3-9 mô tả nắp xylanh kép của hãng MAN dùng cho ô tô vận tải. Nắp được đúc bằng gang xám có pha hợp kim. Đường nạp và thải được bố trí về hai phía, đường nạp có dạng xoắn ốc để tạo xoáy tiếp tuyến trong xylanh trong

quá trình nạp. Buồng cháy kiểu thống nhất bố trí trên đỉnh piston. Bao quanh các đường nạp thải là các khoang nước làm mát. Vòi phun bố trí nghiêng một góc so với trục xylanh.

Nắp xylanh động cơ làm mát bằng gió chịu ứng suất nhiệt lớn nhất. Cũng giống như xylanh, nắp xylanh đều được làm rời và lắp với hộp trục khuỷu bằng các gugiông (xem mục 3.1). Trên nắp xylanh có các gân tản nhiệt với chiều cao khoảng  $14 \div 20$  mm. Hình 3-10 trình bày một loại nắp xylanh động cơ làm mát bằng gió dùng cho ô tô vận tải của hãng KHD. Nắp xylanh được chế tạo bằng hợp kim nhôm, lắp với xylanh và hộp trục khuỷu bằng 3 gugiông. Động cơ dùng buồng cháy thống nhất, nắp xylanh hơi lõm dạng chòm cầu. Xupap được bố trí nghiêng một chút so với đường tâm xylanh phù hợp với dạng chòm cầu của buồng cháy. Do hợp kim nhôm có tính dẻo cao nên bề mặt lắp ghép giữa nắp xylanh và xylanh kín khít, không cần dùng đệm. Vòi phun được bố trí nghiêng so với tâm xylanh.



Hình 3-10. Nắp xylanh động cơ ô tô vận tải, làm mát bằng gió của hãng KHD

## Chương IV

# CƠ CẤU PHÂN PHỐI KHÍ

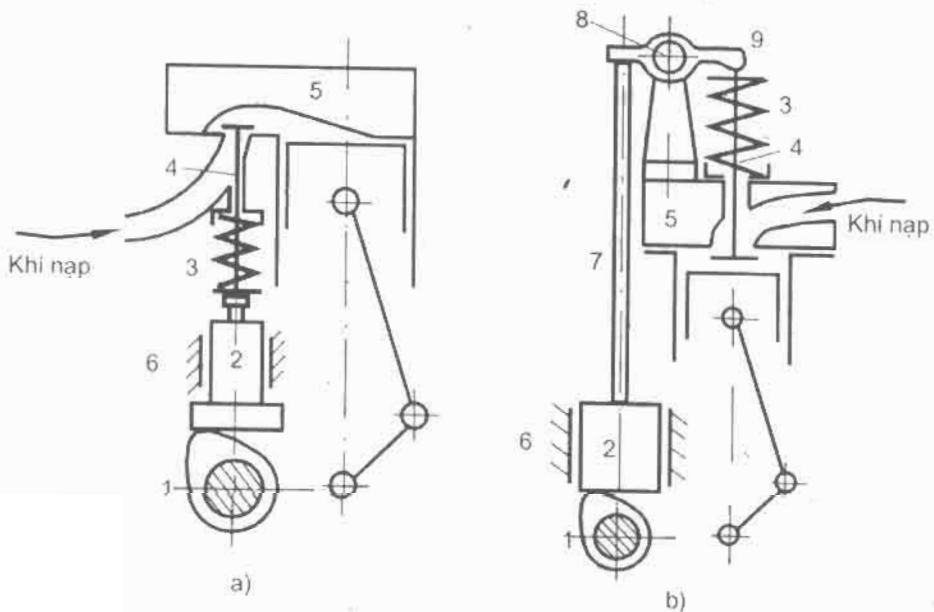
### 4.1. YÊU CẦU VÀ PHÂN LOẠI

Cơ cấu phối khí có nhiệm vụ điều khiển quá trình trao đổi khí trong xylanh. Yêu cầu đối với cơ cấu phối khí là phải *thải sạch và nạp đầy*.

Người ta phân cơ cấu phối khí thành các loại sau :

– Cơ cấu phối khí dùng cam – xupap được dùng phổ biến trong các loại động cơ đốt trong do có kết cấu đơn giản, điều chỉnh dễ dàng.

– Cơ cấu phối khí dùng van trượt có ưu điểm là tiết diện thông qua lớn nhưng khó chế tạo nên ít được dùng trong các động cơ thông thường mà chỉ dùng trong động cơ đặc chủng như động cơ xe đua chẳng hạn.



**Hình 4-1.** Cơ cấu phối khí dùng xupap

1. trục cam, 2. con đội, 3. lò xo xupap, 4. xupap, 5. nắp máy,  
6. thân máy, 7. đĩa đẩy, 8. đòn gánh, 9. cò mổ

- Cơ cấu phối khí dùng piston đóng mở cửa nạp và thải của động cơ hai kỳ có kết cấu đơn giản, không phải điều chỉnh, sửa chữa, nhưng chất lượng quá trình trao đổi khí không cao.

Trong giáo trình này chúng ta giới hạn chỉ khảo sát cơ cấu phối khí dùng xupap. Có hai loại cơ cấu phối khí dùng xupap là cơ cấu phối xupap đặt (hình 4- 1a) và cơ cấu phối khí xupap treo (hình 4- 1b).

Trong cơ cấu phối khí xupap đặt, toàn bộ cơ cấu phối khí được bố trí ở thân máy do đó chiều cao động cơ không lớn, thuận lợi khi bố trí trên các phương tiện vận tải. Số chi tiết của cơ cấu ít nên lực quán tính của cơ cấu nhỏ, bề mặt cam và con đội ít bị mòn hơn. Tuy nhiên khó bố trí cho buồng cháy gọn, mặc dù ở một số động cơ người ta bố trí xupap nghiêng so với đường tâm xylanh nhưng vẫn không tổ chức được buồng cháy gọn để có tỷ số nén cao thích hợp cho động cơ diesel. Ngoài ra, cũng chính vì buồng cháy không gọn nên dễ xảy ra kích nổ. Do dòng khí nạp và thải phải ngoặt khi lưu động nên hệ số nạp không cao. Vì các lý do trên nên cơ cấu phối khí xupap đặt chỉ được dùng trong một số động cơ xăng mà thôi.

Cơ cấu phối khí xupap treo có nhiều chi tiết hơn và được bố trí cả ở thân máy và nắp xylanh làm tăng chiều cao của động cơ. Lực quán tính của các chi tiết tác dụng lên bề mặt cam và con đội lớn hơn. Nắp máy của động cơ phức tạp hơn nên khó khăn hơn khi chế tạo. Tuy nhiên, do xupap được bố trí trong phần không gian của xylanh dạng treo nên buồng cháy rất gọn. Đây là điều kiện tiên quyết để có tỷ số nén cao và giảm khả năng kích nổ đối với động cơ xăng. Mặt khác, các dòng khí lưu động ít bị ngoặt nên tổn thất nhỏ tạo điều kiện thải sạch và nạp đầy hơn. Vì những ưu điểm trên nên cơ cấu phối khí xupap treo rất phổ biến cho cả động cơ xăng và động cơ diesel.

## **4.2. BỐ TRÍ XUPAP VÀ DẪN ĐỘNG CƠ CẤU PHỐI KHÍ**

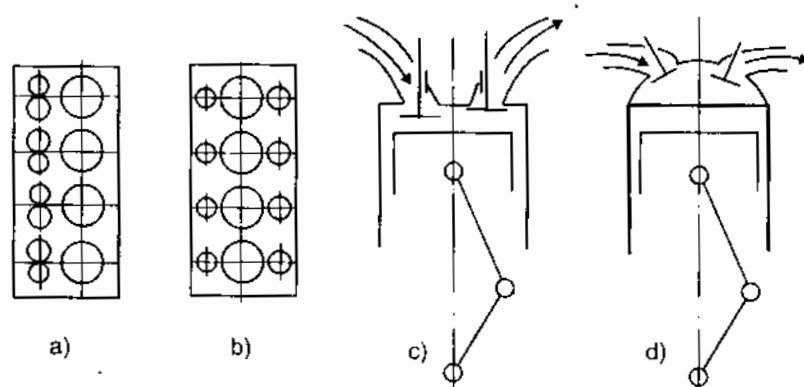
### **4.2.1. Số xupap**

Thông thường mỗi xylanh có 1 xupap nạp và 1 xupap thải. Đường kính xupap nạp thường lớn hơn đường kính xupap thải để ưu tiên nạp đầy cho động cơ.

Để tăng tiết diện thông qua cho các dòng khí nạp và thải, nhất là đối với động cơ đường kính xylanh lớn, số xupap có thể là 3 (2 nạp và 1 thải) hoặc 4 (2 nạp và 2 thải). Hiện nay, ngay cả ở động cơ có đường kính xylanh nhỏ như động cơ ô tô du lịch người ta cũng thiết kế 4 xupap cho 1 xylanh. Ngoài việc tăng tiết diện thông qua cho dòng khí lưu động, người ta còn tạo ra được chuyển

động xoáy do đóng mở các xupap cùng tên trong xylanh lệch nhau, do đó hoàn thiện quá trình hình thành khí hỗn hợp và cháy để cải thiện tính năng làm việc của động cơ. Hiện nay đã có một số động cơ ô tô dùng 5 xupap cho một xylanh, trong đó 3 nạp và 2 thải.

#### 4.2.2. Bố trí xupap



Hình 4-2. Bố trí xupap

Để tận dụng nhiệt của khí thải sấy nóng khí nạp mới, nhờ đó tăng cường quá trình bay hơi và hòa trộn nhiên liệu với không khí trên đường nạp đối với động cơ xăng, người ta bố trí các xupap thải và nạp xen kẽ nhau nên các đường nạp và thải nằm cùng một phía của động cơ (hình 4-2a).

Nhưng cũng có trường hợp, nhằm hạn chế ảnh hưởng tăng nhiệt độ của khí nạp mới làm giảm hệ số nạp, đường nạp thải được bố trí về hai phía của động cơ (hình 4-2b). Hầu hết động cơ diesel và một số động cơ xăng bố trí đường nạp và thải theo phương án này.

Xupap thường được bố trí song song với tâm xylanh (hình 4-2c) nhưng có một số trường hợp phụ thuộc vào kết cấu buồng cháy, xupap được bố trí nghiêng đi để cho buồng cháy gọn (hình 4 - 2d).

#### 4.2.3. Dẫn động xupap

Xupap được dẫn động gián tiếp thông qua các chi tiết trung gian như con đội, đĩa đẩy, đòn gánh, cò mổ ... (hình 4-1). Ngoài ra, để giảm bớt các chi tiết dẫn động trung gian, xupap được dẫn động trực tiếp từ cam (hình 4-3a) hoặc qua một chi tiết trung gian là đòn bẩy để khuếch đại hành trình xupap (hình 4-3b). Tuy vậy phải giải quyết vấn đề dẫn động trực tiếp cam với khoảng cách xa.

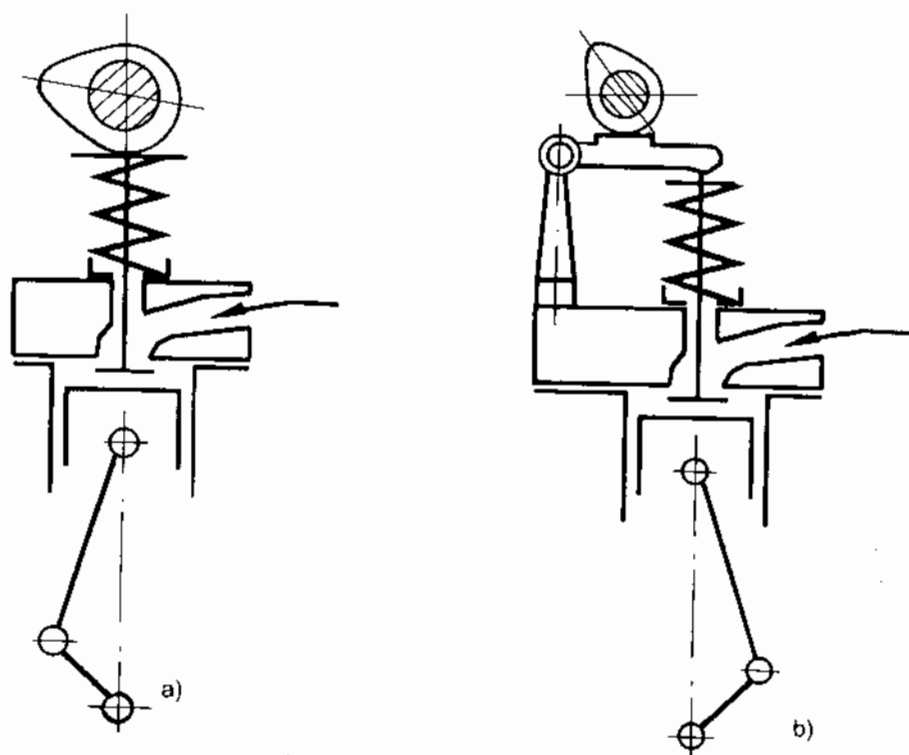
#### 4.2.4. Dẫn động trực cam

Thông thường, trục cam được dẫn động trực tiếp từ trục khuỷu qua bộ truyền bánh răng với tỷ số truyền  $2 : 1$  cho động cơ 4 kỳ và  $1 : 1$  cho động cơ 2 kỳ. Bộ truyền thường dùng bánh răng nghiêng để ăn khớp êm. Cũng nhằm mục đích này, bánh răng trục cam ở một số động cơ được chế tạo bằng vật liệu nhân tạo như gỗ píp, chất dẻo ... Để bảo đảm lắp đúng vị trí tương quan, giữa bánh răng trục khuỷu và bánh răng trục cam phải có dấu (hình 4-4a).

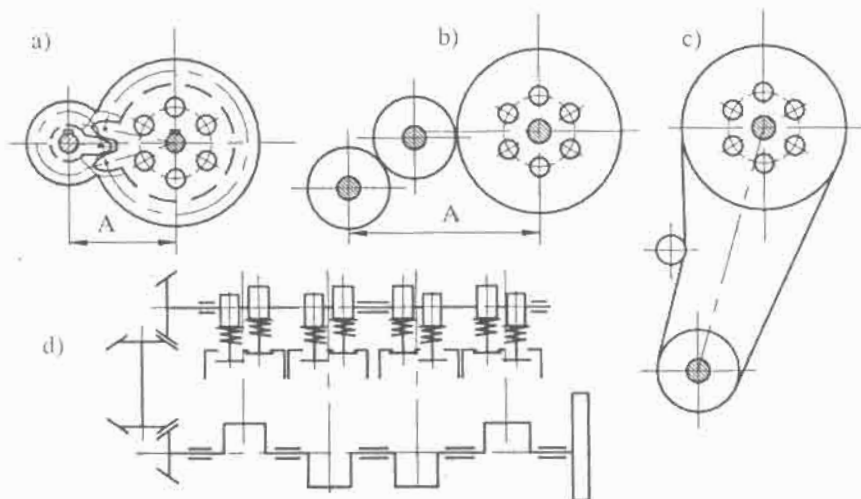
Nếu khoảng cách trục cam và trục khuỷu khá xa, người ta thiết kế các cặp bánh răng trung gian truyền động từ trục khuỷu đến trục cam (hình 4-4b).

Trong trường hợp xupap được dẫn động trực tiếp, khoảng cách giữa trục khuỷu và trục cam rất xa. Khi đó, trục cam được dẫn động bằng bộ truyền xích hoặc đai răng (hình 4-4c) có bộ phận căng xích, đai. Tuy nhiên khi làm việc, bộ truyền xích gây ồn và khi xích đai rão sẽ làm sai lệch pha phối khí so với thiết kế.

Bộ truyền bánh răng côn, hình 4-4d, khắc phục được những nhược điểm trên nhưng chế tạo, lắp ráp và điều chỉnh khó khăn hơn.



Hình 4-3. Dẫn động trực tiếp xupap



Hình 4-4. Dẫn động trực cam

### 4.3. KẾT CẤU CỦA CÁC CHI TIẾT CHÍNH

#### 4.3.1. Xupap

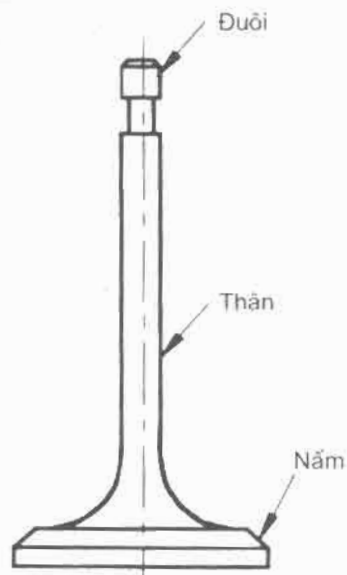
##### a. Vai trò

Các xupap có vai trò đóng mở các đường nạp và thải để thực hiện quá trình trao đổi khí.

##### b. Điều kiện làm việc

- Do tiếp xúc trực tiếp với khí cháy nên các xupap chịu áp lực rất lớn và nhiệt độ cao, nhất là đối với xupap thải. Ví dụ, ở động cơ xăng, nhiệt độ xupap thải có thể đến  $800 \div 850^{\circ}\text{C}$  còn ở động cơ diesel có thể tới  $500 \div 600^{\circ}\text{C}$ . Ngoài ra, xupap còn bị ăn mòn hóa học do các hơi axit trong khí cháy, đặc biệt là đối với xupap thải.

- Khí xupap đóng mở, nắm xupap va đập với đế nên nắm dễ bị biến dạng cong vênh và mòn rỗ bề mặt nắm.



Hình 4-5. Kết cấu các phần của xupap

- Vận tốc lưu động của môi chất qua xupap rất lớn. Đối với xupap thải, vận tốc này có thể đạt  $400 \div 600 \text{ m/s}$  gây ăn mòn cơ học bề mặt nấp và đế.

#### c. Vật liệu

\* Đối với xupap thải thường sử dụng thép hợp kim chịu nhiệt có các thành phần như silic, crôm, măng gan. Để tiết kiệm vật liệu có thể chỉ chế tạo nấp bằng hợp kim chịu nhiệt rồi hàn với thân xupap bằng thép thông thường. Để chống mòn và chống gỉ, người ta mạ lên bề mặt làm việc của xupap một lớp mỏng hợp kim coban.

\* Đối với xupap nạp, người ta cũng sử dụng thép hợp kim crôm, măng gan hoặc hợp kim chịu nhiệt có thêm thành phần silic. Tuy nhiên khả năng chịu nhiệt không cần cao như đối với vật liệu của xupap thải.

#### d. Kết cấu

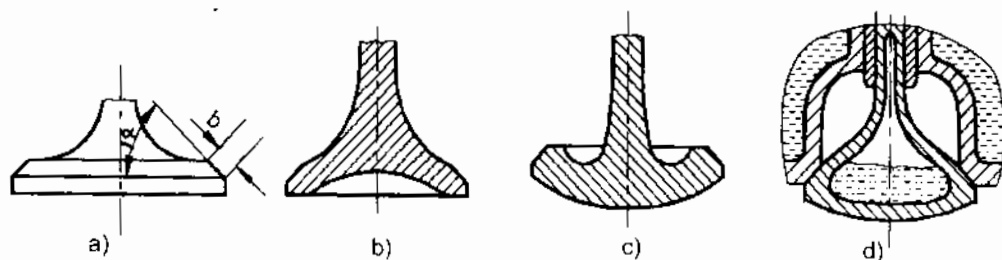
Theo kết cấu, người ta chia xupap ra thành 3 phần : nấp, thân và đuôi (hình 4-5). Sau đây ta khảo sát cụ thể từng phần.

##### - Nấp xupap

Phần quan trọng nhất của nấp là bề mặt làm việc với góc vát  $\alpha$  (hình 4-6a). Góc  $\alpha$  càng nhỏ, tiết diện thông qua của xupap càng lớn nhưng dòng khí càng bị ngoặt làm tăng sức cản lưu động của dòng khí ; mặt khác khi đó chiều dày của nấp nhỏ ảnh hưởng đến sức bền của nấp. Do đó hầu hết xupap thải có  $\alpha = 45^\circ$  còn đối với xupap nạp thông thường  $30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ .

Chiều rộng  $b$  của nấp (hình 4-6a) phụ thuộc tương quan giữa độ cứng của đế xupap và nấp xupap. Để tránh hiện tượng nấp bị mòn thành rãnh trên bề mặt và để thuận tiện khi sửa chữa, đế xupap được làm mềm hơn nấp. Khi đó bề rộng  $b$  của nấp lớn hơn bề rộng của đế xupap.

Theo kết cấu, nấp bằng (hình 4-6a) đơn giản, dễ chế tạo và có diện tích chịu nhiệt nhỏ.



Hình 4-6. Kết cấu nấp xupap

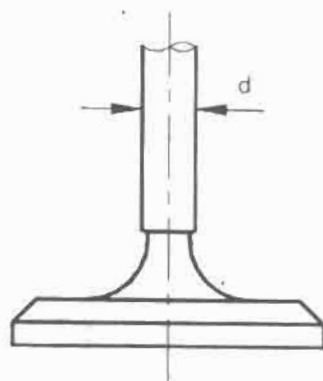
Nấm lồi (hình 4-6b) có bán kính chuyển tiếp giữa nấm và thân rất lớn nên được dùng làm xupap nạp để cho dòng khí nạp đỡ bị ngoặt. Phần lồi nhằm giảm trọng lượng của nấm hay của toàn bộ xupap.

Nấm lõm (hình 4-6c) được dùng cho xupap thải nhằm cải thiện quá trình thải, cụ thể là giảm các vùng chết khí thải để thải sạch.

Một số động cơ có xupap thải rỗng với 50 - 60% thể tích chứa natri (hình 4-6d). Khi động cơ làm việc, natri nóng chảy (nhiệt độ nóng chảy của natri là  $97^{\circ}\text{C}$ ). Mặt khác, xupap chuyển động lên xuống liên tục nên natri lỏng sẽ bị sóng sánh trong lỗ rỗng và do đó có tác dụng tải nhiệt từ đầu xupap lên phần thân rồi truyền qua ống dẫn hướng xupap ra nước làm mát.

#### - Thân xupap

Thân xupap (hình 4-7) có nhiệm vụ dẫn hướng và tản nhiệt cho nấm xupap. Phần nối tiếp giữa nấm và thân thường được làm nhỏ lại để dễ gia công và tránh bị kẹp xupap trong ống dẫn hướng vì phần dưới của thân có nhiệt độ cao hơn phần trên.

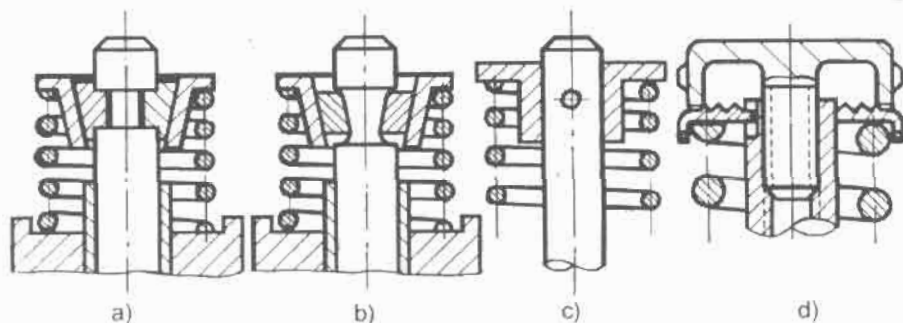


Hình 4-7. Thân xupap

#### - Đuôi xupap

Đuôi xupap phải có kết cấu để lắp đĩa lò xo xupap. Thông thường đuôi xupap có mặt côn (hình 4-8a) hoặc rãnh vòng (hình 4-8b) để lắp móng hãm. Kết cấu đơn giản nhất để lắp đĩa lò xo xupap là dùng chốt (hình 4-8c) nhưng tạo ra tập trung ứng suất. Để bảo đảm an toàn, chốt phải được chế tạo bằng vật liệu có độ bền cao.

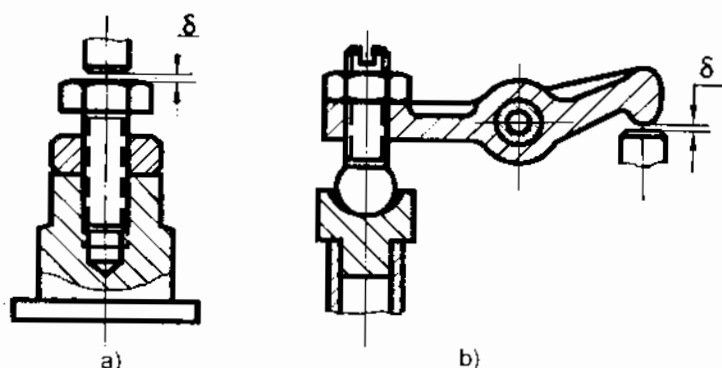
Để tăng khả năng chịu mòn, bề mặt đuôi xupap ở một số động cơ được chế tạo riêng bằng thép ôstenit và được tôi cứng rồi hàn với thân.



Hình 4-8. Kết cấu đuôi xupap

Đối với xupap được cam dẫn động trực tiếp không qua các chi tiết trung gian như đòn gánh, cò mổ ..., đuôi xupap thường có ren để lắp đĩa lò xo xupap (hình 4-8d). Khe hở giữa đuôi xupap và cam được điều chỉnh bằng cách xoay đĩa phía trên. Sau khi điều chỉnh, do có kết cấu răng hãm nên đĩa trên được ghép thành một khối với đĩa dưới.

Đối với cơ cấu phối khí dẫn động gián tiếp, để tránh hiện tượng các chi tiết giãn nở làm kênh xupap nên phải có khe hở nhiệt. Khe hở này do nhà chế tạo qui định, thông thường được xác định bằng căn lá có độ dày  $\delta$  bằng khe hở qui định lắp vào đuôi xupap khi điều chỉnh (hình 4-9). Khi điều chỉnh khe hở nhiệt, xupap phải đóng kín. Sau khi điều chỉnh xong, các vít điều chỉnh được hãm lại bằng các ốc hãm trên con đội đối với cơ cấu phối khí xupap đặt (hình 4-9a) và trên cò mổ đối với cơ cấu phối khí xupap treo (hình 4-9b).



Hình 4-9. Kết cấu để điều chỉnh khe hở nhiệt

Để tăng tuổi thọ và đảm bảo độ kín khít cho xupap khi đóng, ở một số động cơ, xupap được thiết kế sao cho có thể xoay quanh đường tâm khi làm việc, hình 4-10.

Khi xupap mở, lò xo xupap 1 bị nén lại. Lực của lò xo xupap, thông qua vỏ bọc 6 ép vành ngoài của lò xo đĩa 4 xuống phía dưới. Sau khi lò xo đĩa tì lên các viên bi 5, mặt đầu bên trong của lò xo đĩa dần dần tách khỏi mặt tỳ trên đế 8. Khi đó các viên bi 5 sẽ trượt trong các rãnh 10. Do ma sát ở các bề mặt tiếp xúc giữa bi 5 và lò xo đĩa 4 nên đĩa cùng với vỏ bọc 6, lò xo xupap 1 và xupap xoay đi một góc. Đồng thời, các lò xo hồi vị 9 (có độ cứng rất nhỏ) bị nén lại. Khi xupap đóng dần, lực ép của lò xo 1 giảm, lò xo đĩa dần dần được giải phóng trở về trạng thái ban đầu. Đầu tiên, mặt đầu bên trong tỳ trở lại lên đế 8. Sau đó, đĩa lò xo tách hẳn khỏi các viên bi 5. Lò xo phục hồi 9 đẩy bi 5 trở lại vị trí ban đầu.

Với nguyên tắc làm việc nêu trên, sau vài chục lần xupap đóng mở, xupap có thể xoay được một vòng. Do xupap xoay được nên thân xupap sẽ lâu mòn và nắm xupap tiếp xúc khít với đế hơn, do đó ít bị cong vênh.

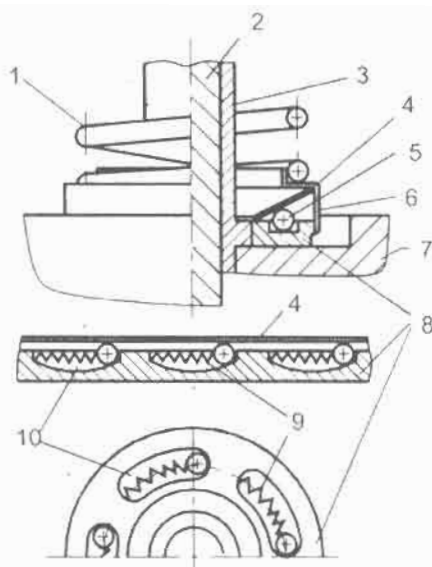
### 4.3.2. Đế xupap

#### a. Vai trò

Đế xupap tiếp xúc với nắm xupap khi xupap đóng. Để tăng tuổi thọ và thuận tiện khi sửa chữa, đế xupap thường được chế tạo rời (bằng vật liệu chịu mòn) rồi lắp vào thân máy (cơ cấu phối khí xupap đặt) hoặc nắp máy (cơ cấu phối khí xupap treo).

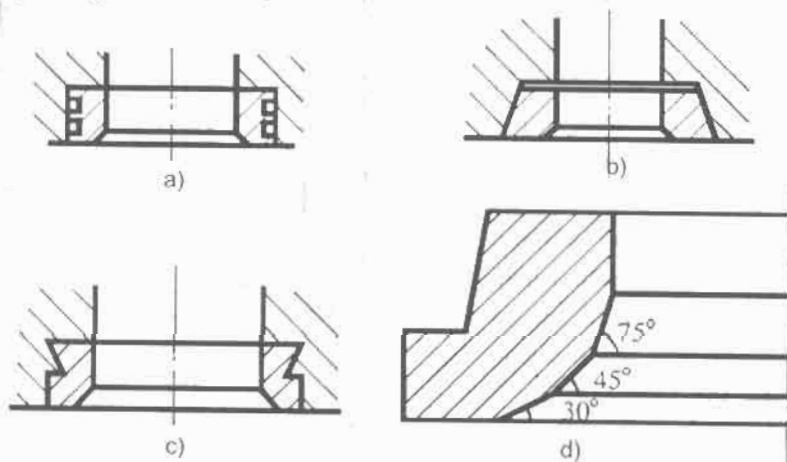
#### b. Vật liệu

Đối với thân máy hoặc nắp xylanh bằng nhôm, đế xupap nắp và đế xupap thái đều được làm rời với thân máy. Còn thân máy và nắp xylanh bằng gang thì chỉ làm đế rời cho xupap thái. Đế xupap thường được chế tạo bằng thép hợp kim hoặc gang trắng và được lắp có độ dôi vào thân máy hoặc nắp xylanh (hình 4-11).



Hình 4-10. Kết cấu xupap tự xoay

1. lò xo xupap, 2. thân xupap, 3. ống dẫn hướng xupap, 4. lò xo đĩa, 5. bi trượt, 6. vỏ bọc, 7. nắp xylanh, 8. đế, 9. lò xo, 10. rãnh trượt



Hình 4-11. Kết cấu đế xupap

### c. Kết cấu

Để xupap được hãm trong thân máy hoặc nắp xy lanh nhờ các rãnh vòng và kim loại biến dạng khi ép (hình 4-11a), nhờ tính tự hãm của bề mặt côn (hình 4-11b) hoặc nhờ kết cấu khóa do nong ống sau khi lắp (hình 4-11c). Bề mặt tiếp xúc với năm xupap thường có ba góc khác nhau (hình 4-11d) để dễ và năm xupap tiếp xúc tốt, trường hợp này ứng với góc  $\alpha$  của năm xupap bằng  $45^\circ$ .

### 4.3.3. Ống dẫn hướng xupap

#### a. Vai trò

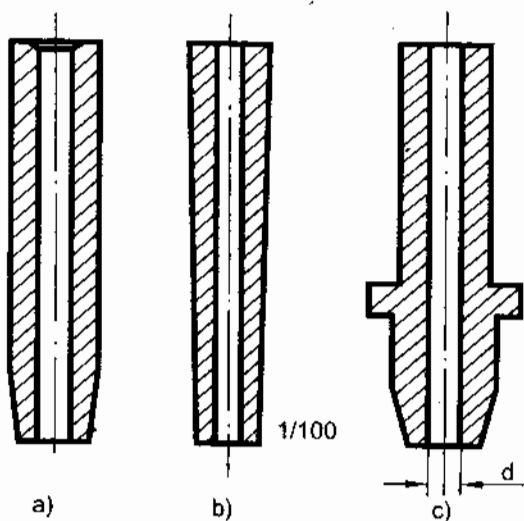
Để dẫn hướng được xupap và để dễ gia công, sửa chữa, thay thế cũng như có thể dùng vật liệu tốt nhằm tăng tuổi thọ, ống dẫn hướng xupap được chế tạo rời rồi lắp vào thân máy (có cấu phối khí xupap đặt) hay nắp xy lanh (có cấu phối khí xupap treo).

#### b. Vật liệu

Người ta thường dùng gang hợp kim, gang dẻo nhiệt luyện để chế tạo ống dẫn hướng xupap cho các động cơ thông thường. Đối với động cơ cao tốc, vật liệu được dùng là đồng thanh hoặc kim loại bột được tẩm dầu nhằm tăng khả năng chịu nhiệt và dễ thích ứng với điều kiện bôi trơn khó khăn.

#### c. Kết cấu

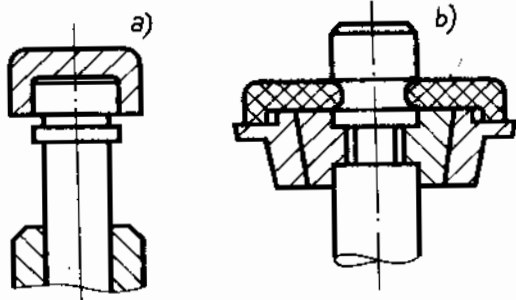
Về mặt kết cấu, ống dẫn hướng xupap có kết cấu đơn giản hình trụ rỗng có vát mặt đầu để dễ lắp (hình 4-12a). Ống dẫn hướng lắp với thân máy hoặc nắp xy lanh có độ dôi. Để lắp ráp dễ dàng, bề mặt ngoài của ống có độ côn nhỏ (ví dụ 1/100) (hình 4-12b). Bề mặt ngoài của ống có vai là cũ khi lắp ép vào thân máy hoặc nắp xy lanh (hình 4-12c). Đường kính trong của ống dẫn hướng được gia công chính xác sau khi lắp ép. Khe hở giữa thân xupap và ống dẫn hướng ở xupap thải thường nhỏ hơn ở xupap nạp do tải trọng nhiệt ở xupap thải lớn hơn nhiều.



Hình 4-12. Kết cấu ống dẫn hướng xupap

#### d. Bôi trơn ống dẫn hướng xupap

Phương pháp bôi trơn bằng vùng té dầu từ giàn cò mổ là đơn giản nhất để bôi trơn ống dẫn hướng xupap. Trong trường hợp an toàn nhất, ống dẫn hướng được bôi trơn cưỡng bức bằng dầu có áp suất cao từ hệ thống bôi trơn. Tuy nhiên có trường hợp, đuôi xupap có mũ che bằng thép (hình 4-13a) hay cao su (hình 4-13b) để hạn chế dầu bôi trơn vào ống dẫn hướng, nhằm tránh hiện tượng dầu bị cháy và kết muội gây kẹt xupap và tiêu hao nhiều dầu bôi trơn.



Hình 4-13. Kết cấu ngăn dầu ở đuôi xupap

#### 4.3.4. Lò xo xupap

##### a. Điều kiện làm việc

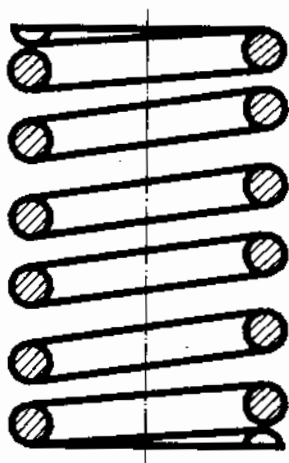
Lò xo xupap ngoài sức căng ban đầu còn chịu tải trọng thay đổi đột ngột và tuần hoàn trong quá trình xupap đóng mở.

##### b. Vật liệu

Lò xo xupap thường được chế tạo bằng thép lò xo dây có đường kính  $3 \div 5$  mm.

##### c. Kết cấu

Lò xo xupap thường là lò xo trụ, hai đầu mài phẳng để lắp ráp với đĩa xupap và đế lò xo (hình 4-14). Số vòng của lò xo thường từ 4 đến 10.



Hình 4-14. Kết cấu lò xo hình trụ

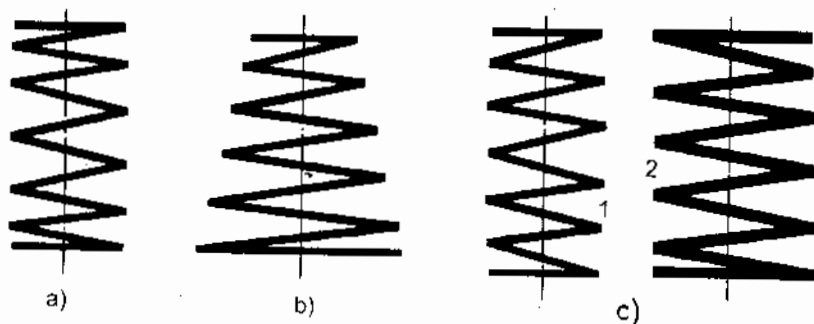
##### d. Vấn đề tránh cộng hưởng trong cơ cấu phối khí

Lò xo xupap có tính đàn hồi cao, cùng với các yếu tố khác tạo thành hệ dao động. Khi biên độ dao động của xupap quá lớn, đặc biệt ở chế độ cộng hưởng, sẽ gây ra các hậu quả nghiêm trọng như sai lệch qui luật làm việc của cơ cấu phối khí, va đập, gãy lò xo xupap. Vì thế, vấn đề tránh cộng hưởng được quan tâm khi thiết kế lò xo xupap nói riêng hay cơ cấu phối khí nói chung.

Những biện pháp tác động đến cấu trúc của hệ dao động tức là làm cho hệ dao động có nhiều tần số riêng khác nhau gồm có :

\* Dùng lò xo có bước xoắn khác nhau (hình 4-15a).

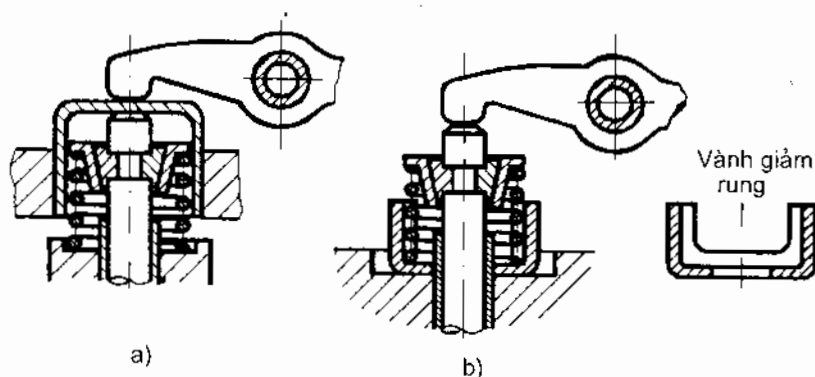
\* Dùng lò xo côn. Bản thân lò xo côn có các tần số riêng khác nhau (hình 4-15b).



Hình 4-15. Các biện pháp kết cấu lò xo xupap tránh cộng hưởng

\* Dùng nhiều lò xo có chiều xoắn khác nhau lắp lồng vào nhau (hình 4-15c), lò xo 1 lắp lồng trong lò xo 2. Trong thực tế có động cơ dùng tới ba lò xo đồng thời cho một xupap. Các lò xo có chiều xoắn khác nhau nên không bị kẹt vào nhau trong quá trình làm việc. Phương pháp này còn có ưu điểm là ứng suất trên các lò xo nhỏ. Mặt khác, khi một lò xo bị gãy do một lý do nào đó, các lò xo còn lại vẫn làm việc, tránh tình trạng xupap bị rơi vào trong xylanh (đối với cơ cấu phối khí xupap treo) gây ra hỏng hóc lớn cho động cơ.

Ngoài ra người ta còn áp dụng những biện pháp giảm chấn như dùng cóc trượt (hình 4-16a) và dùng vành giảm rung (hình 4-16b). Bản chất của các phương pháp này là lợi dụng ma sát giữa lò xo với vành giảm rung hoặc ma sát giữa cóc trượt với lỗ trượt và sức cản không khí đối với cóc để tiêu hao năng lượng dao động. Dùng cóc trượt còn có ưu điểm là tránh cho đuôi xupap chịu lực ngang là lực có xu hướng uốn thân xupap.

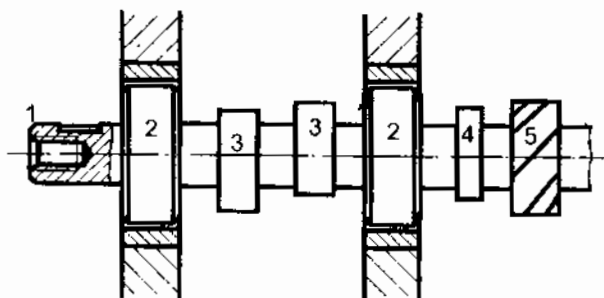


Hình 4-16. Các biện pháp tránh cộng hưởng lò xo xupap bằng giảm chấn

#### 4.3.5. Trục cam

##### a. Vai trò

Trục cam mang các cam dẫn động cơ cấu phối khí. Trong một số trường hợp, trên trục cam còn có các bộ phận của hệ thống khác (hình 4-17), ví dụ như cam của bơm chuyển nhiên liệu hay bánh răng dẫn động bơm dầu, dẫn động chia điện - đánh lửa ...



Hình 4-17. Trục cam

1. đầu trục cam, 2. cổ trục cam, 3. cam nạp và cam thải,  
4. cam lệch tâm bơm xăng, 5. bánh răng dẫn động bơm dầu bôi trơn

##### b. Điều kiện làm việc

Về mặt tải trọng, trục cam không phải chịu điều kiện làm việc nặng nhọc. Các bề mặt làm việc của cam tiếp xúc thường ở dạng trượt nên dạng hỏng chủ yếu của trục cam là mài mòn.

##### c. Vật liệu

Để chế tạo trục cam, người ta sử dụng thép ít cacbon như thép C30, thép cacbon trung bình như thép C40, C45 hoặc thép hợp kim như 15Cr, 15Mn, 12CrNi. ..

Các bề mặt làm việc của cam và các cổ trục được thấm than và tôi cứng với độ thấm tôi khoảng  $0,7 \div 2$  mm đạt HRC  $52 \div 65$ . Những bề mặt còn lại có độ cứng đạt HRC  $30 \div 40$ .

##### d. Kết cấu

Khi phân tích kết cấu trục cam, (hình 4-17), có một số vấn đề về đặc điểm kết cấu cần được làm sáng tỏ sẽ được trình bày lần lượt dưới đây.

##### - Cam nạp và cam thải

Trong động cơ cỡ nhỏ và trung bình, cam thường làm liền với trục, hình 4-17. Một vài động cơ cỡ lớn có cam rời được lắp lên trục bằng then và được kẹp chặt bằng đai ốc, hình 4-18.

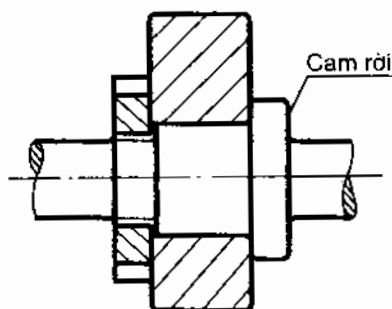
Các dạng cam gồm có cam lồi, cam tiếp tuyến và cam lõm. Phổ biến là cam lồi gồm các cung tròn như cam hai cung (hình 4-19a) và cam ba cung (hình 4-19b), chúng thường có dạng đối xứng.

Gia công biên dạng cam được tiến hành trên các máy tiện và mài chép hình.

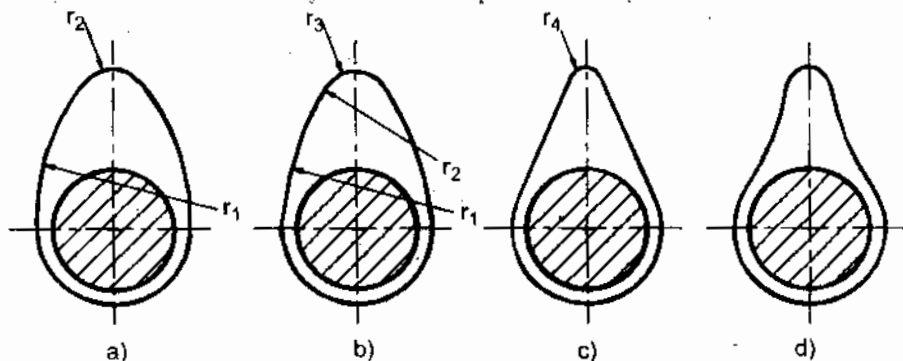
Góc giữa hai cam cùng tên của hai xy lanh làm việc kế tiếp nhau được ký hiệu là góc  $\varphi_c$ , nó phụ thuộc vào góc công tác giữa các xy lanh và có thể xác định dễ dàng theo quan hệ :

$$\varphi_c = \delta_k/2 \text{ (động cơ 4 kỳ) và } \varphi_c = \delta_k \text{ (động cơ 2 kỳ)} \quad (4-1)$$

trong đó  $\delta_k$  là góc công tác của động cơ tính theo góc quay trục khuỷu.



