

PGS. TS. Nguyễn Văn Nhận

Lý thuyết

# **ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG**

( Tài liệu lưu hành nội bộ -Dùng cho sinh viên  
ngành Cơ khí - Đại học Thủy sản )



**Nha trang - 2004**

## TỔNG QUAN VỀ ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

### 1.1. ĐỊNH NGHĨA VÀ PHÂN LOẠI ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

**Động cơ** là một loại máy có chức năng biến đổi một dạng năng lượng nào đó thành cơ năng. Tùy thuộc vào dạng năng lượng ở đầu vào là điện năng, nhiệt năng, thủy năng, v.v. người ta phân loại động cơ thành **động cơ điện**, **động cơ nhiệt**, **động cơ thủy lực**, v.v.

**Động cơ đốt trong** là một loại động cơ nhiệt, tức là loại máy có chức năng biến đổi nhiệt năng thành cơ năng. Các loại động cơ nhiệt phổ biến hiện nay không được cung cấp nhiệt năng từ bên ngoài một cách trực tiếp mà được cung cấp nhiên liệu, sau đó nhiên liệu được đốt cháy để tạo ra nhiệt năng. Căn cứ vào vị trí đốt nhiên liệu, người ta chia các loại động cơ nhiệt thành hai nhóm : động cơ đốt trong và động cơ đốt ngoài. Ở động cơ đốt trong, nhiên liệu được đốt cháy trực tiếp trong không gian công tác của động cơ và cũng tại đó diễn ra quá trình chuyển hoá nhiệt năng thành cơ năng. Ở động cơ đốt ngoài, nhiên liệu được đốt cháy trong lò đốt riêng biệt để cấp nhiệt cho môi chất công tác (MCCT), sau đó MCCT được dẫn vào không gian công tác của động cơ để thực hiện quá trình chuyển hoá nhiệt năng thành cơ năng.

Theo cách phân loại như trên thì các loại động cơ có tên thường gọi như : động cơ xăng, động cơ diesel, động cơ piston quay, động cơ piston tự do, động cơ phản lực, turbine khí đều có thể được xếp vào nhóm **động cơ đốt trong** ; còn động cơ hơi nước kiểu piston, turbine hơi nước, động cơ Stirling thuộc nhóm **động cơ đốt ngoài**. Tuy nhiên, trong các tài liệu chuyên ngành, thuật ngữ "**Động cơ đốt trong**" (Internal Combustion Engine) thường được dùng để chỉ riêng loại động cơ đốt trong cổ điển có cơ cấu truyền lực kiểu piston-thanh truyền-trục khuỷu, trong đó piston chuyển động tịnh tiến qua lại trong xylanh của động cơ. Các loại động cơ đốt trong khác thường được gọi bằng các tên riêng , ví dụ : động cơ piston quay (Rotary Engine), động cơ piston tự do (Free - Piston Engine), động cơ phản lực (Jet Engine), turbine khí ( Gas Turbine). Trong giáo trình này, thuật ngữ động cơ đốt trong (viết tắt : ĐCĐT) cũng được hiểu theo quy ước nói trên.

ĐCĐT có thể được phân loại theo các tiêu chí khác nhau (Bảng 1-1). Căn cứ vào nguyên lý hoạt động, có thể chia ĐCĐT thành các loại : động cơ phát hoả bằng tia lửa , động cơ diesel , động cơ 4 kỳ và động cơ 2 kỳ.

- **Động cơ phát hoả bằng tia lửa** (Spark Ignition Engine) là loại ĐCĐT hoạt động theo nguyên lý : nhiên liệu được phát hoả bằng tia lửa được sinh ra từ nguồn nhiệt bên ngoài không gian công tác của xylanh. Chúng ta có thể gặp những kiểu động cơ phát hoả bằng tia lửa với những tên gọi khác nhau, như : động cơ Otto , động cơ carburetor, động cơ phun xăng, động cơ đốt cháy cưỡng bức, động cơ hình thành hỗn hợp cháy từ bên ngoài , động cơ xăng, động cơ gas, v.v. Nhiên liệu dùng cho động cơ phát hoả bằng tia lửa thường là loại lỏng dễ bay hơi, như : xăng, alcohol, benzol , khí hoá lỏng ,v.v. hoặc khí đốt. Trong số nhiên liệu kể trên, xăng là loại

được sử dụng phổ biến nhất từ thời kỳ đầu lịch sử phát triển loại động cơ này đến nay. Vì vậy, thuật ngữ "động cơ xăng" thường được dùng để gọi chung các kiểu động cơ chạy bằng nhiên liệu lỏng được phát hoả bằng tia lửa, còn động cơ ga - động cơ chạy bằng nhiên liệu khí được phát hoả bằng tia lửa.

- **Động cơ diesel** (Diesel Engine) là loại ĐCĐT hoạt động theo nguyên lý : nhiên liệu tự phát hoả khi được phun vào buồng đốt chứa không khí bị nén đến áp suất và nhiệt độ đủ cao. Nguyên lý hoạt động như trên do ông Rudolf Diesel - kỹ sư người Đức - đề xuất vào năm 1882. Ở nhiều nước, động cơ diesel còn được gọi là động cơ phát hoả bằng cách nén (Compression - Ignition Engine).

- **Động cơ 4 kỳ** - loại ĐCĐT có chu trình công tác được hoàn thành sau 4 hành trình của piston.

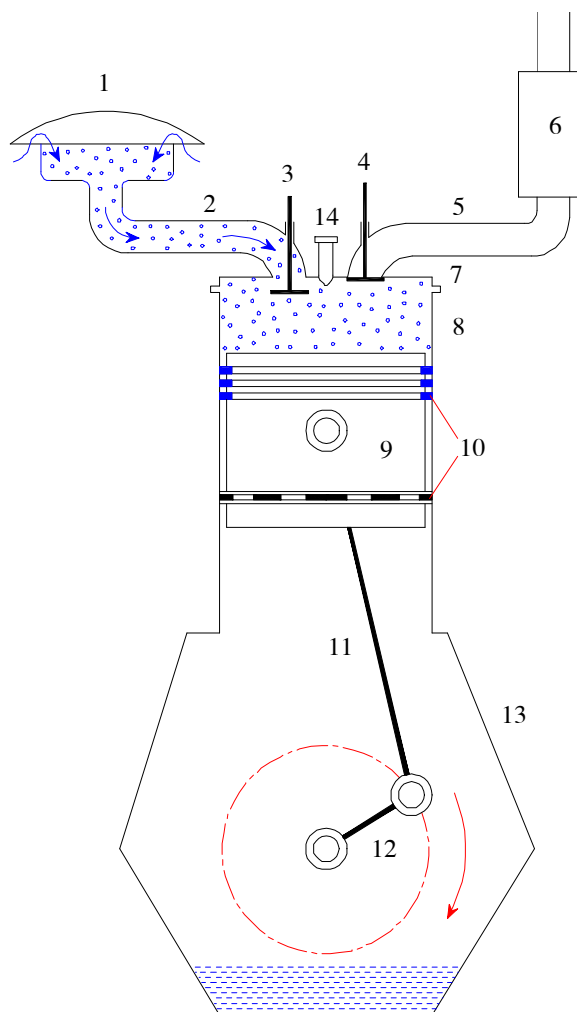
- **Động cơ 2 kỳ** - loại ĐCĐT có chu trình công tác được hoàn thành sau 2 hành trình của piston.

