


NGUYỄN TẤT TIÊN

# NGUYÊN LÝ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

GS. TS. NGUYỄN TẤT TIẾN

NGUYÊN LÝ  
ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

*(Tái bản lần thứ hai)*

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

## LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn "Nguyên lý động cơ đốt trong" do Nguyễn Văn Bình - Nguyễn Tất Tiến viết - Đặng Đức Hương biên tập được Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp cho ra đời năm 1970, sau đó tái bản vào các năm 1979 và 1994, được biên soạn theo các tài liệu chuyên ngành trước năm 1970 của Liên Xô (cũ).

Cuốn sách trên còn tồn tại nhiều nhược điểm, sai sót; chưa phản ánh được những giải pháp thực tế và những thành quả thu được trong lĩnh vực động cơ đốt trong thời gian gần đây của những nước công nghiệp phát triển. Vì vậy, nay cuốn sách được biên soạn lại một cách cơ bản trên cơ sở kinh nghiệm của 40 năm giảng dạy và nghiên cứu khoa học của bộ môn Động cơ đốt trong, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Cuốn sách này được biên soạn theo đề cương môn học "Nguyên lý động cơ đốt trong" của chuyên ngành "Động cơ đốt trong" khoa Cơ khí Trường Đại học Bách khoa Hà Nội năm 1998. Ngoài những kiến thức cơ bản về các quá trình làm việc của động cơ đốt trong, trong cuốn sách cũng giới thiệu những kiến thức về thay đổi môi chất trong động cơ hai kỳ, tăng áp cho động cơ, cung cấp nhiên liệu và hình thành hòa khí trong động cơ xăng, động cơ diesel và tự động điều chỉnh tốc độ động cơ, đó là những vấn đề được phát triển nhanh trong thời gian gần đây, gây ảnh hưởng quyết định tới đặc tính động cơ và tới các tính năng kinh tế kỹ thuật, tuổi thọ, độ tin cậy và mức độ gây ô nhiễm môi trường của động cơ đốt trong.

Cuốn sách dùng làm tài liệu học tập, nghiên cứu khoa học của sinh viên chuyên ngành "Động cơ đốt trong", có thể được làm tài liệu học tập, tham khảo cho sinh viên chuyên ngành ô tô, cơ khí vận tải đường bộ, đường thủy, đường sắt, cơ khí xây dựng, cơ khí lâm nghiệp, thủy sản... và các chuyên ngành có liên quan đến động cơ đốt trong.

Các công thức, đồ thị, số liệu trong sách đều tính theo đơn vị đo lường hợp pháp của nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam. Để tiện so sánh, sử dụng giữa các đơn vị đo lường, đã làm thêm bảng chuyển đổi đơn vị.

Vì trình độ và vì nhiều nguyên nhân khác, cuốn sách không tránh khỏi sai sót, mong bạn đọc góp ý. Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về bộ môn Động cơ đốt trong, khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Chúng tôi xin bày tỏ lòng biết ơn đối với tập thể bộ môn Động cơ đốt trong khoa Cơ khí Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã góp nhiều ý kiến quý báu, bổ ích; cảm ơn Ban biên tập sách Kỹ thuật Đại học - Hướng nghiệp - Dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho cuốn sách sớm ra đời phục vụ bạn đọc.