Hình 4-18. Cam rơ-lê lắp trên trục



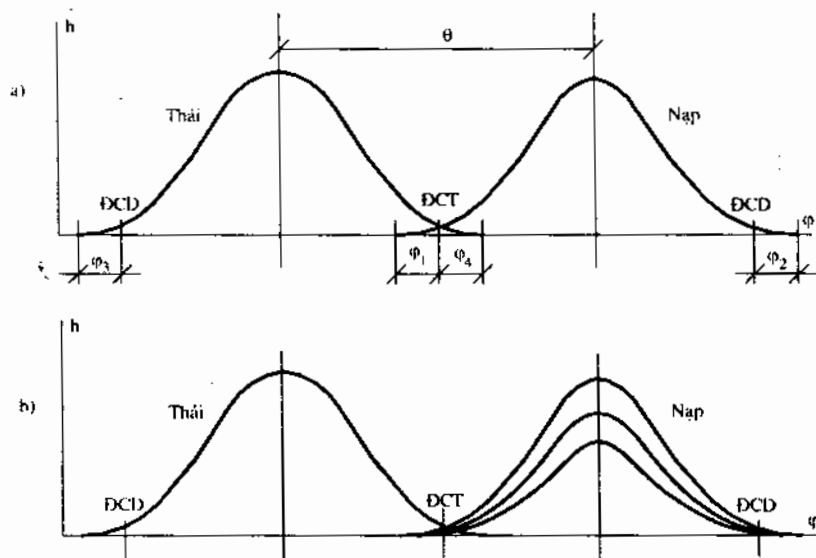
Hình 4-19. Các dạng cam thường gặp  
a) và b) cam lồi, c) cam tiếp tuyến, d) cam lõm

Góc giữa các đỉnh cam nạp và cam thải trong cùng một xy lanh, ký hiệu là  $\varphi_k$ , ví dụ, đối với động cơ 4 kỳ có thể xác định dễ dàng qua đồ thị hình 4-20, a biểu diễn hành trình xupap theo góc quay trục khuỷu  $\varphi$ :

$$\varphi_k = \frac{1}{2} \theta = \frac{1}{4} (360^\circ - \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_4) \quad (4-2)$$

Một số ô tô động cơ hiện đại của các hãng TOYOTA, BMW... trang bị cơ cấu phối khí thay đổi được pha phối khí sao cho đạt tối ưu ở các chế độ làm việc khác nhau của động cơ VVTi (Variable Valve Timing intelligent). Thông qua một hệ thống cơ điện tử bao gồm bộ điều khiển ECU, các cảm biến và bộ phận chấp hành làm cho cam nạp và cam thải xoay tương đối với nhau. Khi đó  $\theta$  (hình 4-20, a) và  $\varphi_k$  thay đổi.

Từ đầu những năm 2000, một số động cơ ô tô của hãng BMW dùng công nghệ cơ điện tử Valvetronic thay đổi hành trình xupap nạp (hình 4-20, b) để điều khiển lượng khí nạp vào xy lanh thay cho bướm ga. Do tổn thất giảm nên nạp được nhiều hơn làm tăng công suất động cơ.



Hình 4-20. Hành trình xupap nạp và thải của một xy lanh

#### - Cấu trúc cam

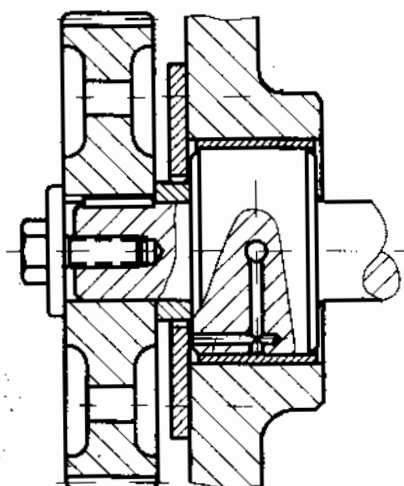
Số cổ trục cam  $z_c$  thông thường phụ thuộc vào số xy lanh  $z$  theo quan hệ:

$$z_c = z/2 + 1$$

Các cổ thường có đường kính bằng nhau. Do đó khi lắp phải lắp luôn cổ cuối cùng qua lần lượt các ổ nên tương đối khó khăn. Vì vậy ở một số động cơ, các cổ cam có đường kính nhỏ dần về phía đuôi trục để lắp ráp dễ dàng hơn. Tuy nhiên sẽ phức tạp cho việc chế tạo và thay thế phụ tùng khi sửa chữa.

#### - Chấn dọc trục

Khi bánh răng trục cam là bánh răng thẳng, chấn dọc trục có thể đặt bất cứ vị trí nào trên trục cam. Thông thường bánh răng trục cam là bánh răng nghiêng để ăn khớp được êm. Khi đó, chấn dọc trục thường bố trí ngay sau bánh răng cam để tránh hiện tượng trục bị cong vênh do uốn dọc (hình 4-21). Khe hở dọc trục có thể điều chỉnh được bằng cách thay đổi chiều dày bạc chặn giữa bánh răng và cổ trục. Nói chung, do dùng bánh



Hình 4-21. Chấn dọc trục cam

răng nghiêng nên luôn có lực chiều trục về một phía. Để giảm ma sát do lực chiều trục sinh ra, bề mặt tý được bôi trơn bằng dầu dẫn từ lõi trục cam. Bích chặn được lắp với thân máy bằng các bulông. Để lắp hoặc tháo các bulông này phải luôn dùng cụ qua các lỗ đã được tính toán và bố trí trên bánh răng cho phù hợp với mục đích này.

#### 4.3.6. Con đội

##### a. Vai trò

Con đội là chi tiết trung gian truyền chuyển động từ cam đến xupap.

##### b. Điều kiện làm việc

Cũng như trục cam, con đội làm việc trong điều kiện tải trọng cơ học không khắc nghiệt. Dạng hỏng chủ yếu là mòn các bề mặt làm việc.

##### c. Vật liệu

Con đội thường được làm bằng thép ít cacbon như thép C15, C30 hoặc thép hợp kim như 15Cr, 20Cr, 12CrNi ...

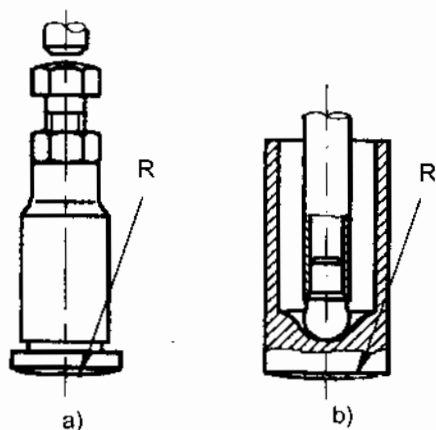
Bề mặt làm việc của con đội được thấm than và tôi cứng đạt HRC 52 ÷ 65. Một số động cơ có con đội bằng gang trắng hoặc bề mặt làm việc của con đội bằng gang trắng hàn với thân con đội bằng thép.

Con lăn của con đội chế tạo bằng thép vòng bi được tôi cứng đạt HRC 58 ÷ 62.

Theo kết cấu, con đội dùng trong cơ cấu phối khí của động cơ đốt trong có một số loại được trình bày lần lượt sau đây.

##### - Con đội hình nấm và con đội hình trụ

Trong cơ cấu phối khí xupap đặt, con đội dẫn động xupap, do đó con đội phải có vít để điều chỉnh khe hở nhiệt ở tâm con đội (hình 4-22a). Bề mặt nấm tiếp xúc với cam thường có đường kính lớn phụ thuộc vào kích thước của cam. Để con đội có trọng lượng nhỏ, thân con đội được chế tạo với đường kính nhỏ hơn đường kính bề mặt tiếp xúc với cam. Do đó con đội có hình nấm. Nhưng do thân con đội có đường kính nhỏ nên áp suất tiếp xúc lớn làm tăng khả năng mài mòn. Chính vì kết cấu hình nấm nên khi

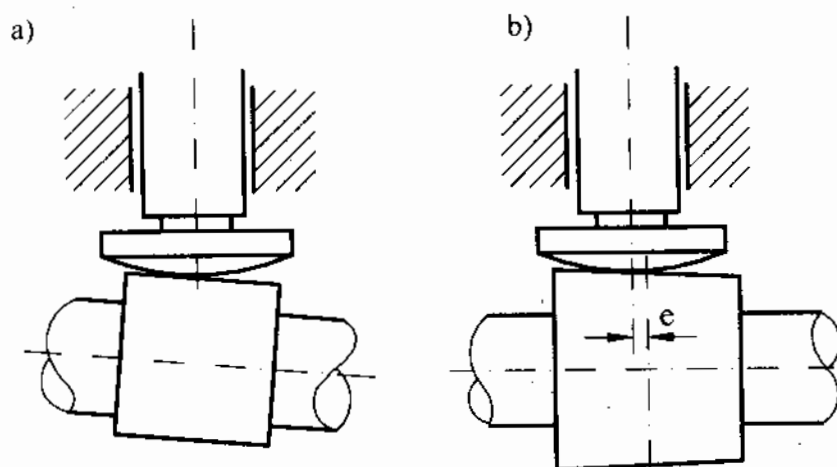


Hình 4-22. Con đội hình nấm a) và con đội hình trụ b)

lắp ráp vào lỗ con đội trên thân máy phải lắp từ dưới lên trước khi lắp trục cam. Khi tháo thay thế hoặc sửa chữa con đội phải tháo trục cam.

Trong cơ cấu phối khí xupap treo, con đội tỷ lên đũa đẩy nên có thể làm rộng con đội để giảm trọng lượng mà vẫn giữ đường kính thân con đội bằng đường kính bề mặt tiếp xúc với cam. Do đó con đội có dạng hình trụ (hình 4-22b) với đường kính phần thân lớn nên ít mòn hơn và chế tạo cũng như tháo lắp dễ dàng.

Cả hai loại con đội trình bày ở trên đều có những đặc điểm kết cấu sau. Bề mặt tiếp xúc với cam thường không phẳng mà có dạng chòm cầu để tránh hiện tượng cào xước mặt cam khi tâm con đội không hoàn toàn vuông góc với tâm trục cam (hình 4-23a). Bán kính cầu thường nằm trong khoảng  $500 \div 1000$  mm.

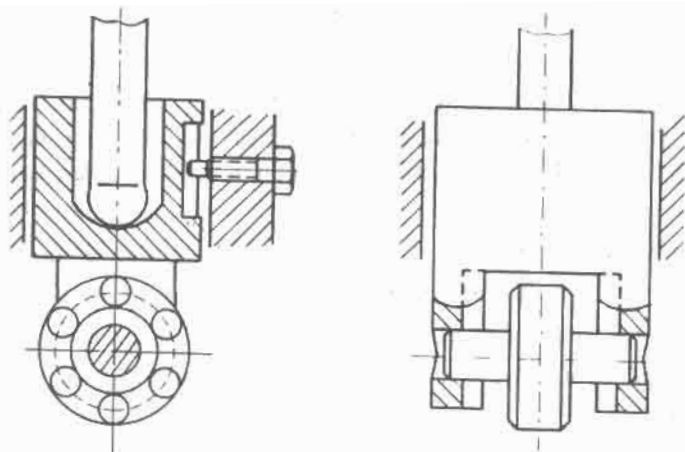


Hình 4-23. Một số đặc điểm kết cấu của con đội hình nấm và con đội hình trụ

Để con đội tự xoay khi làm việc nhờ đó thân con đội mòn đều, tâm của cam lệch với tâm con đội khoảng  $e = 1 \div 3$  mm và cam hình côn, hình 4-23b. Con đội hình nấm và con đội hình trụ chỉ dùng với cam lõi mà thôi.

#### - Con đội con lăn

Để giảm ma sát giữa cam và con đội, người ta dùng con đội con lăn (hình 4-24). Khác với con đội hình trụ và con đội hình nấm, con đội con lăn về nguyên tắc có thể dùng cho mọi dạng cam : cam lõi, cam lõm và cam tiếp tuyến. Tuy nhiên, thân con đội con lăn không được phép xoay nên phải có kết cấu chống xoay cho con đội. Để nhằm mục đích này, trên thân con đội phay một rãnh hãm nhỏ. Trên thân máy lắp một vít hãm. Đầu vít có chốt lắp khít trong rãnh hãm trên thân con đội.

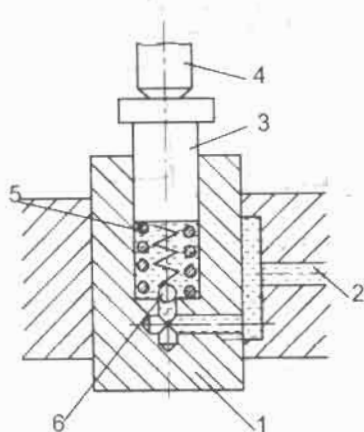


Hình 4-24. Con đội con lăn

#### -Con đội thủy lực

Các loại con đội như con đội hình nấm, hình trụ và con đội con lăn trình bày ở trên đều phải có khe hở cho giãn nở nhiệt nên khi động cơ làm việc gây ra va đập và ồn. Con đội thủy lực khắc phục được nhược điểm này.

Con đội thủy lực (hình 4-25) có piston 3 luôn tỳ vào đuôi xupap 4 dưới tác dụng của lò xo 5. Khi cam đẩy thân con đội đi lên, đầu bên dưới piston bị nén, van bi 6 đóng lại, piston và thân con đội như một khối cứng đi lên để mở xupap. Tuy nhiên, giữa piston và thân cũng như van 6 có khe hở nên dầu bên dưới piston bị rò rỉ, do đó thực tế piston dịch chuyển tương đối so với thân xuống dưới một chút. Đến hành trình đóng xupap, dưới tác dụng của lò xo 5, thân con đội và piston bị đẩy về hai phía, áp suất dưới piston giảm, van bi 6 mở, do đó dầu được bổ sung từ đường dầu 2 trên thân máy vào khoang dầu bên dưới piston.



Hình 4-25. Nguyên lý làm việc con đội thủy lực

1. thân con đội, 2. đường dẫn dầu trên thân máy, 3. piston con đội, 4. đuôi xupap, 5. lò xo, 6. van bi

Con đội thủy lực theo nguyên tắc trên sẽ không có khe hở nhiệt nên làm việc rất êm dịu, do đó thường được sử dụng ở động cơ ô tô du lịch.

## Chương V

# HỆ THỐNG NHIÊN LIỆU

Hệ thống nhiên liệu nói chung có nhiệm vụ cung cấp nhiên liệu tạo thành hỗn hợp cho động cơ phù hợp với các chế độ làm việc.

Như đã trình bày ở 1.3, hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  là một thông số quan trọng của động cơ. Mỗi loại hỗn hợp chỉ có thể cháy trong một vùng có hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  thích hợp gọi là giới hạn cháy tùy theo tính chất của nhiên liệu và phương pháp hình thành khí hỗn hợp.

Đa số các động cơ xăng hình thành hỗn hợp bên ngoài xy lanh (trừ động cơ phun xăng trực tiếp vào xy lanh) và xăng rất dễ bay hơi nên khi bugi bật tia lửa điện có thể coi hỗn hợp là đồng nhất. Đây là lý do chủ yếu quyết định giới hạn cháy rất hẹp của hỗn hợp,  $\lambda$  chỉ nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1,2. Vì vậy, để điều chỉnh tải trọng phải dùng phương pháp điều chỉnh lượng hỗn hợp nạp vào xy lanh bằng bướm tiết lưu hay còn gọi là bướm ga trên đường nạp. Thực chất của phương pháp này là điều chỉnh đồng thời cả nhiên liệu và không khí.

Trái lại, động cơ diesel phun nhiên liệu vào cuối kỳ nén tạo thành hỗn hợp bên trong xy lanh nên hỗn hợp nói chung không đồng nhất, do đó luôn tồn tại những vùng có  $\lambda$  thích hợp (dễ cháy) làm nguồn để đốt những vùng khác (khó cháy). Chính vì vậy giới hạn cháy của hỗn hợp rất rộng,  $\lambda$  thay đổi từ 1,2 (không tải) đến 10 (toàn tải). Để điều chỉnh tải trọng, người ta dùng phương pháp điều chỉnh chất, thực chất là thay đổi thành phần khí hỗn hợp bằng cách chỉ điều chỉnh lượng nhiên liệu cung cấp cho mỗi chu trình.

Do những đặc điểm có tính chất đặc thù nêu trên nên hệ thống nhiên liệu của động cơ xăng và diesel có nhiều điểm khác nhau.

## 5.1. HỆ THỐNG NHIÊN LIỆU CỦA ĐỘNG CƠ XĂNG

### 5.1.1. Yêu cầu và phân loại

Hệ thống nhiên liệu của động cơ xăng phải thỏa mãn các yêu cầu sau :

- Cung cấp hỗn hợp với thành phần  $\lambda$  thích hợp với từng chế độ làm việc của động cơ.

- Phần lớn nhiên liệu trong hỗn hợp ở dạng hơi xăng, phần còn lại được xé tơi ở dạng hạt có kích thước rất nhỏ.

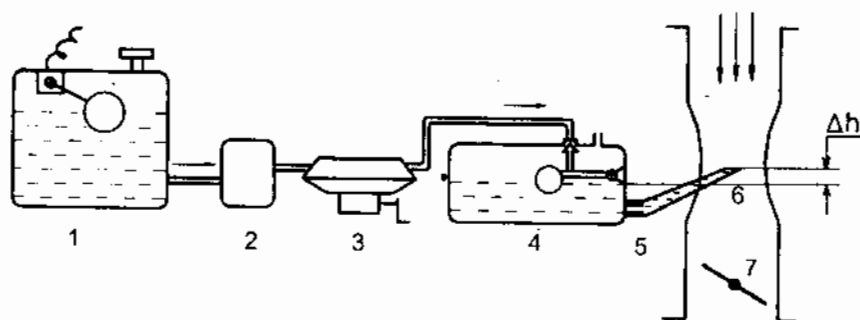
- Hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  phải đồng đều giữa các xylanh.

Hiện nay hệ thống nhiên liệu động cơ xăng có hai loại chính là hệ thống nhiên liệu dùng bộ chế hòa khí hay thường gọi là cachuarato và hệ thống nhiên liệu phun xăng.

### 5.1.2. Hệ thống nhiên liệu dùng bộ chế hòa khí

#### 5.1.2.1. Sơ đồ và nguyên lý làm việc

Trên hình 5-1 là sơ đồ hệ thống nhiên liệu dùng bộ chế hòa khí. Xăng từ thùng chứa 1 được bơm 3 hút qua lọc 2 đến buồng nhiên liệu hay còn gọi là buồng phao 4 của bộ chế hòa khí. Cơ cấu van kim - phao giữ cho mức xăng trong buồng nhiên liệu ổn định trong quá trình làm việc. Trong quá trình nạp, không khí được hút vào động cơ phải lưu động qua họng khuếch tán 6 có tiết diện bị thu hẹp. Tại đây, do tác dụng của độ chân không, gọi là  $\Delta p_h$ , xăng được hút ra từ buồng phao qua giclô 5. Thực chất, giclô là một chi tiết được chế tạo chính xác để có thể tiết lưu định lượng lưu lượng xăng hút ra đúng như thiết kế. Sau khi ra họng khuếch tán, nhiên liệu được dòng không khí xé tơi đồng thời bay hơi và hòa trộn tạo thành hỗn hợp nạp vào động cơ. Lượng hỗn hợp đi vào động cơ được điều chỉnh nhờ bướm ga 7.



**Hình 5-1.** Sơ đồ hệ thống nhiên liệu dùng bộ chế hòa khí

1. thùng xăng, 2. lọc, 3. bơm, 4. buồng phao, 5. giclô, 6. họng khuếch tán, 7. bướm ga

#### 5.1.2.2. Đặc tính lý tưởng của bộ chế hòa khí

Lý thuyết và thực nghiệm đều chứng tỏ rằng, phải cung cấp hỗn hợp sao cho phù hợp với các chế độ làm việc của động cơ như trên hình 5-2. Các chế độ này gọi là đặc tính lý tưởng của bộ chế hòa khí. Đặc tính này được xây dựng với số vòng quay không đổi, do đó độ chân không ở họng  $\Delta p_h$  chỉ phụ

thuộc vào độ mở bướm ga hay tải trọng của động cơ.

Trên đặc tính lý tưởng chỉ rõ, ở chế độ từ không tải đến tải nhỏ, giai đoạn a-b, hỗn hợp phải rất đậm ( $\lambda = 0,4 \div 0,8$ ) do tỷ lệ khí sót trong hỗn hợp lớn và nhiệt độ động cơ thấp ... nên điều kiện bay hơi, hòa trộn hình thành hỗn hợp và cháy kém. Từ chế độ tải nhỏ đến chế độ tải lớn, giai đoạn b-c, bướm ga mở to dần, tải trọng tăng, những điều kiện nêu trên được cải thiện nên bộ chế hòa khí phải cung cấp

hỗn hợp nhạt dần (đến  $\lambda = 1,07 \div 1,15$ ) để động cơ làm việc tiết kiệm nhất, tức là có suất tiêu thụ nhiên liệu  $g_c$  nhỏ nhất. Từ chế độ tải lớn đến chế độ toàn tải, giai đoạn c-d, hỗn hợp phải được làm đậm để động cơ phát ra công suất cao tức là có tính hiệu quả cao hay nói cách khác áp suất có ích trung bình  $p_e$  lớn. Khi bướm ga mở hoàn toàn (điểm d), hỗn hợp được làm đậm nhất ( $\lambda$  khoảng  $0,75 \div 0,9$ ), động cơ khí đó phát ra công suất cực đại.

Bộ chế hòa khí gồm cụm buồng phao 4, giclô nhiên liệu 5, họng khuếch tán 6, bướm ga 7 như trên hình 5-3 gọi là bộ chế hòa khí đơn giản. Đặc tính của bộ chế hòa khí này có thể xây dựng một cách đơn giản như sau :

Gọi lưu lượng không khí và lưu lượng nhiên liệu lần lượt là  $G_{kk}$  và  $G_{nl}$  ta có :

$$G_{kk} = \mu_h f_h \sqrt{2\Delta p_h \rho_{kk}} \quad (5-1)$$

$$G_{nl} = \mu_d \cdot f_d \sqrt{2(\Delta p_h - \gamma_{nl}\Delta h)\rho_{nl}} \quad (5-2)$$

trong đó

$f_h$  và  $f_d$  là tiết diện thông qua hình học

$\mu_h$  và  $\mu_d$  là hệ số lưu lượng của họng khuếch tán và của giclô nhiên liệu

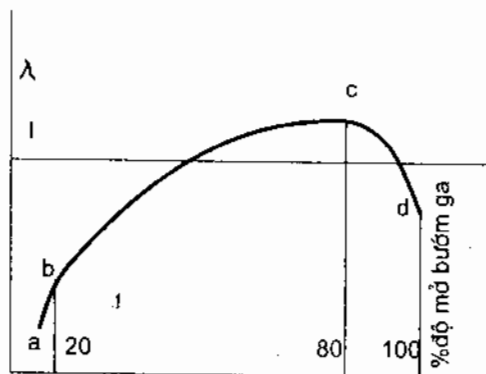
$\Delta h$  là khoảng cách từ mặt thoáng buồng phao đến miệng vòi phun.

Về mặt bản chất,  $\lambda$  là thông số đặc trưng cho mức độ đậm nhạt của hỗn hợp nên ngoài cách xác định theo (1-12) ta có thể viết :

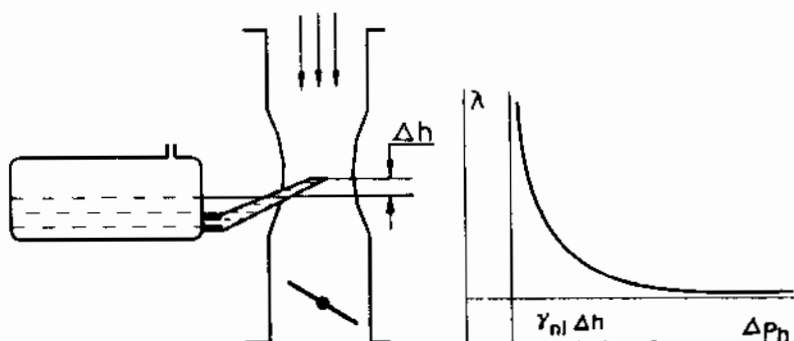
$$\lambda = A \frac{G_{kk}}{G_{nl}} \quad \text{với } A \text{ là hằng số, } A = \frac{1}{L_0} \quad (5-3)$$

xem công thức (1-11)

Thay (5-1) và (5-2) vào (5-3) ta có :



Hình 5-2. Đặc tính lý tưởng của bộ chế hòa khí



Hình 5-3. Đặc tính bộ chế hòa khí đơn giản

$$\lambda = K \sqrt{\frac{\Delta p_h}{\Delta p_h - \gamma_{nl} \Delta h}} \quad (5-4)$$

với  $k$  là một hằng số tỷ lệ.

Từ (5-4) dễ dàng thấy rằng, bộ chế hòa khí đơn giản cho hỗn hợp đậm dần (hình 5-3).

Đặc tính này không thỏa mãn đặc tính lý tưởng. Do đó, trong thực tế bộ chế hòa khí phải có các hệ thống với các chức năng khác nhau để bảo đảm cung cấp hỗn hợp với  $\lambda$  phù hợp với các chế độ làm việc khác nhau của động cơ.

### 5.1.2.3. Các hệ thống của bộ chế hòa khí

#### a. Hệ thống chính

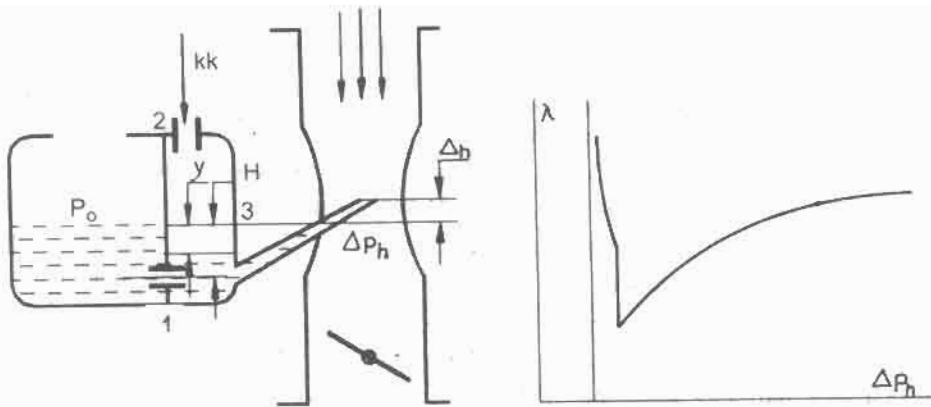
Về cơ bản, hệ thống chính nhằm cung cấp hỗn hợp cho động cơ làm việc kinh tế nhất trong vùng làm việc phổ biến của động cơ. Trên đường đặc tính lý tưởng của bộ chế hòa khí, hệ thống chính phải cung cấp hỗn hợp nhạt dần khi tải trọng tăng dần. Trong thực tế có nhiều loại hệ thống chính, phổ biến là một số loại được trình bày dưới đây.

- Hệ thống chính giảm độ chân không sau giclô chính (hình 5-4)

Hệ thống chính giảm độ chân không sau giclô chính ngoài giclô nhiên liệu 1 còn có giclô không khí 2 (hình 5-4).

Đặc tính của bộ chế hòa khí theo  $\Delta p_h$  được xây dựng như sau :

Khi  $\Delta p_h$  còn nhỏ, xăng chưa được hút ra nhưng mức xăng ở vòi phun được tăng dần lên. Từ khi  $\Delta p_h = \gamma_{nl} \Delta h$  trở đi, xăng được phun ra và hệ thống làm việc như bộ chế hòa khí đơn giản, tức  $\lambda$  giảm dần (hay hỗn hợp đậm dần), đồng thời mặt thoáng  $y$  trong ống 3 từ từ hạ xuống cho đến khi  $y = H$ . Tại thời điểm

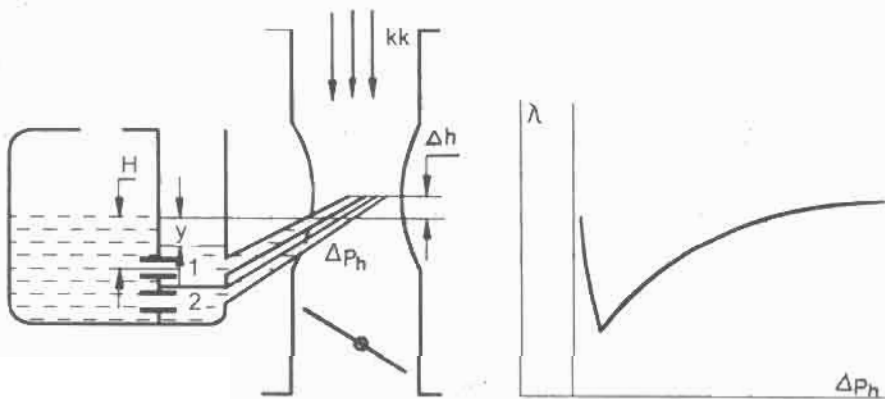


Hình 5-4. Hệ thống chỉnh giảm độ chân không sau giclô chính

này có một dòng không khí đột ngột qua giclô không khí 2 vào ống không khí 3 ra vòi phun. Do đó, trong ống không khí áp suất từ áp suất khí trời  $p_o$  giảm đột ngột một lượng nhất định. Vì vậy, lưu lượng nhiên liệu qua giclô 1 sẽ tăng lên đột ngột. Điều đó dẫn tới tại thời điểm  $y = H$  hỗn hợp đậm lên đột ngột, ( $\lambda$  giảm đột ngột như thể hiện trên hình 5-4). Từ đó trở đi,  $\Delta p_h$  tiếp tục tăng nhưng ảnh hưởng đến việc hút xăng qua giclô 1 giảm đi dần tới tốc độ tăng lưu lượng nhiên liệu giảm so với giai đoạn trước nên hỗn hợp nhạt dần.

- Hệ thống chỉnh có giclô bổ sung

Hình 5-5 trình bày một kiểu hệ thống chỉnh có giclô bổ sung. Thực chất của loại hệ thống chỉnh này gồm hai giclô nhiên liệu tạo thành hai hệ thống cung cấp nhiên liệu độc lập vào họng khuếch tán. Hệ thống thứ nhất có thể coi như là hệ thống chỉnh kiểu giảm độ chân không sau giclô chính xét ở trên bao gồm giclô 1 và giclô không khí có tiết diện thông qua bằng  $\infty$ . Hệ thống thứ hai với giclô 2 thực chất là một bộ chế hòa khí đơn giản.



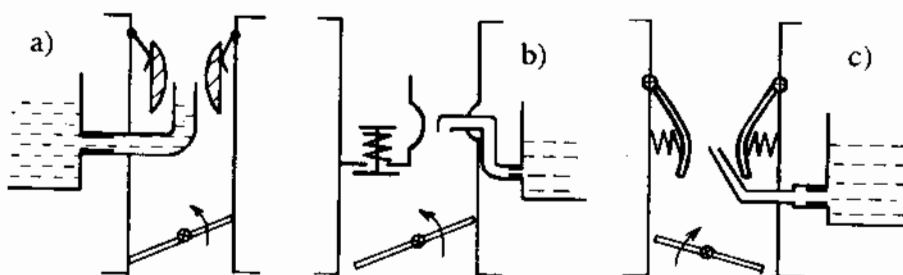
Hình 5-5. Hệ thống chỉnh là giclô bổ sung

Đặc tính của bộ chế hòa khí theo  $\Delta p_h$  được xây dựng như sau :

Khi  $\Delta p_h$  còn nhỏ, cũng giống như hệ thống chính giảm độ chân không sau giclô chính, xăng chưa được hút ra nhưng mức xăng ở vòi phun được nâng dần lên. Từ khi  $\Delta p_h = \gamma_{nl}\Delta h$  trở đi, xăng được phun ra, khi đó hai hệ thống làm việc như bộ chế hòa khí đơn giản tức (hỗn hợp đậm đặc), đồng thời mặt thoáng y trong ống 3 từ từ hạ xuống cho đến khi  $y = H$ . Từ đó trở đi,  $\Delta p_h$  tiếp tục tăng nhưng lưu lượng nhiên liệu qua giclô 1 không đổi (vì chỉ phụ thuộc cao độ H), do đó cho hỗn hợp nhạt dần. Tổng hợp lại, trên cơ sở lựa chọn tương quan các thông số của hai giclô, hỗn hợp cung cấp cho động cơ từ khi  $y = H$  sẽ nhạt dần đáp ứng đặc tính lý tưởng của bộ chế hòa khí.

*- Hệ thống chính điều chỉnh độ chân không ở họng*

Hình 5-6 trình bày nguyên tắc của một số hệ thống chính thay đổi độ chân không ở họng. Khi bướm ga mở đến một mức độ nào đó nhằm tăng tải, độ chân không ở họng khuếch tán đủ lớn sẽ mở các lá lò xo (hình 5-6a và c) hay van (hình 5-6b) để bổ sung không khí làm cho hỗn hợp nhạt dần nhằm đáp ứng đặc tính lý tưởng của bộ chế hòa khí.



Hình 5-6. Hệ thống chính điều chỉnh độ chân không ở họng

*- Hệ thống chính thay đổi tiết diện giclô kết hợp với hệ thống không tải*

Theo nguyên tắc này, hệ thống không tải luôn làm việc kể cả ở vùng tải trọng lớn. Khi bướm ga 5 (hình 5-7) mở dần, qua hệ thống đòn dẫn động, kim 6 di lên làm tăng tiết diện giclô nhiên liệu 1, hỗn hợp sẽ đậm lên. Tuy nhiên khi đó độ chân không sau bướm ga giảm dần nên hệ thống không tải sẽ cho hỗn hợp nhạt dần (xem mục 2. Hệ thống không tải). Khi thiết kế người ta lựa chọn tương quan các thông số của các giclô sao cho kết quả tổng hợp với hỗn hợp nhạt dần. Nguyên tắc này được áp dụng cho xe máy.

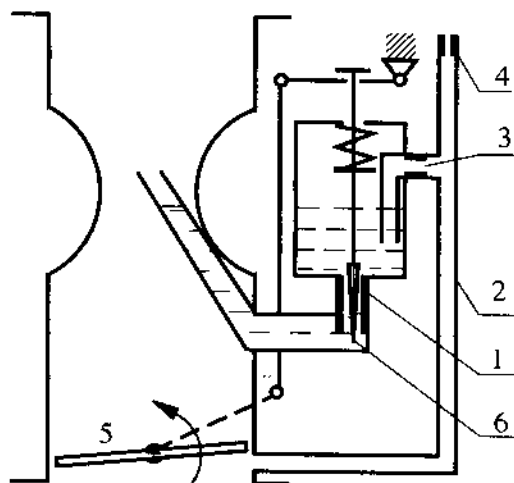
*b. Hệ thống không tải (hình 5-8)*

Khi động cơ chạy không tải, bướm ga đóng gần kín, lưu lượng không khí qua họng khuếch tán nhỏ khiến cho độ chân không tại đây nhỏ nên khả năng hút xăng cũng như xé tơi và hòa trộn xăng với không khí kém. Do đó hệ thống

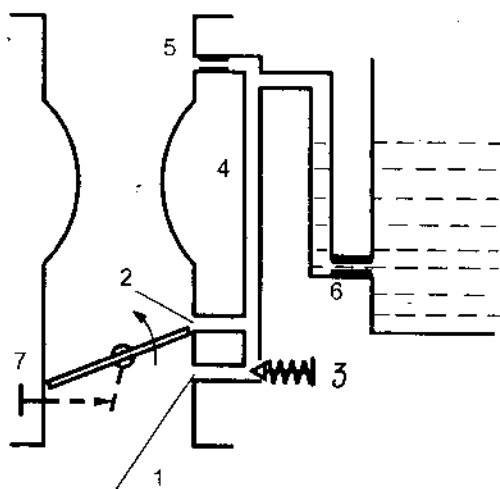
chính không có khả năng cung cấp hỗn hợp cho động cơ chạy không tải. Trong khi đó, độ chân không sau bướm ga lớn nên được tận dụng để hút xăng ra họng khuếch tán và tạo thành hỗn hợp cho động cơ chạy không tải. Cụ thể, xăng được hút từ buồng phao qua gicơ nhiên liệu 6 (hình 5-8) còn không khí được hút qua gicơ 5 vào ống hỗn hợp 4. Tại đây xăng hòa trộn sơ bộ với không khí tạo thành dạng nhũ tương tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình bay hơi và hòa trộn của xăng với không khí tạo thành hỗn hợp. Cuối cùng, hỗn hợp được hút qua lỗ 1 phun vào không gian sau bướm ga. Quá trình bay hơi và hòa trộn của xăng với không khí tiếp tục diễn ra trên đường nạp vào xylanh động cơ.

Khi động cơ chuyển từ chế độ không tải về chế độ có tải, bướm ga mở to dần. Độ chân không sau bướm ga giảm đi dẫn tới lượng hỗn hợp cung cấp qua hệ thống không tải giảm trong khi hệ thống chính chưa hoạt động vì độ chân không

ở họng khuếch tán còn nhỏ khiến cho động cơ có thể bị chết máy. Để khắc phục hiện tượng này, trong hệ thống không tải có lỗ chuyển tiếp 2. Khi bướm ga mở đến vị trí nào đó sao cho lỗ 2 ở vào vị trí phía sau bướm ga, lúc đó lỗ 2 sẽ trở thành lỗ bổ sung hỗn hợp cho chế độ chuyển tiếp. Còn ở chế độ không tải, lỗ 2 đóng vai trò cung cấp không khí vào ống hỗn hợp 4.



**Hình 5-7.** Hệ thống chính thay đổi tiết diện gicơ kết hợp với hệ thống không tải.  
1. gicơ chính, 2. ống hỗn hợp của hệ thống không tải, 3. gicơ không tải, 4. gicơ không khí không tải, 5. bướm ga, 6. kim điều chỉnh tiết diện gicơ 1.



**Hình 5-8.** Hệ thống không tải  
1. lỗ cung cấp hỗn hợp, 2. lỗ chuyển tiếp, 3. vít điều chỉnh hỗn hợp, 4. ống hỗn hợp, 5. gicơ không khí, 6. gicơ nhiên liệu, 7. vít kênh ga

Chế độ không tải được điều chỉnh sao cho động cơ làm việc ổn định ở số vòng quay nhỏ nhất có thể nhằm tiết kiệm nhiên liệu.

Thông thường chế độ không tải được điều chỉnh theo trình tự sau đây. Đầu tiên vít điều chỉnh hỗn hợp 3 được vặn chặt rồi nói ra theo qui định của nhà chế tạo (ví dụ đối với xe máy Dream II là  $2 \frac{1}{8}$  vòng). Vít kênh ga 7 được vặn vào một chút để tăng độ mở của bướm ga. Sau đó cho động cơ khởi động. Nếu không tác động lên cơ cấu điều khiển bướm ga, động cơ sẽ chạy không tải ở tốc độ cao. Nói dần vít 7 - bướm ga sẽ đóng nhỏ lại, tốc độ động cơ giảm đi - cho đến khi động cơ đạt được tốc độ không tải ổn định nhỏ nhất.

### c. Hệ thống làm đậm

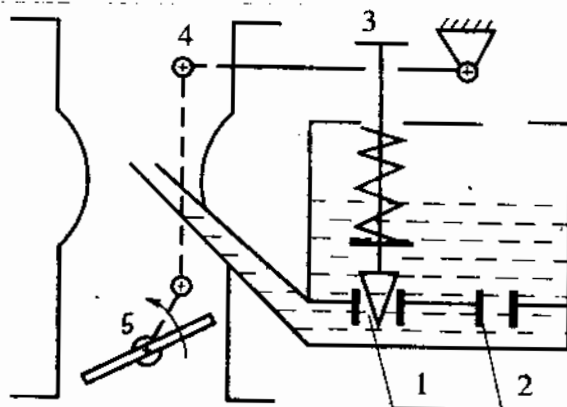
Hệ thống làm đậm cung cấp thêm nhiên liệu làm đậm hỗn hợp để động cơ phát ra công suất cao hơn. Có hai phương pháp dẫn động hệ thống làm đậm là dẫn động cơ khí và dẫn động chân không.

#### - Hệ thống làm đậm cơ khí

Khi động cơ làm việc ở chế độ tải nhỏ và trung bình, bướm ga 5 (hình 5-9) mở chưa lớn nên chỉ có hệ thống chính làm việc cung cấp hỗn hợp nhạt dần cho động cơ làm việc ở chế độ kinh tế nhất (trên hình 5-9, để đơn giản chỉ thể hiện giclô 2 và vòi phun đến họng khuếch tán đại diện cho hệ thống chính đã xét ở mục a. Hệ thống chính của 5.1.2.3).

Khi bướm ga mở đủ lớn, qua hệ thống đòn dẫn động 4, kim điều chỉnh 3 được nâng lên làm tăng tiết diện thông qua của giclô làm đậm 1, bổ sung thêm nhiên liệu vào hệ thống chính để làm đậm hỗn hợp. Hỗn hợp được làm đậm nhất khi giclô 1 được mở to nhất ứng với vị trí mở cực đại của bướm ga. Lúc này, động cơ phát ra công suất cực đại. Tuy nhiên như đã nói ở phần đặc tính lý tưởng của bộ chế hòa khí, tính kinh tế của động cơ giảm.

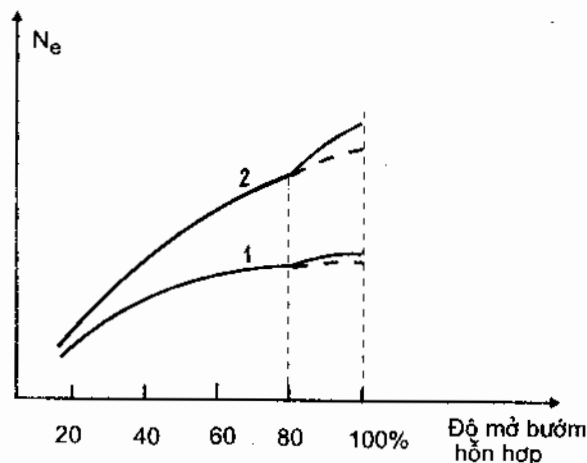
Hệ thống làm đậm dẫn động cơ khí có ưu điểm là đơn giản, nhưng có nhược điểm là thời điểm bắt đầu làm đậm chỉ phụ thuộc độ mở bướm ga mà không phụ thuộc tốc độ vòng quay



Hình 5-9. Hệ thống làm đậm cơ khí

1. giclô làm đậm, 2. giclô của hệ thống chính,
3. kim điều chỉnh, 4. đòn dẫn động, 5. bướm ga

$n$  nên ảnh hưởng đến đặc tính tải của động cơ ở chế độ này (hình 5-10). Công suất của động cơ tăng do làm đậm tại 80% độ mở bướm ga trở đi. Khi  $n$  lớn công suất động cơ tăng nhanh theo độ mở bướm ga nên làm đậm ở 80% là hợp lý (hình 5-10, đường 1). Còn ở chế độ nhỏ, công suất của động cơ tăng chậm (đường 2) nên khi làm đậm ở 80%, công suất tăng rất ít. Tốt nhất nên làm đậm sớm hơn, ví dụ, khoảng 50% độ mở bướm ga.



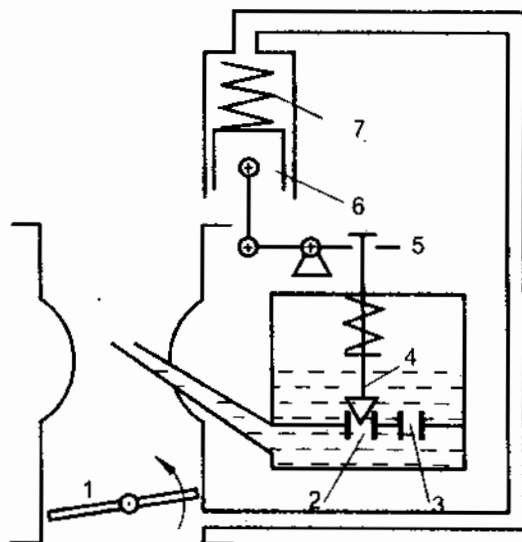
Hình 5-10. Đặc tính tải của động cơ khi làm đậm cơ khí

1. đặc tính tải ở chế độ tốc độ vòng quay  $n$  nhỏ.
2. đặc tính tải ở  $n$  lớn

#### - Hệ thống làm đậm chân không

Hình 5-11 trình bày sơ đồ kết cấu của hệ thống làm đậm dẫn động chân không. Khi bướm ga mở nhỏ, độ chân không sau bướm ga lớn, tác dụng lên không gian trên piston thắng sức căng lò xo 7 kéo piston đi lên. Lò xo phục hồi của hệ kim điều chỉnh 4 đóng giclơ làm đậm 2. Khi đó chỉ có hệ thống chính cung cấp hỗn hợp với thành phần nhạt dần. Khi bướm ga mở lớn, độ chân không sau bướm ga giảm, lò xo 7 đẩy piston 6 đi xuống thông qua hệ thống đòn dẫn động 5 nâng kim 4 mở giclơ 2 bổ sung thêm nhiên liệu vào hệ thống chính làm đậm hỗn hợp.