Bảng 1.1. Phân loại tổng quát động cơ đốt trong

Tiêu chí phân loại	Phân loại
Loại nhiên liệu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Động cơ chạy bằng nhiên liệu lỏng dễ bay hơi như : xăng, alcohol, benzol, v.v.</li> <li>- Động cơ chạy bằng nhiên liệu lỏng khó bay hơi, như : gas oil, mazout, v.v.</li> <li>- Động cơ chạy bằng khí đốt .</li> </ul>
Phương pháp phát hoả nhiên liệu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Động cơ phát hoả bằng tia lửa</li> <li>- Động cơ diesel</li> <li>- Động cơ semidiesel</li> </ul>
Cách thức thực hiện chu trình công tác	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Động cơ 4 kỳ</li> <li>- Động cơ 2 kỳ</li> </ul>
Phương pháp nạp khí mới vào không gian công tác	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Động cơ không tăng áp</li> <li>- Động cơ tăng áp</li> </ul>
Đặc điểm kết cấu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Động cơ một hàng xylanh ; động cơ hình sao ; hình chữ V, W, H, ...</li> <li>- Động cơ có xylanh thẳng đứng, ngang, nghiêng</li> </ul>
Theo tính năng	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Động cơ thấp tốc, trung tốc và cao tốc</li> <li>- Động cơ công suất nhỏ, trung bình và lớn</li> </ul>
Theo công dụng	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Động cơ xe cơ giới đường bộ</li> <li>- Động cơ thuỷ</li> <li>- Động cơ máy bay</li> <li>- Động cơ tĩnh tại</li> </ul>

## 1.2. MỘT SỐ THUẬT NGỮ VÀ KHÁI NIỆM THÔNG DỤNG

### 1) Tên gọi một số bộ phận cơ bản



H.1-1. Sơ đồ cấu tạo động cơ diesel 4 kỳ

- 1- Lọc không khí
- 2- Ống nạp
- 3- Xupap nạp
- 4- Xupap xả
- 5- Ống xả
- 6- Bình giảm thanh
- 7- Nắp xylanh
- 8- Xylanh
- 9- Piston
- 10- Xecmang
- 11- Thanh truyền
- 12- Trục khuỷu
- 13- Cacte
- 14- Vòi phun nhiên liệu

### 2) Điểm chết, Điểm chết trên, Điểm chết dưới

- Điểm chết - vị trí của cơ cấu truyền lực, tại đó dù tác dụng lên đỉnh piston một lực lớn bao nhiêu thì cũng không làm cho trục khuỷu quay.
- Điểm chết trên (ĐCT) - vị trí của cơ cấu truyền lực, tại đó piston cách xa trục khuỷu nhất.
- Điểm chết dưới (ĐCD) - vị trí của cơ cấu truyền lực, tại đó piston ở gần trục khuỷu nhất.

### 3) Hành trình của piston ( S ) - khoảng cách giữa ĐCT và ĐCD.

4) **Không gian công tác của xylanh** - khoảng không gian bên trong xylanh được giới hạn bởi : đỉnh piston, nắp xylanh và thành xylanh. Thể tích của không gian công tác của xylanh (V) thay đổi khi piston chuyển động.

**5) Buồng đốt ( $V_C$ )** - phần không gian công tác của xy lanh khi piston ở ĐCT.

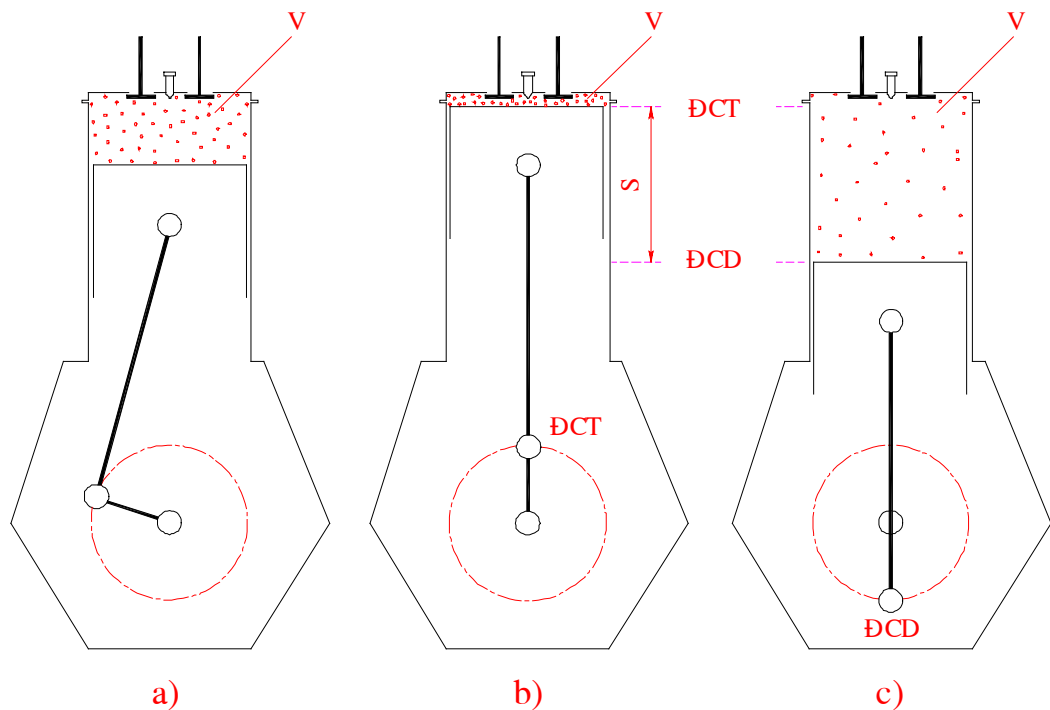
**6) Dung tích công tác của xy lanh ( $V_S$ )** - thể tích phần không gian công tác của xy lanh được giới hạn bởi hai mặt phẳng vuông góc với đường tâm của xy lanh và đi qua ĐCT, ĐCD :

$$V_S = \frac{p \cdot D^2}{4} \cdot S \quad (1.1)$$

trong đó :

D - đường kính của xy lanh

S - hành trình của piston.