Tác giả

## BẢNG CHUYỂN ĐỔI ĐƠN VỊ

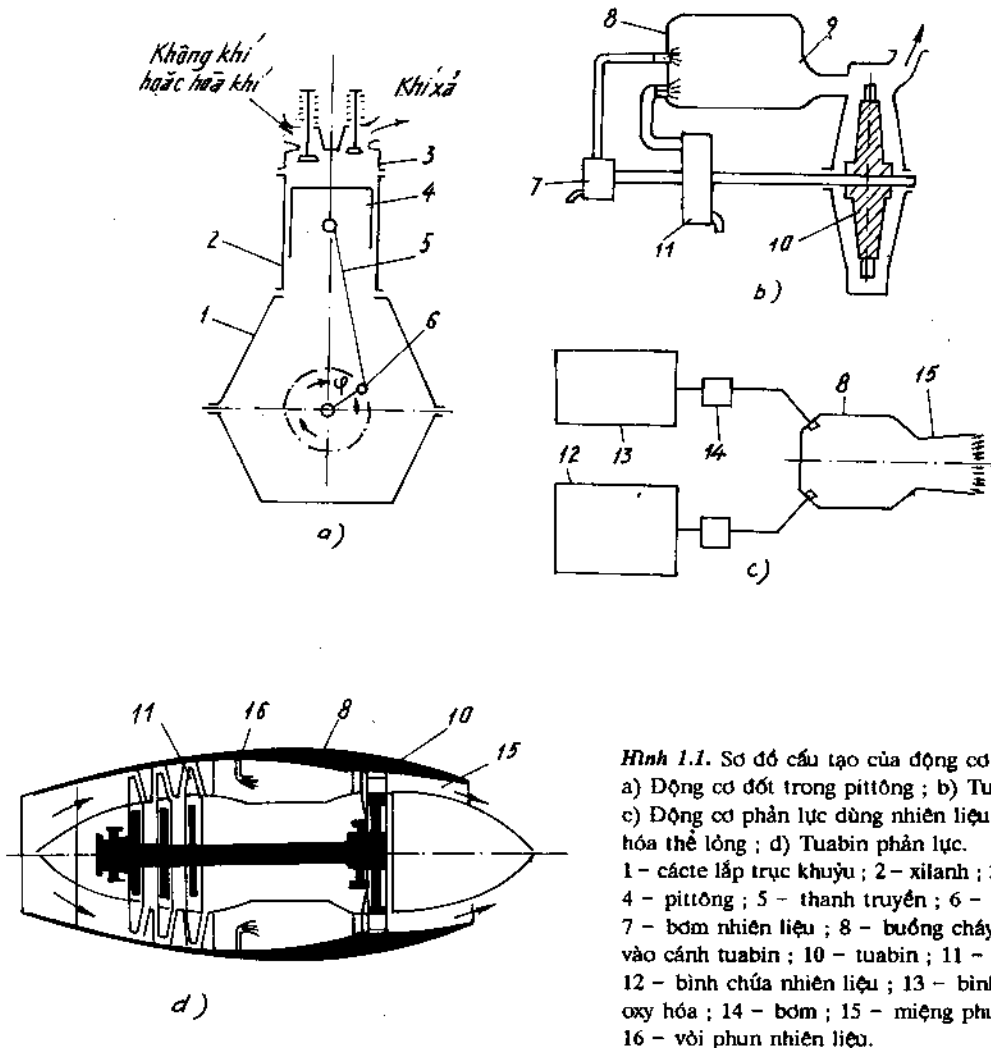
Thông số	Thứ nguyên			Hệ số chuyển đổi đơn vị
	Đơn vị hợp pháp		Đơn vị cũ	
	Tên gọi	Ký hiệu		
- Áp suất p	pascal hoặc niuton trên mét vuông mégapascal hoặc méganiuton trên mét vuông	Pa hoặc N/m <sup>2</sup>  MPa hoặc  MN/m <sup>2</sup> = 10 <sup>6</sup> Pa	kG/cm <sup>2</sup>	1 kG/cm <sup>2</sup> = 98066,5 Pa ≈ 0,1MPa
- Nhiệt độ t ; T	Độ Celsius ; độ kenvin	°C ; K	°C ; K	
- Thể tích	mét khối	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
- Thể tích riêng v	mét khối trên kilôgam	m <sup>3</sup> /kg	m <sup>3</sup> /kg	
- Khối lượng riêng ρ	kilôgam trên mét khối	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	
- Tỷ nhiệt (nhiệt dung riêng) C	Jun trên kilôgam độ	J/kg. độ	kcal/kg.độ	1kcal/kg.độ = 4,187 J/kg.độ
- Nhiệt lượng Q	Jun	J	Cal	1 cal = 4,187 J
- Hằng số khí R	Jun trên kilôgam độ hoặc Jun trên kilomôl độ	J/kg. độ J/kmol độ	kG.m/kg.độ kG. m/kmol độ	1kG/kg độ = 9,80665J/kg.độ 1 kG/kmol độ = 9,80665 J/kmol độ
- Công suất N	oát, kilôoát	W ; kW	mã lực (m.l)	1 m.l = 735,49 W ≈ 0,7355kW
- Công L	Jun	J	kG.m	1 kGm = 9,80665 J
- Mômen quay M	niuton mét	N. m	kG.m	1 kGm = 9,80665 N.m
- Số vòng quay	vòng trên phút	vg/ph	vg/ph	
- Suất tiêu hao nhiên liệu g	gam trên kilôoát giờ	g/kW.h	g/ml.h	1 g/ml.h = 0,7355 g/kW.h