Độ chân không sau bướm ga không những phụ thuộc vào độ mở bướm ga mà còn phụ thuộc tốc độ vòng quay  $n$  của động cơ. Khi  $n$  tăng, độ chân không sau bướm ga cũng tăng. Do đó, thời điểm bắt đầu làm đậm không chỉ phụ thuộc vào độ mở bướm ga mà còn phụ thuộc  $n$ . Tại chế độ  $n$  nhỏ, với độ



Hình 5-11. Hệ thống làm đậm chân không

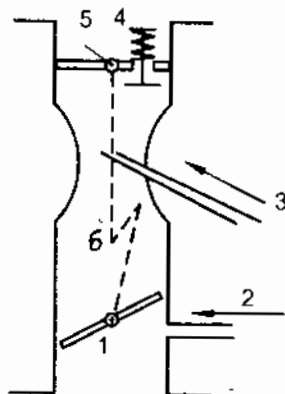
1. bướm ga, 2. giclơ làm đậm, 3. giclơ hệ thống chính, 4. kim điều chỉnh làm đậm, 5. đòn dẫn động, 6. piston, 7. lò xo

mở bướm ga còn nhỏ, độ chân không sau bướm ga đã đủ nhỏ nên lò xo 7 đẩy piston 6 đi xuống điều khiển gicơ 2 làm đậm hỗn hợp. Đây chính là ưu điểm của kiểu dẫn động chân không so với kiểu dẫn động cơ khí nói trên. Tuy nhiên độ ổn định của hệ thống này kém. Vì vậy, một số bộ chế hòa khí sử dụng đồng thời hai hệ thống làm đậm cơ khí và làm đậm chân không để tận dụng ưu điểm của hai hệ thống này.

#### d. Hệ thống khởi động

Khi khởi động, tốc độ vòng quay của động cơ rất nhỏ thường chỉ khoảng 50 đến 100 v/ph (xem chương IX) nên tốc độ không khí qua họng rất nhỏ, nhiên liệu phun vào ít và chất lượng phun kém. Mặt khác, động cơ khi đó lạnh nên xăng khó bay hơi và dễ tạo thành màng trên thành ống nạp, hỗn hợp tạo thành thực tế rất loãng và động cơ khó khởi động. Vì vậy, để khởi động động cơ dễ dàng phải cung cấp thêm nhiên liệu làm đậm hỗn hợp.

Hình 5-12 trình bày kết cấu một hệ thống khởi động đơn giản nhưng rất phổ biến trong thực tế. Trong khi khởi động, bướm gió 4 đóng lại, do đó độ chân không trong họng khuếch tán cũng như độ chân không sau bướm ga 1 đều lớn. Hệ thống chính 3 và hệ thống không tải 2 đồng thời làm việc cung cấp cho động cơ hỗn hợp rất đậm để khởi động.



Hình 5-12. Hệ thống khởi động

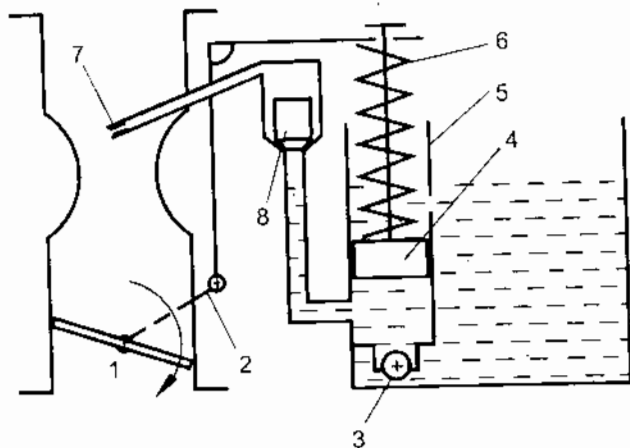
1. bướm ga, 2. đường hỗn hợp không tải,
3. hệ thống chính, 4. van an toàn, 5. bướm gió,
6. liên kết bướm gió - bướm ga

Khi động cơ đã nổ, dưới tác dụng của độ chân không lớn sau bướm gió 5, van an toàn 4 sẽ mở ra cung cấp thêm không khí tránh cho hỗn hợp quá đậm dẫn tới động cơ có thể bị chết máy ngay sau khi nổ. Sau khi khởi động, bướm gió 4 được mở cực đại để giảm tối đa tổn thất khí động cục bộ tại đây.

#### e. Hệ thống tăng tốc

Khi cần thiết phải tăng nhanh tốc độ hay tải trọng động cơ phải mở đột ngột bướm ga. Khi ấy, lượng không khí vào động cơ tăng nhanh nhưng lượng nhiên liệu không tăng kịp do quán tính của xăng lớn hơn nhiều so với quán tính của không khí nên hỗn hợp nhạt đi đột ngột có thể làm chết máy. Để khắc phục hiện tượng này, trên bộ chế hòa khí bố trí hệ thống tăng tốc (hình 5-13).

Khi bướm ga mở đột ngột, qua hệ thống đòn dẫn động 2 và lò xo 6 đẩy piston 4 đi xuống. Áp suất bên dưới piston 4 tăng lên đột ngột nên van 3 đóng lại, nhiên liệu không trở lại buồng phao mà nâng van 8 lên rồi phun vào họng khuếch tán qua vòi phun 7, bổ sung cường bức một lượng nhiên liệu cho quá trình tăng tốc động cơ.



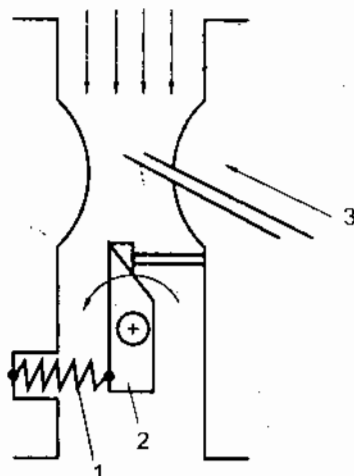
**Hình 5-13.** Hệ thống tăng tốc  
1. bướm ga, 2. đòn dẫn động, 3. van bi, 4. piston,  
5. xylanh, 6. lò xo, 7. vòi phun, 8. van rai

Khi tăng tải từ từ, bướm ga mở chậm, nhiên liệu lọt qua khe hở piston - xylanh và qua van bi 3 trở lại buồng phao, quá trình bơm tăng tốc không xảy ra. Khi đóng bướm ga, piston 4 đi lên, nhiên liệu qua van bi 3 nạp vào không gian bên dưới piston 4.

Trong quá trình mở đột ngột bướm ga, lò xo 6 bị nén lại. Khi quá trình này kết thúc lò xo sẽ giãn ra từ từ có tác dụng kéo dài quá trình phun nhiên liệu một thời gian nữa. Do đó có thể tránh được hiện tượng động cơ rờ máy lên đột ngột rồi chết máy do hỗn hợp lại nhạt đi đột ngột vì hệ thống chính chưa kịp cung cấp nhiên liệu theo yêu cầu của động cơ.

#### g. Cơ cấu hạn chế tốc độ vòng quay

Khi động cơ làm việc, có thể xảy ra trường hợp vì một lý do nào đó sức cản bên ngoài giảm hoặc mất đột ngột (ví dụ, gãy trục truyền công suất hoặc chân vịt của tàu thủy nhô lên khỏi mặt nước do sóng to ...). Người vận hành động cơ trong trường hợp như vậy chưa phản ứng kịp để đóng bớt bướm ga nên động cơ chạy không tải với tốc độ vòng quay rất lớn, làm tăng mài mòn và có thể làm hư hỏng các chi tiết chuyển động do lực quán tính quá lớn. Để tự động giảm tốc độ vòng quay trong trường hợp này, một số bộ chế hòa khí được trang bị cơ cấu

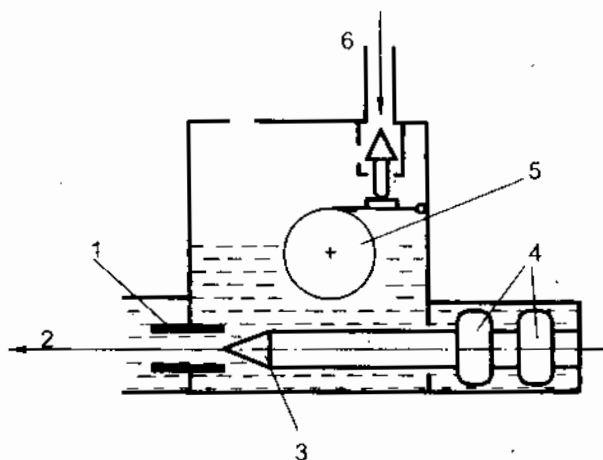


**Hình 5-14.** Cơ cấu hạn chế tốc độ vòng quay  
1. lò xo, 2. bướm ga, 3. hệ thống chính

hạn chế tốc độ vòng quay. Hình 5-14 trình bày một loại cơ cấu hạn chế tốc độ vòng quay đơn giản. Khi tốc độ của động cơ tăng vượt quá một giá trị nào đó trong lúc bướm ga mở to, dòng không khí vào động cơ với tốc độ cao nên có động năng lớn sẽ tác dụng lên mặt vát trên bướm ga 2 thắng sức căng lò xo 1. Bướm ga do đó được đóng bớt nên tốc độ động cơ giảm. Trong thực tế còn có các cơ cấu hạn chế tốc độ vòng quay làm việc trên cơ sở tín hiệu về độ chân không hay điện từ ...

#### *h. Cơ cấu hiệu chỉnh theo chiều cao*

Khi động cơ làm việc ở độ cao càng lớn so với mực nước biển, mật độ không khí càng giảm dẫn đến lượng không khí nạp thực tế giảm đi và hỗn hợp càng đậm lên. Do lượng không khí nạp giảm dẫn đến giảm công suất của động cơ đồng thời làm tăng độc hại trong khí thải. Để khắc phục hiện tượng trên, trong một vài bộ chế hòa khí được trang bị cơ cấu hiệu chỉnh theo độ cao (hình 5-15).



**Hình 5-15.** Cơ cấu hiệu chỉnh bộ chế hòa khí theo độ cao

1. giclơ nhiên liệu, 2. đường xả vào hệ thống chính, 3. kim điều chỉnh, 4. barô met, 5. phao, 6. đường xả vào buồng phao

Tiết diện thông qua của giclơ được điều chỉnh bởi barô met 4 thông qua kim 3. Khi lên cao, áp suất khí trời giảm, barô met giãn nở đẩy kim về bên trái đóng bớt giclơ 2, do đó giảm lưu lượng nhiên liệu một cách tương ứng với độ giảm lượng không khí nạp.

#### *5.1.2.4. Bộ chế hòa khí có trang bị điện tử*

Để thỏa mãn những yêu cầu ngày càng cao đối với quá trình hình thành khí hỗn hợp, nhằm giảm suất tiêu hao nhiên liệu và độc hại trong khí thải cũng như cải thiện chất lượng làm việc của động cơ ở mọi chế độ làm việc, người ta đã trang bị các bộ phận điện tử cho bộ chế hòa khí. Bộ chế hòa khí khi đó được gọi là bộ chế hòa khí điện tử. Hình 5-16 trình bày một bộ chế hòa khí điện tử có tên là Ecotronic của hãng Bosch - Pierburg. Về cơ bản, bộ chế hòa khí điện tử gồm một bộ chế hòa khí thông thường, một bộ điều khiển điện tử 20 và các cơ cấu điều khiển 4 để thay đổi độ mở bướm ga 1 và cơ cấu điều khiển 5 để thay đổi độ mở bướm gió 6.

Bộ điều khiển điện tử 20 gồm có các bộ phận chính như đầu nhận tín hiệu 19, bộ vi xử lý trung tâm 18 và đầu phát tín hiệu ra 17. Tín hiệu vào sẽ được tiếp nhận và xử lý. Sau đó, bộ điều khiển sẽ phát tín hiệu ra để điều khiển các cơ cấu chấp hành 4 và 5 nhằm tạo ra thành phần khí hỗn hợp tối ưu cho mọi chế độ làm việc của động cơ.

Trong cơ cấu điều chỉnh độ mở bướm ga kiểu điện tử - chân không 4, vị trí của màng đàn hồi được xác định bởi sự cân bằng giữa lực hút chân không sau bướm ga và lực phục hồi của lò xo. Độ chân không trong không gian phía trên màng được điều chỉnh nhờ hai nam châm điện điều chỉnh các van thông. Nhờ cần đẩy 3, màng đàn hồi xác định độ mở của bướm ga 1. Vị trí của màng đàn hồi được ghi nhận và truyền tín hiệu về bộ điều khiển điện tử 20 qua đường 12.

Khi động cơ khởi động, bộ điều khiển đóng bướm gió và mở bướm ga ở một góc độ phù hợp. Hệ thống chính và hệ thống không tải cùng làm việc cho hỗn hợp đậm để khởi động giống như ở bộ chế hòa khí thông thường (xem mục d của 5.1.2.3.).

Chế độ tăng tốc được thực hiện như sau :

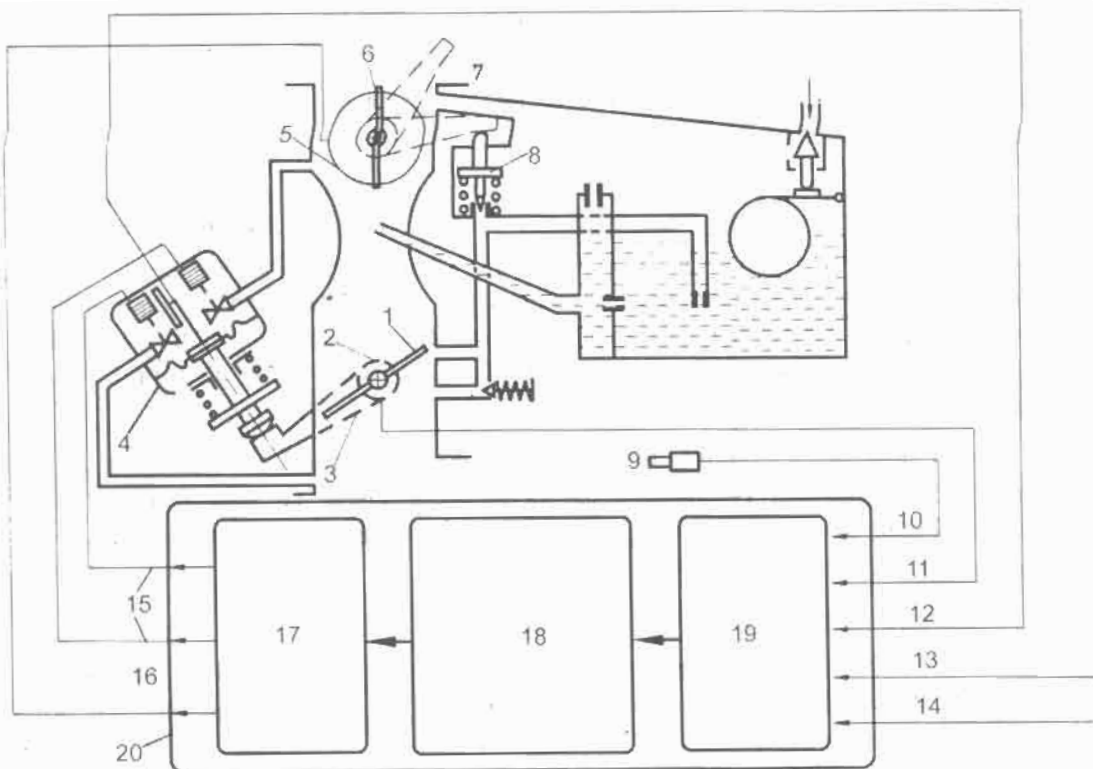
Từ tín hiệu mở đột ngột bướm ga 11, bộ điều khiển điện tử sẽ chỉ thị cho cơ cấu 5 đóng mở rất nhanh bướm gió 6. Do đó hỗn hợp đậm lên đột ngột đáp ứng cho động cơ tăng tốc.

Khi động cơ chạy không tải, bộ điều khiển điện tử giữ cho tốc độ vòng quay không tải  $n_{kt} = \text{const}$ . Khi đó vị trí của bướm ga và bướm khởi động đều do bộ điều khiển điện tử quyết định. Ngoài ra, cần điều khiển 7 - do cơ cấu điều khiển 5 dẫn động - sẽ tác động lên kim hiệu chỉnh 8 đóng bớt giclô không khí của hệ thống không tải, hỗn hợp sẽ được làm đậm. Do thành phần hỗn hợp được điều chỉnh tự động phù hợp với chế độ không tải nên  $n_{kt}$  nhỏ, tiết kiệm nhiên liệu. Cũng chính vì vậy mà động cơ không bị chết máy trong những trường hợp sau :

Khi động cơ từ không tải chuyển về chế độ có tải hoặc gài một số hệ thống tiêu thụ vào động cơ (ví dụ, hệ thống điều hòa nhiệt độ trên ô tô) .

Khi động cơ đang chạy có tải chuyển về chạy không tải nên nhiệt độ động cơ giảm dần làm tăng độ nhớt của dầu bôi trơn dẫn đến ma sát tăng.

Ở chế độ kéo, ví dụ như khi ô tô xuống dốc, người lái bỏ chân ga nên bướm ga 1 chỉ do cơ cấu 4 điều khiển. Khi đó, bướm ga sẽ mở ở một mức độ nào đó sao cho độ chân không sau bướm ga nhỏ đến mức không đủ để hút xăng ra ở hệ thống không tải. Nói khác đi khi động cơ bị kéo, động cơ không tiêu thụ xăng nên tiết kiệm nhiên liệu và giảm ô nhiễm môi trường.



**Hình 5-16.** Bộ chế hòa khí điều khiển bằng điện tử

1. bướm ga, 2. cảm biến tốc độ mở bướm ga, 3. cần đẩy, 4. cơ cấu điều chỉnh độ mở bướm ga kiểu điện tử - chân không, 5. cơ cấu điều khiển đóng mở bướm khởi động, 6. bướm khởi động (bướm gió), 7. cần đẩy, 8. kim điều chỉnh tiết diện thông qua gicla không khí không tải, 9. cảm biến nhiệt độ động cơ, 10. tín hiệu nhiệt độ động cơ, 11. tín hiệu tốc độ mở bướm ga, 12. tín hiệu vị trí màng đàn hồi của bộ điều chỉnh độ mở bướm ga kiểu điện tử - chân không 4 (hay góc mở bướm ga), 13. tín hiệu tốc độ vòng quay động cơ, 14. tín hiệu từ cảm biến  $\lambda$  (xem hình 10-5), 15. các tín hiệu ra bộ điều chỉnh độ mở bướm ga, 16. tín hiệu ra điều chỉnh độ mở bướm gió, 17. đầu phát tín hiệu ra, 18. bộ vi xử lý, 19. đầu thu nhận tín hiệu vào, 20. bộ điều khiển điện tử.

### 5.1.3. Hệ thống nhiên liệu phun xăng

#### 5.1.3.1. Hệ thống nhiên liệu phun xăng gián tiếp và trực tiếp

Khác với hệ thống nhiên liệu dùng bộ chế hòa khí - xăng được hút từ buồng phao-ô hệ thống nhiên liệu phun xăng, xăng được phun vào đường nạp hay vào xylanh để hòa trộn với không khí tạo thành hỗn hợp.

Một số động cơ máy bay hoặc xe đua trước đây đã từng sử dụng hệ thống phun xăng *trực tiếp* (Gasoline Direct Injection - GDI) vào trong xylanh ở cuối kỳ nén tương tự như ở động cơ diesel (xem mục 5.2). Nhưng do xăng là loại nhiên liệu nhẹ, độ nhớt nhỏ nên dễ tạo áp suất phun lớn phải giải quyết nhiều vấn đề kỹ thuật liên quan như chế tạo

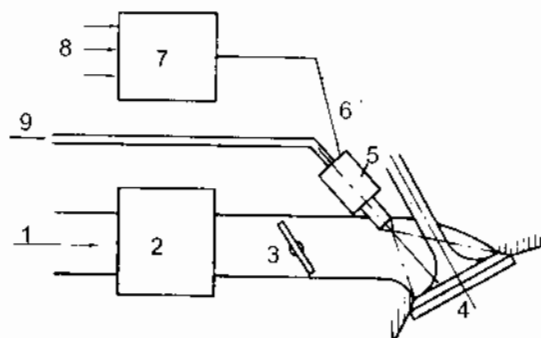
bơm cao áp và vòi phun với khe hở cực nhỏ, bôi trơn bơm cao áp, tách không khí chứa trong nhiên liệu trước khi vào bơm cao áp, phối hợp điều chỉnh cả nhiên liệu và không khí để điều chỉnh tải ... Vì vậy, động cơ rất phức tạp và giá thành cao nên không được sử dụng phổ biến trong trên thực tế. Tuy nhiên, động cơ phun xăng trực tiếp vào xylanh có một số ưu điểm của động cơ diesel như hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  của các xylanh rất đồng đều, hệ số nạp lớn ... Ngoài ra, tỷ số nén có thể lớn hơn so với trong động cơ dùng bộ chế hòa khí mà không bị kích nổ. Gần đây, một số hãng đã quan tâm nghiên cứu chế tạo động cơ phun xăng trực tiếp vào xylanh. Ví dụ, tại hội nghị quốc tế về ô tô tại Hà Nội tháng 12 - 1996, hãng Mitsubishi đã giới thiệu một loại động cơ ô tô 4 kỳ, 4 xylanh mới chế tạo có mã hiệu 4G93-GDI với  $S/D = 81/89 \text{ mm/mm}$ , tỷ số nén  $\varepsilon = 12$  sử dụng 4 xupap cho một xylanh, áp suất phun  $50 \text{ kg/cm}^2$ , đốt hỗn hợp rất nghèo ... đạt được những chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật rất khả quan như suất tiêu hao nhiên liệu cũng như các thành phần độc hại chủ yếu trong khí thải (xem mục 10.1) rất thấp. Xin tham khảo một ví dụ khác ở mục 10.3.1 Trong tương lai, hệ thống phun xăng trực tiếp sẽ được dùng phổ biến.

Hiện nay hệ thống phun xăng gián tiếp vào đường ống nạp được sử dụng rất rộng rãi và sau đây chúng ta chỉ khảo sát hệ thống này. Để đơn giản, từ đây trở đi chúng ta chỉ gọi vắn tắt là hệ thống nhiên liệu phun xăng.

#### 5.1.3.2. Phân loại hệ thống nhiên liệu phun xăng

Về nguyên tắc, hệ thống nhiên liệu phun xăng có sơ đồ như trên hình 5-17. Nhiên liệu từ thùng chứa qua bơm dẫn đến vòi phun 5 phun vào đường nạp. Quá trình phun được điều khiển bởi bộ điều khiển phun xăng 7.

Trong hệ thống phun đa điểm (Multi - Point) mỗi xylanh có một vòi phun bố trí ngay trước xupap nạp. Còn ở hệ thống phun đơn điểm (Single - Point) hay còn gọi



Hình 5-17. Sơ đồ hệ thống phun xăng

1. không khí nạp, 2. thiết bị đo lưu lượng không khí, 3. bướm hỗn hợp, 4. xupap nạp, 5. vòi phun, 6. tín hiệu điều khiển phun, 7. bộ điều khiển phun xăng, 8. các tín hiệu cảm biến vào bộ xử lý, 9. xăng từ bơm chuyển

là hệ thống phun trung tâm, toàn bộ động cơ chỉ có một vòi phun ở đường ống nạp chung cho tất cả các xylanh. Hệ thống phun nhiều điểm so với hệ thống phun trung tâm có ưu điểm là xăng được phun vào xupap là nơi có nhiệt độ cao nên điều kiện bay hơi tốt hơn và giảm được hiện tượng đọng bám xăng trên thành ống nạp. Tùy theo tổ chức quá trình phun, người ta còn phân biệt hệ thống phun xăng liên tục hay gián đoạn. Ngoài ra, theo thiết bị điều khiển có thể phân biệt hệ thống phun xăng điều khiển cơ khí, điện tử hay hỗn hợp cơ khí - điện tử.

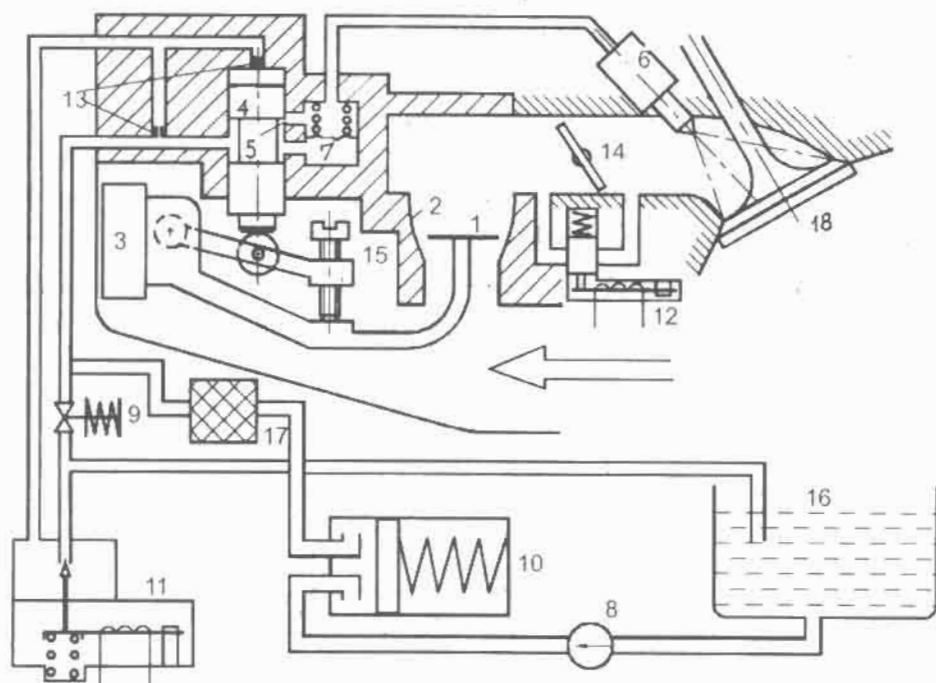
Với các cách phân loại trên, trong thực tế có rất nhiều loại hệ thống phun xăng. Sau đây sẽ trình bày một số hệ thống cụ thể.

#### 5.1.3.3. Một số hệ thống nhiên liệu phun xăng thông dụng

##### a. K - Jetronic

Đây là hệ thống phun xăng nhiều điểm, liên tục và điều khiển bằng cơ khí (hình 5-18).

Xăng được bơm 8 tạo áp suất chuyển đến bộ dự trữ áp suất 10, sau khi qua lọc tinh 17 đến bộ điều chỉnh thủy - cơ rồi được dẫn đến vòi phun 6. Bộ dự



Hình 5-18. Hệ thống phun xăng K - Jetronic

1. van lá hấp bênh, 2. profil điều chỉnh, 3. đối trọng, 4. piston, 5. cửa thoát, 6. vòi phun, 7. bộ hằng chênh áp, 8. bơm, 9. bộ điều chỉnh áp suất, 10. bộ dự trữ áp suất, 11. van rơle giảm áp, 12. van rơle bổ sung không khí (by pass), 13. giclơ giảm chấn, 14. bướm ga, 15. vít điều chỉnh không tải, 16. thùng xăng, 17. lọc xăng, 18. xupap

trữ áp suất 10 giữ cho áp suất của hệ thống còn tồn tại một thời gian sau khi dừng động cơ để sau đó khởi động lại ở trạng thái nóng được dễ dàng. Bộ điều chỉnh áp suất 9 giữ cho áp suất của hệ thống ở một giá trị nhất định trong quá trình làm việc.

Bộ điều khiển lưu lượng kiểu thủy - cơ làm việc theo nguyên tắc sau :

Trong đường ống nạp chung của động cơ có bố trí cơ cấu van lá 1 kiểu hập bênh. Vị trí của van lá này được xác định bởi trạng thái cân bằng giữa áp lực của dòng khí nạp trên bề mặt van lá và áp lực của nhiên liệu lên bề mặt bên trên piston 4. Vị trí của piston 4 do đó được xác định sẽ quyết định diện tích thông qua của lỗ thoát 5, tức là quyết định lưu lượng xăng qua vòi phun 6. Để cho lưu lượng xăng chỉ phụ thuộc tiết diện thông qua của cửa thoát 5, độ chênh áp trước và sau cửa thoát được giữ không đổi nhờ bộ điều chỉnh 7 gồm màng đàn hồi và lò xo hồi vị. Các van tiết lưu 13 có tác dụng giảm chấn cho hệ thống. Vòi phun kiểu van lò xo mở với áp suất khoảng 4 bar có thể xé xăng rất toí ngay cả với lưu lượng rất nhỏ.

Trong quá trình động cơ chuyển tiếp từ trạng thái nguội khi khởi động đến nhiệt độ ổn định (gọi là quá trình hâm nóng máy), do nhiệt độ dầu bôi trơn thấp nên ma sát trong động cơ lớn. Van 11 khi đó sẽ hoạt động có tác dụng làm giảm áp suất trên piston 4, do đó van trượt mở rộng thêm cửa thoát 5 làm tăng lưu lượng xăng đến vòi phun. Đồng thời, van 12 mở thông thêm đường không khí. Kết quả là lượng hỗn hợp nạp tăng và do đó tăng công suất động cơ để thắng ma sát trong quá trình chuyển tiếp. Cả hai van 11 và 12 đều là các role nhiệt kiểu lưỡng kim (bimetal).

Trên bộ điều khiển thủy cơ có vít 15 có thể thay đổi vị trí tương quan giữa piston 4 và van lá 1 nhằm điều chỉnh chế độ không tải.

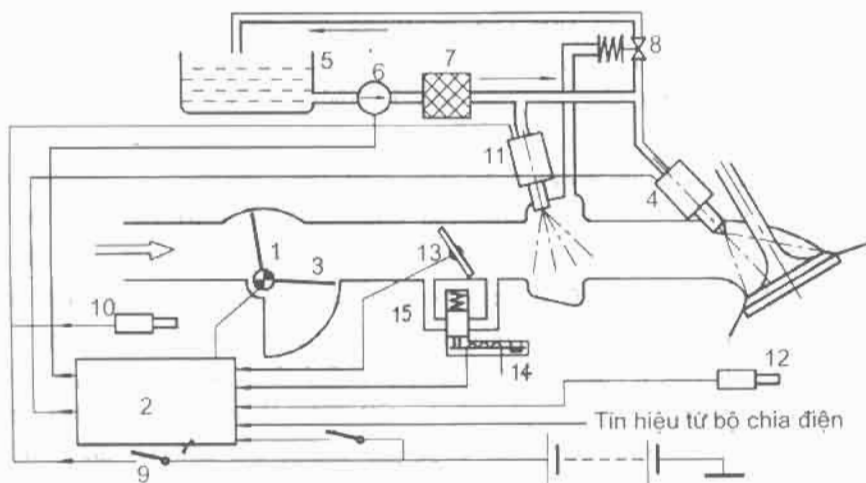
Hình dạng profil 2 quyết định chế độ làm đậm toàn tải để động cơ phát ra công suất cực đại.

Khi-khởi động động cơ từ trạng thái nguội, thông qua công tắc điện khởi động, một vòi phun hỗ trợ bố trí trên đường ống nạp chung của động cơ (xin tham khảo hình 5 - 19) phun thêm xăng làm đậm hỗn hợp.

#### *b. L-Jetronic (hình 5-19)*

Hệ thống phun xăng L-Jetronic là hệ thống phun xăng nhiều điểm, phun gián đoạn và điều khiển bằng điện tử (hình 5-19).

Nguyên tắc của hệ thống này là lưu lượng không khí nạp được đo trực tiếp. Trên đường ống nạp chung có van lật 1, van được giữ bằng lò xo xoắn. Tín hiệu góc lệch của van lật tỷ lệ với lượng không khí nạp được một vốn kế (trên hình



**Hình 5-19. L-Electronic**

1. lá van lật, 2. bộ điều khiển điện tử, 3. lá cân giảm chấn, 4. vòi phun điện tử, 5. thùng xăng, 6. bơm, 7. lọc, 8. bộ điều chỉnh áp suất, 9. công tắc, 10. rơle nhiệt-thời gian, 11. vòi phun khởi động, 12. cảm biến nhiệt độ động cơ, 13. bướm hỗn hợp, 14. rơle nhiệt, 15. đường bổ sung không khí

5-19 thể hiện ở tâm quay của van lật) ghi nhận và truyền đến bộ điều khiển 2. Lá cân 3 có tác dụng giảm dao động cho van lật. Xăng từ thùng chứa 5 qua bơm điện 6, lọc tinh 7 dẫn đến vòi phun 4. Vòi phun là một van điện tử. Bộ điều chỉnh áp suất 8 giữ cho chênh áp trước và sau vòi phun không đổi. Do đó, lượng nhiên liệu phun ra chỉ phụ thuộc vào thời gian mở của vòi phun mà thôi.

Tất cả các vòi phun của động cơ nhận tín hiệu xung từ bộ điều khiển và phun đồng thời. Tín hiệu này thường lấy từ một cơ cấu tạo xung bố trí cùng với bộ chia điện (xem chương VIII). Do phun đồng thời nên giữa các xy lanh có sự khác nhau về pha làm việc tại thời điểm phun. Điều đó ảnh hưởng đến tính làm việc đồng đều giữa các xy lanh. Để giảm bớt sự khác biệt này, quá trình phun được thực hiện hai lần trong một chu trình của động cơ.

Để khởi động dễ dàng, cũng giống như hệ thống đã trình bày ở trên, vòi phun 11 thông qua công tắc khởi động 9 phun thêm một lượng xăng vào đường ống nạp chung. Rơle nhiệt - thời gian 10 điều khiển thời gian mở vòi phun khởi động 11 theo tín hiệu nhiệt độ động cơ, do đó điều chỉnh lượng nhiên liệu phun thêm hỗ trợ khởi động.

Trong quá trình hãm nóng máy, cũng như hệ thống trình bày ở trên, thông qua tín hiệu nhiệt độ động cơ của cảm biến nhiệt 12, bộ điều khiển 2 sẽ tăng thời gian mở vòi phun 4 để tăng lượng xăng phun ra. Đồng thời, bộ điều khiển 2 cũng chỉ thị cho rơle nhiệt 14 mở thêm đường không khí 15. Kết quả là tăng lượng hỗn hợp trong quá trình quá độ.

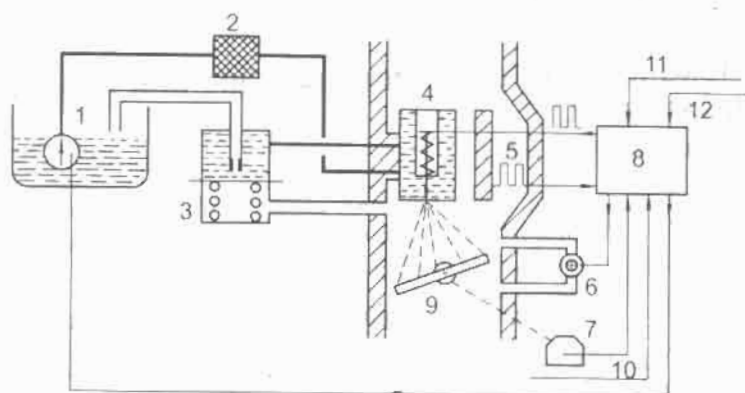
Trên bướm ga 13 bố trí một công tắc. Khi động cơ bị kéo, ví dụ, trong trường hợp ô tô xuống dốc, bướm ga ở vị trí không tải nhưng tốc độ vòng quay động cơ lúc đó lớn hơn tốc độ vòng quay không tải. Tín hiệu về độ mở bướm ga và tín hiệu tốc độ được dẫn đến bộ điều khiển để cắt hoàn toàn nhiên liệu. Khi động cơ làm việc ở chế độ tải lớn, bướm ga mở to, cũng chính nhờ công tắc này hỗn hợp sẽ được làm đậm để động cơ phát ra công suất cao.

Do lưu lượng không khí được nạp trực tiếp nên chất lượng hỗn hợp không phụ thuộc vào tình trạng hao mòn của động cơ cũng như sự sai khác giữa các động cơ trong phạm vi dung sai khi chế tạo.

### c. Mono - Jetronic

Đây là hệ thống phun đơn điểm. Theo phương án này (hình 5-20), xăng được phun vào ống nạp chung để cung cấp hỗn hợp cho các xy lanh. Về mặt nguyên tắc có thể sử dụng các phương pháp phun liên tục hay phun gián đoạn. Vòi phun được bố trí ngay trên bướm tiết lưu, tại đây vận tốc dòng không khí lớn nhất tạo điều kiện tốt cho quá trình xé tơi xăng và hòa trộn với không khí.

Bộ điều khiển điện tử 8 nhận tín hiệu từ các cảm biến khác nhau trên động cơ, trong đó thông số điều khiển chính là lưu lượng không khí nạp qua thiết bị đo 5 kiểu nhiệt - điện trở. Cảm biến ở đây là một sợi dây điện trở bằng platin có dòng điện chạy qua. Dòng không khí nạp bao quanh sẽ làm mát sợi dây và do đó làm thay đổi điện trở của nó. Để giữ nhiệt độ dây dẫn không thay đổi, dòng điện chạy qua dây phải tăng lên một giá trị nhất định. Tín hiệu dòng điện tỷ lệ với lưu lượng không khí nạp sẽ phản ánh đến bộ điều khiển, qua đó điều khiển lượng nhiên liệu phun ở vòi phun 4. Ngoài ra, bộ điều khiển còn nhận các tín



**Hình 5-20.** Hệ thống phun xăng Mono - Jetronic

1. bạm, 2. lọc, 3. bộ ổn áp, 4. vòi phun điện tử, 5. nhiệt điện trở đo lưu lượng không khí, 6. van bổ sung không khí (by pass), 7. cảm biến góc mở bướm ga, 8. bộ điều khiển điện tử, 9. bướm ga, 10. tín hiệu tốc độ vòng quay động cơ, 11. tín hiệu nhiệt độ động cơ, 12. cảm biến thành phần hỗn hợp λ

hiệu khác như trình bày trên hình 5-20 để thực hiện các chức năng như làm đậm khi hâm nóng máy, khi tăng tốc, không tải ... Nói chung, về mặt giá thành và về mức độ hoàn thiện các chức năng, hệ thống phun trung tâm là trạng thái trung gian giữa hệ thống dùng bộ chế hòa khí và hệ thống phun nhiều điểm.

#### *d. So sánh hệ thống phun xăng và hệ thống dùng bộ chế hòa khí*

Hệ thống nhiên liệu dùng bộ chế hòa khí (kiểu cơ khí thông thường) có ưu điểm là đơn giản, giá thành thấp và làm việc chắc chắn. Trái lại, hệ thống nhiên liệu phun xăng có các ưu điểm nổi bật sau :

- Hệ số nạp cao hơn vì không có chỗ thất như họng khuếch tán để giảm áp suất như ở bộ chế hòa khí và không phải sấy nóng đường ống nạp.

- Trong hệ thống phun nhiều điểm, hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  giữa các xylanh đồng đều hơn. Đồng thời, phần lớn lượng xăng phun ra bay hơi trong xylanh có tác dụng giảm nhiệt độ môi chất do đó khi thiết kế có thể tăng tỷ số nén.

- Hai ưu điểm chủ yếu trên dẫn tới tăng tính hiệu quả ( $p_c$  lớn) và tính kinh tế ( $g_c$  nhỏ) của động cơ. Ngoài ra tính kinh tế cao còn do những nguyên nhân khác như xăng không đọng bám trên đường nạp khi động cơ khởi động và khi động cơ bị kéo nhiên liệu được cất hoàn toàn.

- Không cần hệ thống tăng tốc riêng rẽ do bộ điều khiển phản ứng tức thời để tăng lượng nhiên liệu phun phù hợp với lượng không khí nạp.

- Động cơ có tính tích ứng cao trong các điều kiện sử dụng khác nhau dù là tĩnh tại như ở trạm phát điện hay di động như trên ô tô, xuồng máy, máy bay ...

- Hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  được điều chỉnh chính xác nên có thể giảm được các thành phần độc hại trong khí thải, giảm ô nhiễm môi trường (xem chương X).

Vì những ưu điểm quan trọng này, động cơ phun xăng ngày càng được dùng phổ biến. Hiện nay, hầu hết xe hơi du lịch của các hãng ô tô nổi tiếng trên thế giới đều lắp động cơ phun xăng.

## **5.2. HỆ THỐNG NHIÊN LIỆU VÀ HÌNH THÀNH KHÍ HỖN HỢP TRONG ĐỘNG CƠ DIESEL**

### **5.2.1. Yêu cầu và phân loại**

Khác với động cơ xăng, nhiên liệu được phun vào trong xylanh để hình thành khí hỗn hợp và điều chỉnh tải của động cơ bằng cách chỉ *điều chỉnh lượng* nhiên liệu phun do hỗn hợp có giới hạn cháy rộng như đã trình bày ở trên.

Hệ thống nhiên liệu động cơ diesel phải thỏa mãn các yêu cầu sau đây:

- Phải tự động cung cấp lượng nhiên liệu phù hợp với chế độ tải trọng và tốc độ vòng quay của động cơ.

- Cung cấp nhiên liệu đồng đều cho các xylanh phù hợp với thứ tự làm việc của động cơ.

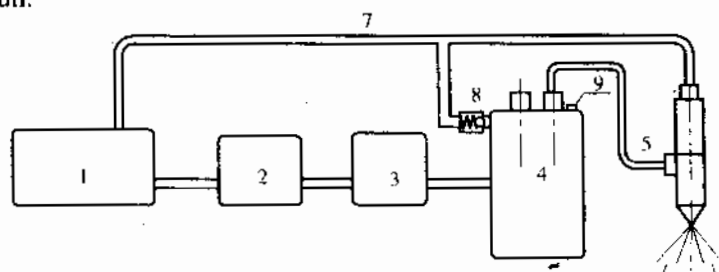
- Phun nhiên liệu vào xylanh đúng lúc và đúng quy luật.

- Nhiên liệu phải được xé nhỏ, phân bố đều trong thể tích xylanh và tia nhiên liệu phải phù hợp với hình dạng buồng cháy.

Theo cách tổ chức và điều khiển việc cung cấp nhiên liệu chu trình có thể chia hệ thống nhiên liệu diesel thành hai loại là hệ thống nhiên liệu thông thường và hệ thống nhiên liệu tích áp (Common Rail - CR).

### 5.2.2. Hệ thống nhiên liệu thông thường

Về mặt nguyên tắc hệ thống nhiên liệu của động cơ thông thường gồm có các bộ phận chủ yếu như trên hình 5-21 với các bộ phận quan trọng nhất là bơm cao áp và vòi phun.



Hình 5-21. Sơ đồ hệ thống nhiên liệu động cơ diesel

1. thùng nhiên liệu, 2: lọc, 3: bơm chuyển nhiên liệu, 4: bơm cao áp, 5: đường ống cao áp, 6: vòi phun, 7: đường dầu hồi, 8: van hồi dầu, 9: vít xả khí không khí

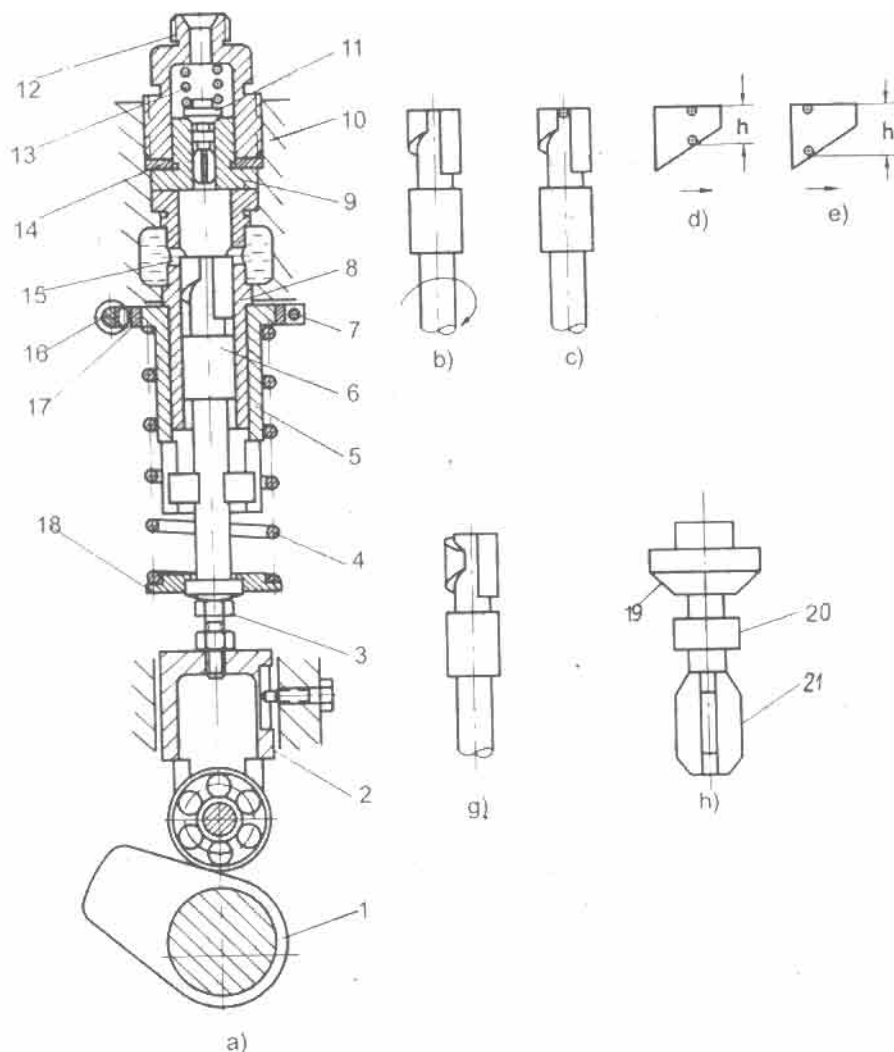
#### 5.2.2.1. Bơm cao áp

Dầu diesel được nén trong bơm cao áp với áp suất lớn hơn nhiều so với áp suất cuối quá trình nén, ở một số loại động cơ có thể tới  $1000 \text{ kg/cm}^2$ . Sau đây là một vài loại bơm cao áp thường gặp trong thực tế.