H. 1-2. ĐCT, ĐCD và thể tích không gian công tác của xy lanh

**7) Tỷ số nén (e)** - Tỷ số giữa thể tích lớn nhất của không gian công tác của xy lanh ( $V_a$ ) và thể tích của buồng đốt ( $V_C$ ).

$$e = \frac{V_a}{V_C} = \frac{V_S + V_C}{V_C} \quad (1.2)$$

**8) Môi chất công tác (MCCT)** - Chất có vai trò trung gian trong quá trình biến đổi nhiệt năng thành cơ năng. Ở những giai đoạn khác nhau của chu trình công tác, MCCT có thành phần, trạng thái khác nhau và được gọi bằng những tên khác nhau như khí mới, sản phẩm cháy, khí thải, khí sót, hỗn hợp cháy, hỗn hợp khí công tác.

- Khí mới - (còn gọi là **Khí nạp**) - khí được nạp vào không gian công tác của xy lanh qua cửa nạp. ở động cơ diesel, khí mới là không khí ; ở động cơ xăng, khí mới là hỗn hợp không khí-xăng.

- Sản phẩm cháy - những chất được tạo thành trong quá trình đốt cháy nhiên liệu trong không gian công tác của xy lanh, ví dụ :  $CO_2$  ,  $H_2O$  ,  $CO$  ,  $SO_2$  ,  $NO_x$  , v.v.

- Khí thải - hỗn hợp các chất được thải ra khỏi không gian công tác của xy lanh sau khi đã dẫn nổ để sinh ra cơ năng. Khí thải của động cơ đốt trong gồm có : sản phẩm cháy, nitơ ( $N_2$ ) và oxy ( $O_2$ ) còn dư.

- Khí sót - phần sản phẩm cháy còn sót lại trong không gian công tác của xy lanh sau khi cơ cấu xả đã đóng hoàn toàn.

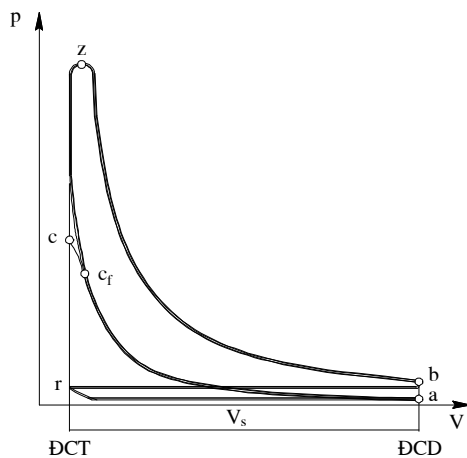
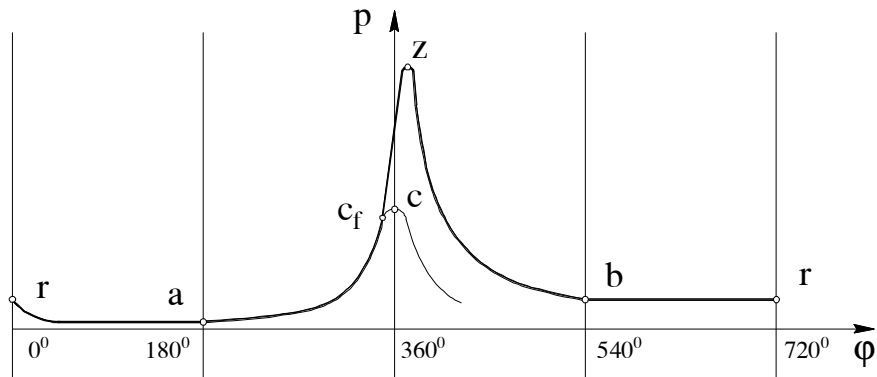
- Hỗn hợp cháy (**HHC**) - hỗn hợp của nhiên liệu và không khí.

- Hỗn hợp khí công tác - hỗn hợp nhiên liệu - không khí - khí sót.

**9) Quá trình công tác** - quá trình thay đổi trạng thái và thành phần của MCCT trong xy lanh diễn ra trong một giai đoạn nào đó của chu trình công tác.

**10) Chu trình công tác (CTCT)** - tổng cộng tất cả các quá trình công tác diễn ra trong khoảng thời gian tương ứng với một lần sinh công ở một xy lanh.

**11) Đồ thị công** - đồ thị biểu diễn sự thay đổi của áp suất của MCCT trong xy lanh theo thể tích của không gian công tác hoặc theo góc quay của trục khuỷu .



H. 1-3. Đồ thị công của động cơ 4 kỳ

### 1.3. CÁC BỘ PHẬN CƠ BẢN CỦA ĐCĐT

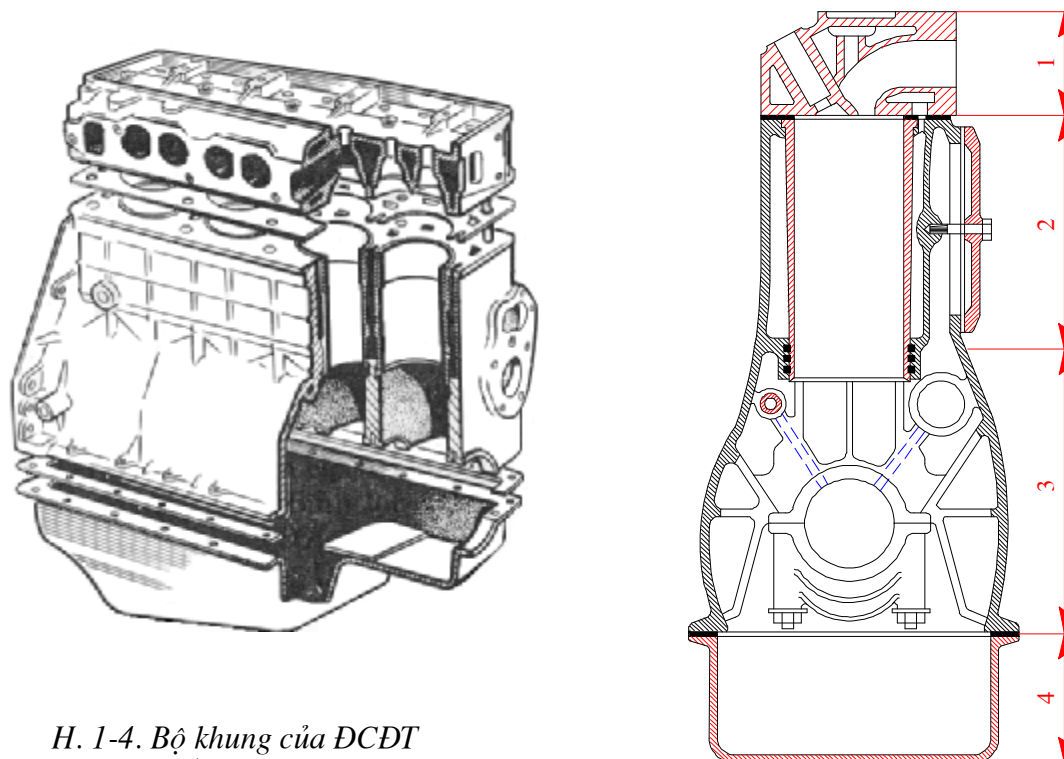
Tuy có hình dáng bên ngoài, kích thước và số lượng các chi tiết rất khác nhau, nhưng tất cả ĐCĐT đều có các bộ phận và hệ thống cơ bản sau đây :