## Chương 1

# ĐẠI CƯƠNG VỀ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

### 1.1. ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG LÀ LOẠI ĐỘNG CƠ NHIỆT CÓ HIỆU SUẤT CAO NHẤT

Trong các loại động cơ nhiệt, nhiệt lượng do nhiên liệu đốt cháy tạo ra, được chuyển thành công có ích thì động cơ đốt trong được dùng rộng rãi nhất với số lượng lớn nhất trong mọi lĩnh vực : giao thông vận tải (đường bộ, đường sắt, đường thủy, hàng không...), nông nghiệp, lâm nghiệp, xây dựng, công nghiệp, quốc phòng...



**Hình 1.1.** Sơ đồ cấu tạo của động cơ đốt trong  
 a) Động cơ đốt trong pittông ; b) Tuabin khí ;  
 c) Động cơ phản lực dùng nhiên liệu và chất oxy hóa thể lỏng ; d) Tuabin phản lực.

1 - cacte lắp trục khuỷu ; 2 - xilanh ; 3 - nắp xilanh ;  
 4 - pittông ; 5 - thanh truyền ; 6 - trục khuỷu ;  
 7 - bơm nhiên liệu ; 8 - buồng cháy ; 9 - lỗ phun  
 vào cánh tuabin ; 10 - tuabin ; 11 - máy nén ;  
 12 - bình chứa nhiên liệu ; 13 - bình chứa chất  
 oxy hóa ; 14 - bơm ; 15 - miệng phun phản lực ;  
 16 - vòi phun nhiên liệu.



Tổng công suất do động cơ đốt trong tạo ra chiếm khoảng 90% công suất thiết bị động lực do mọi nguồn năng lượng tạo ra (nhiệt năng, thủy năng, năng lượng nguyên tử, năng lượng mặt trời...).

Trong động cơ đốt trong, các quá trình đốt cháy nhiên liệu, và chuyển biến nhiệt năng thành cơ năng được thực hiện bên trong động cơ.

Động cơ đốt trong gồm có : động cơ đốt trong pittông, tua bin khí và động cơ phản lực (hình 1.1).

Các chi tiết chính của động cơ pittông (hình 1.1a) gồm : xilanh 2, nắp xilanh 3, cacte 1, pittông 4, thanh truyền 5 và trục khuỷu 6. Nhiên liệu và không khí cần cho quá trình cháy được đưa vào thể tích xilanh động cơ, giới hạn bởi nắp xilanh, thành xilanh và đỉnh pittông. Khí thể được tạo ra sau khi cháy có nhiệt độ lớn tạo nên áp suất đẩy pittông chuyển dịch trong xilanh. Chuyển động tịnh tiến của pittông thông qua thanh truyền chuyển tới trục khuỷu, lắp trong cacte, tạo thành chuyển động quay của trục khuỷu.

Trong tua bin khí (hình 1.1b), việc đốt cháy nhiên liệu được thực hiện trong buồng cháy 8. Nhiên liệu vào buồng cháy là nhờ bơm 7 và được xé toí qua vòi phun. Không khí cần cho sự cháy, được máy nén 11 (lắp trên đầu trục của tua bin khí 10) cung cấp cho buồng cháy. Sản vật cháy qua các lỗ phun 9 đi vào các cánh bánh công tác của tua bin 10 để giãn nở và sinh công.