##### a. Bơm cao áp đơn kiểu Bosch

Hình 5-22 thể hiện kết cấu một loại bơm cao áp đơn kiểu Bosch. Khi cam 1 quay sẽ nâng con đội 2 và piston 6 đi lên. Không gian bên trên piston chứa đầy nhiên liệu do thông với các lỗ nạp 15 trên xylanh 8. Cho tới khi đầu piston đóng các lỗ nạp, do nhiên liệu hầu như không chịu nén nên áp suất trên đỉnh piston tăng vọt. Áp lực của nhiên liệu thắng sức căng lò xo 13 nâng van một chiều 11, quá trình cung cấp nhiên liệu thực sự bắt đầu. Nhiên liệu theo đường cao áp dẫn đến vòi phun và phun vào động cơ. Piston tiếp tục đi lên, đến khi rãnh vít trên piston gặp lỗ thoát 15, không gian bên trên piston thông với khoang nhiên liệu nên áp suất giảm xuống đột ngột. Van một chiều 11 lập tức đóng lại kết thúc quá trình cung cấp nhiên liệu. Sau khi đạt hành trình cực đại, lò xo 4 thông qua đĩa lò xo 18 đẩy piston đi xuống. Nhiên liệu lại được nạp vào không gian trên đỉnh piston thông qua các lỗ 15 chuẩn bị cho chu trình làm việc tiếp theo.

Để thay đổi lượng nhiên liệu cung cấp cho mỗi chu trình tức thay đổi tải trọng của động cơ, piston được xoay nhờ cơ cấu thanh răng 16 - vành răng 17 và ống trượt 5. Trên hình 5-22d và 5-22e thể hiện rõ, khi muốn tăng lượng cung cấp nhiên liệu, thông qua cơ cấu điều khiển, thanh răng di chuyển làm xoay piston về phía tăng



**Hình 5-22. Bơm cao áp đơn kiểu Bosh**

1. cam, 2. con đôi con lăn, 3. vít điều chỉnh, 4. lò xo, 5. ống trượt, 6. piston, 7. vít kẹp chặt vành răng, 8. xylanh, 9. đế van một chiều, 10. thân bơm, 11. van một chiều, 12. đai ốc, 13. lò xo van một chiều, 14. đệm làm kín, 15. lỗ nạp và thoát nhiên liệu, 16. thanh răng, 17. vành răng, 18. đĩa lò xo, 19. mất làm việc của van, 20. vành triệt áp, 21. mất trụ dẫn hướng

hành trình có ích  $h$  – là hành trình cung cấp nhiên liệu thực sự tính từ vị trí đầu piston đóng lỗ 15 (bắt đầu cung cấp) cho đến khi rãnh chéo trên piston mở lỗ 15 (kết thúc cung cấp). Piston thể hiện trên hình 5-22 có đầu bằng nên đối với các chế độ tải trọng khác nhau, chỉ có thời điểm kết thúc cung cấp thay đổi còn thời điểm bắt đầu cung cấp không đổi. Một số bơm còn có thêm một rãnh vát trên đầu piston (hình 5-22g) nên thời điểm bắt đầu cung cấp cũng thay đổi.

Khi lắp ráp và hiệu chỉnh bơm, thời điểm bắt đầu cung cấp được điều chỉnh thông qua vít điều chỉnh 3 làm thay đổi vị trí tương quan (theo chiều trục) ban đầu giữa piston và các lỗ 15. Việc điều chỉnh phải thực hiện trên

thiết bị chuyên dụng gọi là băng thử bơm cao áp. Trên băng thử có thiết bị xác định chính xác thời điểm bắt đầu cung cấp nhiên liệu.

Đối với động cơ nhiều xylanh, mỗi xylanh có một bơm, thông thường được bố trí chung trên một thân bơm nên gọi là bơm dây. Ngoài điều chỉnh thời điểm phun giữa các nhánh bơm sao cho giống nhau phải điều chỉnh lượng cung cấp của các bơm sao cho đồng đều. Bơm được lắp lên băng thử bơm cao áp để đo lưu lượng cung cấp của từng nhánh bơm. Để tăng giảm lượng nhiên liệu của một nhánh bơm nào đó cho đồng đều với các nhánh còn lại, vít kẹp chặt vành răng 7 được nối ra để có thể xoay piston đến vị trí cần thiết (trong khi có cấu vành răng - thanh răng cố định), sau đó vít 7 được xiết chặt lại rồi tiếp tục tiến hành đo lưu lượng nhiên liệu ... Quá trình điều chỉnh được tiến hành lặp đi lặp lại như vậy cho đến khi đạt được độ đồng đều theo yêu cầu do nhà chế tạo qui định.

Trong quá trình phun, dưới tác dụng của áp suất rất lớn trong đường ống cao áp, bản thân đường ống giãn nở. Khi bơm kết thúc quá trình cung cấp, trong đường ống còn tồn tại áp suất dư khá lớn nên quá trình phun vẫn tiếp tục diễn ra gọi là quá trình phun rớt. Tuy nhiên, nhiên liệu phun ra không tới mà ở dạng giọt kích thước lớn (do áp suất phun thấp) nên cháy không kiệt và dễ bị kết muội ở vòi phun. Để tránh hiện tượng này, van một chiều 11 (hình 5-22h) có kết cấu tương đối đặc biệt. Khi van một chiều đóng để kết thúc quá trình cung cấp, mặt trụ 20 sẽ đóng lỗ van trước. Van tiếp tục đi xuống cho đến khi mặt côn 19 tỳ lên mặt đế 9. Như vậy thể tích không gian phía trên van (thông với đường dẫn nhiên liệu cao áp) sẽ giảm đi một lượng có tác dụng triệt tiêu áp suất dư trong đường ống cao áp để tránh phun rớt. Ngoài ra, van một chiều có phần trụ dẫn hướng 21 được xẻ rãnh hoa khế để nhiên liệu đi qua.

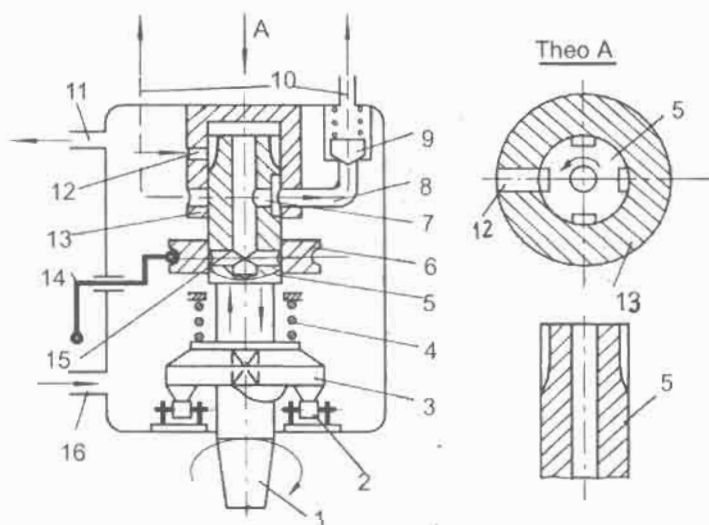
Để nhiên liệu cung cấp có áp suất lớn, hai cặp lắp ghép piston 6 - xylanh 7 và van một chiều 11 - đế van 9 phải có khe hở rất nhỏ (từ 0,002 đến 0,008 mm tùy theo đường kính piston) và độ chính xác rất cao (ví dụ độ ô van 0,0005 mm) nên được gọi là các bộ đôi siêu tinh xác.

#### *b. Bơm phân phối*

Đặc điểm của bơm phân phối là chỉ có một cặp piston - xylanh cung cấp nhiên liệu cho tất cả các xylanh của động cơ. Hình 5-23 trình bày một dạng bơm phân phối của động cơ 4 xylanh rất phổ biến trong thực tế. Trục 1 được dẫn động từ trục khuỷu động cơ. Đĩa cam 3 lắp bằng khớp chữ thập với trục 1 nên khi quay, dưới tác dụng của lò xo 4, các vấu cam luôn luôn tỳ xuống các con lăn 2. Do đó, đĩa cam vừa quay vừa chuyển động tịnh tiến lên - xuống. Dưới piston 5 lắp với đĩa cam nên piston cũng có hai chuyển động tịnh tiến và quay. Chuyển động tịnh tiến lên xuống tạo ra quá trình hút - bơm, còn chuyển động

quay nhằm phân phối nhiên liệu đến các xylanh theo thứ tự làm việc của động cơ. Sau đây chúng ta sẽ xét tỷ mỉ quá trình làm việc của bơm.

Khi piston 5 đi lên, không gian bên trên piston chứa đầy nhiên liệu với áp suất khoảng vài  $\text{kG/cm}^2$  do bơm chuyển nhiên liệu tạo ra, cho đến khi piston đóng cửa nạp trên thành xylanh 14, nhiên liệu sẽ bị ép, áp suất tăng vọt. Do piston quay, cửa thoát 7 trên piston trùng với một nhánh phân phối 8. Khi áp lực của nhiên liệu thắng sức căng lò xo của van một chiều 9 (xem kết cấu ở hình 5-22), nhiên liệu sẽ thoát ra đường cao áp 10 dẫn đến vòi phun và phun vào buồng cháy động cơ. Khi quả ga 6 mở các lỗ thoát 15, không gian bên trên piston thông với đường nhiên liệu áp suất thấp nên áp suất tụt xuống đột ngột, van một chiều 9 đóng lại, quá trình phun kết thúc. Piston tiếp tục đi lên, nhiên liệu từ không gian bên trên piston hồi trở lại đường áp suất thấp cho đến khi piston đến điểm chết trên. Như vậy, muốn điều chỉnh lượng nhiên liệu cung cấp cho mỗi chu trình tức tải trọng của động cơ, chỉ cần thông qua cần điều khiển 14 nâng hay hạ quả ga 6 tức thay đổi thời điểm kết thúc phun. Do tác dụng của lò xo 4 đẩy piston đi xuống, nhiên liệu lại được điền đầy vào không gian bên trên piston cho đến khi piston xuống đến điểm chết dưới. Tiếp theo, piston đi lên, quá trình được lặp lại nhưng cung cấp nhiên liệu cho xylanh khác theo thứ tự làm việc của động cơ. Như vậy, trong mỗi vòng quay của piston diễn ra bốn lần bơm cung cấp nhiên liệu cho bốn xylanh của động cơ.



**Hình 5-23.** Bơm phân phối

1. trục dẫn động bơm, 2. con lăn, 3. đĩa cam, 4. lò xo, 5. piston, 6. quả ga, 7. cửa thoát, 8. nhánh phân phối, 9. van một chiều, 10. đường cao áp đến các vòi phun, 11. đường nhiên liệu hồi, 12. cửa nạp, 13. xylanh, 14. cần điều khiển, 15. lỗ thoát kết thúc phun, 16. đường nhiên liệu từ bơm chuyển vào bơm cao áp

Cũng như bơm cao áp đơn, để cung cấp nhiên liệu với áp suất cao, các cặp bộ đôi piston 5 - xylanh 13, van một chiều 9 - để van và quả ga 6 - piston 5 đều là các bộ đôi siêu tinh xác.

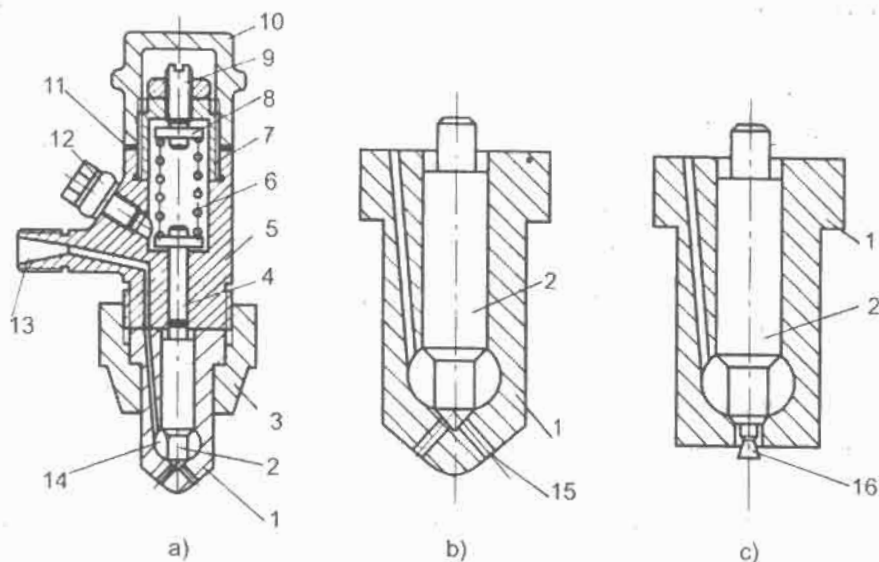
#### 5.2.2.2. Vòi phun

Vòi phun được sử dụng phổ biến hiện nay cho động cơ diesel là vòi phun có kim (hình 5-24a,b) và vòi phun có chốt (hình 5-24c).

Hai loại vòi phun này chỉ khác nhau chủ yếu ở phần kết cấu kim phun 2 và đế kim phun 1.

Nhiên liệu có áp suất cao từ đường ống cao áp được dẫn vào đầu lắp 13, theo đường đầu khoan trên đế kim phun 2 vào khoang nhiên liệu 14. Kim phun 2 có hai mặt côn. Mặt côn trên chịu áp lực của nhiên liệu còn mặt côn dưới có tác dụng như một van đóng mở đường nhiên liệu vào lỗ phun 15. Khi áp lực của nhiên liệu lên mặt côn phía trên của kim phun thắng sức căng lò xo 6, kim phun 2 nâng lên do đó nhiên liệu từ khoang 14 qua các lỗ phun 15 phun vào buồng cháy động cơ. Khi bơm cao áp kết thúc quá trình cung cấp, áp suất nhiên liệu trong khoang 14 giảm đột ngột, lò xo 6 đẩy kim phun đi xuống đóng đường nhiên liệu từ khoang 14 vào lỗ phun 15, kết thúc quá trình phun.

Áp suất nhiên liệu trong quá trình phun càng lớn, nhiên liệu phun càng tới.



**Hình 5-24. Vòi phun**

1. đế kim phun, 2. kim phun, 3. đai ốc, 4. thành đáy, 5. thân vòi phun, 6. lò xo, 7. ống lồng, 8. chốt đỡ lò xo, 9. vít điều chỉnh, 10. nắp che, 11. đệm, 12. ống hồi dầu lọt, 13. đầu lắp vòi ống cao áp, 14. khoang nhiên liệu, 15. lỗ phun, 16. chốt kim phun

Đối với mỗi loại động cơ, nhà chế tạo có qui định áp suất phun cụ thể. Để có thể điều chỉnh áp suất phun theo qui định, trên ống lồng 7 bố trí vít điều chỉnh 9 để thay đổi sức căng lò xo 6. Việc điều chỉnh được tiến hành trên băng thử với phun có áp kế đo áp suất phun. Sau khi điều chỉnh xong, vít 9 được hãm chặt bằng đai ốc.

Trong quá trình làm việc, nhiên liệu có thể lọt từ khoang 14 qua khe hở giữa thân kim phun với đế kim phun lên khoang chứa lò xo của thân vòi phun 5. Trên thân bố trí đường dầu hồi 12 nhằm dẫn nhiên liệu rò trở lại đường nhiên liệu áp suất thấp ở bóm cao áp hoặc thùng nhiên liệu của động cơ. Rõ ràng là, vòi phun mới, khe hở nhỏ thì lượng dầu lọt ít và ngược lại, vòi phun cũ, khe hở lớn, lượng dầu lọt tăng.

Thông thường, vòi phun có kim (hình 5-24a, b) có thể có nhiều lỗ phun 15 tùy thuộc dạng buồng cháy động cơ. Vòi phun có chốt (hình 5-24c) chỉ có một lỗ phun được chặn bởi chốt 16. Nhiên liệu sẽ được phun ra đều xung quanh lỗ phun. Chốt 16 có dạng côn ngược có tác dụng tăng kích động lên dòng nhiên liệu vì khi kim càng nâng lên, tiết diện thông qua của lỗ phun càng thu hẹp. Do đó, nhiên liệu phun vào buồng cháy càng tới.

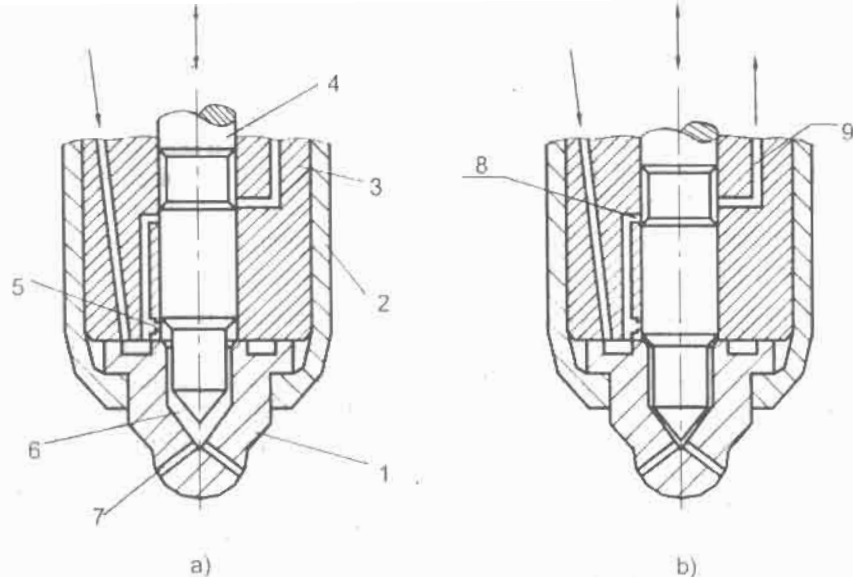
Cũng như cặp xylanh - piston và van một chiều - để van một chiều ở bóm cao áp, cặp bộ đôi kim phun 2 - đế kim phun 1 cũng là bộ đôi siêu tinh xác.

### 5.2.2.3. Bóm cao áp - vòi phun

Trong hệ thống nhiên liệu thông thường của động cơ diesel, nhiên liệu từ bóm cao áp đến vòi phun phải qua đường ống cao áp khá dài nên có tổn thất áp suất. Mặt khác, đối với động cơ nhiều xylanh rất khó bảo đảm điều kiện giống nhau hoàn toàn cho các đường ống cao áp (ngoài điều kiện chiều dài như nhau khi chế tạo) nên sẽ ảnh hưởng đến sự làm việc đồng đều giữa các xylanh. Đối với bóm cao áp - vòi phun (hình 5-25) sẽ không có nhược điểm này do bóm cao áp đồng thời đóng vai trò của vòi phun hay nói cách khác không có đường ống cao áp giữa bóm cao áp và vòi phun.

Hình 5-25 trình bày một kiểu bóm cao áp - vòi phun còn được gọi là bóm P-T (pressure-time) của hãng Cummins, điều khiển lượng nhiên liệu phun bằng thủy lực. Một số ô tô vận tải mô đang hoạt động ở nước ta, ví dụ như ô tô KOMATSU sử dụng kiểu bóm P-T này. Kim phun 4 (đồng thời là piston bóm cao áp) được dẫn động từ cam bố trí trên nắp xylanh của động cơ hoặc từ trục cam của động cơ qua các chi tiết trung gian như con đội và cò mổ.

Dưới tác động của cơ cấu cam - lò xo, khi kim phun 4 đi lên (hình 5-25a), lỗ tiết lưu 5 mở ra, nhiên liệu từ bóm chuyển kiểu bánh răng theo đường dầu trong



**Hình 5-25. Bơm cao áp - vòi phun**

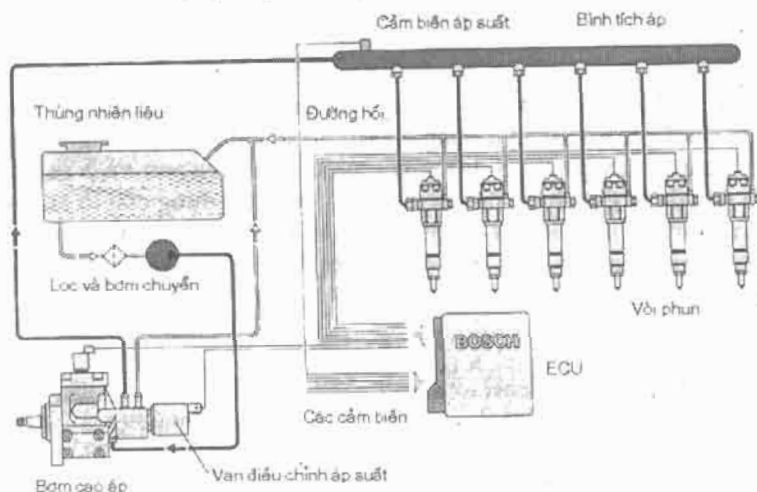
1. đế kim phun, 2. ống kẹp, 3. thân vòi phun (xylanh), 4. kim phun (piston), 5. lỗ tiết lưu, 6. khoang nhiên liệu, 7. lỗ phun, 8 và 9. đường dầu làm mát kim phun, a) quá trình nạp nhiên liệu vào khoang 6, b) quá trình phun.

thân 3 đi vào khoang 6 thực hiện quá trình nạp. Lượng nhiên liệu nạp phụ thuộc vào áp suất nhiên liệu sau bơm chuyển và thời gian mở lỗ tiết lưu 5. Thời gian mở lỗ 5 phụ thuộc trước hết vào tốc độ vòng quay của động cơ. Áp suất nhiên liệu sau bơm chuyển được điều chỉnh theo tải trọng và tốc độ vòng quay của động cơ thông qua một cơ cấu điều chỉnh đặc biệt.

Sau khi lên đến điểm chết trên, cam tác động làm cho kim 4 đi xuống. Đầu tiên, lỗ tiết lưu 5 bị đóng lại, nhiên liệu từ khoang 6 được phần dưới của kim 4 nén với áp suất rất lớn qua các lỗ phun 7 vào buồng cháy động cơ. Khi kim 4 xuống đến vị trí thấp nhất, lúc đó nhiên liệu từ bơm chuyển đi theo đường dầu 8 và 9 để làm mát kim phun.

### 5.2.3. Hệ thống nhiên liệu tích áp

#### 5.2.3.1. Sơ đồ và nguyên lý làm việc

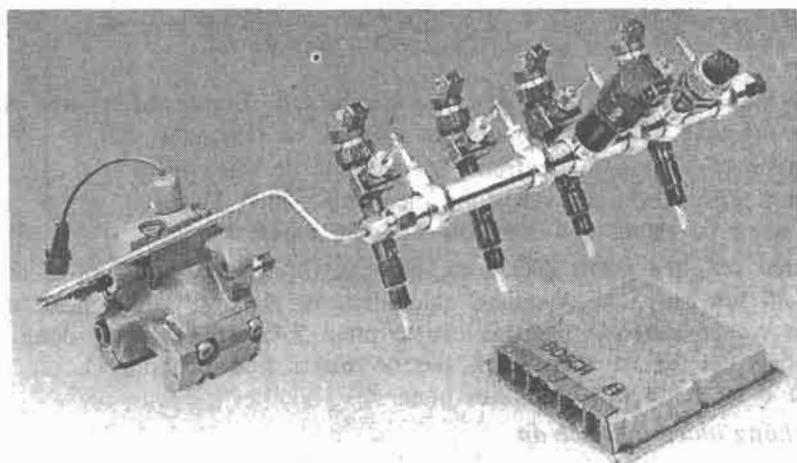


**Hình 5-26. Sơ đồ hệ thống nhiên liệu tích áp**

Hình 5.26 trình bày một sơ đồ hệ thống nhiên liệu tích áp dùng cho xe con. Nhiên liệu diesel được bơm chuyển từ thùng chứa qua lọc đến bơm cao áp. Nhiên liệu sau bơm cao áp đạt tới 1800 bar (trong tương lai có thể hơn 2000 bar) theo đường ống cao áp dẫn tới bình tích áp (Rail). Từ đây nhiên liệu được dẫn đến các vòi phun điều khiển phun điện tử từ ECU phun vào xylanh. Các bộ phận chính của hệ thống được thể hiện trên hình 5-27.

Do phun ở áp suất siêu cao, ổn định và lỗ phun rất nhỏ nên phun rất tới, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tạo thành hỗn hợp. Ngoài ra, do điều khiển phun bằng điện tử nên có thể tổ chức phun thành nhiều giai đoạn là phun mỗi, phun chính và phun sau. Phun mỗi trước khi phun chính làm giảm tốc độ tăng áp suất khi cháy nên động cơ làm việc êm hơn (tiếng gõ đặc thù ở động cơ diesel giảm). Phun sau có tác dụng gia nhiệt làm tăng nhiệt độ môi chất có tác dụng tăng cường phản ứng oxy hoá các chất độc hại trong khí thải như CO,  $C_mH_n$  và muội than nên thường được sử dụng trong quá trình tái sinh bộ lọc muội than (xem chương 10).

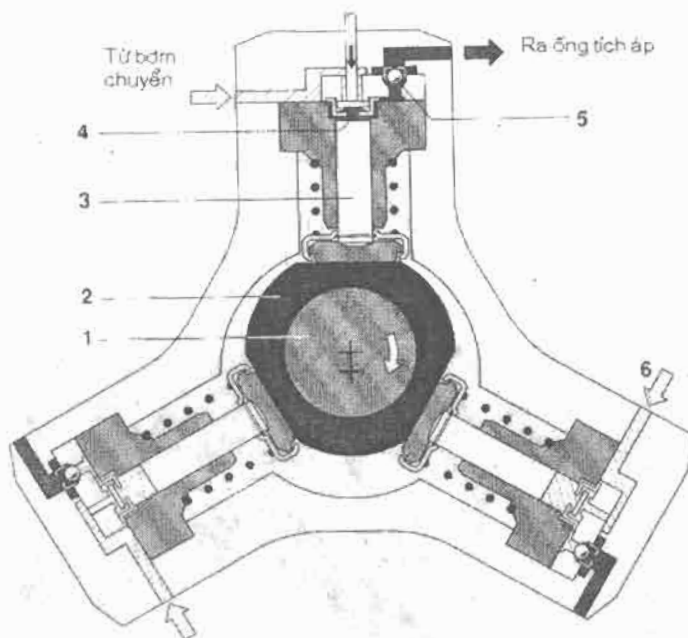
Cũng giống như trong hệ thống nhiên liệu thông thường, bơm cao áp và vòi phun là các bộ phận quan trọng nhất của hệ thống nhiên liệu tích áp.



Hình 5-27. Các bộ phận chính của hệ thống nhiên liệu tích áp

#### 5.2.3.2. Bơm cao áp

Hình 5-28 nêu sơ đồ kết cấu của một loại bơm cao áp hướng kính có 3 tổ bơm. Trục lệch tâm 1 nối với trục khuỷu động cơ khi quay sẽ làm cho vòng đệm 2 (chuyển động song phẳng) đẩy piston 3 đi lên nén nhiên liệu qua van xả 5 ra ống tích áp. Sau khi lên đến điểm chết trên, piston đi xuống dưới tác dụng của lò xo hồi vị, nhiên liệu từ bơm chuyển qua van hút 4 nạp vào xylanh. Loại bơm này có cơ cấu ngắt một tổ bơm bằng cách đẩy cho van hút của tổ bơm đó luôn mở khi lưu lượng yêu cầu nhỏ (tải nhỏ) để giảm công bơm.

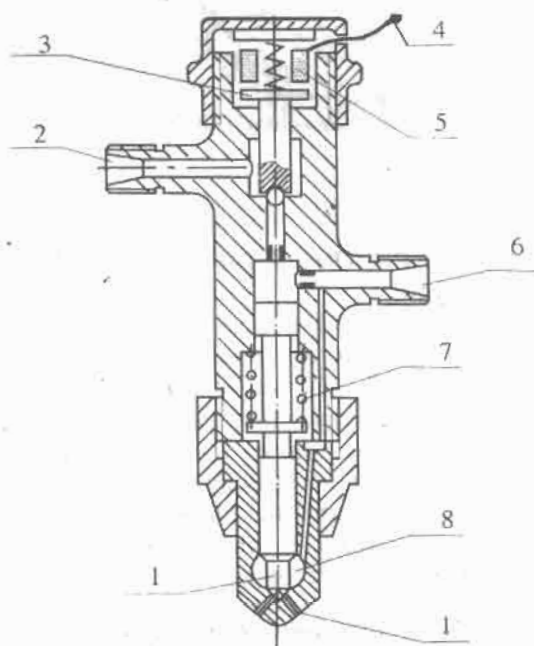


Hình 5-28. Bơm cao áp hướng kính dùng trong hệ thống nhiên liệu tích áp

### 5.2.3.3. Vòi phun

#### a. Vòi phun điện từ

Vòi phun điện từ, hình 5-29, được sử dụng phổ biến trong hệ thống nhiên liệu tích áp. Nhiên liệu từ ống tích áp được dẫn đến cửa 9, theo các rãnh khoan vào khoang cao áp 11, tác dụng lên tiết diện chịu lực của kim phun 1 theo xu hướng nâng kim lên. Ngoài ra, kim còn chịu các lực ép xuống bởi lò xo 10 và áp lực của nhiên liệu lên piston 2. Khi vòi phun không làm việc, tổng lực ép lớn hơn lực nâng nên kim phun đóng các lỗ phun 12. Khi có dòng điện điều khiển từ ECU vào nam châm điện 8, thanh 6 bị hút lên làm mở van 4, nhiên liệu từ khoang bên trên piston 2 chảy qua các lỗ tiết lưu 3 ra cửa hồi 5. Khi đó áp lực tác dụng lên piston 2 giảm, lực nâng thắng lực ép nên kim 1 nâng lên mở lỗ các lỗ 12



Hình 5-29. Vòi phun điện từ dùng trong hệ thống nhiên liệu tích áp

1. kim phun, 2. piston, 3. tiết lưu, 4. van điều khiển, 5. cửa về đường hồi, 6. thanh đẩy, 7. đầu nối điện, 8. nam châm điện, 9. cửa vào từ ống cao áp, 10. lò xo kim phun, 11. khoang cao áp, 12. lỗ phun.

phun nhiên liệu vào xylanh. Tín hiệu điều khiển từ ECU ngắt sẽ kết thúc quá trình phun.

#### *b. Vòi phun thạch anh*

Vòi phun thạch anh (Piezo Injector) là loại phun phun tiên tiến có tốc độ mở kim phun nhanh gấp 4 lần vòi phun điện từ. Nguyên tắc làm việc cũng tương tự như vòi phun điện từ. Thay cho bộ phận điều khiển điện - thủy lực ở vòi phun điện từ (hình 5-29), trong vòi phun thạch anh sử dụng cơ cấu điều khiển bằng thanh thạch anh. Điện áp điều khiển từ ECU tác dụng lên thanh thạch anh sẽ làm thay đổi chiều dài của nó có tác dụng làm cho kim phun nâng lên mở các lỗ phun, phun nhiên liệu vào xylanh. Hình 5-30 trình bày một loại vòi phun thạch anh của hãng Denso (Nhật Bản).



Hình 5-30. Vòi phun thạch anh

### **5.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP HÌNH THÀNH KHÍ HỖN HỢP TRONG ĐỘNG CƠ DIESEL**

Trong động cơ diesel, phương pháp hình thành khí hỗn hợp có ý nghĩa quyết định đối với kết cấu, bố trí cũng như thông số kỹ thuật của hệ thống nhiên liệu nói chung hay cụ thể là của bơm cao áp và vòi phun nói riêng. Vì vậy, để hiểu rõ hơn về cách thức làm việc của động cơ diesel, chúng ta phải nghiên cứu một số phương pháp hình thành khí hỗn hợp thông dụng, phạm vi ứng dụng cũng như ưu nhược điểm của chúng. Theo sự phân chia không gian buồng cháy, người ta phân biệt hai loại hình thành khí hỗn hợp trong buồng cháy thống nhất và buồng-cháy ngăn cách.

#### *5.3.1. Buồng cháy thống nhất*

Buồng cháy thống nhất là buồng cháy chỉ bao gồm không gian duy nhất giới hạn bởi đỉnh piston, xylanh và nắp xylanh. Buồng cháy thống nhất có một số loại khác nhau theo phương pháp hình thành hỗn hợp.

### a. Hỗn hợp thể tích

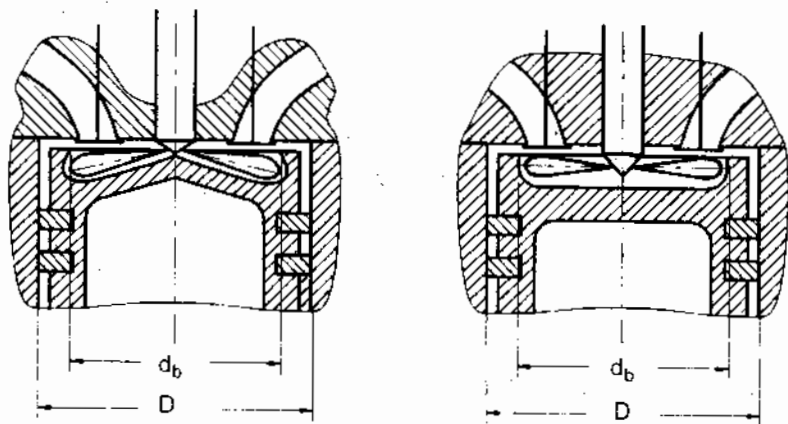
Về mặt kết cấu, phần lõm trên đỉnh piston có thành mỏng với tỷ số  $\frac{d_b}{D} = 0,75 \div 0,90$  và không sâu, hình 5-31. Vòi phun có lỗ phun đường kính rất nhỏ  $d = 0,15 \div 0,25$  mm với số lỗ từ 5 đến 10, áp suất phun lớn khoảng  $20 \div 60$  MN/m<sup>2</sup>. Tia nhiên liệu phun tới sát thành buồng cháy nhưng không chạm.

Khi piston đi lên trong quá trình nén, hiện tượng không khí bị chèn vào không gian trên đỉnh piston xảy ra không mãnh liệt. Nói cách khác, xoáy lốc không mạnh nên ít ảnh hưởng đến quá trình hình thành hỗn hợp. Do đó, buồng cháy thuộc loại không tận dụng xoáy lốc. Nhiên liệu phun ra rất tới và tia phun phù hợp với profil buồng cháy do đó tia nhiên liệu thâm nhập phần lớn thể tích buồng cháy, tạo ra quá trình bay hơi, hòa trộn nhiên liệu với không khí hình thành hỗn hợp. Vì vậy, người ta còn gọi đây là phương pháp hình thành hỗn hợp kiểu thể tích.

Sau thời gian cháy trễ  $\tau_i$  kể từ lúc phun nhiên liệu (xem chương I), quá trình cháy thực sự diễn ra. Do hỗn hợp được chuẩn bị hầu như trong toàn bộ thể tích buồng cháy nên lượng hỗn hợp chuẩn bị trong giai đoạn cháy trễ lớn và sau đó bùng cháy mãnh liệt với tốc độ tăng áp suất  $\frac{\Delta p}{\Delta \varphi}$  rất lớn.

Do quá trình cháy tập trung vào gần điểm chết trên nên hiệu quả sinh công cao. Mặt khác, kết cấu buồng cháy gọn nên tổn thất nhiệt nhỏ. Điều đó dẫn tới suất tiêu hao nhiên liệu thấp ( $g_c$  khoảng  $220 \div 240$  g/kWh) và động cơ khởi động dễ dàng.

Tuy nhiên, với phương pháp hỗn hợp thể tích, không thể bảo đảm tia nhiên liệu thâm nhập toàn bộ thể tích buồng cháy, tức là một phần đáng kể không



Hình 5-31. Buồng cháy thống nhất với phương pháp hỗn hợp thể tích

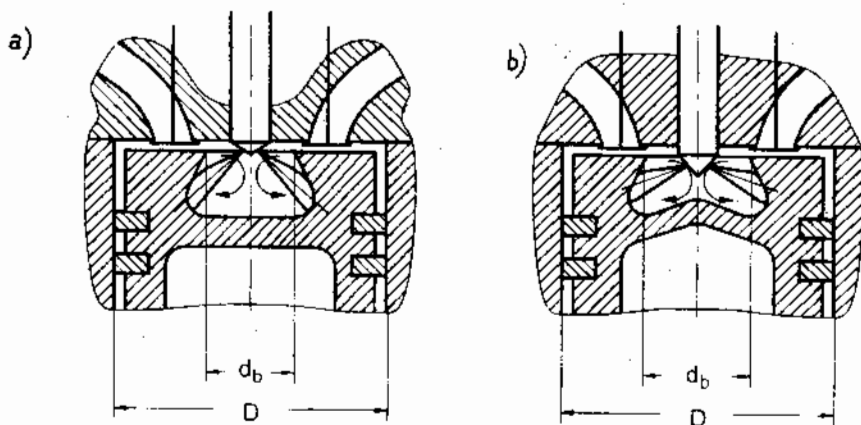
khí trong buồng cháy không được tham gia tạo thành hỗn hợp. Do đó, hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  lớn đến  $1,7 \div 2,0$ ; tính hiệu quả của động cơ không cao (pe nhỏ). Do  $\frac{\Delta p}{\Delta \varphi}$  lớn, động cơ làm việc không êm, cụ thể là có tiếng gõ và rung động. Khi thay đổi chế độ làm việc, khó bảo đảm sự phù hợp của tia nhiên liệu với hình dạng buồng cháy nên động cơ rất nhạy cảm với sự thay đổi về tải trọng, tốc độ vòng quay cũng như loại nhiên liệu. Ngoài ra, vòi phun phải có nhiều lỗ rất nhỏ, áp suất phun lớn nên khó chế tạo vòi phun cũng như bơm cao áp. Khi động cơ làm việc, các bộ phận này dễ bị kẹt tắc do cặn bẩn trong nhiên liệu.

Buồng cháy hỗn hợp thể tích được dùng ở động cơ cỡ trung bình và cỡ lớn như động cơ tàu thủy và động cơ tĩnh tại.

#### b. Hỗn hợp thể tích - màng

Về mặt kết cấu, phần không gian trên đỉnh piston có thành dày với  $\frac{d_b}{D} = 0,35 \div 0,75$  và khá sâu, hình 5-32, có hình dáng đa dạng như kiểu  $\Delta$ ,  $\omega$  ... (xem Chương II, mục *Kết cấu đỉnh piston*). Tỷ lệ thể tích không gian trên đỉnh piston  $V_b$  và thể tích buồng cháy  $V_c$  lớn, nằm trong khoảng  $0,75 \div 0,90$ . Vòi phun có khoảng  $3 \div 5$  lỗ với áp suất phun không lớn lắm khoảng  $15 \div 20 \text{ MN/m}^2$ .

Khi piston đi lên trong hành trình nén, khối không khí giữa nắp xylanh và đỉnh piston bị chèn mảnh liệt vào không gian lõm trên đỉnh piston tạo ra chuyển động xoáy lốc hướng kính với cường độ lớn. Vì vậy buồng cháy được gọi là buồng cháy tận dụng xoáy lốc. Khi nhiên liệu phun vào, một phần nhiên liệu bị xoáy lốc xé nhỏ, hòa trộn với không khí tạo thành hỗn hợp. Phần còn lại, có thể đến 50%, bám lên thành buồng cháy tạo thành màng và được dòng khí xoáy cuốn dần tạo thành hỗn hợp. Phương pháp hỗn hợp này được gọi là thể tích - hỗn hợp màng.



Hình 5-32. Buồng cháy với hỗn hợp thể tích-màng

So với buồng cháy hỗn hợp thể tích xét ở trên, do tận dụng xoáy lốc nên không khí trong buồng cháy được tận dụng triệt để hơn, hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  do đó cũng nhỏ hơn (nằm trong khoảng  $1,5 \div 1,7$ ), làm tăng tính hiệu quả của động cơ. Cụ thể  $p_e$  tăng khoảng  $10 \div 12\%$ . Do lượng nhiên liệu tham gia vào quá trình chuẩn bị hỗn hợp trong giai đoạn cháy trễ bị khống chế nên lượng hỗn hợp được chuẩn bị trong giai đoạn này ít hơn, do đó  $\frac{\Delta p}{\Delta \varphi}$  nhỏ hơn, động cơ làm việc êm hơn. Mặt khác, do xoáy lốc với cường độ lớn ở mọi chế độ nên động cơ ít nhạy cảm với thay đổi chế độ làm việc cũng như loại nhiên liệu. Ngoài ra, do áp suất phun nhỏ hơn, số lỗ phun ít hơn nên chế tạo bơm cao áp và vòi phun dễ dàng hơn. Bên cạnh đó, buồng cháy loại này vẫn thừa hưởng được những ưu điểm cơ bản của buồng cháy thống nhất như tính kinh tế cao và khởi động dễ dàng.

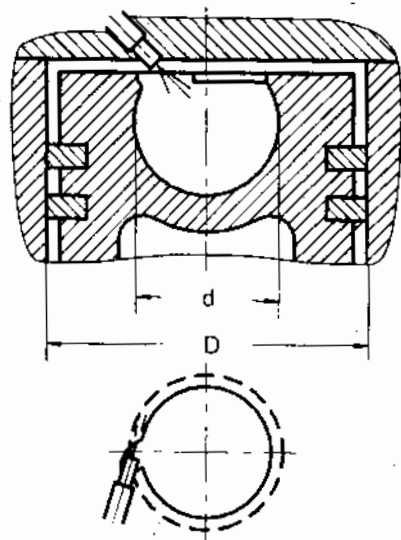
Nhược điểm cơ bản của loại buồng cháy này là đầu piston nặng nên lực quán tính lớn. Ngoài ra, tổn thất nhiệt và tổn thất lưu động cũng lớn hơn một chút so với loại buồng cháy kiểu hỗn hợp thể tích đã xét ở trên.

Loại buồng cháy này được dùng rộng rãi cho động cơ ô tô, máy kéo.

### c. Hỗn hợp màng

Buồng cháy hỗn hợp màng do Giáo sư Meurer phát minh và hãng MAN áp dụng đầu tiên nên còn được gọi là buồng cháy M (viết tắt của Meurer) hay buồng cháy MAN. Không gian trên đỉnh piston có dạng hình cầu với đường  $d = 0,5 D$  và được bố trí sáu trên đỉnh piston, hình 5-33. Vòi phun có  $1 \div 2$  lỗ, áp suất phun tương đối nhỏ chỉ khoảng  $15 \div 18 \text{ MN/m}^2$  và tia phun gần như tiếp tuyến với thành buồng cháy cầu. Nhiệt độ đỉnh piston được duy trì ở  $300 \div 400^\circ\text{C}$  bằng phun dầu làm mát đỉnh piston (xem chương II). Đường nạp được bố trí hướng tiếp tuyến với xy lanh nên tạo ra chuyển động xoáy tròn của không khí nạp.

Cuối quá trình nén, nhiên liệu phun ra phần lớn lên thành buồng cháy (khoảng 95%), phần còn lại ở



Hình 5-33. Buồng cháy hỗn hợp màng

dạng rất tối phân bố trong thể tích buồng cháy. Nhờ chuyển động quay tròn của không khí từ quá trình nạp cùng với xoáy lốc do không khí bị chen vào không gian trên đỉnh piston qua họng thông không lớn trong quá trình nén, phần nhiên liệu phun lên thành buồng cháy cùng chiều với chiều xoáy sẽ được dàn trải trên khoảng 3/4 diện tích thành buồng cháy tạo thành màng rất mỏng khoảng một vài chục phần nghìn mm. Cũng chính nhờ chuyển động xoáy lốc tổng hợp nêu trên, phần nhiên liệu phun vào thể tích nhanh chóng được xé nhỏ, bay hơi, hòa trộn tạo thành hỗn hợp và bốc cháy tạo điều kiện cho nhiên liệu trên màng bay hơi dần và cuốn vào ngọn lửa tham gia quá trình cháy. Do đó, phương pháp hình thành khí hỗn hợp này được gọi là hỗn hợp màng.

Ngoài những ưu điểm chung của buồng cháy thống nhất, hỗn hợp màng có một số ưu điểm riêng nổi bật. Do không chế được lượng nhiên liệu chuẩn bị trong thời gian cháy trễ nên tốc độ tăng áp suất  $\frac{\Delta p}{\Delta \varphi}$  nhỏ và quá trình cháy màng nhiên liệu tiếp theo diễn ra từ từ nên động cơ làm việc êm. Do tổ chức tốt quá trình cháy và tận dụng triệt để lượng không khí nạp nên suất tiêu hao nhiên liệu nhỏ (chỉ vào khoảng 230 g/kWh) và tính hiệu quả cao ( $p_e = 0,65 \div 0,75 \text{ MN/m}^2$ ). Ngoài ra, do xoáy lốc với cường độ lớn cũng như do tác dụng sấy nóng nhiên liệu của thành buồng cháy nên động cơ ít nhạy cảm với thay đổi chế độ làm việc và có thể dùng được nhiều loại nhiên liệu.