- 1) Bộ khung
- 2) Hệ thống truyền lực
- 3) Hệ thống nạp - xả
- 4) Hệ thống nhiên liệu
- 5) Hệ thống bôi trơn
- 6) Hệ thống làm mát
- 7) Hệ thống khởi động

Ngoài ra, một số động cơ còn có thêm hệ thống điện, hệ thống tăng áp, hệ thống cảnh báo-bảo vệ ,v.v.

#### 1.3.1. BỘ KHUNG CỦA ĐỘNG CƠ

**Bộ khung** bao gồm các bộ phận cố định có chức năng che chắn hoặc là nơi lắp đặt các bộ phận khác của động cơ. Các bộ phận cơ bản của bộ khung của ĐCĐT bao gồm : nắp xy lanh , khối xy lanh , cacte và các nắp đậy, đệm kín, bulông, v.v.



H. 1-4. Bộ khung của ĐCĐT

- 1- Nắp xy lanh
- 2- Khối xy lanh
- 3- Cacte trên
- 4- Cacte dưới

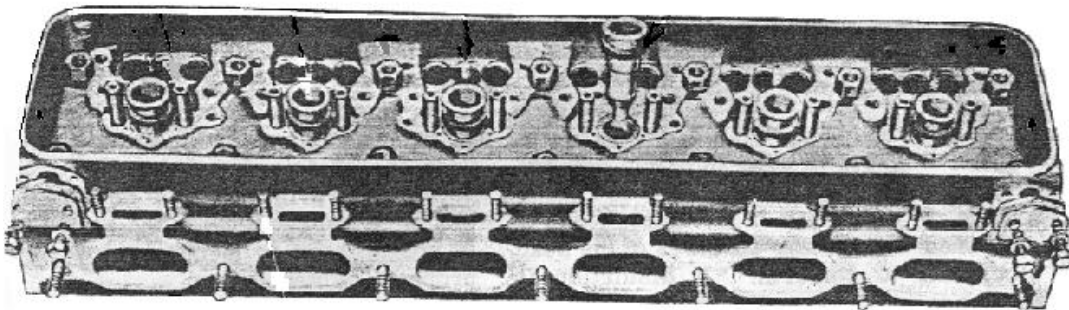
### 1.3.1.1. NẮP XYLANH

**Nắp xy lanh** là chi tiết đậy kín không gian công tác của động cơ từ phía trên và là nơi lắp đặt một số bộ phận khác của động cơ như : xupap, đòn gánh xupap, vòi phun hoặc buji, ống góp khí nạp, ống góp khí thải, van khởi động, v.v.

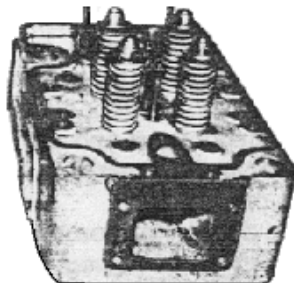
Nắp xy lanh thường được chế tạo từ gang hoặc hợp kim nhôm bằng phương pháp đúc. Nắp xy lanh bằng gang ít bị biến dạng hơn so với nắp xy lanh bằng hợp kim nhôm, nhưng nặng hơn và dẫn nhiệt kém hơn.

Động cơ nhiều xy lanh có thể có 1 nắp xy lanh chung cho tất cả các xy lanh hoặc nhiều nắp xy lanh riêng cho 1 hoặc một số xy lanh. Nắp xy lanh riêng có ưu điểm là dễ chế tạo, tháo lắp, sửa chữa và ít bị biến dạng hơn . Nhược điểm của nắp xy lanh riêng là khó bố trí các bulông để liên kết nắp xy lanh với khối xy lanh, khó bố trí ống nạp và ống xả hơn so với nắp xy lanh chung.

a)



b)