Tua bin khí, chỉ có các chi tiết quay tròn, nên có thể chạy ở tốc độ cao. Ngoài ra, các cánh của tua bin có thể lợi dụng triệt để năng lượng của khí nóng. Nhược điểm chính của tua bin là hiệu suất thấp và các cánh tua bin phải hoạt động trong môi trường nhiệt độ cao (giảm nhiệt độ của khí thể để tăng độ tin cậy của các cánh sẽ làm giảm hiệu suất tua bin). Tua bin khí được dùng rộng rãi làm thiết bị phụ của động cơ pittông và động cơ phản lực. Sử dụng các vật liệu chịu nhiệt tốt sẽ nâng cao chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật và mở rộng phạm vi sử dụng tua bin khí.

Trong động cơ phản lực dùng chất oxy hóa thể lỏng (hình 1.1c), nhiên liệu và chất oxy hóa thể lỏng từ thùng chứa 12 và 13 được các bơm 14 cấp cho buồng cháy 8. Sản vật cháy giãn nở trong ống phun 15, và phun ra môi trường với tốc độ lớn. Lưu động của dòng khí ra khỏi các ống phun là nguyên nhân sản sinh phản lực (lực kéo) của động cơ. Hình 1.1d giới thiệu động cơ phản lực dùng chất oxy hóa thể khí (không khí). Đặc điểm chính của động cơ phản lực là lực kéo hầu như không phụ thuộc vào tốc độ của thiết bị phản lực, còn công suất của động cơ tỉ lệ thuận với tốc độ không khí vào máy tức là tốc độ chuyển động của thiết bị phản lực. Đặc điểm trên được sử dụng trong động cơ tua bin phản lực của máy bay. Nhược điểm chính của động cơ phản lực là hiệu suất tương đối thấp.

Động cơ đốt trong pittông có hiệu suất cao nhất vì nhiệt độ cực đại trong quá trình cháy có thể tới  $1800 + 2800\text{K}$ , còn nhiệt độ khí xả, thải ra ngoài trời chỉ là  $900 + 1500\text{K}$ . Tuy nhiệt độ cao như vậy, nhưng do quá trình hoạt động của động cơ có tính chu kỳ và các chi tiết tiếp xúc với khí nóng luôn được làm mát nên không gây ảnh hưởng đến độ tin cậy trong hoạt động của động cơ. Nhược điểm chính của động cơ pittông là ở cơ cấu trục khuỷu - thanh truyền ; cơ cấu này làm cho cấu tạo của động cơ phức tạp và còn hạn chế khả năng tăng tốc độ động cơ.

Ngày nay người ta sử dụng rộng rãi động cơ tăng áp tua bin khí, đó là loại động cơ liên hợp gồm động cơ pittông 1, máy nén khí 3 và tua bin khí 2 (hình 1.2) liên kết với nhau. Khí xả của động cơ pittông có nhiệt độ và áp suất cao, truyền năng lượng cho cánh tua bin khí 2 để dẫn động máy nén khí 3. Máy nén khí hút không

khí từ môi trường nén tới áp suất nào đó rồi nạp vào xilanh động cơ pittông. Việc tăng lượng khí nạp vào xilanh động cơ bằng cách tăng áp suất không khí trên đường nạp được gọi là tăng áp. Khi tăng áp, mật độ không khí sẽ tăng, do đó làm tăng lượng môi chất mới nạp vào xilanh động cơ so với trường hợp không tăng áp.

Muốn đốt nhiên liệu phun vào xilanh động cơ, cần có một lượng không khí thích hợp (ví dụ muốn đốt kiệt 1kg nhiên liệu lỏng về mặt lý thuyết cần có khoảng 15kg không khí). Do đó không khí nạp vào xilanh càng nhiều thì số nhiên liệu có thể đốt cháy càng nhiều tức là được công suất càng lớn.