Buồng cháy MAN có một số nhược điểm như đầu piston dài, điều kiện làm việc của xéc măng khó khăn. Mặt khác, với động cơ có  $D > 200 \text{ mm}$  rất khó tổ chức một lượng lớn nhiên liệu tạo thành màng trên thành buồng cháy và hỗn hợp hơi nhiên liệu với một thể tích không khí tương đối lớn.

Hỗn hợp màng được sử dụng phổ biến trong một thời gian dài vào những năm 60 và 70 của thế kỷ XX cho động cơ có đường kính xy lanh  $D = 100 \div 150 \text{ mm}$ . Tuy nhiên, do sinh ra nhiều độc hại nên gần đây ít được sử dụng hơn.

### 5.3.2. Buồng cháy ngăn cách

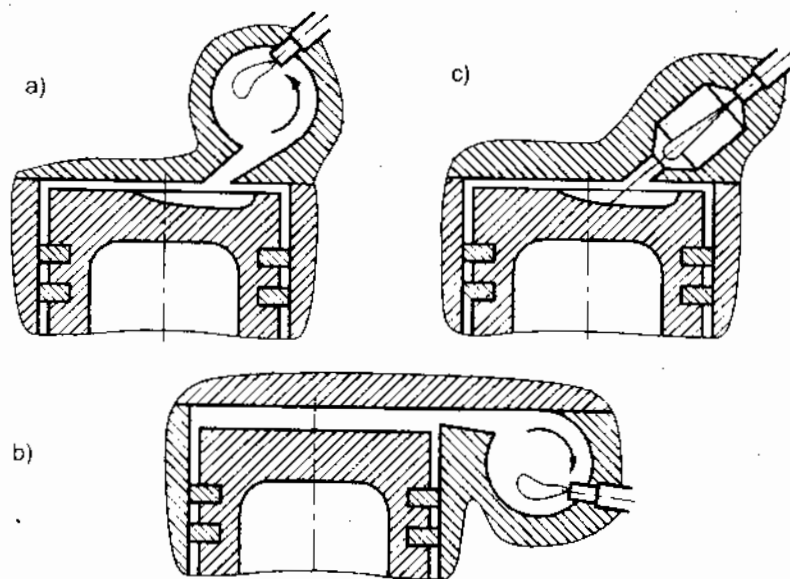
Buồng cháy ngăn cách là buồng cháy có hai không gian gọi là buồng cháy chính và buồng cháy phụ nối với nhau bằng những họng thông có tiết diện nhỏ chỉ bằng một vài phần trăm diện tích tiết diện ngang của piston. Thể tích buồng cháy phụ thường chiếm khoảng 0,25 đến 0,40 thể tích toàn bộ buồng cháy. Vòi phun thường chỉ có một lỗ với áp suất phun nhỏ vào khoảng  $8 \div 15 \text{ MN/m}^2$ .

Về mặt kết cấu có nhiều dạng buồng cháy ngăn cách với các tên gọi như buồng cháy xoáy lốc, buồng cháy dự bị, hình 5-34, nhưng nguyên tắc làm việc của chúng có thể được mô tả chung một cách khái quát như sau :

Trong hành trình nén, không khí từ buồng cháy chính trên đỉnh piston được dồn qua họng thông vào buồng cháy phụ tạo ra ở đây xoáy lốc hoặc rối với cường độ rất lớn. Nhiên liệu phun vào buồng cháy phụ sẽ được xé nhỏ, bay hơi và hòa trộn với không khí, sau thời gian cháy trễ sẽ bốc cháy. Khi đó, áp suất trong buồng cháy phụ sẽ tăng vọt làm cho sản vật cháy, hỗn hợp đang cháy, hỗn hợp và nhiên liệu chưa cháy phun ngược trở lại qua họng thông vào buồng cháy chính. Tại đây, tiếp tục diễn ra các quá trình đan xen và nối tiếp nhau như bay hơi, tạo thành hỗn hợp và cháy với cường độ rối lớn. Bản chất của phương pháp hình thành khí hỗn hợp trong buồng cháy ngăn cách là sử dụng một phần công nén tạo ra động năng rất lớn của không khí để tạo thành hỗn hợp.

Do xoáy lốc và rối rất mạnh nên lượng không khí nạp được tận dụng triệt để dẫn tới hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  rất nhỏ, chỉ vào khoảng  $1,2 \div 1,4$ . Do đó, tính hiệu quả của động cơ khá cao ( $p_c = 0,65 \div 0,75 \text{ MN/m}^2$ ). Do không chế lượng không khí tham gia hỗn hợp trong thời gian cháy trễ nên  $\frac{\Delta p}{\Delta \varphi}$  nhỏ, động cơ làm việc êm. Ngoài ra, cường độ xoáy lốc rất mạnh nên động cơ ít nhạy cảm với thay đổi chế độ làm việc và loại nhiên liệu. Vòi phun chỉ có một lỗ, áp suất phun không lớn nên chế tạo, bảo dưỡng bơm cao áp và vòi phun dễ dàng.

Nhược điểm chính của buồng cháy ngăn cách là hiệu suất thấp,  $g_c = 240 \div 265 \text{ g/kWh}$ , do tổn thất lưu động qua họng thông và tổn thất nhiệt vì buồng cháy không gọn, diện tích làm mát buồng cháy quá lớn. Về mặt cấu tạo, kết cấu của



Hình 5-34. Buồng cháy ngăn cách  
a) và b) buồng cháy xoáy lốc, c) buồng cháy dự bị

buồng cháy khá phức tạp. Ngoài ra, chính vì diện tích mất mát nhiệt lớn nên động cơ khó khởi động, thông thường phải có bộ phận hỗ trợ khởi động (xem chương IX).

Buồng cháy ngăn cách nói chung, cụ thể là buồng cháy xoáy lốc (hình 5-34a,b) được sử dụng cho động cơ có đường kính xylanh nhỏ hơn 100 mm. Nếu dùng buồng cháy thông nhất cho những động cơ này thì rất khó tạo tia phun ngắn mà vẫn bảo đảm các yêu cầu khác của phương pháp hình thành hỗn hợp.

## 5.4. CƠ CẤU ĐIỀU TỐC

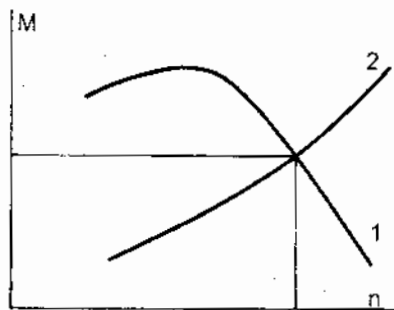
### 5.4.1. Tính cần thiết phải lắp điều tốc cho động cơ diesel

Khi động cơ làm việc để kéo máy công tác, chế độ làm việc ổn định của động cơ là điểm cắt nhau (hình 5-35) của đường hai đường đặc tính theo tốc độ vòng quay : đường 1 là mômen của động cơ ở vị trí cố định của cơ cấu điều khiển cung cấp nhiên liệu (thanh răng của bơm cao áp, bướm ga của động cơ xăng ...) và đường 2 là mômen cản của máy công tác. Chế độ làm việc càng ổn định khi tốc độ vòng quay tăng, mômen động cơ giảm nhanh và mômen cản của máy công tác tăng nhanh có nghĩa là hai đường đặc tính cắt nhau với độ dốc càng lớn và ngược lại. Với mỗi một máy công tác nhất định (ví dụ như động cơ kéo bơm nước, chân vịt tàu thủy hay dẫn động ô tô ...) đặc tính mômen cản không thay đổi, vì vậy tính ổn định chế độ làm việc của hệ thống phụ thuộc trước hết vào độ dốc của đặc tính động cơ.

Nếu chế độ làm việc của động cơ với máy công tác không ổn định, động cơ phải được trang bị cơ cấu tự động điều chỉnh gọi là cơ cấu điều tốc để giữ cho tốc độ vòng quay của hệ thống ổn định.

Trong động cơ xăng, để điều chỉnh tải trọng của động cơ, trên đường nạp bố trí bướm tiết lưu hay bướm ga. Khi tốc độ vòng quay  $n$  của động cơ tăng, tổn thất khi động qua bướm tiết lưu tăng

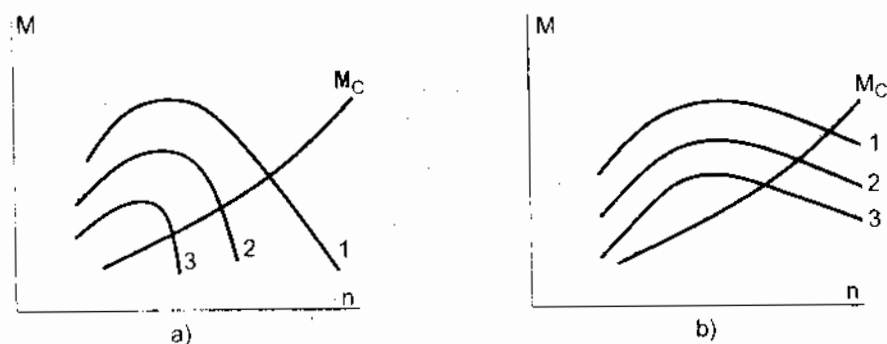
rất nhanh (tỷ lệ với  $n^2$ ) mômen của động cơ sau khi đạt cực đại sẽ giảm nhanh (hình 5-36a) và càng giảm nhanh khi càng đóng nhỏ bướm ga (đường 2,3). Do đó



Hình 5-35. Đặc tính của động cơ và máy công tác  
1. mômen động cơ, 2. mômen cản của máy công tác

chế độ làm việc của động cơ với máy công tác rất ổn định nên không phải trang bị cơ cấu điều tốc. Nếu có chăng chỉ cần cơ cấu hạn chế tốc độ vòng quay mà thôi (xem mục 5.1).

Còn đối với động cơ diesel, việc điều chỉnh tải trọng được thực hiện do thay đổi lượng nhiên liệu cung cấp cho mỗi chu trình, trong khi lượng không khí nạp hầu như không đổi. Do trên đường nạp không có bướm tiết lưu nên không có tổn thất cục bộ như ở động cơ xăng. Ngoài ra, thông thường lượng nhiên liệu cung cấp cho mỗi chu trình theo đặc tính bơm cao áp tăng theo tốc độ vòng quay. Vì vậy, đặc tính của động cơ rất thoải (hình 5-36b) và hình dạng các đặc tính ở các vị trí khác nhau của cơ cấu điều chỉnh cung cấp nhiên liệu thoải tương tự nhau (đường 1, 2, 3). Do đó, khi dùng động cơ diesel đối với hầu hết các máy công tác đều phải lắp điều tốc để bảo đảm động cơ làm việc ổn định.

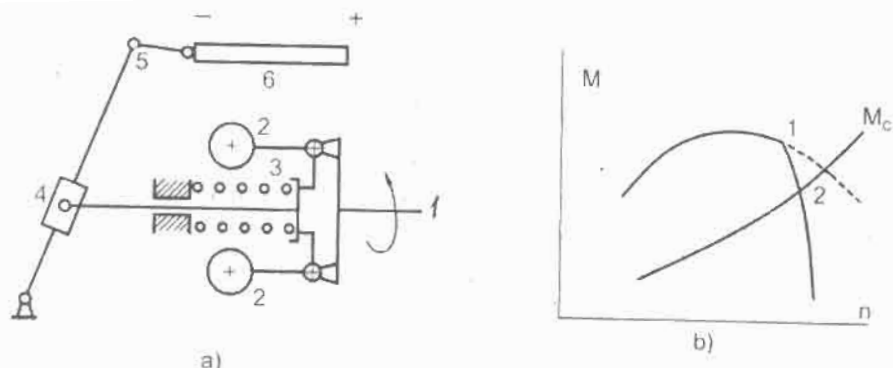


**Hình 5-36.** Về tính cần thiết đặt điều tốc trên động cơ diesel  
a) động cơ xăng, b) động cơ diesel, 1. tải lớn, 2. tải trung bình, 3. tải nhỏ

#### 5.4.2. Bộ điều tốc

Trong thực tế có nhiều kiểu điều tốc như điều tốc cơ khí, điều tốc chân không, điều tốc điện tử ... Sau đây, ta hãy xét nguyên tắc làm việc của một loại điều tốc đơn giản gọi là điều tốc cơ khí kiểu Watt, hình 5-37.

Trục 1 của bộ điều tốc được dẫn động từ trục của bơm cao áp. Trên trục 1 lắp các quả nặng 2. Khi tốc độ vòng quay của động cơ đạt một giá trị nào đó, lực ly tâm của các quả nặng sẽ thắng sức căng lò xo 3, đẩy khớp trượt về bên trái. Qua hệ thống thanh nối 5, thanh răng bơm cao áp được kéo về bên trái làm giảm lượng nhiên liệu cung cấp, do đó tốc độ động cơ giảm. Ngược lại, khi tốc độ động cơ giảm, lực căng của lò xo 3 thắng lực ly tâm của quả nặng, kéo khớp trượt về bên phải và do đó kéo thanh răng về vị trí tăng lượng nhiên liệu cung cấp dẫn đến tốc độ động cơ tăng. Như vậy, động cơ sẽ được tự động điều chỉnh để giữ cho tốc độ động cơ ổn định tại chế độ làm việc theo yêu cầu. Trên hình 5-37b thể hiện rõ đặc tính của động cơ có điều tốc. Tại điểm 1, quả nặng bắt

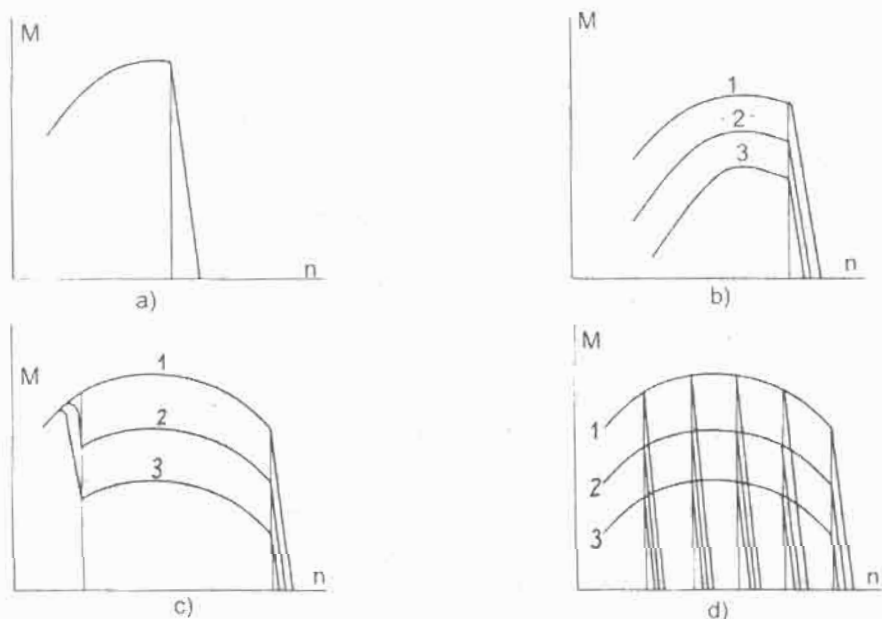


**Hình 5-37.** Cơ cấu điều tốc kiểu Watt  
1. trục điều tốc, 2. quả nặng, 3. lò xo, 4. khớp trượt, 5. thanh nối, 6. thanh răng bơm cao áp

đầu văng ra, lượng nhiên liệu cung cấp giảm dần, động cơ không phát ra mômen theo đường đứt (---) nữa mà giảm nhanh (theo đường liền) và cắt đặc tính mômen cần ở điểm 2 với độ dốc rất lớn. Do đó, chế độ làm việc của động cơ với máy công tác rất ổn định.

Tùy theo hệ thống động cơ – máy công tác, người ta còn phân loại điều tốc theo vùng làm việc.

Điều tốc một chế độ nhằm giữ cho động cơ chỉ làm việc ở một tốc độ vòng quay nhất định, ví dụ như động cơ kéo máy phát điện, hình 5-38a.



**Hình 5-38.** Đặc tính động cơ với các loại điều tốc  
a) điều tốc một chế độ, b) điều tốc giới hạn, c) điều tốc hai chế độ, d) điều tốc đa chế độ

*Điều tốc giới hạn* chỉ làm việc khi tốc độ vòng quay của động cơ vượt quá một giá trị giới hạn nào đó. Loại điều tốc này được trang bị cho động cơ diesel tàu thủy nhằm giới hạn tốc độ của động cơ khi chân vịt nhô khỏi mặt nước do sóng, hình 5-38b.

*Điều tốc hai chế độ* bao gồm hai chức năng : *điều tốc một chế độ* ở tốc độ vòng quay thấp để giữ cho động cơ làm việc ổn định ở chế độ không tải và tải nhỏ, và *điều tốc giới hạn* ở tốc độ vòng quay lớn, hình 5-38c. Còn ở chế độ tốc độ trung bình, chế độ làm việc của động cơ do người vận hành điều khiển. Loại điều tốc hai chế độ thường được dùng cho động cơ ô tô, ví dụ ô tô IFA-W50.

*Điều tốc đa chế độ* hình 5-38d, là điều tốc hoạt động ở mọi chế độ tốc độ trong vùng làm việc của động cơ. Ngày nay có xu hướng trang bị điều tốc đa chế độ trên ô tô nhằm tăng tính ổn định của động cơ khi vận hành.

## Chương VI

# HỆ THỐNG BÔI TRƠN

### 6.1. CÔNG DỤNG VÀ CÁC THÔNG SỐ SỬ DỤNG CỦA DẦU BÔI TRƠN

Hệ thống bôi trơn có nhiệm vụ đưa dầu bôi trơn đến các bề mặt làm việc của các chi tiết để bảo đảm điều kiện làm việc bình thường của động cơ cũng như tăng tuổi thọ các chi tiết.

#### 6.1.1. Công dụng của dầu bôi trơn

Dầu bôi trơn có nhiều công dụng, trong đó một số công dụng quan trọng nhất của dầu bôi trơn là :

*Bôi trơn* các bề mặt có chuyển động trượt giữa các chi tiết nhằm giảm ma sát do đó giảm mài mòn – tăng tuổi thọ các chi tiết. Chính vì giảm ma sát nên tổn thất cơ giới trong động cơ  $N_m$  giảm, hiệu suất cơ giới

$$\eta_m = 1 - \frac{N_m}{N_i} \quad (6-1)$$

sẽ tăng. Hiệu suất có ích của toàn động cơ

$$\eta_e = \eta_i \eta_m \quad (6-2)$$

khi đó cũng tăng tức là tăng tính kinh tế của động cơ.

*Rửa sạch* bề mặt ma sát của các chi tiết. Trên bề mặt ma sát, trong quá trình làm việc thường có các vảy rắn tróc ra khỏi bề mặt. Dầu bôi trơn sẽ cuốn trôi các vảy tróc, sau đó được giữ lại trong các phần tử lọc của hệ thống bôi trơn, tránh cho bề mặt ma sát bị cào xước. Vì vậy, khi động cơ chạy rà sau khi lắp ráp hoặc sửa chữa – khi đó rất nhiều hạt kim loại còn sót lại trong quá trình lắp ráp và nhiều vảy rắn bị tróc ra khi chạy rà – phải dùng dầu bôi trơn có độ nhớt nhỏ để tăng khả năng rửa trôi các hạt bẩn trên bề mặt.

*Làm mát* một số chi tiết. Do ma sát, tại các bề mặt làm việc như piston – xylanh, trục khuỷu – bạc lót ... sinh nhiệt. Mặt khác, một số chi tiết như piston, vòi phun ... còn nhận nhiệt của khí cháy truyền đến. Do đó nhiệt độ một số chi

tiết rất cao có thể phá hỏng điều kiện làm việc bình thường của động cơ như gây bó kẹt, giảm độ bền các chi tiết, kích nổ ở động cơ xăng, giảm hệ số nạp ... Nhằm giảm nhiệt độ các chi tiết này, dầu từ hệ thống bôi trơn (có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ chi tiết) được dẫn đến các bề mặt có nhiệt độ cao để tải nhiệt đi (ví dụ dầu phun lên làm mát đỉnh piston, xem hình 2-5d).

Bao kín khe hở giữa các chi tiết như cặp piston - xylanh - xéc măng để giảm lọt khí. Vì vậy, khi lắp ráp cụm chi tiết này phải bôi dầu vào rãnh xéc măng và bề mặt xylanh.

Chống ôxy hóa (kết gù) bề mặt chi tiết nhờ những chất phụ gia pha trong dầu.

Rút ngắn quá trình chạy rà động cơ. Như trên đã nói, khi chạy rà động cơ phải dùng dầu bôi trơn có độ nhớt thấp. Ngoài ra dầu còn được pha một số chất phụ gia đặc biệt có tác dụng làm mềm tổ chức tế vi kim loại một lớp rất mỏng trên bề mặt chi tiết. Do đó các chi tiết nhanh chóng rà khít với nhau, rút ngắn thời gian và chi phí chạy rà.

### 6.1.2. Một số thông số sử dụng của dầu bôi trơn

Thông thường trên bao bì sản phẩm đều ghi rõ ký hiệu thể hiện các tính năng và phạm vi sử dụng của từng loại dầu. Hiện nay, qui cách kỹ thuật chủ yếu dựa trên các tiêu chuẩn của các tổ chức Hoa Kỳ. Khi mua nên dựa vào hai chỉ số quan trọng ghi trên bao bì là chỉ số SAE và API.

#### 6.1.2.1. Chỉ số SAE

Đây là chỉ số phân loại dầu theo độ nhớt ở  $100^{\circ}\text{C}$  và  $-18^{\circ}$  của Hiệp hội kỹ sư ô tô Hoa Kỳ (Society of Automobile Engineers) ban hành tháng 6 - 1989. Tại một nhiệt độ nhất định, ví dụ  $100^{\circ}\text{C}$ , chỉ số SAE lớn tức là độ nhớt của dầu cao và ngược lại. Chỉ số độ nhớt SAE cho biết cấp độ nhớt chia thành hai loại:

*Loại đơn cấp* là loại chỉ có một chỉ số độ nhớt. Ví dụ SAE - 40, SAE - 50, SAE - 10W, SAE - 20W. Cấp độ nhớt có chữ W (Winter : mùa đông) dựa trên cơ sở độ nhớt ở nhiệt độ thấp tối đa (độ nhớt ở nhiệt độ khởi động từ  $-30$  đến  $-5^{\circ}\text{C}$ ) còn cấp độ nhớt không có chữ W chỉ dựa trên cơ sở độ nhớt ở  $100^{\circ}\text{C}$ .

*Loại đa cấp* là loại có hai chỉ số độ nhớt như SAE - 20W/50, SAE - 10W/40 ... Ví dụ SAE-20W/50 ở nhiệt độ thấp có cấp độ nhớt giống như loại đơn cấp SAE - 20W còn ở nhiệt độ cao có cấp độ nhớt cùng với loại đơn cấp SAE - 50. Dầu có chỉ số độ nhớt đa cấp có phạm vi nhiệt độ môi trường sử dụng rộng hơn so với loại đơn cấp. Ví dụ, dầu nhớt đơn cấp SAE - 40 dùng cho môi trường có nhiệt độ từ  $26$  đến  $42^{\circ}\text{C}$  trong khi dầu nhớt đa cấp SAE - 20W/50 có thể sử dụng ở môi trường có nhiệt độ thay đổi rộng hơn từ  $0$  đến  $40^{\circ}\text{C}$ . Dầu thường dùng ở nước ta là loại SAE 20W - 40.

### 6.1.2.2. Chỉ số API

API là chỉ số đánh giá chất lượng dầu nhớt của Viện hóa dầu Hoa Kỳ (American Petroleum Institute). Chỉ số API cho biết cấp chất lượng dầu nhớt khác nhau theo chủng loại động cơ. Người ta phân thành hai loại :

*Dầu chuyên dụng* là loại dầu chỉ dùng cho một trong hai loại động cơ là xăng hay diesel. Ví dụ, hai loại dầu API – SH và API – CE ; chữ số thứ nhất sau dấu – chỉ loại động cơ sử dụng dầu : S cho động cơ xăng còn C cho động cơ diesel ; chữ số thứ hai chỉ *cấp chất lượng tăng dần theo thứ tự chữ cái* (alphabet).

*Dầu đa dụng* là loại dầu bôi trơn có thể dùng cho cả động cơ xăng và diesel. Ví dụ, dầu có chỉ số API-SG/CD có nghĩa dùng cho động cơ xăng với cấp chất lượng G còn dùng cho động cơ diesel với cấp chất lượng D. Chỉ số cho động cơ nào (S hay C) viết trước dấu / có nghĩa ưu tiên dùng cho động cơ đó. Đối với ví dụ này, dầu ưu tiên dùng cho động cơ xăng.

Khi sử dụng dầu, phải tuân thủ hướng dẫn của nhà chế tạo động cơ về chỉ số SAE, API và thời gian thay dầu. Phải sử dụng dầu có đúng chỉ số SAE theo yêu cầu, còn chỉ số API càng cao có nghĩa chất lượng dầu càng tốt, thời gian thay dầu càng lâu, số lần thay dầu ít hơn.

Sau một thời gian động cơ làm việc, dầu biến chất và mất dần đặc tính, không bảo đảm các công dụng thông thường nên phải thay kịp thời. Ví dụ, đối với xe máy DREAM II lần thay dầu thứ nhất sau 1000 km và từ lần thứ hai trở đi chu kỳ thay dầu là 4000 km. Nếu chế độ làm việc của động cơ khắc nghiệt hơn so với bình thường hoặc nếu động cơ cũ thì nên rút ngắn chu kỳ thay dầu.

## 6.2. CÁC LOẠI HỆ THỐNG BÔI TRƠN

• Động cơ đốt trong sử dụng nhiều loại hệ thống bôi trơn khác nhau. Tùy thuộc vào loại động cơ, điều kiện làm việc ... mà trang bị hệ thống bôi trơn cho động cơ phù hợp. Sau đây sẽ xét một số hệ thống bôi trơn thường gặp trong các động cơ thông thường.

### 6.2.1. Bôi trơn bằng vung té

Khi động cơ làm việc, các chi tiết chuyển động như trục khuỷu, thanh truyền, bánh răng ... sẽ vung té dầu lên bề mặt các chi tiết cần bôi trơn như vách xylanh, các cam ... Ngoài ra, một phần dầu vung té ở dạng sương mù sẽ rơi vào hay đọng bám ở kết cấu hứng dầu của các chi tiết khác cần bôi trơn, ví dụ như đầu nhỏ thanh truyền (xem hình 2-18). Phương án bôi trơn này rất đơn giản, tuy nhiên không bảo đảm bôi trơn an toàn cho động cơ vì khó bảo

đảm đủ lưu lượng dầu bôi trơn các ổ trục. Vì vậy phương pháp này chỉ được sử dụng ở những động cơ cỡ nhỏ công suất vài mã lực như động cơ xe máy, xuồng máy, bơm nước ...

#### **6.2.2. Bôi trơn bằng dầu pha trong nhiên liệu**

Phương pháp này được dùng ở động cơ xăng hai kỳ quét vòng dùng hộp cacte - trục khuỷu (xem mục 1.4). Dầu được pha với xăng theo một tỷ lệ nhất định từ 1/20 đến 1/25. Một số động cơ xe máy cỡ nhỏ như Babeta (Séc), Simson (Đức) dùng dầu pha với tỷ lệ ít hơn trong khoảng 1/30 đến 1/33. Các hạt dầu trong hỗn hợp xăng - dầu khi vào hộp cacte - trục khuỷu và xylanh sẽ ngưng đọng trên các bề mặt chi tiết để bôi trơn các bề mặt ma sát. Dầu được pha theo các cách sau :

Cách thứ nhất : xăng và dầu được hòa trộn trước gọi là xăng pha dầu như thường bán ở các trạm xăng dầu.

Cách thứ hai : dầu và xăng chứa ở hai thùng riêng rẽ trên động cơ. Trong quá trình động cơ làm việc, dầu và xăng được hòa lẫn song song, tức là dầu và xăng được trộn theo định lượng khi ra khỏi thùng chứa. Một số xe máy hai kỳ như YAMAHA, SUZUKI dùng cách hòa trộn này.

Một cách hòa trộn khác là dùng bơm phun dầu trực tiếp vào họng khuếch tán hay vị trí bướm ga. Bơm được điều chỉnh theo tốc độ vòng quay động cơ và vị trí bướm ga nên định lượng dầu hòa trộn rất chính xác và có thể tối ưu hóa ở các chế độ tốc độ và tải trọng khác nhau.

Cũng như bôi trơn vùng tế, phương pháp bôi trơn bằng dầu pha trong nhiên liệu rất đơn giản nhưng không an toàn do khó bảo đảm đủ lượng dầu bôi trơn cần thiết. Mặt khác, do dầu bôi trơn trong hỗn hợp bị đốt cháy cùng nhiên liệu nên dễ tạo muội than bám lên đỉnh piston ngăn cản quá trình tan nhiệt khỏi piston. Dầu pha với tỷ lệ càng lớn, muội than hình thành càng nhiều dẫn đến piston bị quá nóng, dễ xảy ra cháy sớm, kích nổ, bugi bị đoản mạch. Ngược lại, pha ít dầu, bôi trơn kém dễ làm cho piston bị bó kẹt trong xylanh.

#### **6.2.3. Bôi trơn cưỡng bức**

Hầu hết các động cơ đốt trong ngày nay đều sử dụng phương pháp bôi trơn cưỡng bức. Dầu trong hệ thống bôi trơn được bơm đẩy đến các bề mặt ma sát với áp suất nhất định, do đó hoàn toàn có thể đủ lưu lượng để bảo đảm bôi trơn, làm mát và tẩy rửa các bề mặt ma sát.

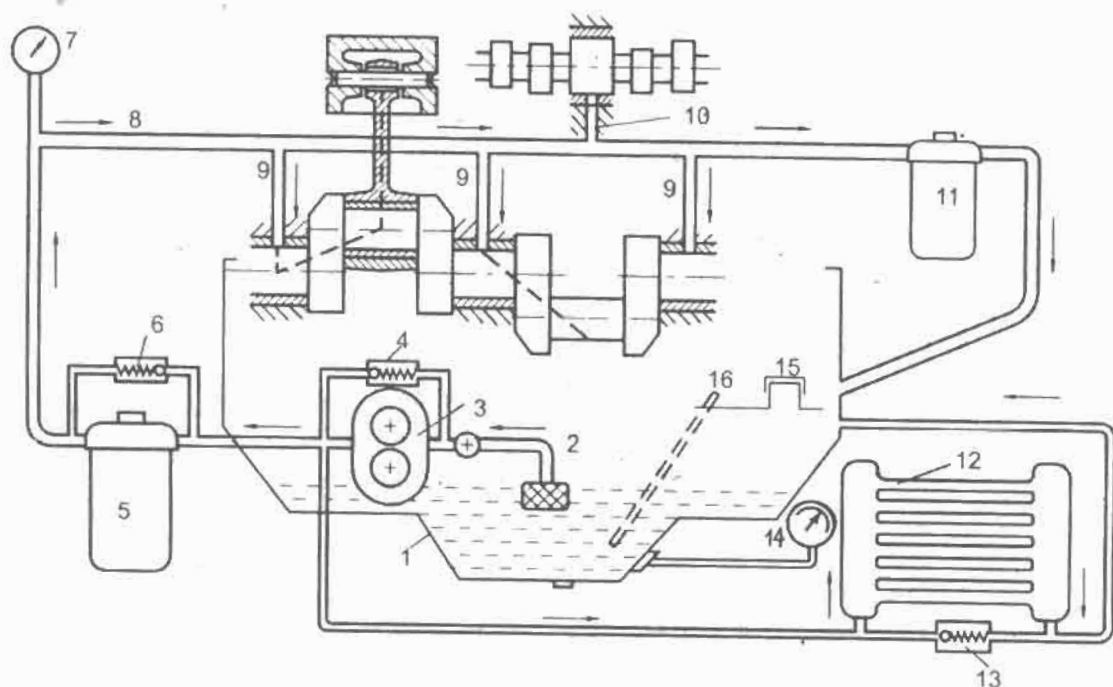
Thông thường, tùy theo vị trí chứa dầu, hệ thống bôi trơn cưỡng bức phân thành hai loại là hệ thống bôi trơn cacte ướt và hệ thống bôi trơn cacte khô.

### 6.2.3.1. Hệ thống bôi trơn cacte ướt

Trong hệ thống này, hình 6-1, toàn bộ lượng dầu của hệ thống bôi trơn chứa trong cacte của động cơ.

Bơm dầu được dẫn động từ trục khuỷu hoặc trục cam. Dầu trong cacte 1 được hút vào bơm qua phao hút dầu 2. Phao 2 có lưới chắn để lọc sơ bộ những tạp chất có kích thước lớn. Ngoài ra, phao có khớp tùy động nên luôn luôn nổi trên mặt thoáng để hút được dầu, kể cả khi động cơ bị nghiêng. Sau bơm, dầu có áp suất cao (có thể đến  $10 \text{ kg/cm}^2$ ) chia thành hai nhánh. Một nhánh đến kết 12, tại đây dầu được làm mát rồi trở về cacte. Nhánh kia đi qua bầu lọc thô 5 đến đường dầu chính 8. Từ đường dầu chính, dầu theo đường nhánh 9 đi bôi trơn trục khuỷu sau đó lên bôi trơn đầu to thanh truyền và chốt piston và theo đường nhánh 10 đi bôi trơn trục cam ... Cũng từ đường dầu chính một đường dầu khoảng 15 - 20% lưu lượng của nhánh dẫn đến bầu lọc tinh 11. Tại đây, những phần tử tạp chất rất nhỏ được giữ lại nên dầu được lọc rất sạch. Sau khi ra khỏi lọc tinh với áp suất còn lại nhỏ, dầu chảy trở về cacte 1.

Van an toàn 4 là van tràn có tác dụng khống chế áp suất dầu sau bơm.



Hình 6-1. Hệ thống bôi trơn cacte ướt

1. cacte dầu, 2. phao hút dầu, 3. bơm, 4. van an toàn bơm dầu, 5. bầu lọc thô, 6. van an toàn lọc dầu, 7. đồng hồ báo áp suất dầu, 8. đường dầu chính, 9. đường dầu bôi trơn trục khuỷu, 10. đường dầu bôi trơn trục cam, 11. bầu lọc tinh, 12. kết mát dầu, 13. van khống chế lưu lượng dầu qua kết làm mát, 14. đồng hồ báo nhiệt độ dầu, 15. nắp rót dầu, 16. thước thăm dầu.

Khí bầu lọc bị bị tắc, van an toàn 6 của bầu lọc thô sẽ mở, phần lớn dầu sẽ không qua lọc thô lên thẳng đường dầu chính đi bôi trơn, tránh hiện tượng thiếu dầu cung cấp đến các bề mặt cần bôi trơn.

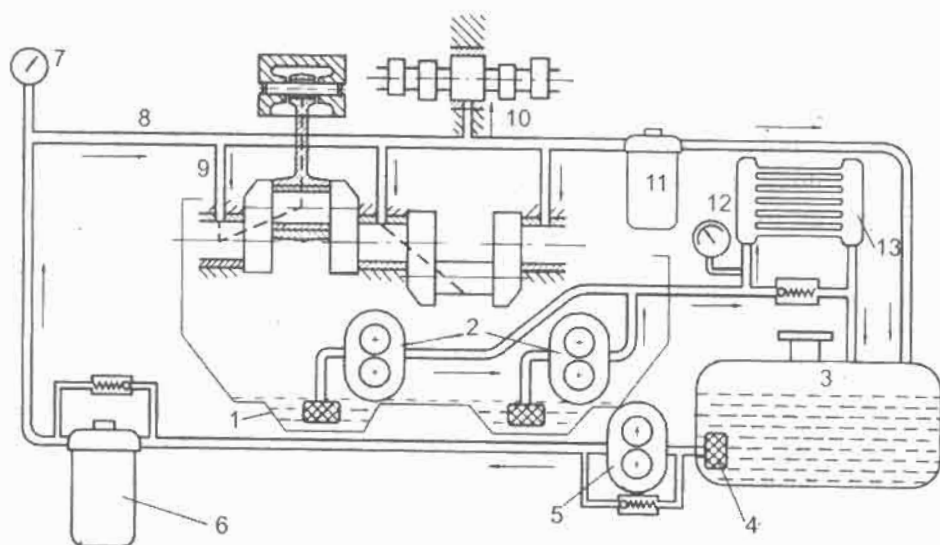
Khí nhiệt độ dầu lên cao quá (khoảng  $80^{\circ}\text{C}$ ), do độ nhớt giảm, van không chế lưu lượng 13 sẽ đóng hoàn toàn để dầu qua kết làm mát rồi lại trở về cacte.

Khí động cơ làm việc, dầu bị hao hụt do bay hơi và các nguyên nhân khác nên phải thường xuyên kiểm tra lượng dầu trong cacte bằng thước thăm dầu 16. Khi mức dầu ở vạch dưới phải bổ sung thêm dầu.

Do toàn bộ dầu bôi trơn chứa trong cacte nên cacte phải sâu để có dung tích chứa lớn, do đó làm tăng chiều cao động cơ. Ngoài ra, dầu trong cacte luôn luôn tiếp xúc với khí cháy có nhiệt độ cao từ buồng cháy lọt xuống mang theo hơi nhiên liệu và các hơi axit làm giảm tuổi thọ của dầu.

### 6.2.3.2. Hệ thống bôi trơn cacte khô

Hệ thống bôi trơn cacte khô (hình 6 – 2) khác cơ bản với hệ thống bôi trơn cacte ướt ở chỗ nó có thêm một đến hai bơm 2 làm nhiệm vụ chuyển dầu từ cacte (sau khi dầu bôi trơn rơi xuống cacte) qua kết làm mát 13 ra thùng chứa 3 bên ngoài cacte động cơ. Từ đây, dầu được bơm lấy đi bôi trơn giống như ở hệ thống bôi trơn cacte ướt đã xét ở trên.



**Hình 6-2.** Hệ thống bôi trơn cacte khô

1. cacte, 2. bơm chuyển, 3. thùng dầu, 4. lưới lọc sơ bộ, 5. bơm dầu đi bôi trơn, 6. bầu lọc thô, 7. đồng hồ báo áp suất dầu, 8. đường dầu chính, 9. đường dầu bôi trơn trực khuỷu, 10. đường dầu bôi trơn trực cam, 11. bầu lọc tinh, 12. đồng hồ nhiệt độ dầu, 13. kết làm mát dầu

Do phần lớn lượng dầu được chứa ở thùng 3 ngoài cacte của động cơ nên hệ thống bôi trơn cacte khó khắc phục được những nhược điểm của hệ thống bôi cacte ướt. Cụ thể cacte không sâu nên động cơ thấp hơn, tuổi thọ dầu được kéo dài nên chu kỳ thay dầu dài hơn. Ngoài ra, động cơ có thể làm việc lâu dài ở địa hình dốc mà không sợ thiếu dầu do phao không hút được dầu. Tuy nhiên, hệ thống này phức tạp hơn vì có thêm bơm chuyển. Hệ thống bôi trơn cacte khô thường được sử dụng cho động cơ diesel lắp trên máy ủi, xe tăng, máy kéo, tàu thủy ...

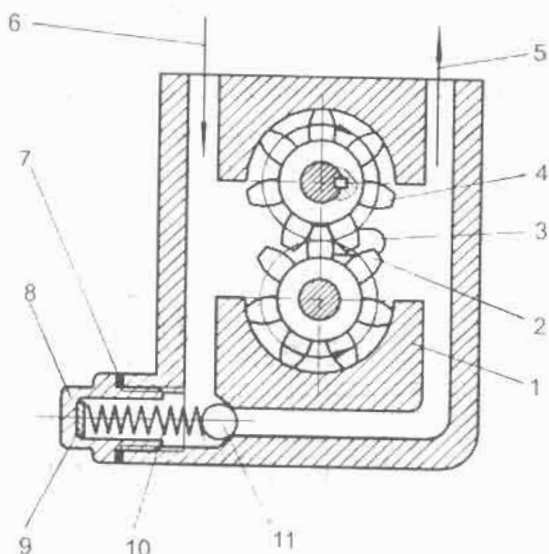
### 6.3. KẾT CẤU MỘT SỐ BỘ PHẬN CHÍNH

Hệ thống bôi trơn thông dụng là hệ thống bôi trơn cưỡng bức bao gồm rất nhiều bộ phận như bơm, lọc, kết làm mát, các đồng hồ áp suất và nhiệt độ ... Sau đây sẽ xét một số bộ phận chủ yếu.

#### 6.3.1. Bơm dầu

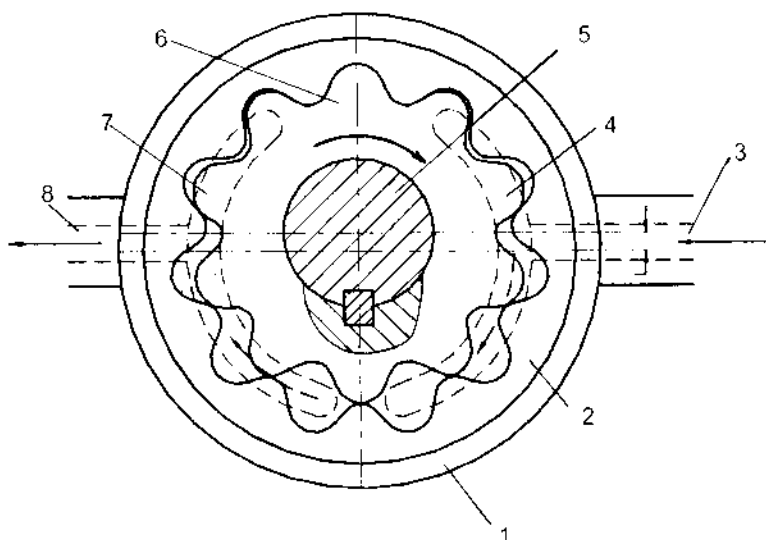
Để tạo áp suất cao đưa dầu đi bôi trơn, phải dùng bơm thể tích như bơm bánh răng, bơm trục vít, bơm phiến gạt, bơm piston ...

Bơm bánh răng ăn khớp ngoài trình bày trên hình 6-3 là một kiểu bơm tuy đơn giản nhưng rất thông dụng. Bánh răng chủ động 4 được dẫn động từ trục khuỷu hay trục cam. Khi cặp bánh răng quay, dầu bôi trơn từ đường dầu áp suất thấp được guồng sang đường dầu áp suất cao theo chiều mũi tên. Để tránh hiện tượng chèn



**Hình 6-3.** Bơm dầu bánh răng ăn khớp ngoài  
1. thân bơm, 2. bánh răng bị động, 3. rãnh giảm áp, 4. bánh răng chủ động, 5. đường dầu ra, 6. đường dầu vào, 7. đệm làm kín, 8. nắp van điều chỉnh, 9. tấm đệm điều chỉnh, 10. lò xo, 11. van bi

dầu giữa các răng khi vào khớp, trên mặt dầu của nắp bơm có phay rãnh triệt áp 3. Van an toàn gồm lò xo 10 và bi cầu 11. Khi áp suất trên đường ra vượt quá giá trị cho phép, áp lực dầu thắng sức căng lò xo 10 mở bi 11 để tạo ra một dòng dầu chảy ngược về đường áp suất thấp. Đối với kiểu bơm này, lưu



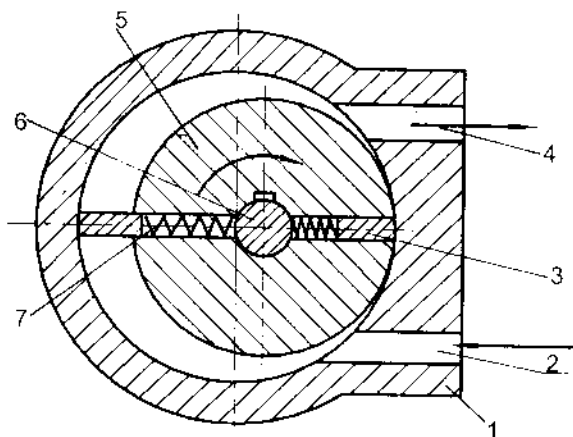
**Hình 6-4.** Bơm bánh răng ăn khớp trong

1. thân bơm, 2. bánh răng bị động, 3. đường dầu vào, 4 và 7. rãnh dẫn dầu, 5. trục dẫn động, 6. bánh răng chủ động, 8. đường dầu ra

lượng và hiệu suất bơm phụ thuộc rất nhiều vào khe hở hướng kính giữa đỉnh răng với thân bơm và khe hở hướng trục giữa mặt đầu bánh răng và nắp bơm. Thông thường các khe hở này không vượt quá 0,1 mm.

Bơm bánh răng ăn khớp trong, thường dùng cho động cơ ô tô du lịch do yêu cầu kết cấu gọn nhẹ, hình 6-4. Loại bơm này làm việc tương tự như bơm bánh răng ăn khớp ngoài theo nguyên lý guồng dầu, tuy nhiên với thể tích guồng thay đổi.

Bơm phiến trượt có sơ đồ kết cấu trình bày trên hình 6-5. Rôto 5, lắp lệch tâm với thân bơm 1, có các rãnh lắp các phiến trượt 3. Khi rôto quay, do lực ly tâm và lực ép của lò xo 7, phiến trượt 3 luôn tỳ sát bề mặt vỏ bơm 1 tạo thành các không gian kín và do đó guồng dầu từ đường dầu áp suất thấp 2 sang đường dầu áp suất cao 4. Bơm phiến trượt có ưu điểm rất đơn giản, nhỏ gọn, nhưng đồng thời cũng có nhược điểm cơ bản là mài mòn bề mặt tiếp xúc giữa phiến trượt và thân bơm rất nhanh.