H. 1-5. Nắp xy lanh  
a) Nắp xy lanh chung  
b) Nắp xy lanh riêng

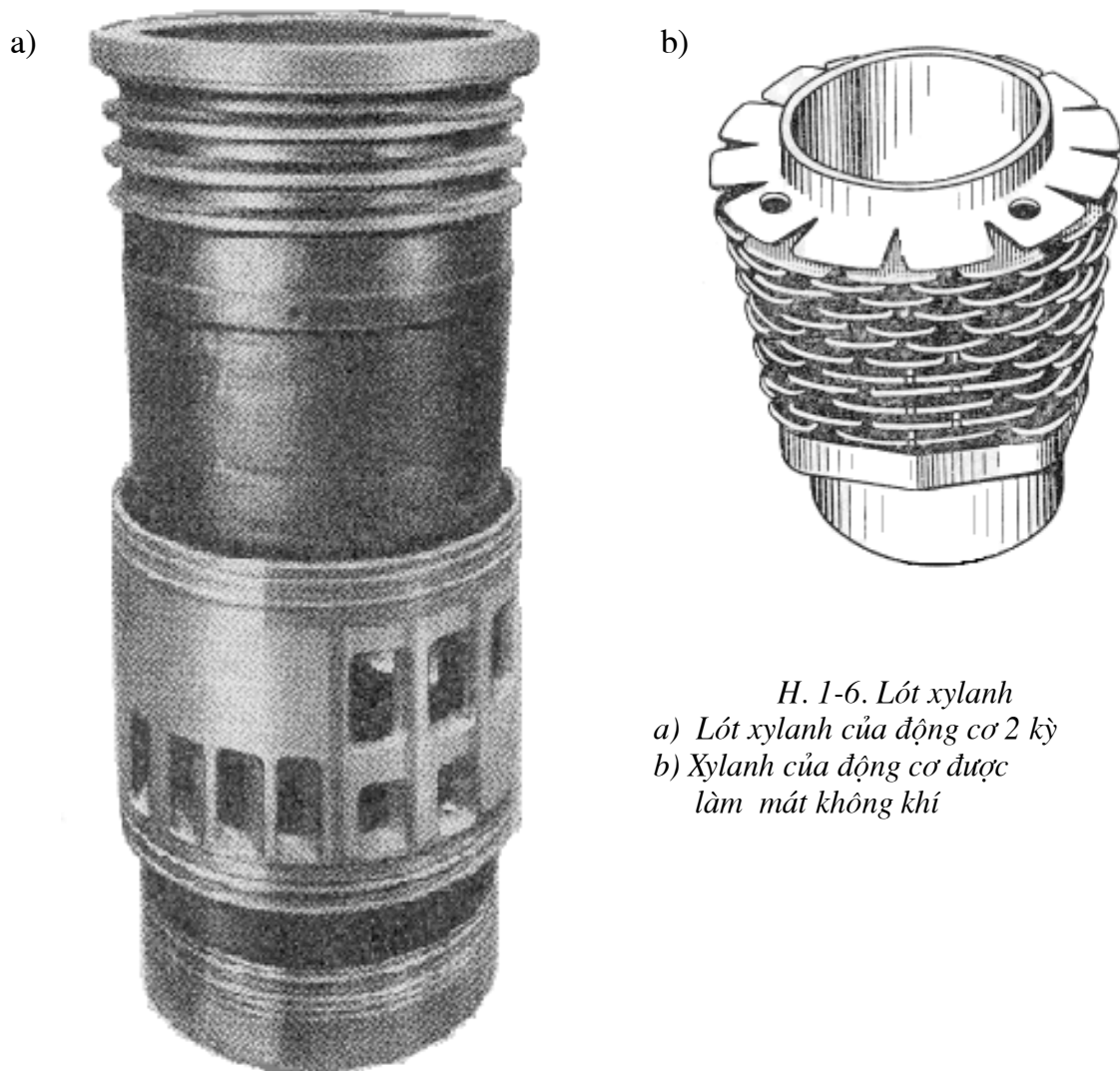
### 1.3.1.2. KHỐI XYLANH

Các xy lanh của động cơ nhiều xy lanh thường được đúc liền thành một khối gọi là khối xy lanh. Mặt trên và mặt dưới của khối xy lanh được mài phẳng để lắp vào nắp xy lanh và cacte . Vách trong của các xy lanh được doa nhẵn, thường gọi là mặt gương của xy lanh.

Vật liệu để đúc khối xy lanh thường là gang hoặc hợp kim nhôm. Một số loại động cơ công suất lớn có khối xy lanh được hàn từ các tấm thép. Xy lanh của động cơ được làm mát bằng không khí có các cánh tản nhiệt để tăng khả năng thoát nhiệt. Động cơ được làm mát bằng nước có các khoang trong khối xy lanh để chứa nước làm mát.

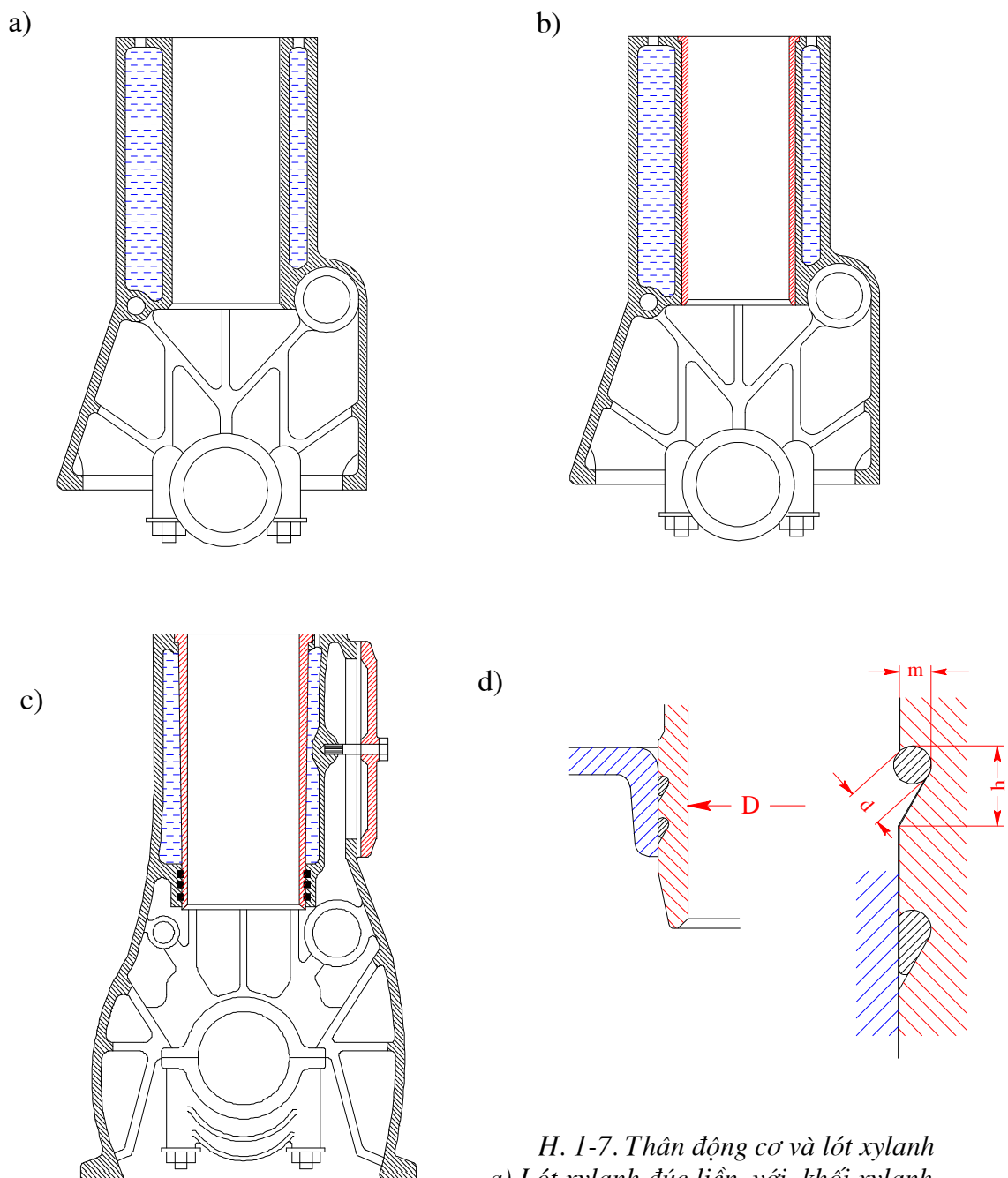


### 1.3.1.3. LÓT XYLANH



H. 1-6. Lót xylanh  
a) Lót xylanh của động cơ 2 kỳ  
b) Xylanh của động cơ được làm mát không khí

Lót xylanh là một bộ phận có chức năng dẫn hướng piston và cùng với mặt dưới của nắp xylanh và đỉnh piston tạo nên không gian công tác của xylanh. Trong quá trình động cơ hoạt động, mặt gương của xylanh bị mài mòn bởi piston và xecmang. Tiết diện tròn của mặt gương xylanh sẽ bị mòn thành tiết diện hình bầu dục và làm cho độ kín của không gian công tác bị giảm sút sau một thời gian làm việc. Biện pháp khắc phục là doa lại cho tròn. Nếu lót xylanh được đúc liền với khối xylanh ( H. 1-7a) thì phải thay cả khối sau vài lần doa khi đường kính xylanh đã quá lớn và thành xylanh quá mỏng. Vì vậy, lót xylanh thường được chế tạo riêng rồi lắp vào khối xylanh (H. 1-7b, c). Có thể phân biệt 2 loại lót xylanh : lót xylanh khô và lót xylanh ướt.