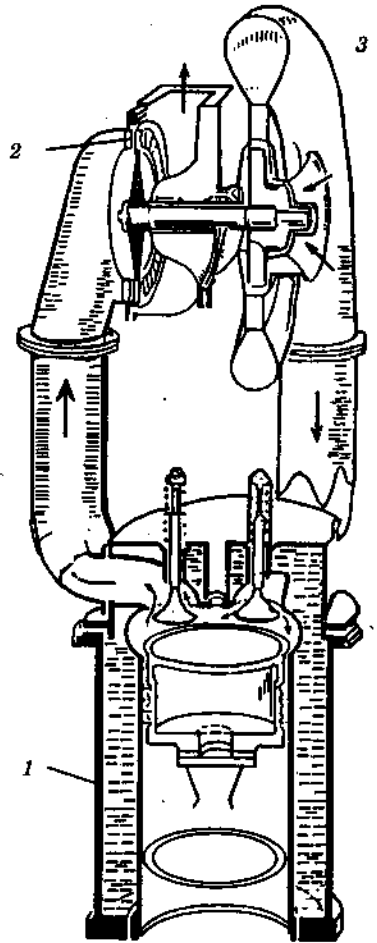
Động cơ tăng áp tua bin khí so với động cơ không tăng áp không những có công suất lớn hơn mà hiệu suất cũng cao hơn, vì nó đã sử dụng thêm năng lượng của khí xả.

Ưu điểm chính của động cơ tăng áp tua bin khí là khối lượng và thể tích của động cơ quy về 1kW nhỏ hơn và hiệu suất cao hơn so với động cơ không tăng áp.

Ở động cơ đốt trong, việc sử dụng hóa năng của nhiên liệu ngay bên trong xilanh động cơ là một trong các phương pháp tốt nhất, vì nó không cần đến môi chất trung gian (ví dụ hơi nước trong máy hơi và tua bin hơi) nhờ đó không có các thiết bị phụ khác (như nồi hơi, thùng ngưng hơi, bộ quá nhiệt...) tránh được nhiều tổn thất nhiệt.

Động cơ đốt trong pittông, đặc biệt là động cơ tăng áp tua bin khí là loại có hiệu suất cao nhất trong các động cơ nhiệt hiện nay.

Ngày nay động cơ đốt trong pittông chiếm số lượng lớn nhất và được sử dụng rộng rãi nhất. Vì vậy thuật ngữ "động cơ đốt trong" được dùng với ý khái quát chung cho các loại động cơ đốt trong, đồng thời cũng có ý dùng ngắn gọn để chỉ động cơ đốt trong pittông.



Hình 1.2. Động cơ tăng áp tua bin khí  
1 - động cơ pittông ;  
2 - tuabin ; 3 - máy nén.

## 1.2. ƯU, KHUYẾT ĐIỂM VÀ LĨNH VỰC SỬ DỤNG ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

So với các loại động cơ nhiệt khác, ưu điểm chính của động cơ đốt trong là :

1. Hiệu suất cơ ích  $\eta_e$  cao, động cơ diesel tăng áp tua bin khí hiện đại đạt tới  $\eta_e = 0,4 + 0,52$ , trong khi đó hiệu suất cơ ích của máy hơi nước  $\eta_e = 0,09 + 0,14$ , của tua bin hơi nước  $\eta_e = 0,22 + 0,28$  và của tua bin khí  $\eta_e$  không quá 0,3.

2. Kích thước nhỏ gọn, khối lượng nhẹ vì toàn bộ chu trình của động cơ đốt trong được thực hiện trong một thiết bị duy nhất (ngược lại thiết bị tua bin khí hoặc hơi cần có nhiều trang bị phụ như : nồi hơi, buồng cháy, máy nén... rất nặng và cồng kềnh).

Động cơ pittông hiện đại đạt khối lượng trên 1kW là :  $0,25 + 23$  (kg/kW) và công suất lít là :  $1,2 + 38$  (kW/l) thậm chí tới 160 (kW/l).

3. Khởi động nhanh. Bất kỳ động cơ đốt trong nào trong mọi điều kiện chỉ cần từ vài giây đến vài phút là có thể cho máy nổ và chuyển đến toàn tải. Động cơ diên đến lớn nhất, từ khởi động rồi chuyển đến toàn tải chỉ cần 30 + 40 phút. Trong khi đó, trang bị động lực hơi nước (máy hơi và tua bin hơi) muốn khởi động rồi chuyển đến chạy toàn tải phải cần tới từ mấy giờ đến mấy ngày đêm.

4. Hao ít nước. Động cơ đốt trong có thể không dùng nước hoặc tiêu hao rất ít nước, trong khi đó trang bị động lực hơi nước phải tiêu thụ một lượng nước lớn kể cả trường hợp thu hồi hơi nước ngưng tụ. Ưu điểm này của động cơ đốt trong có giá trị đặc biệt trong một số trường hợp (ví dụ : trong vùng sa mạc).