**Hình 6-5.** Bơm cánh gạt

1. thân bơm, 2. đường dầu vào, 3. cánh gạt, 4. đường dầu ra, 5. rôto, 6. trục dẫn động, 7. lò xo

### 6.3.2. Lọc dầu

Theo chất lượng lọc, người ta chia ra *bầu lọc thô* và *bầu lọc tinh*.

*Bầu lọc thô* thường lắp trực tiếp trên đường dầu đi bôi trơn nên lưu lượng dầu phải đi qua lọc rất lớn. Vì vậy tổn thất áp suất của lọc thô không được quá lớn, chỉ khoảng  $0,1 \text{ MN/m}^2$ . Lọc thô chỉ lọc được cặn bẩn có kích thước lớn hơn  $0,03 \text{ mm}$ .

*Bầu lọc tinh* có thể lọc được các tạp chất có đường kính hạt rất nhỏ đến  $0,1 \mu\text{m}$ . Do đó sức cản của lọc tinh rất lớn nên phải lắp theo mạch rẽ và lượng dầu phân nhánh qua lọc tinh không quá 20% lượng dầu của toàn mạch. Dầu sau khi qua lọc tinh thường trở về cacte.

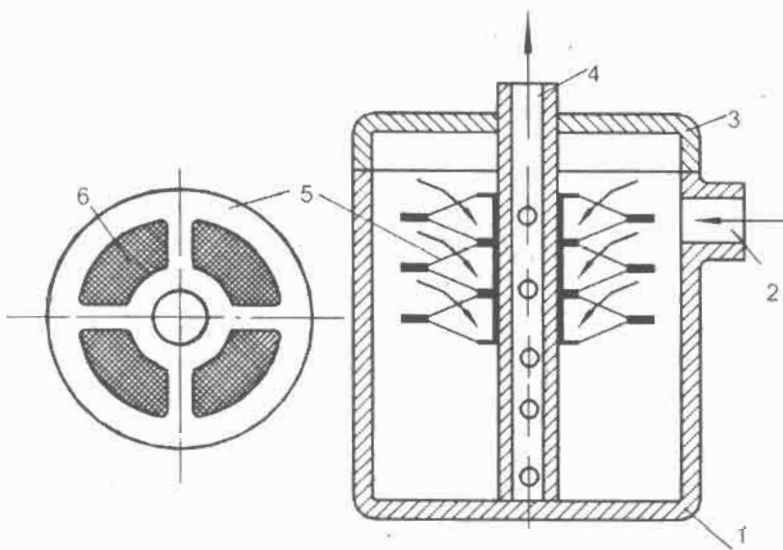
Theo kết cấu có thể chia lọc dầu thành các loại : bầu lọc cơ khí, bầu lọc ly tâm, bầu lọc từ tính.

#### 6.3.2.1. Bầu lọc cơ khí

##### a. Bầu lọc thấm

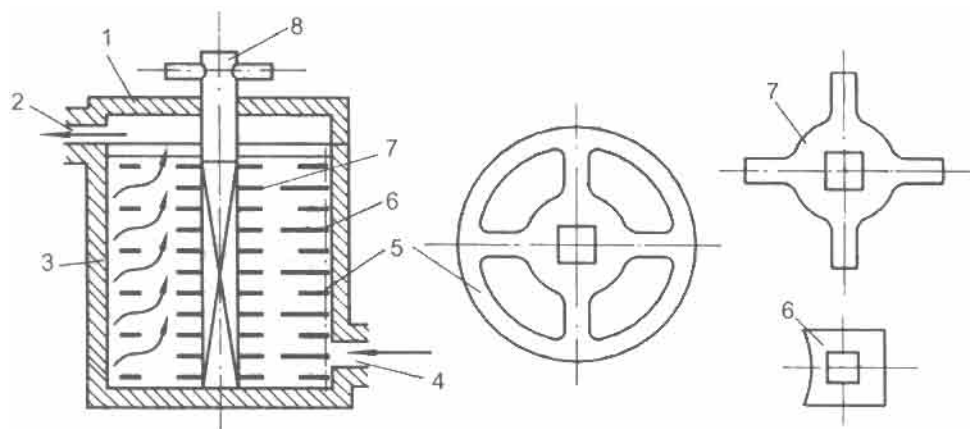
Bầu lọc thấm được dùng rất rộng rãi cho động cơ đốt trong. Nguyên lý làm việc của bầu lọc thấm như sau : dầu có áp suất cao chui qua (thấm qua) các khe hở nhỏ của phần tử lọc. Các tạp chất có kích thước lớn hơn kích thước khe hở sẽ bị giữ lại. Vì vậy, dầu được lọc sạch. Bầu lọc thấm có nhiều dạng kết cấu phần tử lọc khác nhau.

*Bầu lọc thấm dùng lưới lọc* bằng đồng (hình 6-6) thường được dùng trên động cơ tàu thủy và động cơ tĩnh tại. Lõi lọc gồm các khung lọc 5 bọc bằng lưới đồng dệt rất dày có thể lọc sạch tạp chất có kích thước  $0,1 - 0,2 \text{ mm}$ .



**Hình 6-6.** Bầu lọc thấm dùng lưới lọc

1. thân bầu lọc, 2. đường dầu vào, 3. nắp bầu lọc, 4. đường dầu ra, 5. phần tử lọc, 6. lưới của phần tử lọc



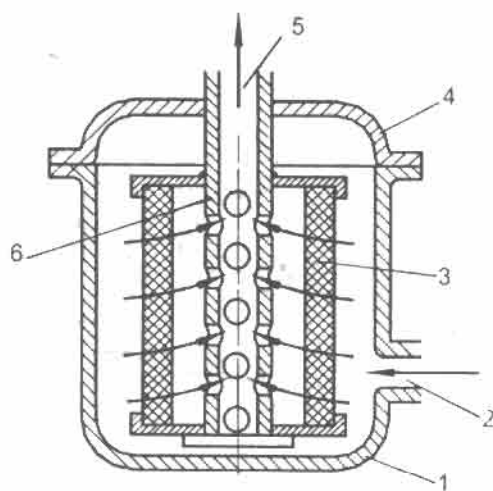
**Hình 6-7.** Bầu lọc thấm dùng tấm kim loại

1. nắp bầu lọc, 2. đường dầu ra, 3. thân bầu lọc, 4. đường dầu vào, 5. phiến lọc, 6. phiến gạt, 7. phiến cách

Bầu lọc thấm dùng tấm kim loại, hình 6-7, có lõi lọc gồm các phiến kim loại dập 5 (dày khoảng 0,3 đến 0,35 mm) và 7 sắp xếp xen kẽ nhau tạo thành khe lọc có kích thước bằng chiều dày của phiến cách 7 (khoảng 0,07 đến 0,08 mm). Các phiến gạt 6 có cùng chiều dày với phiến cách 7 và được lắp với nhau trên một trục cố định trên nắp bầu lọc. Còn các tấm 5 và 7 được lắp trên trục 8 có tiết diện vuông và có tay vịn nên có thể xoay được. Dầu bẩn theo đường dầu vào 4 vào bầu lọc, đi qua các khe hở giữa các tấm 5 để lại các cặn bẩn có kích thước lớn hơn khe hở rồi theo đường dầu ra 2 đi bôi trơn. Khi xoay tay vịn của trục 8, lõi lọc quay theo nên các phiến gạt 6 sẽ gạt cặn bẩn bám bên ngoài lõi lọc tránh cho lọc bị bí tắc.

Bầu lọc thấm dùng lưới lọc và bầu lọc thấm dùng phiến lọc nêu trên thường được dùng cho bầu lọc thô. Sau một thời gian sử dụng do nhà chế tạo qui định, các phần tử lọc được bảo dưỡng và dùng lại.

Bầu lọc thấm dùng lõi lọc bằng giấy, len, dạ, hàng dệt ... Trên hình 6-8 trình bày một loại có lõi lọc bằng dạ. Lõi lọc 3 gồm các vòng dạ ép chặt với nhau. Dầu



**Hình 6-8.** Bầu lọc thấm dùng làm lọc tinh

1. thân bầu lọc, 2. đường dầu vào, 3. lõi lọc bằng dạ, 4. nắp bầu lọc, 5. đường dầu ra, 6. trục bầu lọc

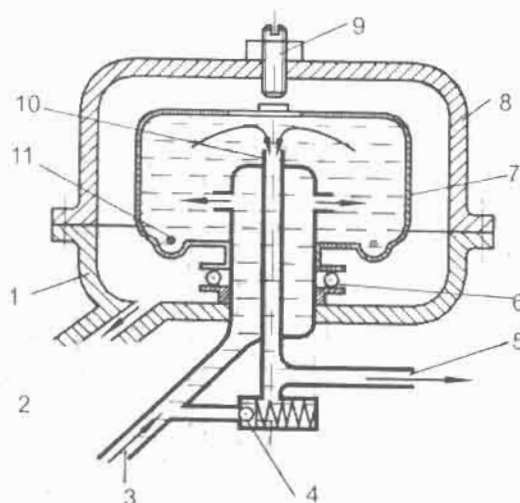
sau khi thấm qua lõi lọc đa sẽ chui qua các lỗ trên trục 6 theo đường dầu ra 5. Bầu lọc thấm loại này có thể dùng làm bầu lọc thô (dầu sau lọc đi bôi trơn) hay bầu lọc tinh (dầu sau khi lọc trở về cacte). Khác với các loại lõi lọc đã xét ở trên, lõi lọc bằng giấy, len, dạ, hàng dệt ... sau một thời gian sử dụng phải thay thế, không dùng lại được.

Nói chung, các bầu lọc thấm có khả năng lọc tốt, lọc rất sạch, kết cấu đơn giản nhưng thời gian sử dụng ngắn. Thông thường chỉ sau 50 giờ làm việc, lọc đã bị bí do cặn bẩn bám đầy ở phần tử lọc.

### *b. Bầu lọc ly tâm*

Trên hình 6-9 trình bày kết cấu điển hình của bầu lọc ly tâm. Dầu có áp suất cao theo đường 3 vào rôto 7 của bầu lọc. Rôto được lắp trên vòng bi đỡ 6 và trên rôto có các lỗ phun 11. Dầu trong rôto khi phun qua các lỗ phun 11 tạo ra ngẫu lực làm quay rôto với tốc độ có thể đạt 5000 đến 6000 vòng/phút, sau đó chảy trở về cacte theo đường 2. Dưới tác dụng của phần lực, rôto bị nâng lên và tỳ vào vít điều chỉnh 9. Do ma sát với bề mặt trong của rô to nên dầu cũng quay theo. Cặn bẩn trong dầu có tỷ trọng lớn hơn tỷ trọng của dầu sẽ văng ra xa sát vách rôto (theo dạng đường parabol) nên dầu càng gần tâm rôto càng sạch. Dầu sạch theo đường ống 10 đến đường dầu 5 đi bôi trơn.

Theo thời gian làm việc, cặn bẩn lưu giữ trong bầu lọc làm giảm dần khả năng lọc của bầu lọc. Để đánh giá mức độ bẩn của bầu lọc có thể căn cứ vào



**Hình 6-9. Bầu lọc ly tâm**

1. thân bầu lọc, 2. đường dầu về cacte, 3. đường dầu vào lọc, 4. van an toàn, 5. đường dầu đi bôi trơn, 6. vòng bi đỡ, 7. rôto, 8. nắp bầu lọc, 9. vít điều chỉnh, 10. ống lấy dầu sạch, 11. lỗ phun

thời gian từ lúc dừng động cơ đến khi không nghe thấy tiếng quay của rôto. Thời gian này càng ngắn, chứng tỏ lọc càng bị bẩn. Sau một thời gian làm việc nhất định (do nhà chế tạo qui định) bầu lọc được bảo dưỡng để làm sạch cặn bẩn đọng bám trên vách rôto.

Tùy theo cách lắp bầu lọc ly tâm trong hệ thống bôi trơn, người ta phân biệt bầu lọc ly tâm toàn phần và bầu lọc ly tâm bán phần.

*Bầu lọc ly tâm toàn phần* được lắp nối tiếp trên mạch dầu. Toàn bộ lượng dầu do bơm cung cấp đều đi qua lọc. Một phần dầu (khoảng  $15 \div 20\%$ ) qua các lỗ phun ở rôto rồi chảy trở về cacte. Phần còn lại theo đường dầu 5 đi bôi trơn. Bầu lọc trình bày trên hình 6-9 chính là bầu lọc ly tâm toàn phần. Bầu lọc ly tâm trong trường hợp này đóng vai trò của bầu lọc thô.

*Bầu lọc ly tâm bán phần* không có đường dầu đi bôi trơn. Dầu đi bôi trơn trong hệ thống do bầu lọc riêng cung cấp. Chỉ có khoảng 10 đến 15% lưu lượng do bơm cung cấp đi qua bầu lọc ly tâm bán phần, được lọc sạch rồi trở về cacte. Bầu lọc ly tâm bán phần đóng vai trò lọc tinh trong hệ thống bôi trơn.

Hiện nay, bầu lọc ly tâm được dùng rộng rãi vì có các ưu điểm sau đây :

- Do không dùng lõi lọc nên khi bảo dưỡng không phải thay các phần tử lọc.
- Khả năng lọc tốt hơn nhiều so với lọc thấm dùng lõi lọc.
- Tính năng lọc ít phụ thuộc vào mức độ cặn bẩn đọng bám trong bầu lọc.

#### c. Bầu lọc từ tính

Để thu gom các hạt sắt lẫn trong dầu, thông thường nút tháo dầu ở đáy cacte được gắn một thanh nam châm vĩnh cửu gọi là bộ lọc từ tính. Do hiệu quả lọc hạt sắt của nam châm rất cao nên loại lọc này được sử dụng rất rộng rãi

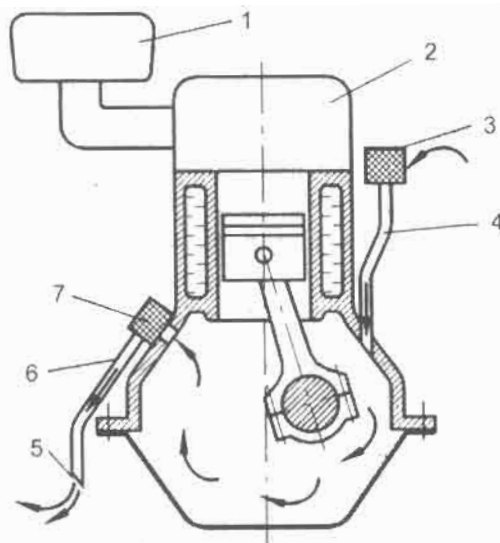
### 6.3.3. Thông gió hộp trục khuỷu

Trong quá trình động cơ làm việc, khí nén và khí cháy có nhiệt độ cao thường lọt từ buồng cháy xuống hộp trục khuỷu mang theo hơi nhiên liệu và các sản phẩm cháy làm cho dầu bôi trơn giảm độ nhớt, bị phân hủy dẫn tới giảm tuổi thọ của động cơ.

Để tránh các tác hại trên, động cơ được tổ chức thay đổi khí bên trong hộp trục khuỷu hay gọi là thông gió hộp trục khuỷu theo những phương án trình bày dưới đây.

#### a. Thông gió hở

Đây là kiểu thông gió tự nhiên, để khí trong hộp trục khuỷu tự thoát ra ngoài, hình 6-10. Khí trong hộp trục khuỷu lưu động là do piston chuyển động



**H 6-10. Thông gió hở (hộp trục khuỷu)**

1. bầu lọc gió, 2. nắp xylanh, 3. lọc khí thông gió, 4. ống gió vào, 5. cửa gió ra, 6. ống ra, 7. lọc ngăn dầu

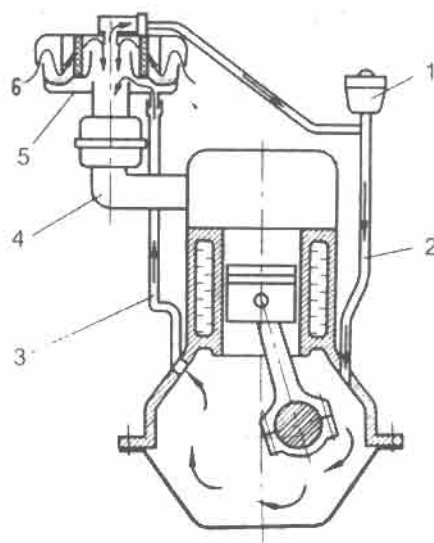
hoặc do ô tô chuyển động (nếu là động cơ lắp trên ô tô) tạo thành vùng áp suất thấp ở miệng ra 5 của ống 6 nên khí trong hộp trục khuỷu tự thoát ra ngoài. Không khí vào được lọc bụi ở bộ lọc 3, còn khí thoát ra được gan lại dầu ở bộ phận lọc 7. Tại đây, dầu rơi trở lại hộp trục khuỷu.

Phương án này đơn giản nhưng hiệu quả thông gió không cao, chóng phải thay dầu và khí trong hộp trục khuỷu thoát ra gây ô nhiễm môi trường.

#### *b. Thông gió kín*

Đây là kiểu thông gió lợi dụng độ chân không trong đường nạp hút khí trong hộp trục khuỷu đưa vào trong xylanh của động cơ cùng với khí nạp mới, hình 6-11. Cụ thể, không khí từ bầu lọc gió 5 qua đường thông trên nắp bầu lọc theo ống 2 vào hộp trục khuỷu. Sau khi thông gió hộp trục khuỷu, khí theo ống ra 3 trở lại bầu lọc và được hút vào động cơ.

Do thông gió cưỡng bức nên hiệu quả thông gió cao, chu kỳ thay dầu dài hơn và giảm ô nhiễm môi trường. Tuy nhiên, xupap và xylanh dễ bị đóng muội và mòn nhanh.



**Hình 6-11.** Thông gió kín (hộp trực khuỷu)  
 1. ống đổ dầu, 2. ống gió vào, 3. ống gió ra, 4. đường nạp,  
 5. bầu lọc gió, 6. đầu giữ bụi

## **Chương VII**

# **HỆ THỐNG LÀM MÁT**

### **7.1. CÔNG DỤNG CỦA HỆ THỐNG LÀM MÁT**

Khi động cơ làm việc, các chi tiết của động cơ nhất là các chi tiết trong buồng cháy tiếp xúc với khí cháy nên có nhiệt độ rất cao. Nhiệt độ đỉnh piston có thể đến  $600^{\circ}\text{C}$  còn nhiệt độ xupap thải có thể đến  $900^{\circ}\text{C}$ . Nhiệt độ các chi tiết cao có thể dẫn đến các tác hại đối với động cơ như sau :

- Giảm sức bền, độ cứng vững và tuổi thọ các chi tiết.
- Bó kẹt giữa các cặp chi tiết chuyển động như piston-xylanh, trục khuỷu- bạc lót ...
- Giảm hệ số nạp nên giảm công suất động cơ.
- Kích nổ trong động cơ xăng.

Hệ thống làm mát có tác dụng tản nhiệt khỏi các chi tiết, giữ cho nhiệt độ của các chi tiết không vượt quá giá trị cho phép và do đó bảo đảm điều kiện làm việc bình thường của động cơ.

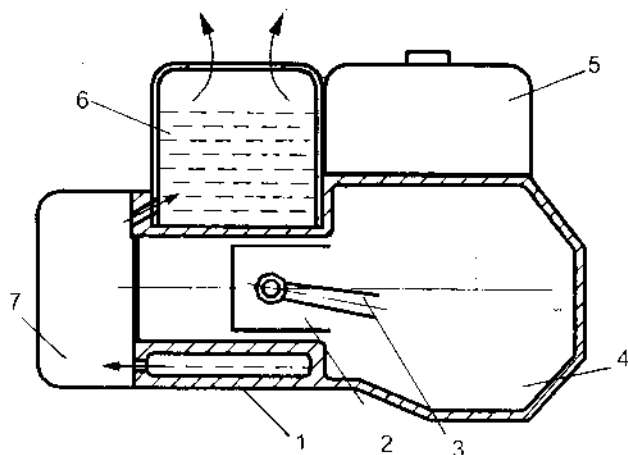
Tuy nhiên, nếu cường độ làm mát lớn quá, nhiệt độ các chi tiết thấp dẫn đến hiện tượng hơi nhiên liệu ngưng tụ và đọng bám trên bề mặt các chi tiết, rửa trôi dầu bôi trơn nên các chi tiết bị mài mòn dữ dội. Đồng thời, độ nhớt của dầu bôi trơn thấp nên ma sát giữa các chi tiết chuyển động tăng. Ngoài ra, công suất tiêu hao cho các bộ phận của hệ thống làm mát như bơm, quạt cũng tăng. Kết quả làm tăng tổn thất cơ giới của động cơ.

### **7.2. CÁC LOẠI HỆ THỐNG LÀM MÁT**

Căn cứ vào môi chất làm mát ta phân biệt hai loại hệ thống làm mát : hệ thống làm mát bằng nước và hệ thống làm mát bằng không khí.

#### **7.2.1. Hệ thống làm mát bằng nước**

Trong hệ thống này, nước được dùng làm môi chất trung gian tải nhiệt khỏi



**Hình 7-1.** Hệ thống làm mát bốc hơi

1. thân máy, 2. piston, 3. thanh truyền, 4. hộp cacte trục khuỷu, 5. thùng nhiên liệu, 6. bình bốc hơi, 7. nắp xylanh

các chi tiết. Tùy thuộc vào tính chất lưu động của nước trong hệ thống làm mát, người ta chia thành các loại : bốc hơi, đối lưu tự nhiên và tuần hoàn cưỡng bức.

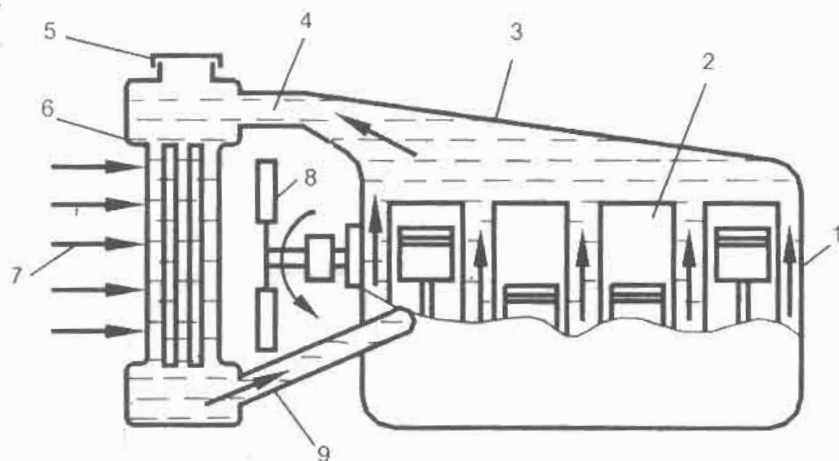
#### a. Hệ thống làm mát kiểu bốc hơi

Đây là kiểu làm mát đơn giản nhất (hình 7.1). Bộ phận chứa nước bao gồm các khoang chứa nước làm mát của thân máy 1, nắp xylanh 7 và bình bốc hơi 6 lắp với thân máy 1. Khi động cơ làm việc, tại những khoang nước bao bọc quanh buồng cháy, nước sẽ sôi. Nước sôi nên tỷ trọng giảm sẽ nổi lên mặt thoáng của bình 6 và bốc hơi mang theo nhiệt ra ngoài khí quyển. Nước sau khi mất nhiệt, tỷ trọng tăng nên chìm xuống tạo thành lưu động đối lưu tự nhiên.

Do làm mát bằng bốc hơi, nếu không có nguồn nước bổ sung, tốc độ tiêu hao nước rất lớn. Vì vậy, hệ thống này không thích hợp cho động cơ ô tô. Mặt khác, do tốc độ lưu động của nước khi đối lưu tự nhiên rất nhỏ nên làm mát không đồng đều dẫn tới có hiện tượng chênh lệch lớn về nhiệt độ giữa các phần được làm mát. Hệ thống này thường được dùng cho động cơ cỡ nhỏ đặt nằm ngang trong nông nghiệp.

#### b. Hệ thống làm mát đối lưu tự nhiên

Trong hệ thống làm mát đối lưu tự nhiên (hình 7-2), nước lưu động tuần hoàn nhờ độ chênh lệch khối lượng riêng  $\rho$  ở nhiệt độ khác nhau. Nước làm mát nhận nhiệt của xylanh trong thân máy 1,  $\rho$  giảm nên nước nổi lên trên. Trong khoang của nắp xylanh 3, nước tiếp tục nhận nhiệt của các chi tiết bao quanh buồng cháy, nhiệt độ tiếp tục tăng và  $\rho$  tiếp tục giảm, nước tiếp tục nổi



**Hình 7-2.** Hệ thống làm mát đối lưu tự nhiên

1. thân máy, 2. xylanh, 3. nắp xylanh, 4. đường nước ra kết, 5. nắp đổ rót nước, 6. kết nước, 7. không khí làm mát, 8. quạt gió, 9. đường nước làm mát vào động cơ

lên theo đường dẫn ra khoang phía trên của kết làm mát 6. Quạt gió 8 được dẫn động bằng puli từ trục khuỷu động cơ hút không khí qua kết. Do đó, nước trong kết được làm mát,  $\rho$  giảm nên nước sẽ chìm xuống khoang dưới của kết và từ đây đi vào thân máy, thực hiện một vòng tuần hoàn.

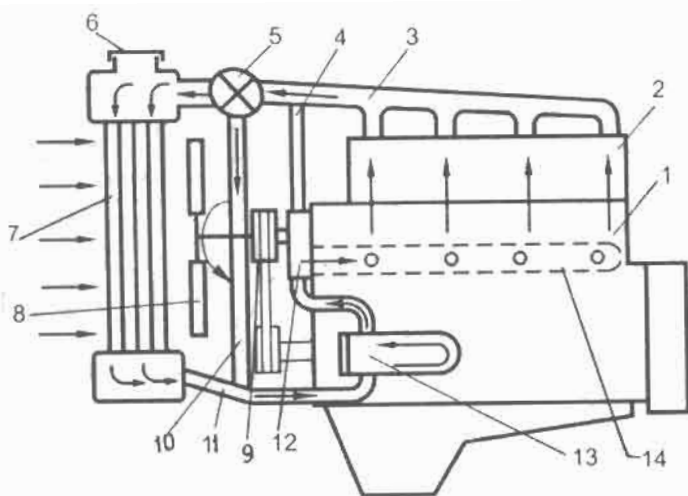
Cũng như phương pháp bốc hơi đã xét ở trên, tốc độ lưu động của nước ở phương pháp này cũng nhỏ chỉ vào khoảng 0,12 – 0,19 m/s. Điều đó dẫn đến chênh lệch nhiệt độ nước vào và nước ra lớn, vì vậy làm mát không đồng đều. Muốn giảm độ chênh nhiệt độ nước vào và nước ra khỏi động cơ thì phải tăng kích thước thùng chứa – kết nước và tăng chiều cao lắp đặt kết, điều đó làm cho động cơ rất cồng kềnh. Vì vậy, phương pháp này không thể sử dụng cho động cơ vận tải như ô tô, máy kéo ... mà chỉ dùng ở động cơ tĩnh tại.

#### c. Hệ thống làm mát tuần hoàn cưỡng bức

Để tăng tốc độ lưu động của nước làm mát động cơ, người ta dùng hệ thống tuần hoàn cưỡng bức. Trong hệ thống này, tốc độ lưu động của nước chủ yếu do bơm quyết định. Sau đây trình bày một số loại của hệ thống làm mát này.

##### – Hệ thống làm mát cưỡng bức tuần hoàn kín một vòng

Hình 7-3 giới thiệu một loại hệ thống làm mát tuần hoàn cưỡng bức của động cơ ô tô – máy kéo một hàng xylanh. Nước làm mát có nhiệt độ thấp được bơm 12 hút từ bình chứa phía dưới của kết nước 7 qua đường ống 10 rồi qua kết 13 để làm mát dầu sau đó vào động cơ. Để phân phối nước làm mát đồng đều cho các xylanh và làm mát đồng đều cho mỗi xylanh, nước sau khi bơm vào thân máy 1 chảy qua ống phân phối 14 đúc sẵn trong thân máy. Sau khi làm mát xylanh, nước lên làm mát nắp máy rồi theo đường ống 3 ra khỏi động



**Hình 7-3.** Hệ thống làm mát cưỡng bức tuần hoàn kín một vòng

1. thân máy, 2. nắp xylanh, 3. đường nước ra khỏi động cơ, 4. ống dẫn bột nước, 5. van hằng nhiệt, 6. nắp rót nước, 7. két làm mát, 8. quạt gió, 9. puli, 10. ống nước nối tắt về bơm, 11. đường nước vào động cơ, 12. bơm nước, 13. két làm mát dầu, 14. ống phân phối nước

cơ với nhiệt độ cao đến van hằng nhiệt 5. Khi van hằng nhiệt mở, nước qua van vào bình chứa phía trên của két nước. Tiếp theo, nước từ bình phía trên đi qua các ống mỏng có gắn các cánh tản nhiệt. Tại đây, nước được làm mát bởi dòng không khí qua két do quạt 8 tạo ra. Quạt được dẫn động bằng puli từ trục khuỷu của động cơ. Tại bình chứa phía dưới của két làm mát, nước có nhiệt thấp lại được bơm hút vào động cơ thực hiện một chu trình làm mát tuần hoàn.

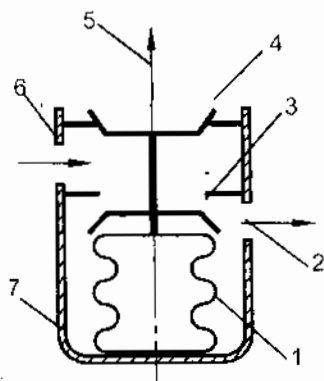
Để hiểu rõ thêm nguyên lý làm việc nêu trên, cần khảo sát một số đặc điểm kết cấu các bộ phận của hệ thống.

*Van hằng nhiệt* 5 (hình 7-3) thực chất là tổ hợp hai van. Tại đây, nước chia làm hai dòng, một dòng đến két làm mát và một dòng theo đường ống 9 trở lại bơm vào động cơ.

Hình 7-4 trình bày sơ đồ kết cấu của một loại van hằng nhiệt dùng chất lỏng. Khi nhiệt độ nước làm mát thấp hơn nhiệt độ qui định - ví dụ, khi động cơ khởi động từ trạng thái nguội - van 4 đóng, van 3 mở hoàn toàn, nước không được làm mát mà chỉ tuần hoàn trong động cơ nên nhiệt độ nước tăng lên nhanh chóng. Điều đó có nghĩa rút ngắn được thời gian quá độ là thời gian động cơ làm việc ở nhiệt độ thấp nên giảm hao mòn các chi tiết vì ở nhiệt độ thấp, hơi nhiên liệu có thể ngưng tụ trên bề mặt xylanh và rửa trôi dầu bôi trơn.

Khi nhiệt độ nước đạt nhiệt độ qui định trở đi, chất lỏng trong hộp xếp - gồm 1/3 thể tích là rượu êtylic và 2/3 là nước cất - hóa hơi làm hộp xếp 1

giãn nở sẽ mở van 4 và đóng dần van 3. Rõ ràng là sự phân chia lưu lượng giữa hai dòng nước ra kết và về bơm phụ thuộc vào nhiệt độ của nước ra khỏi động cơ và do đó có tác dụng điều chỉnh nhiệt độ làm mát động cơ trong một phạm vi nhất định. Khi nhiệt độ đạt một giá trị nào đó, van 4 mở và van 3 đóng hoàn toàn, toàn bộ lưu lượng nước làm mát ra kết nên van hằng nhiệt không còn tác dụng điều chỉnh nhiệt độ nữa.



**Hình 7-4. Van hằng nhiệt**

1. hộp xếp, 2. đường về bơm, 3. van về bơm, 4. van ra-kết, 5. đường ra kết, 6. đường nước nóng đến từ động cơ, 7. thân van

Ống 4 (hình 7-3) có tác dụng dẫn bọt khí và hơi sinh ra trong bơm 12 qua van hằng nhiệt 5 ra kết làm mát 7.

Bơm nước 12 (hình 7-3) thường dùng là bơm ly tâm, được dẫn động bằng đai từ trực khuỷu động cơ.

Quạt gió 8 thường là quạt chiều trực lắp đồng trục với bơm (hình 7-3).

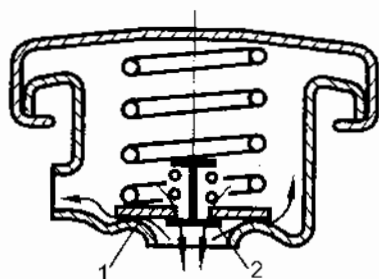
Chiều nghiêng của cánh và chiều quay của quạt quyết định không khí được hút vào qua kết dùng cho động cơ ô tô, máy kéo để tận dụng tốc độ dòng không khí ngược khi xe chạy hay đẩy ra qua kết dùng cho động cơ tĩnh tại. Số cánh quạt thường không lớn hơn 6 và góc giữa các cánh có thể không đều nhằm giảm ồn. Một số quạt gió được trang bị ly hợp điện từ hoặc thủy lực và ly hợp chỉ đóng để quay quạt khi nhiệt độ động cơ đạt giá trị nhất định. Điều đó cũng có tác dụng rút ngắn thời gian quá độ của động cơ từ trạng thái nguội đến nhiệt độ ổn định giống như tác dụng của van hằng nhiệt vừa nêu trên.

Nắp kết nước có hai van (hình 7-5). Van xả 1 có tác dụng giảm áp khi áp suất trong hệ thống cao (khoảng  $1,15 \div 1,25 \text{ kg/cm}^2$ ) do bọt hơi sinh ra trong hệ thống, nhất là khi động cơ quá nóng. Còn van hút 2 sẽ mở để bổ sung không khí khi áp suất chân không trong hệ thống lớn hơn giá trị cho phép (khoảng  $0,05 \div 0,1 \text{ kg/cm}^2$ ).

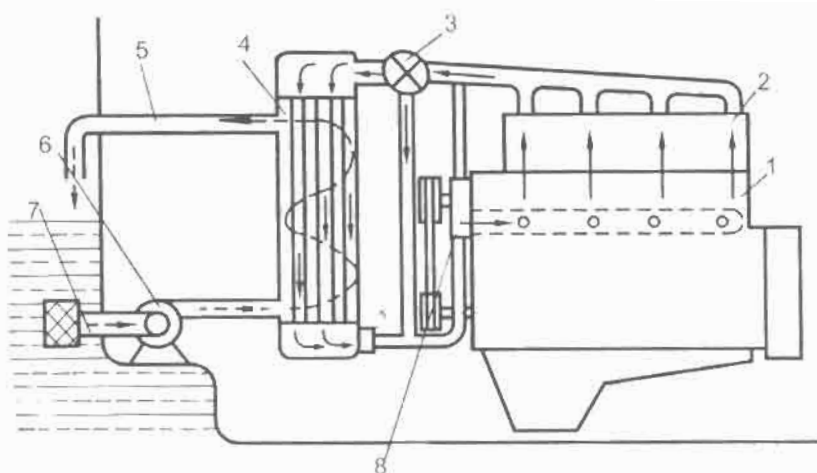
Hệ thống làm mát tuần hoàn cưỡng bức một vòng rất phổ biến trên động cơ ô tô, máy kéo và động cơ tĩnh tại.

- Hệ thống làm mát cưỡng bức tuần hoàn hai vòng

Trong hệ thống này (hình 7-6), nước được làm mát tại kết nước 4 không phải bằng



**Hình 7-5. Nắp kết nước**  
1. van xả, 2. van hút



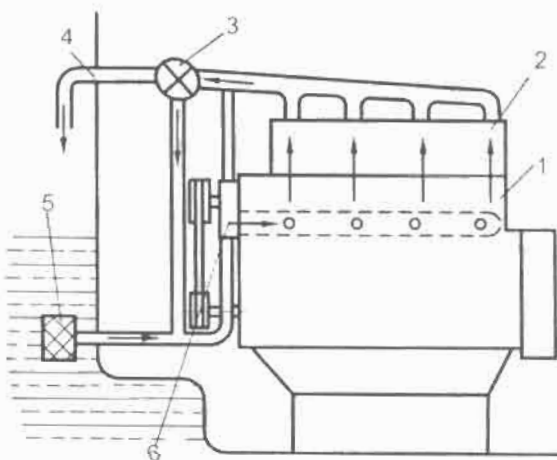
**Hình 7-6.** Hệ thống làm mát cưỡng bức hai vòng

1. thân máy, 2. nắp xy lanh, 3. van hằng nhiệt, 4. két làm mát, 5. đường nước ra vòng hở, 6. bơm vòng hở, 7. đường nước vào vòng hở, 8. bơm nước vòng kín

đồng không khí do quạt gió tạo ra mà bằng nước có nhiệt độ thấp hơn, ví dụ như nước sông hay nước biển. Hệ thống có hai vòng nước tuần hoàn. Vòng thứ nhất làm mát động cơ như đã xét ở hệ thống tuần hoàn cưỡng bức một vòng còn được gọi là nước vòng kín. Vòng thứ hai với nước sông hay nước biển được bơm 6 chuyển đến két làm mát để làm mát nước vòng kín, sau đó lại thải ra sông, ra biển nên được gọi là vòng hở. Hệ thống làm mát hai vòng được dùng rất phổ biến cho động cơ tàu thủy.

#### c. Hệ thống làm mát một vòng hở

Trong hệ thống này, hình 7-7, nước làm mát là nước sông, biển, được bơm 6 hút vào làm mát động cơ sau đó theo đường nước 4 đổ ra sông, biển. Ưu điểm cơ bản của hệ thống là rất đơn giản. Tuy nhiên, do phải bảo đảm nhiệt độ nước làm mát thấp (khoảng  $60^{\circ}\text{C}$ ) để giảm hiện tượng đóng cặn trong khoang nước của động cơ (tăng trở nhiệt của quá trình trao đổi nhiệt) nên chênh lệch nhiệt độ lớn. Điều đó dẫn đến ứng suất nhiệt của các chi tiết được làm mát khá lớn.

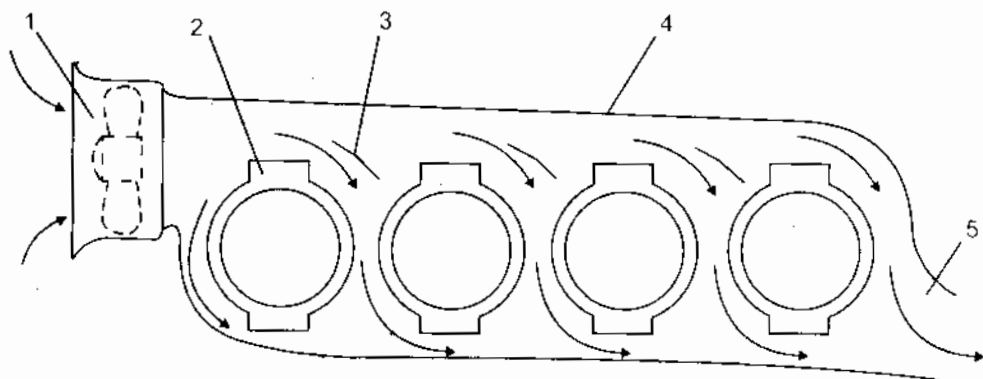


**Hình 7-7.** Hệ thống làm mát một vòng hở

1. thân máy, 2. nắp máy, 3. van hằng nhiệt, 4. đường nước ra, 5. lọc lưới, 6. bơm nước

### 7.2.2. Hệ thống làm mát bằng không khí

Hệ thống làm mát bằng không khí (hình 7-8) còn gọi là hệ thống làm mát bằng gió, có cấu tạo rất đơn giản. Quạt gió 1 được dẫn động từ trục khuỷu cung cấp không khí với lưu lượng lớn làm mát động cơ. Để rút ngắn quá trình quá độ từ trạng thái nguội khi khởi động đến trạng thái nhiệt độ ổn định, quạt gió được trang bị ly hợp điện từ hoặc thủy lực (như đã trình bày ở phần "Hệ thống làm mát bằng nước cưỡng bức một vòng tuần hoàn"). Bản hướng gió 3 có tác dụng phân phối không khí sao cho các xylanh và từng xylanh được làm mát đồng đều nhất. Các chi tiết cần làm mát như xylanh, nắp xylanh ... (xem chương III) phải có các gân tản nhiệt để tăng diện tích làm mát.



**Hình 7-8.** Hệ thống làm mát bằng không khí

1. quạt gió, 2. cánh tản nhiệt, 3. tấm hướng gió, 4. vỏ hộp, 5. đường thoát không khí

### 7.2.3. So sánh hệ thống làm mát bằng nước và không khí

So với hệ thống làm mát bằng không khí, hệ thống làm mát bằng nước có những ưu việt sau :

Hiệu quả làm mát cao hơn, các chi tiết được làm mát đồng đều hơn do nước có nhiệt dung riêng và độ nhớt lớn hơn nhiều so với của không khí. Vì vậy, tổn thất công suất cho hệ thống làm mát (quạt và bơm nước) ít hơn. Do làm mát đồng đều nên giới hạn tỷ số nén về kích nổ có thể cao hơn và các chi tiết mòn đều hơn.

Chiều dài động cơ ngắn hơn do không phải bố trí các gân tản nhiệt giữa các xylanh (gân tản nhiệt có chiều rộng tương đối lớn so với chiều dày xylanh). Do đó động cơ cũng vững hơn.

Tuy nhiên, hệ thống làm mát bằng nước phức tạp hơn vì có các bộ phận như két nước, bơm ... Đối với động cơ làm việc ở xứ lạnh, phải có biện pháp chống đông cho nước. Ngoài ra, nước có thể rò rỉ xuống cacte dầu gây mòn, tróc các chi tiết ma sát như piston, xylanh, trục và ổ trục.

Quạt gió có công suất nhỏ hơn nên khi làm việc ít ồn hơn.

Động cơ làm mát bằng không khí rõ ràng dễ sử dụng và tiện lợi trong điều kiện thiếu nước như ở sa mạc hay rừng sâu. Do đó, rất thích hợp cho động cơ trong lâm nghiệp hoặc trong quân sự.

## **Chương VIII**

# **HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA TRONG ĐỘNG CƠ XĂNG**

Hỗn hợp nhiên liệu và không khí trong động cơ xăng được đốt cháy cưỡng bức (khác với ở động cơ diesel là do tự cháy). Thông thường, nguồn đốt được dùng là tia lửa điện sinh ra tại bugi hay còn gọi là nến đánh lửa của hệ thống đánh lửa.

Hệ thống đánh lửa tạo ra điện áp rất cao giữa hai điện cực của bugi nên tại đây xuất hiện tia lửa điện. Tùy theo phương pháp tạo điện áp cao (còn gọi là cao áp) mà có thể phân chia hệ thống đánh lửa thành nhiều loại khác nhau. Một số loại hệ thống đánh lửa thường gặp trong thực tế sẽ được trình bày dưới đây.

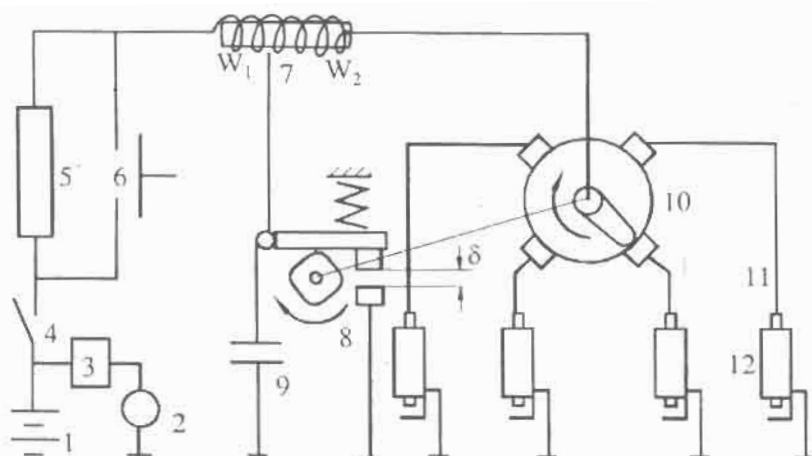
### **8.1. HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA THƯỜNG, DÙNG ACQUI**

Đây là hệ thống rất thông dụng trên động cơ ô tô thế hệ cũ. Nguồn năng lượng cung cấp cho hệ thống đánh lửa thực chất từ hai nguồn, hình 8-1, là acqui 1 và máy phát 2 lắp song song. Máy phát được dẫn động từ trục khuỷu động cơ và có thể là máy phát một chiều hay xoay chiều nhưng dòng điện ra của máy phát phải là dòng một chiều. Khi tốc độ máy phát còn nhỏ, acqui cung cấp điện cho hệ thống đánh lửa và cho các nguồn tiêu thụ khác của động cơ. Khi tốc độ đủ lớn, máy phát cung cấp điện cho toàn bộ hệ thống và nạp điện cho acqui. Để phối hợp hoạt động của acqui và máy phát, trong cụm nguồn có trang bị bộ điều chỉnh điện 3.

Các chức năng chủ yếu của bộ điều chỉnh điện là :

- *Điều chỉnh thế hiệu của máy phát* sao cho thế hiệu của máy phát trong quá trình cung cấp điện cho hệ thống không đổi.