H. 1-7. Thân động cơ và lót xylanh  
 a) Lót xylanh đúc liền với khối xylanh  
 b) Lót xylanh khô  
 c) Lót xylanh ướt  
 d) Đệm cao su kín nước

- Lót xylanh khô (H. 1-7b) - không tiếp xúc trực tiếp với nước làm mát. Phương án sử dụng lót xylanh khô có ưu điểm là khối xylanh cứng vững hơn, nhưng yêu cầu độ chính xác cao hơn khi gia công bề mặt lắp ráp của lót và khối xylanh.

- Lót xylanh ướt (H. 1-7c) - tiếp xúc trực tiếp với nước làm mát. Phần dưới của lót xylanh có các vòng cao su ngăn không cho nước lọt xuống cacte (H. 1-7d).

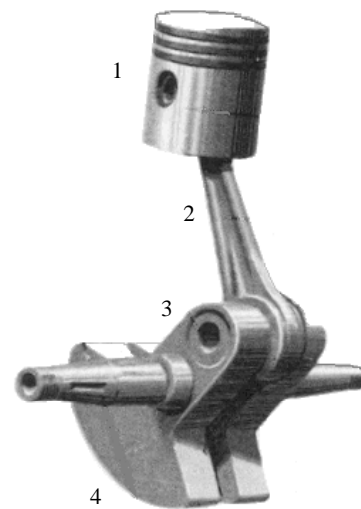
#### 1.3.1.4. CACTE

**Cacte** là bộ phận bao bọc và là nơi lắp đặt các bộ phận chuyển động chủ yếu của động cơ. Phần trên của cacte (cacte trên) là nơi lắp đặt khối xylanh, trục khuỷu, trục cam, v.v. Phần dưới của cacte ( cacte dưới hay cacte nhớt ) có chức năng đẩy kín không gian trong động cơ từ phía dưới và là nơi chứa dầu bôi trơn. Đa số động cơ cỡ nhỏ và trung bình được làm mát bằng nước, có khối xylanh và cacte trên được đúc liền thành một khối gọi là thân động cơ (H. 1-7). Ở một số động cơ cỡ lớn, cacte dưới vừa là nơi chứa dầu bôi trơn vừa là nơi đặt trục khuỷu và các bộ phận liên quan.

#### 1.3.2. HỆ THỐNG TRUYỀN LỰC

**Hệ thống truyền lực** có chức năng tiếp nhận áp lực của khí trong không gian công tác của xylanh rồi truyền cho hệ tiêu thụ và biến chuyển động tịnh tiến của piston thành chuyển động quay của trục khuỷu. Các bộ phận chính của hệ thống truyền lực cũng chính là các bộ phận chuyển động chính của động cơ, bao gồm : piston, thanh truyền, trục khuỷu, bánh đà. Các bộ phận có liên quan trực tiếp với các bộ phận chuyển động chính kể trên cũng có thể được xếp vào hệ thống truyền lực, ví dụ : xecmang, chốt piston, bạc lót cổ chính, bạc lót cổ biên, v.v.

H. 1-8. Cơ cấu truyền lực  
1- Piston , 2- Thanh truyền ,  
3- Trục khuỷu , 4- Đổ trọng

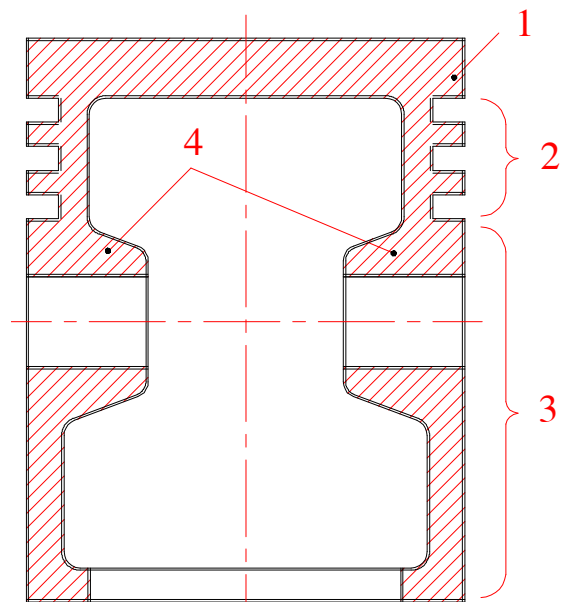
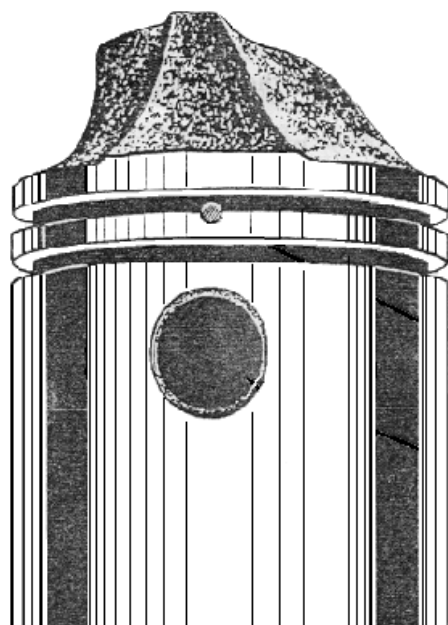
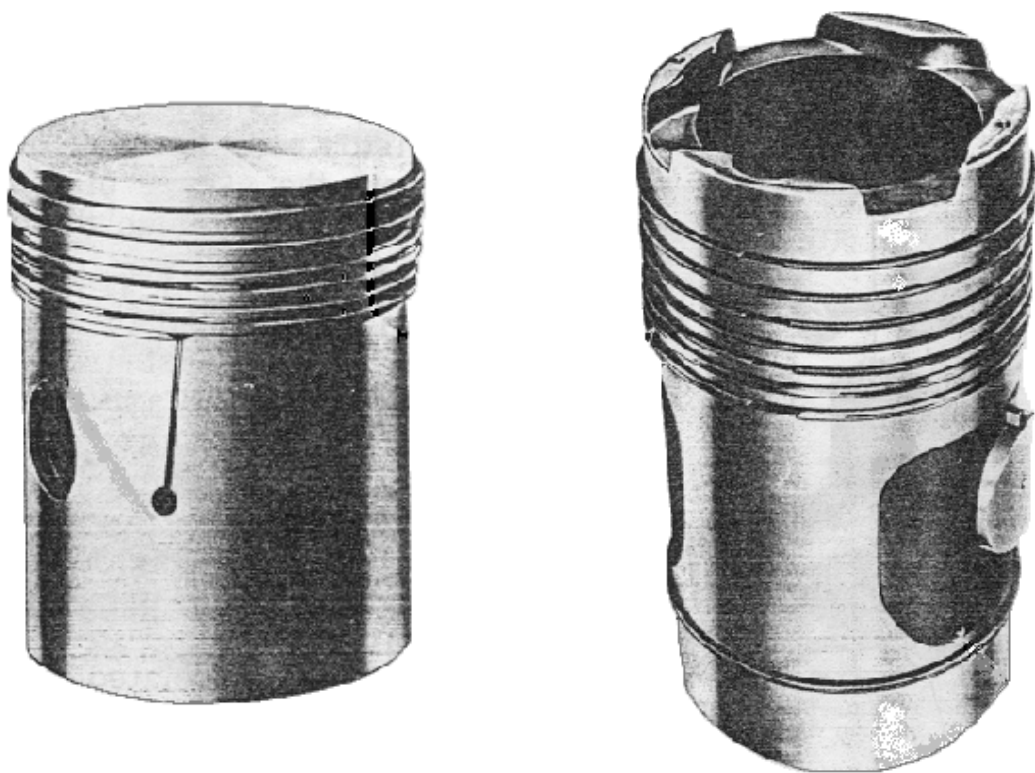