5. Bảo dưỡng đơn giản và thuận tiện hơn hẳn so với trang bị động lực hơi nước. Động cơ đốt trong chỉ cần 1 người chăm sóc, bảo dưỡng.

**Nhược điểm của động cơ đốt trong là :**

1. Trong xilanh không thể đốt nhiên liệu thể rắn, và nhiên liệu kém phẩm chất. Động cơ đốt trong chủ yếu dùng nhiên liệu lỏng hoặc khí sạch không chứa các thành phần ăn mòn kim loại cũng như tạp chất cơ học.

2. Công suất thiết bị bị giới hạn. Về mặt này trang bị tua bin hơi nước có nhiều ưu việt hơn so với động cơ đốt trong. Động cơ diên không thể vượt công suất 37.000kW ; với công suất 20.000kW, cấu tạo của động cơ trở nên rất phức tạp hoạt động thiếu linh hoạt, trong khi đó trang bị tua bin hơi nước có thể đạt công suất trên 200.000kW.

3. Trên thiết bị vận tải đường bộ, không thể nối trực tiếp trực động cơ với trục của máy công tác do hạn chế về đặc tính của động cơ đốt trong. Do đó, trên hệ thống truyền động phải có bộ li hợp và hộp số để thay đổi mômen của trục thụ động trong một phạm vi rộng.

4. Động cơ hoạt động khá ồn, nhất là động cơ cao tốc. Người ta phải dùng các bộ tiêu âm trên đường thải và đường nạp để hạn chế bớt nhược điểm này. Nhưng bình tiêu âm sẽ gây ảnh hưởng xấu tới ưu điểm của động cơ như hiệu suất và khối lượng động cơ quy về 1kW...

Do những ưu điểm kể trên, nên động cơ đốt trong đã phát triển rộng khắp trên các lĩnh vực công nghiệp, nông lâm ngư nghiệp, giao thông vận tải.

Trong lĩnh vực công nghiệp, phát điện, vận tải biển, động cơ đốt trong được sử dụng song hành với động cơ nhiệt khác. Một số lĩnh vực, cho tới nay chưa sử dụng được các loại động cơ khác, ví dụ trên ô tô, máy kéo, hàng không, tàu ngầm, các trạm phát điện di động, động cơ đốt trong vẫn là động lực duy nhất được sử dụng trong các lĩnh vực này. Ngoài ra toàn bộ tàu sông, tàu ven biển, tàu biển dưới 10.000 tấn, các máy xây dựng, các trang bị kỹ thuật quân sự đều sử dụng động lực chính là động cơ đốt trong.

Chính vì vậy ngành công nghiệp chế tạo động cơ đốt trong được coi là bộ phận tất yếu của ngành cơ khí và nền kinh tế quốc dân của hầu hết các nước.

Động cơ đốt trong là một thiết bị cơ khí phức tạp. Bên trong động cơ thực hiện các quá trình khác nhau : biến đổi hóa học, nhiệt động học, các quá trình cơ khí và điện khí, các cơ cấu đảm bảo thực hiện các quá trình trên đều phức tạp. Khi chế tạo cũng vậy, vì hình dạng của các chi tiết rất phức tạp, kích thước lớn, đòi hỏi nhiều loại nguyên vật liệu khác nhau, nhiều loại máy công cụ đặc chủng phức tạp để đạt độ chính xác cao...

Sau cùng, việc bảo dưỡng, sửa chữa động cơ đốt trong cũng đòi hỏi có hiểu biết về nhiều loại kiến thức phong phú.



Vì vậy tất cả các nước đều rất coi trọng đào tạo đội ngũ chuyên gia về động cơ đốt trong có số lượng và chất lượng nhất định đáp ứng yêu cầu về thiết kế, chế tạo, sử dụng bảo dưỡng, sửa chữa các loại động cơ đốt trong dùng trong nước mình.

### 1.3. PHÂN LOẠI ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

Động cơ đốt trong được phân loại theo những đặc trưng sau đây :

1. Theo phương pháp thực hiện chu trình công tác có :

- Động cơ bốn kỳ - chu trình công tác được thực hiện trong bốn hành trình pittông hoặc hai vòng quay trục khuỷu.