- *Hạn chế cường độ dòng điện của máy phát* vì phụ tải điện của hệ thống thường thay đổi. Ví dụ, acqui là một nguồn tiêu thụ điện rất lớn của hệ thống nên khi nạp hay không nạp acqui, phụ tải điện thay đổi khá nhiều. Trong khi thế hiệu máy phát không đổi, nếu không được hạn chế, dòng điện quá lớn có thể làm cháy máy phát.



**Hình 8-1.** Hệ thống đánh lửa thường bằng acqui

1. acqui, 2. máy phát, 3. bộ điều chỉnh điện, 4. khóa điện, 5. điện trở  $R_1$ , 6. khóa hồ trợ khởi động, 7. biến áp đánh lửa, 8. bộ tạo xung, 9. tụ điện, 10. bộ chia điện, 11. dây cao áp, 12. bugi

- Ngăn dòng điện ngược từ acqui đến máy phát khi acqui cung cấp điện cho hệ thống, tránh làm hỏng máy phát.

Nguyên tắc làm việc của hệ thống đánh lửa bằng acqui như sau. Khi động cơ làm việc, khóa điện 4 đóng, có một dòng điện gọi là dòng sơ cấp đi từ cực dương của cụm nguồn, qua điện trở  $R_1$ , vào cuộn sơ cấp  $W_1$  của biến áp đánh lửa 7 (thường là biến áp tự ngẫu) rồi đến bộ tạo xung 8. Bộ tạo xung về thực chất có một cặp tiếp điểm đóng mở do một trục cam liên hệ với trục khuỷu động cơ (trục cam này thường đồng trục với bộ chia điện 10). Khi cặp tiếp điểm đóng, dòng sơ cấp qua cặp tiếp điểm rồi trở về cực âm của cụm nguồn. Khi cam mở cặp tiếp điểm, dòng sơ cấp đang ở một giá trị nào đó đột ngột trở về 0 gây ra biến thiên đột ngột từ thông cảm ứng sang cuộn  $W_2$  của biến áp tạo ra một suất điện động cảm ứng  $E_2$  khoảng 15.000 đến 21.000 V. Điện thế này được dẫn đến bộ chia điện 10, qua con quay phân phối và qua dây cao áp 11 đến các bugi 12 sinh ra tia lửa điện để đốt hỗn hợp trong các xylanh theo thứ tự làm việc của động cơ. Như vậy, thời điểm mở tiếp điểm chính là thời điểm tương ứng với góc đánh lửa sớm của động cơ.

Vào thời điểm mở cặp tiếp điểm của bộ tạo xung 8, ở cuộn dây  $W_1$  của biến áp đánh lửa 7 sinh ra một suất điện động tự cảm  $E_1$  khá lớn khoảng 200 đến 300 V có thể tạo ra tia lửa điện làm giảm tuổi thọ của cặp tiếp điểm. Nhờ có tụ điện 9 lắp song song với cặp tiếp điểm nên tia lửa điện được dập tắt hoặc giảm đáng kể.

Tuy nhiên, khó có thể dập tắt hoàn toàn tia lửa điện ở cặp tiếp điểm. Để chịu được tia lửa điện, cặp tiếp điểm thường chế tạo bằng hợp kim platin. Ngoài ra, bề mặt cặp tiếp điểm phải được mài phẳng để tiếp xúc tốt nhất, giảm hiện tượng rỗ má vít do mật độ dòng điện tiếp xúc cục bộ quá lớn (do giảm diện tích tiếp xúc), ảnh hưởng đến chất lượng đánh lửa. Một thông số khác rất quan trọng của cặp tiếp điểm là khe hở  $\delta$ . Giá trị này có ảnh hưởng quyết định đến thời gian đóng má vít hay giá trị dòng sơ cấp khi ngắt vì dòng sơ cấp tăng từ 0 khi đóng theo một qui luật nhất định theo thời gian. Thời gian đóng tiếp điểm quá ngắn, dòng sơ cấp khi ngắt nhỏ,  $E_2$  sẽ nhỏ, do đó chất lượng đánh lửa kém. Cũng chính vì vậy, chất lượng đánh lửa giảm khi tăng tốc độ vòng quay.

Khi động cơ khởi động bằng acqui, điện áp của acqui sụt khá lớn do phải cung cấp điện cho động cơ điện khởi động. Lúc đó dòng sơ cấp nhỏ dẫn tới  $E_2$  nhỏ, chất lượng đánh lửa kém nên động cơ khó khởi động. Để khắc phục hiện tượng này, trong hệ thống có trang bị khóa hỗ trợ khởi động. Khi khởi động, đồng thời với đóng công tắc động cơ điện khởi động, khóa 6 được đóng lại (xem mục 9.2.1), điện trở  $R_1$  bị nối tắt nên dòng sơ cấp không bị giảm so với chế độ làm việc bình thường. Tất nhiên, sau khi kết thúc khởi động, khóa 6 phải được mở ra.

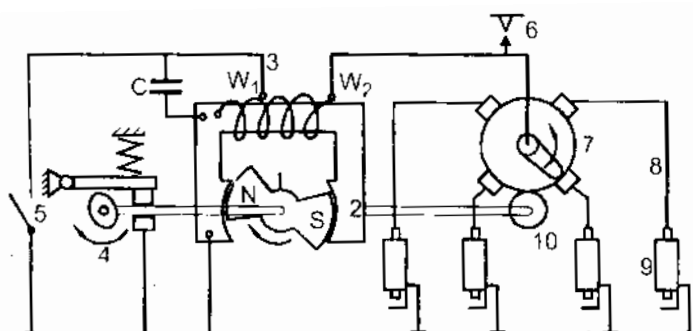
Ngoài các bộ phận nêu trên, trong hệ thống đánh lửa còn có các bộ phận điều chỉnh góc đánh lửa sớm theo tốc độ vòng quay động cơ  $n$ , theo tải trọng của động cơ (độ chân không sau bướm ga) và theo chỉ số octan của nhiên liệu. Nguyên tắc các bộ phận điều chỉnh này là thay đổi vị trí tương đối giữa trục cam và cặp má vít để thay đổi góc đánh lửa sớm cho thích hợp. Do khuôn khổ có hạn, chúng tôi không trình bày các bộ phận này ở đây. Xin tham khảo các giáo trình khác về động cơ đốt trong.

Hệ thống đánh lửa thường dùng acqui được sử dụng rộng rãi trên động cơ ô tô, mô tô, xe máy, máy phát điện...

## 8.2. HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA BẰNG MANHÊTÔ

Đặc điểm chính của hệ thống đánh lửa bằng manhêrô (hình 8-2) là chỉ có một nguồn điện duy nhất là máy phát điện xoay chiều (manhêrô) gồm rôto 1 là một nam châm vĩnh cửu, stato 2 với cuộn dây  $W_1$  và  $W_2$ . Trên trục rôto có lắp cam của bộ tạo xung 4 và bánh răng truyền động 10 của bộ chia điện 7.

Khi rôto quay, từ thông trong lõi thép của hai cuộn dây  $W_1$  và  $W_2$  luôn biến thiên cả về chiều và trị số, làm xuất hiện tại đây những suất điện động cảm ứng  $E_1$  khoảng 20V đến 30V và  $E_2$  khoảng 1000V đến 1500 V. Ở mạch thứ cấp, điện áp 1000 đến 1500 V không đủ tạo thành tia lửa phóng qua khe



**Hình 8-2.** Hệ thống đánh lửa bằng nam châm

1. rôto, 2. stato, 3. biến áp đánh lửa, 4. bộ tạo xung, 5. khóa tắt máy, 6. điện cực bảo vệ, 7. bộ chia điện, 8. dây dẫn cao áp, 9. bugi, 10. bánh răng truyền động

hồ điện cực bugi 9. Còn ở mạch sơ cấp, bao gồm cặp tiếp điểm của bộ tạo xung 4 và cuộn dây  $W_1$ , khi tiếp điểm của bộ tạo xung đóng trong mạch sẽ xuất hiện dòng điện sơ cấp  $I_1$  tăng từ 0 theo một qui luật nhất định. Người ta thiết kế sao cho khi  $I_1$  đạt cực đại, cam của bộ tạo xung mở cặp tiếp điểm. Khi đó  $I_1$  giảm đột ngột về 0 tạo ra biến thiên đột ngột về từ thông trong các cuộn dây  $W_1$  và  $W_2$  và sinh ra tại đây các suất điện động cảm ứng  $E_1$  khoảng 200 đến 300V và  $E_2$  khoảng 15.000 đến 20.000 V.  $E_1$  sẽ được dập tắt do tác dụng của tụ điện C (xem mục 8.1) còn  $E_2$  sẽ sinh tia lửa điện ở bugi 9 do bộ chia điện 7 phân phối đến các xy lanh.

Khi muốn dừng động cơ, đóng khóa tắt máy 5, mạch sơ cấp sẽ luôn luôn khép kín nên cặp tiếp điểm không có tác dụng ngắt đột ngột dòng sơ cấp. Do đó không có tia lửa sinh ra ở bugi, động cơ sẽ ngừng làm việc.

Điện cực bảo vệ 6 có tác dụng bảo vệ cuộn  $W_2$  khỏi bị đánh thủng vì điện áp quá cao khi mạch thứ cấp hở do một lý do nào đó. Khi đó, tại đây sẽ sinh ra tia lửa điện và do đó khống chế điện áp của mạch thứ cấp. Điện cực 6 có thể điều chỉnh được khoảng cách sao cho xuất hiện tia lửa điện khi điện áp mạch thứ cấp đạt khoảng 1,5 giá trị thông thường.

Hệ thống đánh lửa bằng nam châm và các loại tương tự rất thích hợp cho các động cơ có tốc độ vòng quay lớn và được sử dụng rộng rãi trên các động cơ mô tô, xe máy, xe đua, máy bay, động cơ xăng khởi động của động cơ diesel...

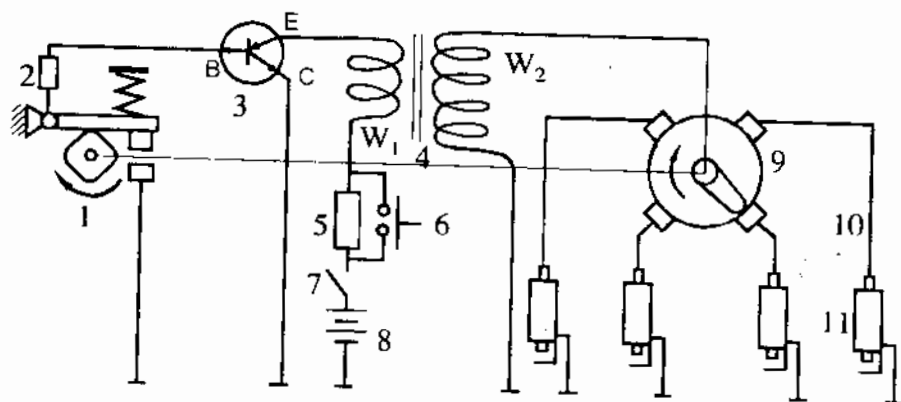
### 8.3. HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA BÁN DẪN

Ngày nay, với sự phát triển rất mạnh của kỹ thuật điện tử, hệ thống đánh lửa bán dẫn với nhiều dạng phong phú được sử dụng rất rộng rãi cho các loại động cơ xăng. Về nguyên tắc làm việc có thể chia làm hai loại chính : hệ thống đánh lửa bán dẫn dùng tiếp điểm và không dùng tiếp điểm.

### 8.3.1. Hệ thống đánh lửa bán dẫn dùng tiếp điểm

Đặc điểm của hệ thống đánh lửa này là dựa vào tính chất khóa mở của transito hoặc tiristo theo sự điều khiển của tiếp điểm cơ khí. Hình 8-3 trình bày sơ đồ nguyên lý làm việc của hệ thống này. Khi khóa điện 7 đóng thì điện thế ở cực phát E của transito có giá trị dương vì khi đó cực E thông qua cuộn dây  $W_1$  của biến áp đánh lửa 4 và điện trở 5 của mạch sơ cấp nối với cực dương của acqui. Điện thế ở cực gốc B khi cặp tiếp điểm của bộ tạo xung 1 đóng thì trái lại, có giá trị âm vì cực B thông qua điện trở 2 của mạch điều khiển và cặp tiếp điểm nối với cực âm (cực mát) của acqui. Khi đó dòng điện điều khiển  $I_b$  sẽ đi từ cực E đến cực B có tác dụng mở hoàn toàn công tắc E-C cho dòng điện cực gốc  $I_c$  chạy qua. Dòng điện sơ cấp của biến áp sẽ là tổng của dòng  $I_b$  và  $I_c$ . Dòng điện này tạo nên năng lượng tích lũy trong từ trường của biến áp đánh lửa giống như trong hệ thống đánh lửa thông thường dùng acqui. Khi tiếp điểm 2 mở, dòng  $I_b$  triệt tiêu do đó transito bị khóa đột ngột, toàn bộ dòng sơ cấp cũng bị triệt tiêu gây ra suất điện động cảm ứng cao áp ở cuộn thứ cấp  $W_2$  để đánh lửa.

So với hệ thống đánh lửa bằng acqui, dòng điện đi qua tiếp điểm nhỏ hơn nhiều nên tiếp điểm ít bị hỏng.



Hình 8-3. Hệ thống đánh lửa bán dẫn có tiếp điểm

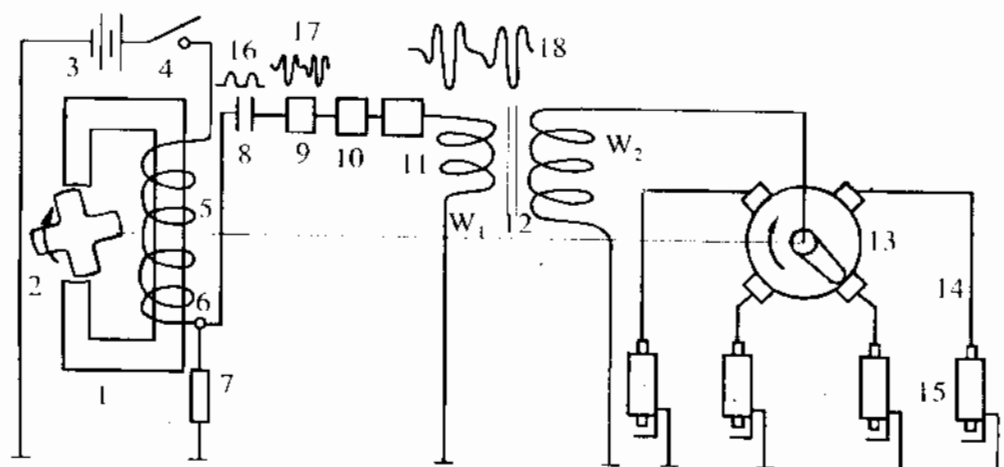
1. bộ tạo xung, 2. điện trở mạch điều khiển  $R_b$ , 3. transito, 4. biến áp đánh lửa,
5. điện trở mạch sơ cấp  $R_p$ , 6. khóa hỗ trợ khởi động, 7. khóa điện, 8. acqui,
9. bộ chia điện, 10. dây cao áp, 11. bugi.

### 8.3.2. Hệ thống đánh lửa bán dẫn không dùng tiếp điểm

Hình 8.4 trình bày sơ đồ nguyên lý của hệ thống đánh lửa bán dẫn không tiếp điểm. Mạch từ 1 được kích thích nhờ cuộn dây 5 khi cuộn dây được nối mạch với acqui 3 qua khóa điện 4 và điện trở 7. Từ thông của mạch 1 biến đổi theo chu kỳ nhờ rôto 2. Rôto 2 gắn với trục của bộ chia điện, khi quay sẽ lần lượt khép kín mạch từ 1. Do đó ở điểm nối 6 trong một vòng quay của

trục 2 sẽ xuất hiện xung điện 16 với số xung trong một chu kỳ làm việc bằng số xy lanh của động cơ. Những tín hiệu này được chuyển qua tụ điện 8 và dẫn đến bộ rung bán dẫn 9 để modul hóa thành các xung điện 17. Tiếp theo, tín hiệu đưa đến mạch chuyển pha 10 (còn gọi là bộ điều chỉnh góc đánh lửa sớm theo tốc độ vòng quay kiểu điện tử). Tại đây, tín hiệu được thay đổi về pha sao cho góc đánh lửa sớm phù hợp với yêu cầu đã được mã hóa trong mạch 10. Sau đó, tín hiệu được khuếch đại bởi bộ khuếch đại 11 trở thành tín hiệu 18 rồi được dẫn vào cuộn dây sơ cấp  $W_1$  của biến áp đánh lửa 12 gây ra suất điện động cảm ứng cao áp ở cuộn thứ cấp  $W_2$ . Suất điện động cao áp ở mạch thứ cấp thông qua bộ chia điện 13 và dây cao áp 14 sẽ phóng tia lửa điện ở bugi 15 để đốt hỗn hợp trong xylanh động cơ.

Do không có tiếp điểm nên hệ thống làm việc rất an toàn và không phải bảo dưỡng khi vận hành.



**Hình 8.4.** Sơ đồ hệ thống đánh lửa bán dẫn không tiếp điểm

1. khung từ, 2. rôto, 3. acqui, 4. khóa điện, 5. cuộn dây, 6. điểm nối, 7. điện trở mạch sơ cấp, 8. tụ điện, 9. bộ rung bán dẫn, 10. bộ chuyển pha, 11. bộ khuếch đại, 12. biến áp đánh lửa, 13. bộ chia điện, 14. dây cao áp, 15. bugi, 16. xung điều khiển, 17. xung đã được modul hóa, 18. xung sau khuếch đại.

Nói chung, so với các hệ thống đánh lửa khác, chất lượng đánh lửa của hệ thống đánh lửa bán dẫn rất tốt ở cả chế độ tốc độ vòng quay cao và thấp, động cơ khởi động dễ dàng. Do đó chất lượng làm việc của động cơ được cải thiện rõ rệt như giảm suất tiêu hao nhiên liệu, động cơ tăng tốc nhanh chóng... Ngày nay, giá thành của các linh kiện bán dẫn, kể cả các linh kiện có công suất lớn, giảm liên tục. Vì vậy hệ thống đánh lửa bán dẫn ngày càng được sử dụng rất rộng rãi và dần dần thay thế các hệ thống đánh lửa cổ điển.

## **Chương IX**

# **HỆ THỐNG KHỞI ĐỘNG**

### **9.1. TỐC ĐỘ VÒNG QUAY TỐI THIỂU ĐỂ KHỞI ĐỘNG**

Động cơ đốt trong khác với một số động cơ khác như động cơ điện, máy hơi nước ... không thể tự khởi động được. Nói cách khác, muốn khởi động động cơ phải cung cấp năng lượng để quay trục khuỷu động cơ đến tốc độ vòng quay cần thiết cho động cơ nổ và tự làm việc.

Đối với động cơ xăng, do những yếu tố sau : tỷ số nén nhỏ, hỗn hợp được chuẩn bị bên ngoài xy lanh, xăng dễ bay hơi, đốt cháy cưỡng bức bằng tia lửa điện và khi khởi động hỗn hợp rất đậm do có hệ thống khởi động thuộc hệ thống nhiên liệu (xem mục d của 5.1.2.3) nên tốc độ vòng quay tối thiểu để khởi động nhỏ, chỉ khoảng 50 v/ph hoặc thấp hơn. Để đạt tốc độ này, với động cơ cỡ nhỏ hoàn toàn có thể quay bằng tay hoặc đạp chân để khởi động.

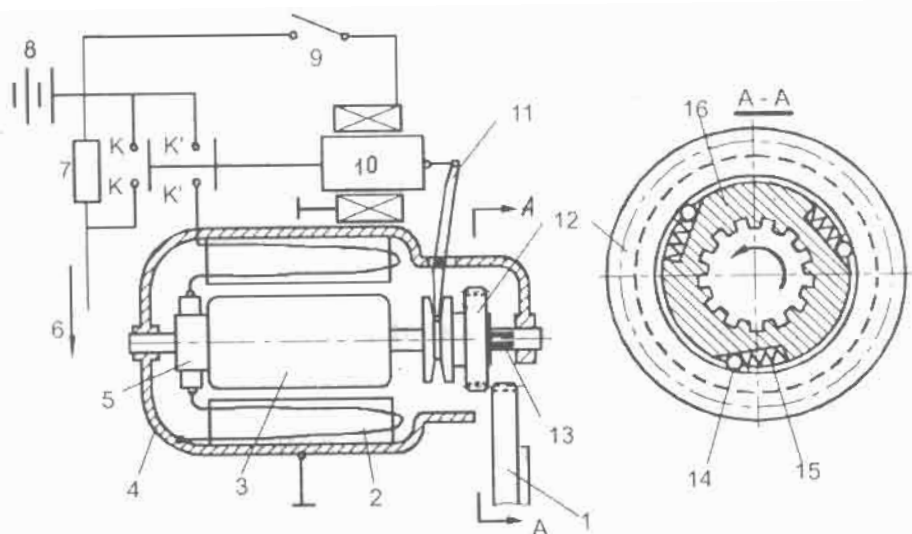
Đối với động cơ diesel, trái lại, hỗn hợp được chuẩn bị bên trong xy lanh và đốt cháy bằng tự cháy do nén với tỷ số nén lớn nên lọt khí nhiều. Vì vậy tốc độ vòng quay khởi động phải lớn. Đối với động cơ buồng cháy thống nhất, tốc độ vòng quay tối thiểu khoảng 125 v/ph, còn đối với động cơ buồng cháy ngăn cách khoảng 150 đến 200 v/ph.

### **9.2. CÁC LOẠI HỆ THỐNG KHỞI ĐỘNG**

Tùy thuộc vào loại và cách thức sử dụng năng lượng khởi động, người ta phân biệt một số loại hệ thống khởi động khác nhau. Sau đây là một số loại thường gặp trong thực tế.

#### **9.2.1. Khởi động bằng acqui**

Trong hệ thống khởi động này, acqui cung cấp năng lượng cho động cơ điện một chiều làm quay động cơ đốt trong khi khởi động.



Hình 9-1. Hệ thống khởi động bằng acqui

1. bánh đà động cơ đốt trong, 2. stato, 3. rôto, 4. vỏ động cơ điện, 5. cổ góp, 6. đường dẫn đến mạch sơ cấp của hệ thống đánh lửa, 7. điện trở mạch sơ cấp của hệ thống đánh lửa, 8. acqui, 9. khóa khởi động, 10. rôle điện, 11. cần dẫn động, 12. khớp bánh răng khởi động, 13. trục động cơ điện, 14. bi, 15. lò xo, 16. khớp trượt.

Hình 9-1 trình bày sơ đồ khởi động dùng acqui cho động cơ xăng là sơ đồ điển hình cho hệ thống khởi động loại này.

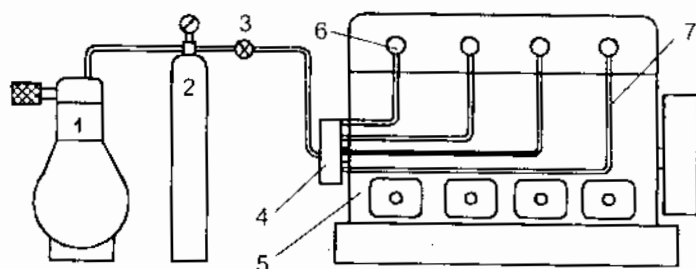
Khi khởi động, khóa 9 đóng, rôle điện 10 kiểu con trượt bị hút sang trái sẽ lần lượt đóng các tiếp điểm K-K và K'-K'. Tiếp điểm K-K đóng sẽ nối tải điện trở mạch sơ cấp để hỗ trợ khởi động (xem mục 8.1) còn tiếp điểm K'-K' sẽ đưa điện vào mạch nối tiếp stato 2-cổ góp 5 - rôto 3 của động cơ điện khởi động, làm động cơ điện quay. Đồng thời, rôle 10 thông qua cần dẫn động 11 đẩy khớp 12 (đang quay) dịch về bên phải để ăn khớp với vành răng của bánh đà 1, do đó làm quay trục khuỷu của động cơ đốt trong đến tốc độ vòng quay cần thiết để khởi động động cơ.

Khi động cơ đã nổ, tốc độ vòng quay của động cơ và đồng thời của bánh bị động 12 tăng lên rất nhanh. Khi đó bị 14 tách khỏi bề mặt trụ bên trong của bánh 12, giải phóng liên kết giữa hai bánh 12 và 16 nên mômen của động cơ đổi trong không truyền sang động cơ điện. Tốc độ của bánh 16 khi đó chỉ là tốc độ không tải của động cơ điện. Như vậy, với kết cấu là khớp một chiều, khớp 12 ngăn không cho tốc độ vòng quay của rôto quá lớn có thể phá hỏng động cơ điện.

Sau khi dòng cơ đã khởi động, khóa khởi động 9 được mở ra. Do tác dụng của các lò xo hồi vị, rôle 10 dịch chuyển về vị trí ban đầu. Khớp 12 tách ra khỏi vành răng bánh đà và các tiếp điểm K-K cũng như K'-K' cũng được mở ra. Đồng

cơ điện dừng hoạt động và điện trở 7 không bị nối tắt nữa. Động cơ đốt trong hoàn toàn tự làm việc bình thường.

Loại khởi động này có ưu điểm là rất thuận tiện khi sử dụng, khởi động nhanh, kích thước toàn bộ thiết bị khởi động nhỏ nên rất phổ biến ở động cơ cỡ nhỏ và trung bình, kể cả động cơ xăng và diesel, đặc biệt là ở động cơ ô tô, xe máy. Tuy nhiên, do acqui dễ bị quá tải nên thời gian khởi động ngắn (không quá  $15 \div 20s$ ) và phải thường xuyên chăm sóc bảo dưỡng acqui cũng như động cơ điện (chổi than, cổ góp ...) để có thể khởi động được chắc chắn.



**Hình 9-2.** Hệ thống khởi động bằng không khí nén  
1. máy nén khí, 2. bình chứa khí nén, 3. van khởi động, 4. van phân phối, 5. động cơ, 6. van một chiều, 7. đường dẫn khí nén

### 9.2.2. Khởi động bằng không khí nén

Nguyên tắc làm việc của hệ thống này như sau : đưa không khí nén vào xylanh vào thời điểm tương ứng với hành trình giãn nở sinh công do đó đẩy piston đi xuống làm quay trục khuỷu để khởi động động cơ.

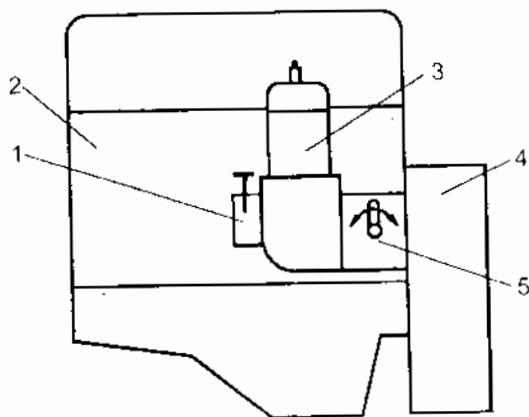
Khí nén được cung cấp từ máy nén khí 1, hình 9-2, chứa trong bình 2 với áp suất khoảng  $2 \div 3 \text{ MN/m}^2$ . Khi khởi động, van 3 mở, khí nén được dẫn đến van phân phối 4. Van phân phối được dẫn động từ trục cam của động cơ có nhiệm vụ phân phối khí nén đến các xylanh đúng thời điểm và đúng thứ tự làm việc. Từ van phân phối, khí nén theo các ống dẫn 7 qua van một chiều 6 vào các xylanh.

Thông thường, khí nén do một máy nén với nguồn dẫn động riêng cung cấp. Một số loại động cơ có kết cấu đặc biệt dùng một xylanh như một máy nén để cung cấp khí nén cho lần khởi động tiếp theo. Khi đó nhiên liệu không được cung cấp cho xylanh này. Kết thúc quá trình nạp khí nén, xylanh này lại làm việc bình thường như các xylanh khác của động cơ.

Hệ thống khởi động bằng khí nén có ưu điểm là khởi động rất chắc chắn, thời gian khởi động có thể kéo dài. Hệ thống này thường dùng cho động cơ diesel cỡ trung bình và cỡ lớn như động cơ máy phát điện, tàu thủy, xe máy quân sự ... Nhược điểm chính của hệ thống là phức tạp và cồng kềnh.

### 9.2.3. Khởi động bằng động cơ xăng phụ

Để khởi động động cơ chính 2, hình 9-3, trước hết phải khởi động động cơ xăng phụ 3 nhờ cơ cấu khởi động 1. Trên hình 9-3 trình bày kiểu khởi động bằng giạt dây quấn quanh puli của động cơ phụ. Khi động cơ phụ nổ ổn định, người điều khiển đóng ly hợp 5 để truyền mômen sang bánh đà và làm quay trục khuỷu động cơ chính. Ly hợp cũng phải có chức năng của khớp một chiều để không cho mômen từ động cơ truyền sang động cơ phụ khi động cơ chính nổ (xem mục 9.2.1). Động cơ xăng phụ có công suất khoảng 20% công suất của động cơ chính.



Hình 9-3. Hệ thống khởi động bằng động cơ xăng phụ  
1. cơ cấu khởi động cơ phụ, 2. động cơ chính, 3. động cơ xăng phụ, 4. hộp bánh đà, 5. ly hợp

Khi khởi động bằng động cơ xăng phụ, thời gian khởi động có thể khá lâu, số lần khởi động không hạn chế, nhiệt làm mát động cơ phụ được dùng hâm nóng động cơ chính có tác dụng hỗ trợ khởi động ... vì vậy khởi động rất chần chẫn. Tuy nhiên, cấu tạo, sử dụng và thao tác với hệ thống này tương đối phức tạp. Loại khởi động này thường dùng ở động cơ diesel máy kéo, máy ủi, máy xúc...

### 9.2.4. Khởi động bằng sức người

Một số động cơ cỡ nhỏ như động cơ xe máy, máy nông nghiệp ... được trang bị hệ thống khởi động đơn giản nhất thuần túy bằng sức người để làm quay trục khuỷu động cơ. Có nhiều kiểu khác nhau như giạt dây quấn, (xem mục 9.2.3) ; đạp chân ... Ngoài ra, một số động cơ ô tô bên cạnh khởi động bằng điện còn có thể khởi động bằng tay quay (maniven) khi không khởi động được bằng acqui.

## 9.3. THIẾT BỊ HỖ TRỢ KHỞI ĐỘNG

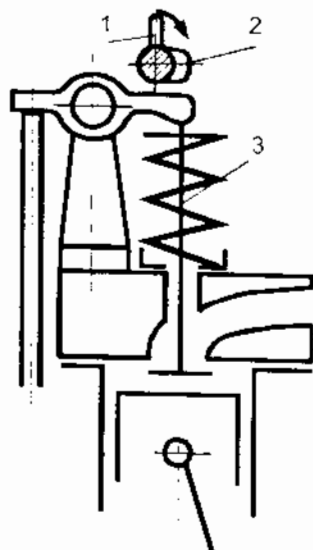
Để động cơ dễ khởi động, thông thường, trên động cơ có bố trí các thiết bị hỗ trợ khởi động (ngoài hệ thống khởi động thuộc hệ thống nhiên liệu, xem mục d, thuộc 5.1.2.3, hay nối tắt điện trở mạch sơ cấp, xem mục 9.2.1). Có rất nhiều loại thiết bị hỗ trợ khởi động khác nhau nhưng phổ biến là ba loại được trình bày dưới đây.

### 9.3.1. Cơ cấu giảm áp

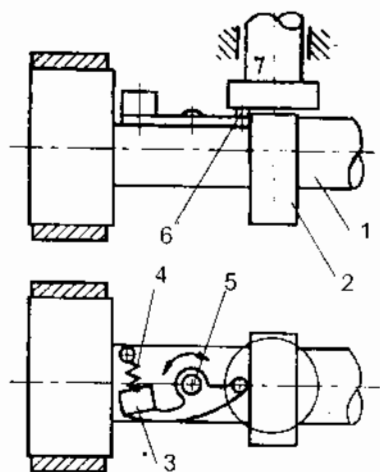
Hình 9-4 trình bày một cơ cấu giảm áp bố trí trên nắp xylanh của động cơ. Khi khởi động, gạt tay gạt 1 theo chiều mũi tên, cam 2 sẽ tỳ lên cò mổ làm cho xupap luôn luôn mở. Do không có quá trình nén hay nói cách khác không tốn công nén nên có thể quay trục khuỷu động cơ một cách dễ dàng đến tốc độ vòng quay khởi động. Sau đó, gạt tay gạt về vị trí ban đầu, xupap được giải phóng, quá trình nén lại diễn ra để động cơ nổ và khởi động. Cơ cấu giảm áp này rất phổ biến ở động cơ diesel.

Một số động cơ xăng hai kỳ cỡ nhỏ quét vòng như động cơ xe máy, để hỗ trợ khởi động, người ta thiết kế một van riêng trên nắp xylanh gọi là van giảm áp cũng hoạt động theo nguyên tắc trên.

Khác với cơ cấu giảm áp trình bày ở trên chỉ hoạt động khi người điều khiển khởi động tác động, cơ cấu giảm áp tự động (hình 9-5) làm việc hoàn toàn tự động và được sử dụng ở động cơ bốn kỳ cỡ nhỏ Honda GX 120 K1, GX 160 K1 ... khởi động bằng dây quẩn. Khi khởi động, tốc độ vòng quay ban đầu nhỏ, lực căng của lò xo 4 kéo quả văng 3 làm cho mặt đáy con đội tỳ vào vấu 6 mà không tỳ vào vòng cò sỏ của cam 2. Do đó, xupap không đóng kín, động cơ không có quá trình nén nên quay nhẹ nhàng. Khi tốc độ động cơ đủ lớn, lực ly tâm của quả văng 3 thắng sức căng lò xo, khiến cho quả văng xoay quanh chốt 5. Vấu 6 tách khỏi bề mặt con đội nên con đội hoàn toàn tiếp xúc với tất cả các



Hình 9-4. Cơ cấu giảm áp trên nắp xylanh  
1. Cam, 2. tay gạt, 3. xupap tháo

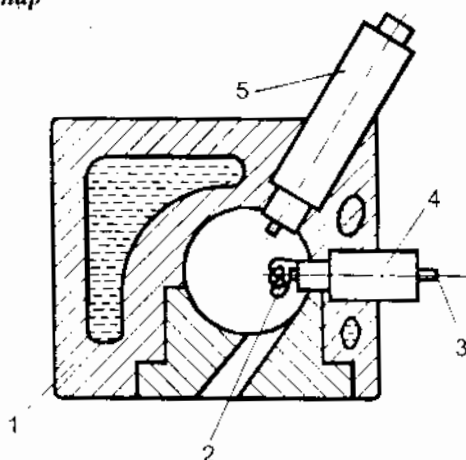


Hình 9-5. Cơ cấu giảm áp tự động  
1. trục cam phối khí, 2. cam, 3. quả văng, 4. lò xo, 5. chốt quay, 6. vấu nâng, 7. con đội

cung của cam 2, xupap được đóng kín theo qui luật của cam và động cơ được khởi động. Tại tất cả các chế độ làm việc, tốc độ vòng quay của động cơ luôn lớn hơn nhiều so với tốc độ khởi động nên vấu nâng 6 không tỳ vào bề mặt làm việc của con đội làm sai lệch qui luật phối khí.

### 9.3.2. Thiết bị sấy không khí nạp

Một số động cơ diesel ô tô, máy kéo sử dụng sấy nóng không khí nạp vào động cơ bằng cách đốt nóng không khí trên đường ống nạp hoặc trong buồng cháy động cơ. Nhất là đối với động cơ có buồng cháy ngăn cách (do diện tích buồng cháy lớn, mất mát nhiệt nhiều nên khó khởi động) thường sử dụng điện trở sấy nóng trong buồng cháy phụ, hình 9-6, gọi là bugi sấy. Điện năng tiêu thụ cho điện trở do acqui cung cấp.



**Hình 9-6.** Sấy nóng khí nạp trong buồng cháy bằng điện trở

1. nắp xylanh, 2. điện trở, 3. điện cực,  
4. thân bugi sấy, 5. vòi phun

### 9.3.3. Thiết bị sấy toàn bộ động cơ

Sấy nóng toàn bộ động cơ nhằm tăng nhiệt độ của môi chất công tác và dầu bôi trơn do đó giảm độ nhớt của dầu. Qua đó tạo điều kiện cho quá trình bay hơi, hòa trộn của nhiên liệu với không khí tạo thành hỗn hợp và giảm ma sát cũng như tổn thất nhiệt trong quá trình nén nên khởi động dễ dàng hơn.

Để sấy nóng động cơ xăng thường dùng nước nóng đổ vào hệ thống làm mát và đổ dầu nóng vào hệ thống bôi trơn.

Đối với động cơ tàu thủy thường dẫn hơi nước có nhiệt độ cao vào bình trao đổi nhiệt để gia nhiệt nước làm mát động cơ. Động cơ máy kéo đôi khi lắp một thiết bị gia nhiệt ngay trên động cơ để hâm nóng nước và dầu bôi trơn.

Để sấy nóng động cơ làm mát bằng không khí, người ta thường dùng một đèn xi tạo ra luồng không khí nóng vào bên dưới tấm che máy.

Nói chung, so với các nước ở xứ lạnh, ở nước ta nhiệt độ không khí tương đối cao nên không nhất thiết phải sử dụng các thiết bị này.

## *Chương X*

# **KHÍ THẢI VÀ VẤN ĐỀ Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG**

### **10.1. KHÁI NIỆM CHUNG**

Động cơ đốt trong là một trong những nguồn chủ yếu gây ô nhiễm môi trường do ồn và nghiêm trọng hơn là thải vào môi trường nhiều chất độc hại (chứa trong khí thải). Ngày nay vấn đề bảo vệ môi trường được quan tâm ở mọi nơi trên thế giới nói chung và ở nước ta nói riêng.

Để giảm tiếng ồn, hầu hết động cơ được trang bị bình tiêu âm trên đường thải. Để kiểm soát phát thải ồn hiện nay mới chỉ có một số nước có ngành công nghiệp chế tạo động cơ phát triển đưa ra các tiêu chuẩn về tiếng ồn của động cơ. Do hạn chế về khuôn khổ giáo trình nên ở đây không đề cập đến vấn đề này.

Độc hại trong khí thải động cơ trước hết phụ thuộc vào loại nhiên liệu sử dụng. Đa số các động cơ hiện nay dùng xăng và diesel từ dầu mỏ làm nhiên liệu. Phần lớn sản lượng dầu mỏ khai thác và chế biến được dùng làm nhiên liệu cho động cơ đốt trong. Riêng ôtô với hơn 700 triệu chiếc các loại hàng năm tiêu thụ hàng tỷ tấn xăng dầu và thải vào môi trường hàng trăm triệu tấn chất độc hại. Năm 2005 Việt Nam có khoảng 600.000 ôtô, 13 triệu xe máy và tiêu thụ khoảng 10 triệu tấn xăng dầu. Lượng ôtô và xe máy tuy không nhiều nhưng tập trung chủ yếu ở các thành phố lớn như Hà Nội, TP Hồ Chí Minh nên gây ra ô nhiễm nặng nề, cần phải kiểm soát chặt chẽ. Ngoài ra, do yêu cầu hội nhập trong việc bảo vệ môi trường, Việt Nam chúng ta bắt đầu từ 1995 với Nghị định 36/CP từng bước kiểm soát khí thải động cơ.

Trong khí thải độc hại chứa các thành phần độc hại (xem mục 10.2). Để kiểm soát khí thải phải kiểm soát từ nguồn và kiểm soát khí kiểm định đăng kiểm.

Kiểm soát khí thải từ nguồn áp dụng cho động cơ mới thông qua thử nghiệm công nhận kiểu (Type Approval Test). Người ta chọn ngẫu nhiên một số động cơ làm đại diện cho kiểu động cơ đưa vào thử nghiệm trên những hệ thống thử nghiệm khí thải chuyên dụng theo những qui trình thử tiêu chuẩn. Hiện nay trên thế giới có 3 hệ

thống tiêu chuẩn kiểm soát khí thải của Châu Âu (EU), Mỹ và Nhật Bản. Châu Âu áp dụng tiêu chuẩn EURO 1 từ 1991, EURO 2 năm 1996, EURO 3 từ 2000, hiện đang áp dụng tiêu chuẩn EURO 4 từ 2005 và sẽ áp dụng EURO 5 từ 2008. Việt Nam sẽ áp dụng tiêu chuẩn EURO 2 từ 1/7/2007 và tiếp theo là các tiêu chuẩn EURO cao hơn. Kết quả thử nghiệm được so sánh với các tiêu chuẩn giới hạn độc hại yêu cầu, nếu đạt thì kiểu động cơ đó được cấp chứng nhận để có thể được lưu hành trên thị trường.

Kiểm soát khí thải đối với động cơ đang lưu hành được thực hiện bởi cơ quan đăng kiểm. Hiện nay, cục Đăng kiểm Việt Nam có mạng lưới đăng kiểm các phương tiện cơ giới đường bộ (ôtô, xe máy), đường thủy, đường sắt,...ở nhiều địa điểm. Các phương tiện nói trên theo qui định phải đăng kiểm định kỳ để kiểm tra nhiều chỉ tiêu kỹ thuật trong đó có chỉ tiêu về khí thải. Thiết bị đo khí thải khi đăng kiểm là các thiết bị chẩn đoán (Diagnostic Equipment) để phân tích xác định các khí độc hại (xem 10.2) và độ khối theo các qui trình thử đơn giản. Các phương tiện đạt yêu cầu sẽ nhận được giấy phép lưu hành có thời hạn theo qui định của đăng kiểm.

Để giảm ô nhiễm môi trường do khí thải động cơ cần có sự phối hợp đồng bộ trong một hệ thống thống nhất các biện pháp sau.

Thứ nhất, các nhà chế tạo động cơ đốt trong phải nghiên cứu chế tạo ra những động cơ có các thành phần độc hại trong khí thải nằm trong giới hạn của các tiêu chuẩn ngày một nghiêm ngặt hơn.

Thứ hai, các nhà quản lý phải nghiên cứu đưa ra những tiêu chuẩn tiên tiến và khả thi tức là phù hợp với điều kiện kinh tế và công nghệ hiện tại và tương lai.

Thứ ba, người sử dụng phải tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn và qui định của các cơ quan quản lý nhà nước về kiểm soát khí thải động cơ.

Do hạn chế về nội dung nên dưới đây chỉ xét những vấn đề liên quan đến biện pháp thứ nhất.

## 10.2. THÀNH PHẦN ĐỘC HẠI TRONG KHÍ THẢI

Bản chất của quá trình cháy là quá trình oxy hóa nhiên liệu. Sản vật cháy trong khí thải của động cơ đốt trong có rất nhiều thành phần khác nhau. Trong số đó các thành phần sau đây gây ô nhiễm nhiều nhất đối với môi trường :

- ôxyt cacbon  $\text{CO}$ ,
- các loại ôxynitơ gọi tắt là  $\text{NO}_x$ ,
- các thành phần cacbua hydro không cháy hoặc chưa cháy hết gọi tắt là  $\text{C}_m\text{H}_n$ .

- các chất thải ở dạng hạt (Particulate- Matter),
- các hợp chất có chứa chì nếu dùng xăng pha chì.

Ôxyt cacbon là một khí không màu, không mùi nhưng rất độc với cơ thể con người. Khi ôxyt cacbon kết hợp với sắt có trong sắc tố của máu sẽ tạo thành một hợp chất ngăn cản quá trình hấp thụ ôxy của hemoglobin trong máu, làm giảm khả năng cung cấp ôxy cho các tế bào trong cơ thể.

Ôxyt nitơ  $\text{NO}_x$  trong khí thải chủ yếu có dạng NO, khi ở trong khí quyển sẽ có dạng  $\text{NO}_2$ . Nói chung, ôxyt nitơ có màu nâu đỏ, rất độc đối với đường hô hấp. Ngoài ra chính  $\text{NO}_2$  là nguyên nhân gây ra các trận "mưa axit".

Đối với cacbua hydro thì khó có thể đánh giá tác hại trực tiếp. Ví dụ như paraffin và naphthanin có thể coi là vô hại. Trái lại các loại cacbua hydro thơm rất độc, ví dụ, các loại liên kết mạch vòng có nhân benzen là tác nhân gây ung thư. Tuy vậy để đơn giản khi đưa ra các tiêu chuẩn về môi trường, người ta chỉ đưa ra thành phần  $\text{C}_m\text{H}_n$  tổng cộng trong khí thải. Cacbua hydro của khí thải khi tồn tại trong khí quyển còn là tác nhân gây ra sương mù, gây tác hại cho mắt và niêm mạc của đường hô hấp.

Các chất thải ở dạng hạt bao gồm các chất rắn và lỏng (trừ nước) ở nhiệt độ nhỏ hơn  $52^\circ\text{C}$ . Các chất thải rắn chủ yếu là muội than hay còn gọi là bồ hóng sinh ra do phân hủy nhiên liệu và dầu bôi trơn. Muội than gây độc hại đối với cơ thể con người vì có chứa các loại cacbua hydro độc hại như đã trình bày ở trên.

Một thời gian dài hợp chất của chì (tetrametyl chì hoặc tetraetyl chì) được pha vào xăng để tăng tính chống kích nổ. Nhưng do chì rất độc với sức khỏe và môi trường nên hiện nay hầu hết các nước đã sử dụng những chất phụ gia khác để thay chì. Việt Nam đã dùng xăng không chì từ 1/7/2001. Vì thế ở đây không xét các hợp chất độc hại chứa chì có trong khí thải động cơ xăng.