##### 1.3.2.1. PISTON

**Piston** là bộ phận chuyển động trong lòng xylanh. Nó tiếp nhận áp lực của MCCT rồi truyền cho trục khuỷu qua trung gian là thanh truyền. Ngoài ra, piston còn có công dụng trong việc nạp, nén khí mới và đẩy khí thải ra khỏi không gian công tác của xylanh.

Piston được đúc bằng gang, hợp kim nhôm, và đôi khi bằng thép. Động cơ cao tốc thường có piston bằng hợp kim nhôm nhằm giảm lực quán tính và tăng cường sự truyền nhiệt từ đỉnh piston ra thành xylanh do nhôm nhẹ và dẫn nhiệt tốt hơn gang.

Piston có các phần cơ bản là : đỉnh piston, các rãnh xecmang, "váy" piston (piston skirt), ổ đỡ chốt piston và các gân chịu lực.



*H. 1-9. Piston*  
 1- Đỉnh piston , 2- Phần rãnh xecmang ,  
 3- Phần váy piston , 4- Ổ đỡ chốt piston

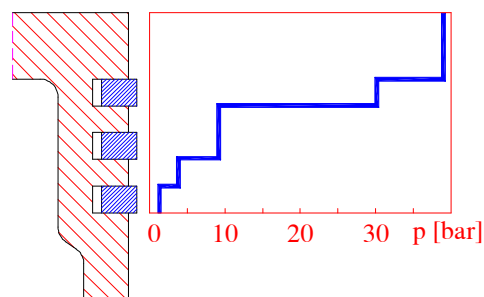
- Đỉnh piston có hình dáng khá đa dạng, tùy thuộc vào đặc điểm tổ chức quá trình cháy và quá trình nạp - xả, ví dụ : đỉnh lõm để tạo chuyển động rối của khí trong buồng đốt ; đỉnh lồi để dẫn hướng dòng khí quét và khí thải ,v.v.

- Váy piston có vai trò dẫn hướng trong xy lanh và chịu lực ngang.

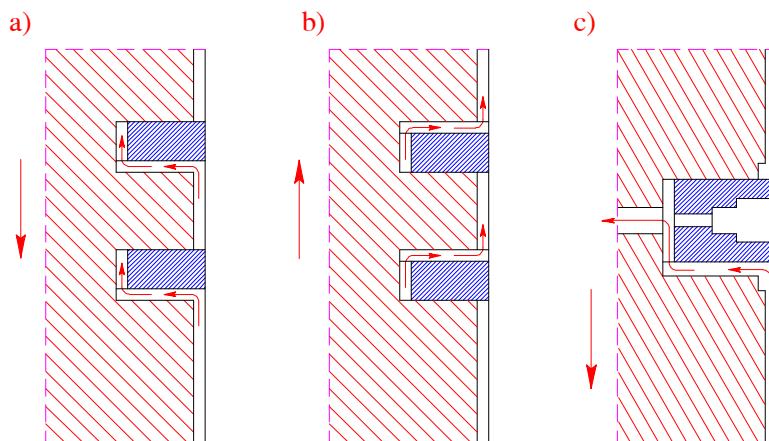
- Rãnh xecmang là nơi đặt các xecmang. Các rãnh xecmang khí được bố trí phía trên chốt piston. Rãnh xecmang dầu có thể bố trí phía trên hoặc phía dưới chốt piston.

### 1.3.2.2. XECMANG

Xecmang (còn được gọi là bạc piston hoặc vòng găng) của ĐCĐT là các vòng đàn hồi bằng vật liệu chịu nhiệt và chịu mài mòn được lắp vào các rãnh trên piston. Trên một piston có 2 loại xecmang : xecmang khí và xecmang dầu.