- Động cơ hai kỳ - chu trình công tác được thực hiện trong hai hành trình pittông hoặc một vòng quay trục khuỷu.

2. Theo loại nhiên liệu dùng cho động cơ có :

- Động cơ dùng nhiên liệu lỏng, nhẹ (xăng, benzen, dầu hỏa, cồn...).

- Động cơ dùng nhiên liệu lỏng, nặng (nhiên liệu điêden, dầu mazút, gazôin...).

- Động cơ dùng nhiên liệu khí (khí lò ga, khí thiên nhiên, khí hóa lỏng, nhiên liệu khí nén).

- Động cơ dùng nhiên liệu khí cộng với nhiên liệu lỏng (phần chính là nhiên liệu khí, phần nhỏ là nhiên liệu lỏng).

- Động cơ đa nhiên liệu (dùng các nhiên liệu lỏng từ nhẹ đến nặng).

3. Theo phương pháp nạp của chu trình công tác có :

- Động cơ không tăng áp. Quá trình hút không khí hoặc hòa khí vào xilanh là do pittông hút trực tiếp từ khí trời (động cơ bốn kỳ) hoặc do không khí quét được nén tới áp suất đủ để thực hiện việc thay đổi môi chất và nạp đầy xi lanh (động cơ hai kỳ).

- Động cơ tăng áp, không khí hoặc hòa khí vào xi lanh động cơ có áp suất lớn hơn áp suất khí trời, nhờ thiết bị tăng áp (động cơ bốn kỳ) hoặc việc quét xilanh và nạp không khí hoặc hòa khí được thực hiện nhờ không khí có áp suất cao, đảm bảo chẳng những thay đổi môi chất mà còn làm tăng lượng khí nạp vào xilanh. Thuật ngữ "tăng áp" có nghĩa là làm tăng khối lượng môi chất mới nhờ nâng cao áp suất trên đường nạp qua đó tăng mật độ khí nạp.

4. Theo phương pháp hình thành hòa khí (hỗn hợp giữa không khí và nhiên liệu) có :

- Động cơ hình thành hòa khí bên ngoài - Trong đó hòa khí (còn gọi là hỗn hợp khí cháy) gồm hơi nhiên liệu lỏng nhẹ và không khí hoặc gồm nhiên liệu thể khí và không khí được hòa trộn trước bên ngoài xilanh động cơ (bao gồm toàn bộ động cơ dùng bộ chế hòa khí và động cơ dùng nhiên liệu thể khí) và được đốt cháy bằng tia lửa điện.

- Động cơ hình thành hòa khí bên trong - trong đó hòa khí được hình thành bên trong xilanh là nhờ bơm cao áp cấp nhiên liệu cao áp để phun tới vào khối không khí nóng trong xilanh động cơ (động cơ điêden) hoặc nhờ phun nhiên liệu nhẹ trực tiếp vào xilanh động cơ (động cơ phun xăng trực tiếp vào xilanh).

Quá trình hình thành hòa khí trong động cơ điêden chủ yếu phụ thuộc vào loại buồng cháy, vì vậy động cơ điêden được chia thành ba loại sau :

+ Động cơ điêden dùng buồng cháy thống nhất, trong đó thể tích buồng cháy là một khối thống nhất các quá trình hình thành hòa khí và quá trình cháy thực hiện ở đây.

+ Động cơ diêden dùng buồng cháy dự bị, trong đó thể tích buồng cháy được ngăn làm hai phần : buồng cháy chính và buồng cháy dự bị, nhiên liệu được phun vào buồng cháy dự bị. Trước tiên việc hình thành hòa khí và bốc cháy của nhiên liệu được thực hiện trong buồng cháy dự bị, qua đó tạo ra chênh áp giữa hai buồng cháy. Nhờ chênh áp đó sản vật cháy, nhiên liệu và không khí chưa cháy được phun ra buồng cháy chính để tiếp tục hình thành hòa khí và kết thúc quá trình cháy trong buồng cháy chính.