Các thành phần độc hại chính trong khí thải phụ thuộc vào loại động cơ được thể hiện rõ thông qua các số liệu trong bảng 2.

Như vậy các thành phần độc hại chính trong khí thải động cơ xăng là  $\text{CO}$ ,  $\text{C}_m\text{H}_n$  và  $\text{NO}_x$  còn trong khí thải động cơ diesel ngoài ba thành phần nói trên còn có P-M, vì trong động cơ diesel một phần đáng kể nhiên liệu khi cháy ở dạng giọt nên sinh ra nhiều muội than.

Bảng 2

| Thành phần                    | (g/kWh)      |                     |                     |
|-------------------------------|--------------|---------------------|---------------------|
|                               | Động cơ xăng | Động cơ diesel 4 kì | Động cơ diesel 2 kì |
| CO                            | 70 ÷ 80      | 4 ÷ 5               | 11                  |
| NO <sub>x</sub>               | 12           | 5 ÷ 8               | 8                   |
| C <sub>m</sub> H <sub>n</sub> | 10 ÷ 100     | 14 ÷ 29             | 5,0                 |
| Muội than                     | 0,4          | 14 ÷ 2,0            | 1,22                |

| Thành phần                                 | Động cơ xăng |            | Động cơ diesel |            |
|--------------------------------------------|--------------|------------|----------------|------------|
|                                            | Không tải    | Toàn tải   | Không tải      | Toàn tải   |
| CO (% thể tích)                            | 2 ÷ 8        | 1 ÷ 6      | < 0,04         | 0,05 ÷ 0,3 |
| NO <sub>x</sub> (phần triệu)               | 10 ÷ 100     | 200 ÷ 1500 | < 70           | 100 ÷ 1000 |
| C <sub>m</sub> H <sub>n</sub> (phần triệu) | 300 ÷ 8000   | 200 ÷ 2000 | 50 ÷ 200       | 100 ÷ 500  |

Để đáp ứng các tiêu chuẩn ngày càng ngặt nghèo, các nhà chế tạo ô tô phải chi phí rất nhiều cho việc nghiên cứu giảm các thành phần độc hại trong khí thải của động cơ.

### 10.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢM NỒNG ĐỘ ĐỘC HẠI TRONG KHÍ THẢI ĐỘNG CƠ

Có nhiều phương pháp được sử dụng để giảm nồng độ độc hại trong khí thải động cơ, nhưng có thể chia thành hai nhóm.

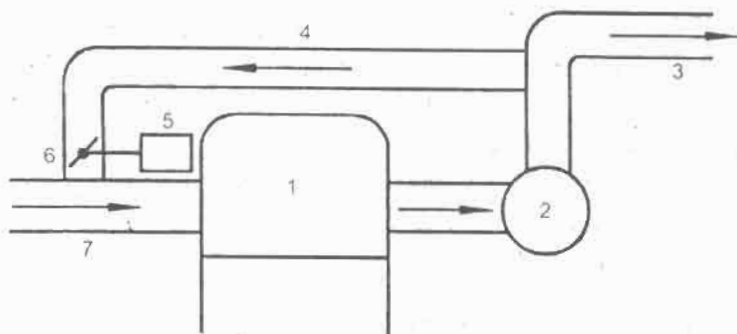
Nhóm thứ nhất bao gồm các biện pháp liên quan đến cấu tạo và tổ chức các quá trình làm việc của động cơ.

Nhóm thứ hai bao gồm các biện pháp xử lý khí thải. Sau đây sẽ trình bày một vài biện pháp có tính chất điển hình và đại diện của mỗi nhóm.

#### 10.3.1. Một số biện pháp kết cấu động cơ

##### 10.3.1.1. Phương pháp luân hồi khí thải

Phương pháp này được dùng cả ở động cơ diesel và động cơ xăng (hình 10-1). Một phần khí thải được dẫn ngược trở lại đường nạp 7. Lưu lượng dòng ngược



**Hình 10-1.** Sơ đồ động cơ sử dụng luân hồi khí thải

1. động cơ, 2. bình tiêu âm, 3. đường thải, 4. đường luân hồi khí thải, 5. bộ điều khiển, 6. bướm tiết lưu khí thải 7. đường nạp

được điều khiển bởi van tiết lưu 6 và bộ điều chỉnh 5 tùy thuộc vào tải trọng của động cơ.

Ở động cơ diesel, lượng không khí nạp hầu như không thay đổi theo tải trọng. Do đó khí thải nhỏ, hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  rất lớn nên nhiệt độ quá trình cháy rất thấp. Để bảo đảm động cơ làm việc bình thường ở tải nhỏ, tỷ số nén  $\varepsilon$  phải lớn do đó nhiệt độ quá trình cháy ở chế độ tải lớn rất cao làm tăng thành phần  $\text{NO}_x$ .

Khí dẫn một phần khí thải có nhiệt độ cao trở lại đường nạp để đốt, nhiệt độ quá trình cháy ở tải nhỏ vẫn đủ lớn để bảo đảm cho động cơ làm việc bình thường mà không phải tăng tỷ số nén  $\varepsilon$ . Mặt khác do nồng độ oxy trong quá trình cháy ít hơn nên nồng độ  $\text{NO}_x$  trong khí thải ở chế độ tải nhỏ cũng ít hơn. Tuy nhiên khí đó nồng độ CO và  $\text{C}_m\text{H}_n$  cũng như muội than sẽ tăng lên.

Ngoài lợi ích giảm được thành phần  $\text{NO}_x$  đã nêu ở trên, phương pháp này còn có ưu điểm là động cơ ít nhạy cảm với sự thay đổi loại nhiên liệu và có thể dùng được những nhiên liệu khó cháy như alcohol ... do nhiệt độ quá trình cháy nhỏ, động cơ làm việc êm hơn, tải trọng tác dụng lên các chi tiết của cơ cấu trục khuỷu – thanh truyền giảm.

Khí tải tăng, nhiệt độ của động cơ tăng dần, bộ điều khiển sẽ tác động đến bướm tiết lưu để giảm dần lượng khí thải luân hồi.

Động cơ xăng cũng sử dụng phương pháp này ở chế độ tải nhỏ. Cũng giống như ở động cơ diesel, do hòa trộn với một lượng khí thải có nhiệt độ cao nên nhiệt độ của quá trình nén tăng, đảm bảo cho hỗn hợp được đốt cháy dễ dàng. Mặt khác nồng độ oxy khí đó giảm và nhiệt độ trong quá trình cháy nhỏ nên nồng độ  $\text{NO}_x$  tạo thành trong khí thải sẽ giảm rõ rệt. Đó là mục đích chính của biện pháp này. Tuy nhiên, ở chế độ không tải, khí thải không được đưa trở lại để đốt, vì khí đó hỗn hợp có thể không cháy được, động cơ sẽ bị chết máy.

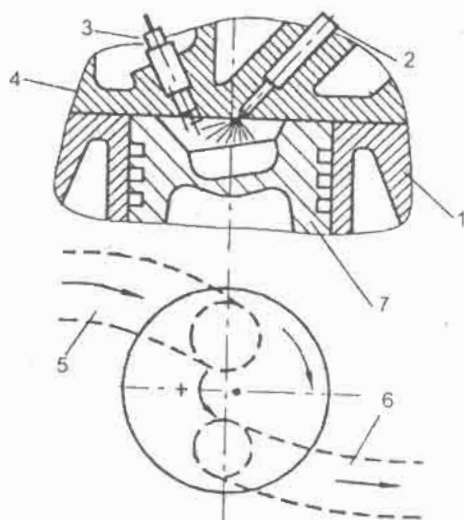
Tóm lại, phương pháp đưa một phần khí thải trở lại đốt trong buồng cháy được dùng cho cả động cơ diesel và động cơ xăng nhưng chỉ ở chế độ tải nhỏ. Ở chế độ toàn tải không được đưa khí thải trở lại để đốt vì khi đó sẽ làm giảm công suất cực đại của động cơ. Gần đây, để tăng hiệu quả giảm của phương pháp này thì khí thải luân hồi còn được làm mát trước khi quay trở lại đường nạp.

Một số ô tô của các hãng như Mercedes - Benz, MAN, Toyota ... đã sử dụng phương pháp này.

### 10.3.1.2. Phương pháp hình thành khí hỗn hợp phân lớp

Phương pháp này được sử dụng ở động cơ xăng. Bản chất của phương pháp này là bố trí một bugi đánh lửa trong buồng cháy của động cơ tại vị trí hỗn hợp có thành phần  $\lambda$  nhỏ (hỗn hợp đậm) để đốt hỗn hợp bằng tia lửa điện. Phần hỗn hợp này sau khi bốc cháy sẽ làm mờ để đốt phần hỗn hợp còn lại có thành phần  $\lambda$  lớn (hỗn hợp nhạt). Như vậy, hỗn hợp toàn bộ của động cơ là hỗn hợp nhạt sẽ được đốt cháy kiệt - hỗn hợp này ở động cơ thông thường là quá nhạt, không thể cháy được - do đó giảm được các thành phần độc hại trong khí thải.

Hiện nay, tất cả các nhà sản xuất ô tô hàng đầu thế giới đều nghiên cứu chế tạo động cơ hình thành khí hỗn hợp phân lớp và đã đưa ra rất nhiều loại kết cấu với buồng cháy thống nhất và buồng cháy ngăn cách. Hình 10-2 nêu một ví dụ về một loại động cơ phân lớp của hãng Ford có tên là Ford Proco với buồng cháy thống nhất. Nhiên liệu được vòi phun 2 phun vào gần tâm xylanh tạo thành tia phun với góc tia khoảng  $100^\circ$ . Do kết cấu đường ống nạp 5 có dạng xoắn tiếp tuyến nên trong xylanh vào thời điểm phun nhiên liệu vẫn còn dòng xoáy quay tròn của không khí quanh tâm xylanh. Nhiên liệu phun ra sẽ được cuốn theo và hòa trộn với không khí tạo thành hỗn hợp. Do ảnh hưởng của lực ly tâm nên thành phần hỗn hợp càng xa tâm quay (càng sát thành buồng cháy) thì càng đậm. Bugi được đặt ở một vị trí nhất định so với tâm xylanh (dấu chữ thập trên hình 10-2). Khi bugi bật



**Hình 10-2.** Phương pháp hình thành khí hỗn hợp phân lớp Ford Proco

1. xylanh, 2. vòi phun, 3. bugi, 4. nắp xylanh, 5. đường nạp, 6. đường thải, 7. piston

tia lửa điện, hỗn hợp sắt bugi (có thành phần đậm) sẽ cháy và làm môi để đốt phần hỗn hợp còn lại. Đối với loại động cơ hình thành khí-hỗn hợp kiểu này, thời điểm phun và thời điểm đánh lửa có quan hệ mật thiết với nhau và được điều khiển bằng thiết bị điện tử.

Để điều chỉnh tải trọng của động cơ từ toàn tải đến 50% tải người ta chỉ thay đổi lượng nhiên liệu phun vào buồng cháy, còn lượng không khí nạp giữ không đổi. Phương pháp điều chỉnh này giống như ở động cơ diesel gọi là điều chỉnh chất. Từ 50% tải trở xuống, lượng không khí nạp cũng được điều chỉnh thông qua một bướm tiết lưu (không trình bày trên hình vẽ) vì khi đó hỗn hợp quá nhạt, tốc độ lan tràn màng lửa giảm, quá trình cháy kém dẫn đến giảm mạnh tính kinh tế của động cơ.

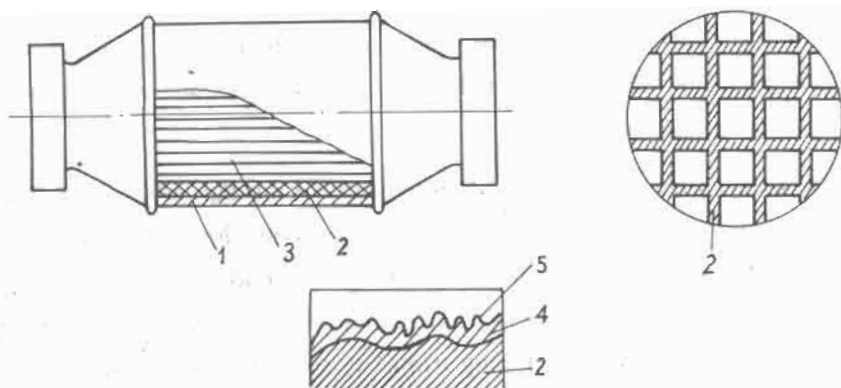
Phương pháp hình thành khí hỗn hợp phân lớp nêu trên dùng ở động cơ phun xăng trực tiếp (Gasoline Direct Injection- GDI) thực chất thuộc loại hình thành khí hỗn hợp bên trong gần với hình thành khí hỗn hợp của động cơ diesel. Vì vậy, động cơ này ngoài khả năng giảm độc hại trong khí thải còn có ưu điểm khác so với của động cơ diesel như suất tiêu hao nhiên liệu thấp ở chế độ tải trung bình và nhỏ. Do đó, nó rất thích hợp cho động cơ ô tô chạy trong thành phố là động cơ thường xuyên làm việc với các chế độ tải trọng này.

Các biện pháp về kết cấu để giảm độc hại khí thải còn rất nhiều nhưng do giới hạn về khuôn khổ nên không trình bày trong giáo trình này.

### **10.3.2 Xử lý khí thải**

Các biện pháp về kết cấu động cơ để giảm nồng độ các thành phần độc hại trong khí thải không thể luôn luôn đáp ứng các tiêu chuẩn ngày càng cao về bảo vệ môi trường. Chỉ có thể giải quyết triệt để vấn đề này trên cơ sở áp dụng các phương pháp xử lý khí thải bằng các bộ xử lý đặt trên đường thải của động cơ.

Như trên đã khảo sát, do những đặc thù riêng nên thành phần độc hại trong động cơ xăng và động cơ diesel khác nhau, vì vậy các biện pháp xử lý độc hại cũng có những điểm khác nhau. Sau đây sẽ trình bày một số biện pháp phổ biến trong thực tế cho từng loại động cơ.



**Hình 10-3.** Bộ xử lý ba thành phần

1. vỏ, 2. lớp đệm, 3. lõi, 4. lớp vật liệu trung gian, 5. lớp xúc tác

### 10.3.2.1. Động cơ xăng

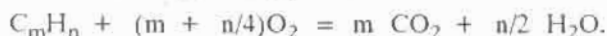
Đối với động cơ xăng, người ta đã tìm ra một bộ xử lý xúc tác (catalyst) có thể đồng thời xử lý tới 90% các chất độc hại chính là CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub> và NO<sub>x</sub>.

Bộ xử lý này được gọi là bộ xử lý ba thành phần (hình 10-3).

Vỏ 1 của bộ xử lý thường bằng thép. Giữa vỏ và lõi có một lớp đệm 3 bằng sợi vô cơ hoặc phoi thép để bù trừ giãn nở vì nhiệt. Lõi 2 thường bằng gốm rỗng với chiều dày vách khoảng 0,2 mm và mật độ khoảng 80 lỗ/cm<sup>2</sup> hoặc bằng thép lá cuộn lại để tạo ra các rãnh lưu thông cho khí thải lưu động qua. Người ta phủ trên bề mặt của rãnh một lớp vật liệu trung gian 4 (wash - coat) bằng γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> có tác dụng làm tăng độ lồi lõm của bề mặt do đó tăng diện tích tham gia phản ứng (diện tích tiếp xúc đạt tới 15 ÷ 25 m<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>). Bên trên lớp trung gian là lớp vật liệu xúc tác 5 bằng kim loại hiếm là platin và rodium với mật độ khoảng 1,5 đến 2 gam cho 1 dm<sup>3</sup> thể tích lõi.

Platin có tác dụng xúc tác tăng cường quá trình oxy hóa còn rodium tăng cường quá trình khử.

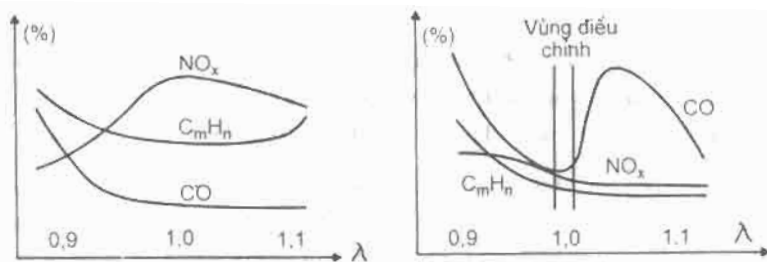
Quá trình oxy hóa gồm có các phản ứng sau :



Còn quá trình khử, ví dụ như đối với (NO) :



Tuy nhiên cường độ các phản ứng nói trên phụ thuộc rất nhiều vào mức độ đậm nhạt của hỗn hợp. Ảnh tác của động cơ. Hình 10-4 thể hiện rõ quan hệ nồng độ các thành phần độc hại trước bộ xử lý (a) và sau bộ xử lý (b) theo hệ số dư lượng không khí λ.

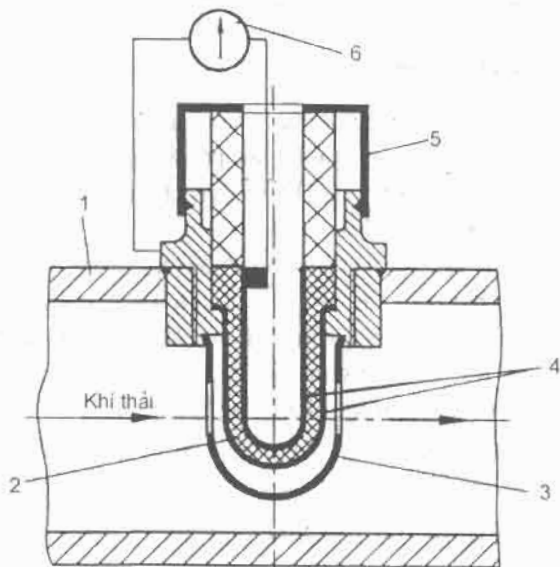


Hình 10.4. Thành phần độc hại của khí thải trước xử lý a) và sau xử lý b)

$$\text{Thông số } \eta = \frac{\text{nồng độ trước bộ xử lý} - \text{nồng độ sau bộ xử lý}}{\text{nồng độ trước bộ xử lý}}$$

được gọi là hiệu quả xử lý. Đối với bộ xử lý ba thành phần,  $\eta$  có thể đạt tới 90% tại một vùng rất hẹp xung quanh giá trị hệ số dư lượng không khí  $\lambda = 1$  (hình 10-4b). Vì vậy, hệ thống nhiên liệu của động cơ cụ thể là bộ chế hòa khí (có trang bị điện tử) hay thiết bị phun xăng phải điều chỉnh sao cho  $\lambda = 1$ . Một bộ cảm biến  $\lambda$  được lắp trên đường ống thải phía trước bộ xử lý sẽ cung cấp tín hiệu về thành phần  $\lambda$  cho bộ điều khiển điện tử của hệ thống nhiên liệu.

Cảm biến  $\lambda$  (hình 10-5) thực chất gồm các điện cực xếp 4 hàng platin, ở giữa các điện cực này có một lớp chất điện phân rắn 2. Toàn bộ khối điện cực được lắp trong vỏ thép mỏng 3 có các cửa để khí thải đi qua. Bề mặt của điện cực ngoài tiếp xúc với dòng khí thải có nồng độ oxy rất nhỏ, còn điện cực trong tiếp xúc với không khí tĩnh. Do có sự chênh lệch về nồng độ oxy nên giữa hai điện cực xuất hiện một điện áp được xác định bằng vôn kế 6.



Hình 10-5. Cảm biến thành phần hệ số dư lượng không khí  $\lambda$

1. đường ống khí thải, 2. chất điện phân rắn, 3. vỏ bảo vệ, 4. điện cực, 5. nắp bảo vệ, 6. vôn kế

Tín hiệu điện áp này được truyền về bộ điều khiển của hệ thống nhiên liệu. Chỉ từ nhiệt độ 300°C trở lên chất điện phân mới cho các ion oxy đi qua. Do đó, để nhiệt độ của cảm biến nhanh chóng đạt giá trị này, người ta bố trí một bộ phận gia nhiệt cho cảm biến (không thể hiện trên hình 10-5).

Hiệu quả xử lý còn phụ thuộc vào nhiệt độ và các thành phần khác nhau trong khí thải. Vùng nhiệt độ làm việc của bộ xử lý từ 300 đến 900°C. Nếu trong sản phẩm cháy có tạp chất hoặc các chất phụ gia trong xăng hoặc dầu bôi trơn bám trên bề mặt hấp thụ của bộ xử lý thì hiệu quả xử lý sẽ giảm rất nhiều. Cụ thể, động cơ có bộ xử lý ba thành phần không được dùng xăng pha chì.

Đối với động cơ phun xăng trực tiếp (GDI) dùng hỗn hợp nghèo ( $\lambda > 1$ ) không thể sử dụng được bộ xử lý ba thành phần. Khi đó phải dùng bộ xử lý xúc tác 2 cấp. Cấp thứ nhất xử lý oxy hoá CO và  $C_mH_n$  (xem mục b. của 10.3.2.2 dưới đây). Cấp thứ hai khử  $NO_x$  bằng bộ xúc tác hấp thụ ( $NO_x$  Absorber Catalyzator). Do khuôn khổ hạn chế nên không trình bày ở đây.

#### 10.3.2.2 Động cơ diesel

Đối với động cơ diesel, việc điều chỉnh tải trọng được thực hiện bằng điều chỉnh chất, hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  thay đổi trong một phạm vi rất rộng nên không thể dùng bộ xử lý ba thành phần vì đòi hỏi  $\lambda = 1$ . Do đó xử lý khí thải ở động cơ diesel phức tạp hơn, hiện nay đang sử dụng các phương pháp sau.

##### a. Xử lý nhiệt

Nguyên tắc của phương pháp này là lưu giữ khí thải khá lâu ở trạng thái nhiệt độ cao để kéo dài thời gian phản ứng oxy hoá các thành phần độc hại như CO và  $C_mH_n$  thành  $CO_2$  và  $H_2O$  trước khi thải ra môi trường. Để làm điều đó phải cho khí thải ngay sau khi ra khỏi động cơ vào trong một bình chứa có thể tích đủ lớn bọc bằng vật liệu cách nhiệt. Nói chung, để xử lý nhiệt có hiệu quả, nhiệt độ đối với khí thải phải rất cao nên chỉ đạt được ở chế độ toàn tải. Ngoài ra, thể tích bình phải đủ lớn để thời gian lưu của khí trong bình đủ lâu cho phản ứng diễn ra triệt để. Ví dụ, với động cơ có  $V_h = 10$  l, nhiệt độ khí thải ở chế độ toàn tải là 800°C thì thể tích buồng phản ứng tối thiểu là 150 l. Do đó, phương pháp xử lý nhiệt dùng cho động cơ ôtô không phù hợp vì chế độ tải luôn thay đổi, ít khi vận hành lâu ở chế độ toàn tải và buồng phản ứng quá cồng kềnh nên rất khó bố trí.

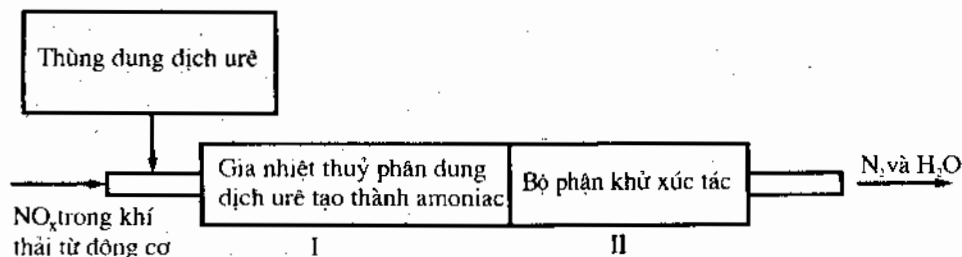
##### b. Xử lý xúc tác oxy hoá

Bộ xử lý xúc tác oxy hoá với chất xúc tác kim loại, thường dùng là platin, có tác dụng làm giảm nhiệt độ phản ứng oxy hoá của  $C_mH_n$  và CO từ 600°C xuống 250°C. Do nhiệt độ thấp nên P-M không được oxy hoá tiếp tục. Khi nhiệt độ thấp hơn 250°C thì chỉ có một số  $C_mH_n$  được oxy hoá tiếp, số còn lại không được xử lý nên khí thải sau khi ra khỏi bộ xử lý vẫn có mùi nhiên liệu. Thông thường để tận dụng nhiệt, bộ xử lý oxy hoá được bố trí trước bộ lọc muội than (xem mục d. dưới

dây). Do đó, bề mặt xúc tác của bộ xử lý oxy hoá thường bị bám muội than trong quá trình làm việc dẫn đến làm giảm hiệu quả xử lý.

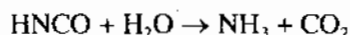
### c. Xử lý xúc tác khử $\text{NO}_x$

Hình 10-6 trình bày sơ đồ nguyên lý phương pháp xử lý xúc tác khử  $\text{NO}_x$  (Selective Catalytic Reduction - SCR) trong khí thải động cơ diesel.



Hình 10-6. Xử lý xúc tác khử  $\text{NO}_x$

Khí thải từ động cơ được trộn với dung dịch urê (có công thức hoá học là  $\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2$ ) theo tỷ lệ nhất định rồi đưa vào bộ phận tiền xử lý I. Tại đây dưới tác dụng của nhiệt độ từ  $200^\circ\text{C}$  trở lên, nước bay hơi và urê thủy phân thành amoniac theo phương trình:



Như vậy sau I chỉ có  $\text{NH}_3$  và hơi nước. Tại bộ phận xúc tác II, dưới tác dụng của amoniac  $\text{NO}$  và  $\text{NO}_2$  hoàn nguyên thành  $\text{N}_2$  và nước theo các phản ứng sau:

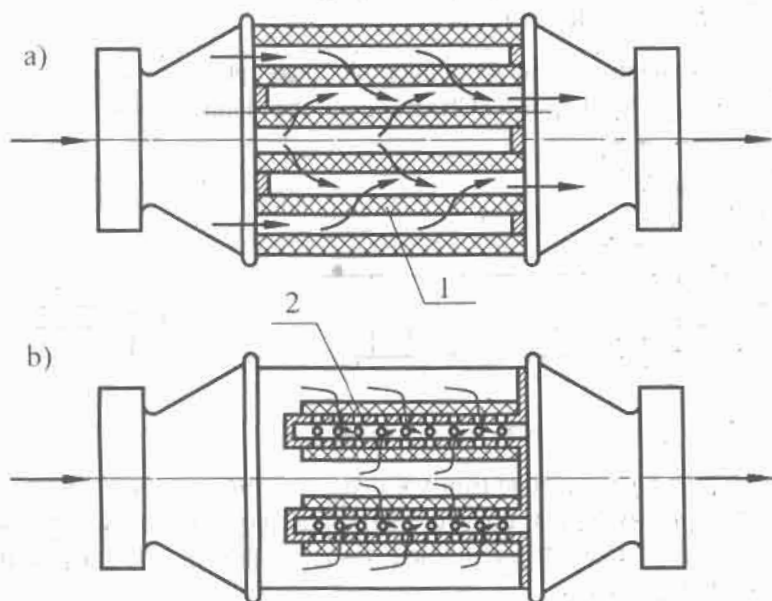


Hãng Puresys đã chế tạo bộ xử lý khử  $\text{NO}_x$  cho xe tải dùng dung dịch urê có tên là AdBlue đạt tiêu chuẩn khí thải EURO 4 và 5. Dung dịch AdBlue bán ở các cây xăng khắp châu Âu với sản lượng khoảng 1 triệu tấn/năm. Hãng Siemens dùng dung dịch urê trong bộ xử lý xúc tác có tên là SINOX dùng trong các thiết bị động lực cỡ lớn.

### d. Lọc muội than

Bộ xử lý dùng trong động cơ diesel chỉ ngăn và giữ lại ở lõi bộ xử lý các tạp chất rắn chủ yếu là muội than nên còn có thể gọi là bộ lọc muội than (Diesel Particle Filter - DPF). Một loại lọc như vậy được thể hiện trên hình 10-7. Bộ lọc trên hình 10-7,a có lõi lọc bằng gốm xếp đặt trong vỏ thép. Khi khí thải đi qua

các lỗ xếp của lõi lọc, các phần tử muội than sẽ được giữ lại. Lõi của bộ lọc trên hình 10-7,b gồm các ống thép mỏng đục lỗ được quấn quanh bằng sợi gốm.



Hình 10-7. Lọc muội than trong khí thải động cơ diesel.

1: lõi lọc bằng gốm xếp, 2: lõi lọc có xương bằng thép, quấn sợi gốm

Vấn đề đặt ra đối với lọc muội than là sức cản của bầu lọc càng ngày càng tăng lên theo thời gian làm việc của động cơ nên phải giải quyết việc xử lý các chất thải tích lũy trong bộ lọc. Thông thường, người ta tiêu hủy muội than tích lũy bằng phương pháp đốt để tạo thành  $\text{CO}_2$ .

Bình thường muội than chỉ có thể cháy ở nhiệt độ  $600^\circ$  đến  $700^\circ\text{C}$ . Nhiệt độ này chỉ đạt được tại bộ lọc khí động cơ làm việc ở chế độ tải trọng và tốc độ vòng quay cực đại. Vì vậy người ta nghiên cứu các biện pháp để giảm nhiệt độ cháy của muội than bằng các chất xúc tác tăng cường quá trình oxy hoá theo phương pháp pha vào dầu diesel, ví dụ như mangan, hoặc trộn lẫn với dòng khí thải. Những phương pháp vừa nêu có thể giảm nhiệt độ cháy của muội than trong khí thải xuống đến  $300^\circ\text{C}$ .

Có thể sử dụng các phương pháp làm tăng nhiệt độ khí thải để đốt muội than khi tái sinh lọc như tiết lưu đường nạp hoặc phun sau trong hệ thống nhiên liệu tích áp. Tuy nhiên điều này sẽ ảnh hưởng xấu đến chu trình công tác và làm tăng nhiệt độ động cơ. Một phương pháp có hiệu quả là phun nhiên liệu diesel trực tiếp vào trước lọc để gia nhiệt đốt muội than trong quá trình tái sinh.

Ngoài biện pháp lọc và xử lý các chất thải rắn nêu trên, các nhà chế tạo động cơ đã và đang nghiên cứu để tìm ra các giải pháp giảm thành phần muội

than trong khí thải của động cơ diesel theo các hướng như hoàn thiện kết cấu của hệ thống bơm cao áp, vòi phun, tổ chức buồng cháy; bảo đảm các điều kiện kỹ thuật của động cơ khi vận hành... Mục tiêu phấn đấu là làm sao giảm hàm lượng muội than trong khí thải đến mức bảo đảm tuân thủ các tiêu chuẩn về môi trường mà không phải dùng lọc, vì bố trí lọc trên đường thải làm tăng sức cản dẫn đến giảm tính kinh tế của động cơ.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Văn Bình, Nguyễn Tất Tiến  
Nguyên lý động cơ đốt trong  
Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 1996.
- [2] Trần Văn Tế, Nguyễn Đức Phú  
Thiết kế và tính toán động cơ đốt trong, Đại học bách khoa Hà Nội, 1996.
- [3] Võ Nghĩa, Thí nghiệm động cơ đốt trong  
Trường Đại học bách khoa Hà Nội, 1990
- [4] Đỗ Xuân Kính. Sửa chữa động cơ đốt trong. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1989.
- [5] Đinh Ngọc Ân. Trang bị điện ô tô máy kéo. Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội 1980.
- [6] Klaus Groth. Verbrennungskraftmaschinen. Vieweg Verlag, 1994
- [7] F.Schäfer und R. van Basshuysen. Schadstoffreduzierung und Kraftstoffverbrauch von Pkw-Verbrennungsmotoren. Springer-Verlag Wien New York 1993
- [8] Heinz Grohe. Otto- und Dieselmotoren. Vogel Buchverlag 1992
- [9] Alfred Urlaub. Verbrennungsmotoren. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo Hongkong 1989.
- [10] F.Pischinger. Verbrennungsmotoren, Vorlesungsumdruck RWTH Aachen 1993.
- [11] Proceedings of the international conference on automotive technology. Hanoi, December 1996.
- [12] H. P. Lenz. Verbrennungskraftmaschinen. Skriptum zur Vorlesung TU Wien 1999.
- [13] Robert Bosch GmbH. Automotive Handbook 5th Edition, 2000.
- [14] Robert Bosch GmbH. Dieselmotor Managemant, 3. Auflage 2002.
- [15] MTZ 9, 10 - 2004, 1, 2 - 2005, 10/2005 (Extra).

## MỤC LỤC

Trang

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Lời nói đầu                                                | 3  |
| <b>PHẦN MỞ ĐẦU</b>                                         |    |
| <b>VÀI NÉT SƠ LƯỢC VỀ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG</b>                | 5  |
| 1. Động cơ đốt trong là một loại động cơ nhiệt             | 5  |
| 2. Vài nét về lịch sử phát triển động cơ đốt trong         | 5  |
| 3. Phân loại động cơ đốt trong                             | 5  |
| 4. Ưu nhược điểm của động cơ đốt trong                     | 6  |
| <b>PHẦN 1</b>                                              |    |
| <b>NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG</b>            | 7  |
| <i>Chương I : Nguyên lý làm việc của động cơ đốt trong</i> | 7  |
| 1.1. Nhiên liệu lỏng dùng trong động cơ đốt trong          | 7  |
| 1.1.1. Dầu diesel                                          | 7  |
| 1.1.2. Xăng                                                | 9  |
| 1.1.3. Hệ số dư lượng không khí $\lambda$                  | 10 |
| 1.2. Các khái niệm cơ bản                                  | 11 |
| 1.2.1. Điểm chết                                           | 11 |
| 1.2.2. Kỳ                                                  | 12 |
| 1.2.3. Thể tích công tác $V_h$                             | 12 |
| 1.2.4. Tỷ số nén                                           | 12 |
| 1.3. Nguyên lý làm việc của động cơ 4 kỳ không tăng áp     | 12 |
| 1.3.1. Quá trình nạp                                       | 12 |
| 1.3.2. Quá trình nén                                       | 14 |
| 1.3.3. Quá trình cháy và giãn nở                           | 14 |
| 1.3.4. Quá trình thải                                      | 15 |
| 1.4. Nguyên lý làm việc của động cơ 2 kỳ                   | 16 |
| 1.4.1. Diễn biến các quá trình                             | 16 |
| 1.4.2. So sánh động cơ 2 kỳ và 4 kỳ                        | 17 |
| 1.5. Nguyên lý làm việc của động cơ tăng áp                | 18 |
| 1.5.1. Tăng áp cơ khí                                      | 18 |
| 1.5.2. Tăng áp kiểu tuabin-máy nén                         | 18 |
| 1.5.3. Tăng áp hỗn hợp                                     | 19 |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.6. Nguyên lý làm việc của động cơ nhiều xylanh                                             | 19 |
| 1.7. Nguyên lý làm việc của động cơ piston quay<br>(động cơ Wankel)                          | 20 |
| 1.8. Những thông số kinh tế - kỹ thuật cơ bản của động cơ                                    | 22 |
| 1.8.1. Công                                                                                  | 22 |
| 1.8.2. Áp suất trung bình                                                                    | 22 |
| 1.8.3. Công suất                                                                             | 23 |
| 1.8.4. Hiệu suất                                                                             | 23 |
| 1.8.5. Suất tiêu thụ nhiên liệu                                                              | 24 |
| <b>PHẦN 2</b>                                                                                |    |
| <b>CÁC CƠ CẤU VÀ HỆ THỐNG CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG</b>                                          | 26 |
| <i>Chương II. Cơ cấu trục khuỷu thanh truyền</i>                                             | 28 |
| 2.1. Động học, động lực học của cơ cấu trục khuỷu -<br>thanh truyền                          | 28 |
| 2.1.1. Quy luật vận động của cơ cấu trục khuỷu -<br>thanh truyền                             | 28 |
| 2.1.2. Lực và mômen tác động lên cơ cấu trục khuỷu<br>- thanh truyền động cơ một xylanh      | 30 |
| 2.1.3. Lực và mômen tác động lên cơ cấu trục khuỷu<br>- thanh truyền động cơ một hàng xylanh | 31 |
| 2.2. Kết cấu các chi tiết chính                                                              | 32 |
| 2.2.1. Piston                                                                                | 32 |
| 2.2.2. Chốt piston                                                                           | 38 |
| 2.2.3. Xecmăng                                                                               | 40 |
| 2.2.4. Thanh truyền                                                                          | 43 |
| 2.2.5. Bulông thanh truyền                                                                   | 46 |
| 2.2.6. Trục khuỷu                                                                            | 48 |
| 2.2.7. Bánh đà                                                                               | 55 |
| 2.2.8. Các loại ổ đỡ của trục khuỷu                                                          | 55 |
| <i>Chương III. Thân máy và nắp xylanh</i>                                                    | 60 |
| 3.1. Thân máy                                                                                | 60 |
| 3.1.1. Vai trò                                                                               | 60 |
| 3.1.2. Vật liệu                                                                              | 61 |
| 3.1.3. Kết cấu                                                                               | 61 |
| 3.2. Nắp xylanh                                                                              | 64 |
| 3.2.1. Vai trò                                                                               | 64 |

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.2. Điều kiện làm việc                                               | 64  |
| 3.2.3. Vật liệu                                                         | 65  |
| 3.2.4. Kết cấu                                                          | 65  |
| <b>Chương IV. Cơ cấu phân phối khí</b>                                  | 69  |
| 4.1. Yêu cầu và phân loại                                               | 69  |
| 4.2. Bố trí xupap và dẫn động cơ cấu phân phối khí                      | 70  |
| 4.2.1. Số xupap                                                         | 70  |
| 4.2.2. Bố trí xupap                                                     | 71  |
| 4.2.3. Dẫn động xupap                                                   | 71  |
| 4.2.4. Dẫn động trục cam                                                | 72  |
| 4.3. Kết cấu các chi tiết chính                                         | 73  |
| 4.3.1. Xupap                                                            | 73  |
| 4.3.2. Đế xupap                                                         | 77  |
| 4.3.3. Ống dẫn hướng xupap                                              | 78  |
| 4.3.4. Lò xo xupap                                                      | 79  |
| 4.3.5. Trục cam                                                         | 81  |
| 4.3.6. Con đội                                                          | 83  |
| <b>Chương V. Hệ thống nhiên liệu</b>                                    | 87  |
| 5.1. Hệ thống nhiên liệu động cơ xăng                                   | 87  |
| 5.1.1. Yêu cầu và phân loại                                             | 87  |
| 5.1.2. Hệ thống nhiên liệu dùng bộ chế hòa khí                          | 88  |
| 5.1.2.1. Sơ đồ và nguyên lý làm việc                                    | 88  |
| 5.1.2.2. Đặc tính lý tưởng của bộ chế hòa khí                           | 88  |
| 5.1.2.3. Các hệ thống của bộ chế hòa khí                                | 90  |
| 5.1.2.4. Bộ chế hòa khí có trang bị điện tử                             | 98  |
| 5.1.3. Hệ thống nhiên liệu phun xăng                                    | 100 |
| 5.1.3.1. Hệ thống nhiên liệu phun xăng gián tiếp và trực tiếp           | 100 |
| 5.1.3.2. Phân loại hệ thống nhiên liệu phun xăng                        | 101 |
| 5.1.3.3. Một số hệ thống nhiên liệu phun xăng thông dụng                | 102 |
| a. K-Jetronic                                                           | 102 |
| b. L-Jetronic                                                           | 103 |
| c. Hệ thống phun đơn điểm (Mono-Jetronic)                               | 105 |
| d. So sánh hệ thống phun xăng và hệ thống dùng bộ chế hòa khí           | 106 |
| 5.2. Hệ thống nhiên liệu và hình thành khí hỗn hợp trong động cơ diesel | 106 |

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.2.1. Yêu cầu và phân loại                                      | 106 |
| 5.2.2. Hệ thống nhiên liệu thông thường                          | 107 |
| a. Bơm cao áp đơn kiểu Bosch                                     | 107 |
| b. Bơm phân phối                                                 | 109 |
| 5.2.3. Hệ thống nhiên liệu tích áp                               | 113 |
| 5.3. Các phương pháp hình thành khí hỗn hợp trong động cơ diesel | 116 |
| 5.3.1. Buồng cháy thống nhất                                     | 116 |
| a. Hỗn hợp thể tích                                              | 117 |
| b. Hỗn hợp thể tích - màng                                       | 118 |
| c. Hỗn hợp màng                                                  | 119 |
| 5.3.2. Buồng cháy ngăn cách                                      | 120 |
| 5.4. Cơ cấu điều tốc                                             | 122 |
| 5.4.1. Tính cần thiết phải lắp điều tốc cho động cơ diesel       | 122 |
| 5.4.2. Bộ điều tốc                                               | 123 |
| <b>Chương VI. Hệ thống bôi trơn</b>                              | 126 |
| 6.1. Công dụng và các thông số sử dụng của dầu bôi trơn          | 126 |
| 6.1.1. Công dụng của dầu bôi trơn                                | 126 |
| 6.1.2. Một số thông số sử dụng của dầu bôi trơn                  | 127 |
| 6.1.2.1. Chỉ số SAE                                              | 127 |
| 6.1.2.2. Chỉ số API                                              | 128 |
| 6.2. Các loại hệ thống bôi trơn                                  | 128 |
| 6.2.1. Bôi trơn bằng vùng tẽ                                     | 128 |
| 6.2.2. Bôi trơn bằng pha dầu trong nhiên liệu                    | 129 |
| 6.2.3. Bôi trơn cưỡng bức                                        | 129 |
| 6.2.3.1. Hệ thống bôi trơn cacte ướt                             | 130 |
| 6.2.3.2. Hệ thống bôi trơn cacte khô                             | 131 |
| 6.3. Kết cấu một số bộ phận chính                                | 132 |
| 6.3.1. Bơm dầu                                                   | 132 |
| 6.3.2. Lọc dầu                                                   | 134 |
| 6.3.3. Thông gió hộp trục khuỷu                                  | 137 |
| <b>Chương VII. Hệ thống làm mát</b>                              | 140 |
| 7.1. Công dụng của hệ thống làm mát                              | 140 |
| 7.2. Các loại hệ thống làm mát                                   | 140 |
| 7.2.1. Hệ thống làm mát bằng nước                                | 140 |

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| a. Hệ thống làm mát kiểu bốc hơi                                  | 141 |
| b. Hệ thống làm mát đối lưu tự nhiên                              | 141 |
| c. Hệ thống làm mát bằng không khí                                | 142 |
| 7.2.2. Hệ thống làm mát bằng không khí                            | 146 |
| 7.2.3. So sánh hệ thống làm mát bằng nước và không khí            | 146 |
| <b>Chương VIII. Hệ thống đánh lửa trong động cơ xăng</b>          | 147 |
| 8.1. Hệ thống đánh lửa thường, dùng acqui                         | 147 |
| 8.2. Hệ thống đánh lửa bằng manhêrô                               | 149 |
| 8.3. Hệ thống đánh lửa bằng bán dẫn                               | 150 |
| 8.3.1. Hệ thống đánh lửa bán dẫn dùng tiếp điểm                   | 151 |
| 8.3.2. Hệ thống đánh lửa bán dẫn không dùng tiếp điểm             | 151 |
| <b>Chương IX. Hệ thống khởi động</b>                              | 153 |
| 9.1. Tốc độ vòng quay tối thiểu để khởi động                      | 153 |
| 9.2. Các loại hệ thống khởi động                                  | 153 |
| 9.2.1. Khởi động bằng acqui                                       | 153 |
| 9.2.2. Khởi động bằng không khí nén                               | 155 |
| 9.2.3. Khởi động bằng động cơ xăng phụ                            | 156 |
| 9.2.4. Khởi động bằng sức người                                   | 156 |
| 9.3. Thiết bị hỗ trợ khởi động                                    | 156 |
| 9.3.1. Cơ cấu giảm áp                                             | 157 |
| 9.3.2. Thiết bị sấy không khí nạp                                 | 158 |
| 9.3.3. Thiết bị sấy toàn bộ động cơ                               | 158 |
| <b>Chương X. Khí xả và vấn đề ô nhiễm môi trường</b>              | 159 |
| 10.1. Thành phần độc hại của khí xả                               | 159 |
| 10.2. Thành phần độc hại trong khí thải                           | 160 |
| 10.3. Các phương pháp giảm nồng độ độc hại trong khí thải động cơ | 162 |
| 10.3.1. Một số biện pháp kết cấu động cơ                          | 162 |
| 10.3.2. Xử lý khí thải                                            | 165 |
| <b>Tài liệu tham khảo</b>                                         | 172 |

PGS. TS. PHẠM MINH TUẤN

# ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

*Chịu trách nhiệm xuất bản:*

*Biên tập và sửa chế bản:*

*Trình bày và làm chế bản:*

*Vẽ bìa:*

*PGS. TS. Tô Đăng Hải*

*Diệu Thủy*

*Thanh Nga*

*Hương Lan*

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI 2006

In 1000 cuốn, khổ 16 x 24 cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Thống kê.  
Giấy phép xuất bản số: 72-2005/CXB/56-39/KHKT.  
In xong và nộp lưu chiểu tháng 5/2006.

206094



Giá: 28.000đ