+ Động cơ diêden dùng buồng cháy xoáy lốc, trong đó thể tích buồng cháy cũng được chia làm hai phần : buồng cháy chính và buồng cháy xoáy lốc. Giữa hai buồng cháy này có đường nối thông nằm trên đường tiếp tuyến với buồng cháy xoáy lốc, nhờ đó tạo ra dòng xoáy lốc của môi chất ở đây vào cuối quá trình nén. Trước tiên việc hình thành hòa khí là nhờ nhiên liệu được phun tới vào dòng xoáy lốc này, tiếp đó nhiên liệu bốc cháy tạo ra chênh áp giữa hai buồng cháy. Nhờ chênh áp, sản vật cháy, nhiên liệu và không khí chưa cháy được phun ra buồng cháy chính để tiếp tục hình thành hòa khí và kết thúc quá trình cháy trong buồng cháy chính.

#### 5. Theo phương pháp đốt cháy hòa khí có :

- Động cơ nhiên liệu tự cháy (động cơ diêden), trong đó nhiên liệu lỏng được phun tới vào buồng cháy và tự bốc cháy nhờ nhiệt độ cao của môi chất cuối quá trình nén.

- Động cơ đốt cháy cưỡng bức, trong đó hòa khí được đốt cháy cưỡng bức nhờ nguồn nhiệt bên ngoài (tia lửa điện). Loại này gồm toàn bộ động cơ dùng chế hòa khí và máy ga.

- Động cơ đốt cháy hỗn hợp, trong đó hòa khí được đốt cháy nhờ hai nguồn nhiệt : một nguồn do nhiệt độ môi chất cuối quá trình nén (không đủ tự cháy) và nguồn khác do tác dụng của thành nóng trong buồng cháy hoặc do môi lửa (cầu nhiệt). Loại này gồm toàn bộ động cơ có cầu nhiệt.

- Động cơ đốt cháy tổ hợp (động cơ ga-diêden), trong đó hòa khí của nhiên liệu thể khí hoặc nhiên liệu lỏng được đốt cháy cưỡng bức, nhờ ngọn lửa do tự cháy của nhiên liệu môi còn nhiên liệu diêden mới được phun vào xilanh cuối quá trình nén tự bốc cháy nhờ nhiệt độ cao của môi chất nén.

#### 6. Theo loại chu trình công tác có :

- Động cơ cấp nhiệt đẳng tích ( $V \approx \text{const}$ ) gồm tất cả động cơ có tỉ số nén thấp ( $\epsilon \approx 5 + 11$ ) và đốt nhiên liệu cưỡng bức (động cơ dùng chế hòa khí và máy ga).

- Động cơ cấp nhiệt đẳng áp ( $p \approx \text{const}$ ) gồm các động cơ có tỉ số nén cao ( $\epsilon \approx 12 + 14$ ), phun tới nhiên liệu nhờ không khí nén và nhiên liệu tự bốc cháy (hiện nay không sản xuất loại này), ngoài ra còn động cơ đốt trong tăng áp cao.

- Động cơ cấp nhiệt hỗn hợp, trong đó một phần nhiệt cấp trong điều kiện đẳng tích ( $V \approx \text{const}$ ) phần còn lại cấp trong điều kiện đẳng áp ( $p \approx \text{const}$ ) - bao gồm tất cả các động cơ diêden hiện đại với tỉ số nén cao ( $\epsilon \approx 12 + 16$ ), phun nhiên liệu trực tiếp và nhiên liệu tự bốc cháy. Phần lớn động cơ diêden hoạt động theo chu trình này.

#### 7. Theo đặc điểm cấu tạo động cơ :

*Theo đặc điểm cơ cấu trục khuỷu thanh truyền có :*

- Động cơ có dạng hòm - trong đó lực ngang bên sườn máy mà đầu nhỏ thanh truyền tạo ra là do bản thân pittông tiếp nhận (hình 1.1 a).

- Động cơ có guốc trượt, trong đó lực ngang bên sườn máy mà đầu nhỏ thanh truyền tạo ra được guốc trượt tiếp nhận (hình 1.3 a, f).

*Theo số xilanh có :*

- Động cơ một xilanh

- Động cơ nhiều xilanh (hình 1.3 e, h).