H. 1-10. Tác dụng làm kín buồng đốt của xecmang khí



H. 1-11. Hiện tượng xecmang bơm dầu lên buồng đốt (a, b) và tác dụng gạt dầu của xecmang (c)

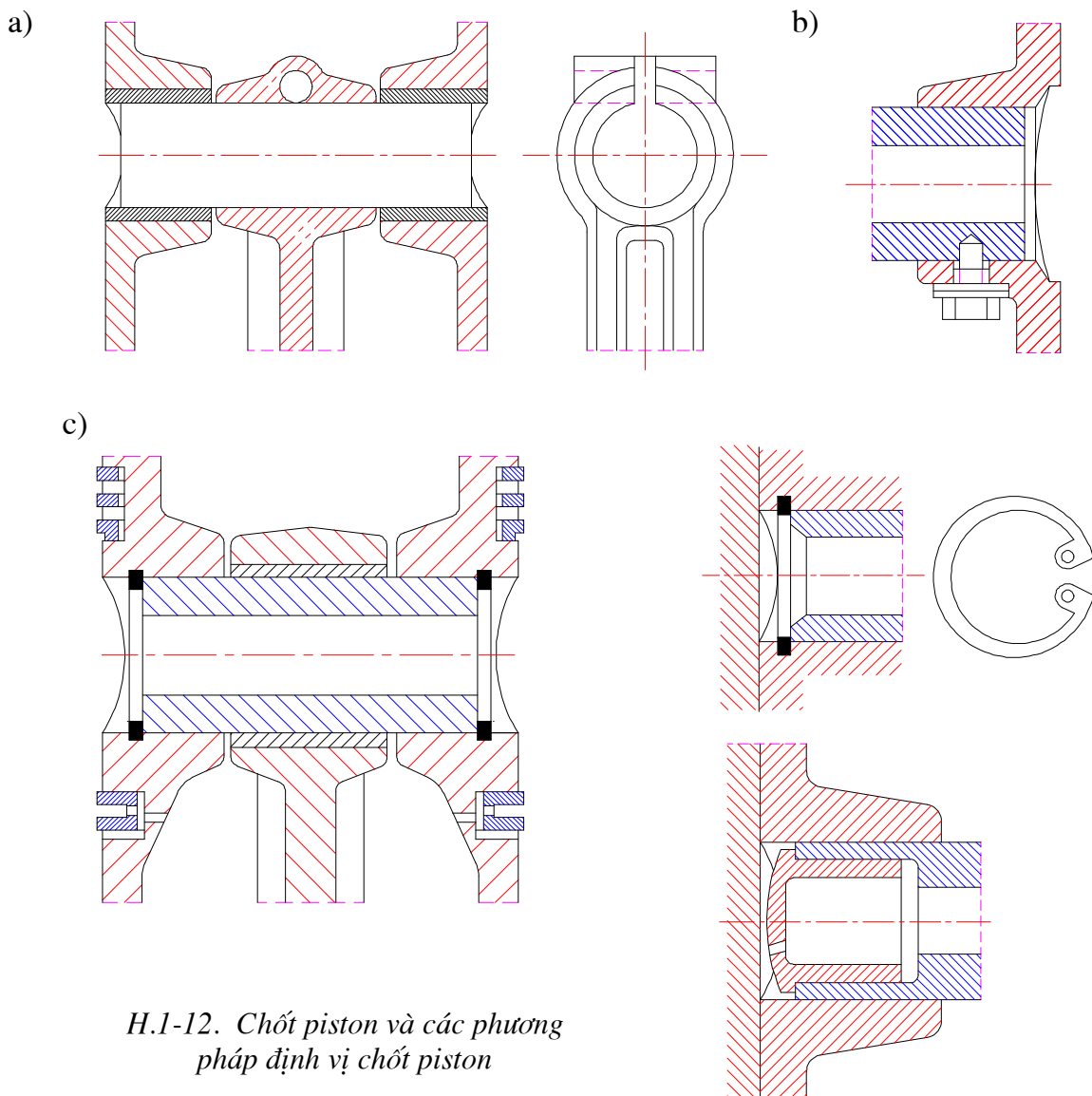
- Xecmang khí - có chức năng làm kín buồng đốt và dẫn nhiệt từ đỉnh piston ra thành xy lanh. Trên mỗi piston có từ 2 đến 4 xecmang khí . Xecmang khí trên cùng được gọi là xecmang lửa, mặt ngoài của xecmang này thường được mạ crôm để tăng độ bền.

- Xecmang dầu - có chức năng san đều dầu bôi trơn trên mặt gương của xy lanh và gạt dầu bôi trơn từ mặt gương xy lanh về cacte. Trên mỗi piston có từ 1 đến 2 xecmang dầu bố trí phía dưới xecmang khí.

### 1.3.2.3. CHỐT PISTON

**Chốt piston** là chi tiết liên kết piston với thanh truyền. Chốt piston thường được khoan rỗng để giảm khối lượng. Có 3 phương án liên kết chốt piston với piston và thanh truyền như sau :

- Chốt piston được cố định với thanh truyền và chuyển động tương đối với piston (H. 1-12a).
- Chốt piston được cố định với piston và chuyển động tương đối với thanh truyền (H. 1-12b).
- Chốt piston chuyển động tương đối với cả thanh truyền và piston (H. 1-12c).

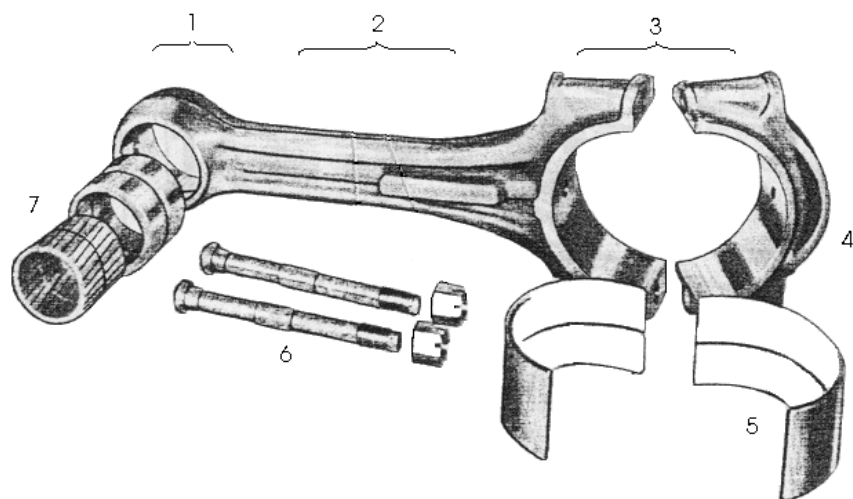


H.1-12. Chốt piston và các phương pháp định vị chốt piston

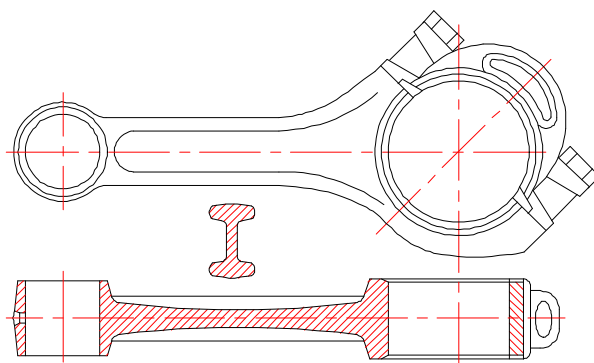
### 1.3.2.4. THANH TRUYỀN

**Thanh truyền** là bộ phận trung gian liên kết piston với trục khuỷu và cho phép biến chuyển động tịnh tiến qua lại của piston thành chuyển động quay của trục khuỷu. Đa số thanh truyền được chế tạo từ thép bằng phương pháp rèn hoặc dập.

Thanh truyền được cấu thành từ 3 phần : đầu nhỏ, thân và đầu to. Thanh truyền của động cơ công suất trung bình thường có đầu nhỏ, thân và nửa trên của đầu to được rèn liền thành 1 chi tiết, nửa dưới của đầu to ( còn gọi là nắp thanh truyền) được liên kết với nửa trên bằng 2 ÷ 4 bulông. Một số động cơ 1 xylanh loại nhỏ có thanh truyền được dập hoặc đúc liền . Thanh truyền của động cơ lớn thường có các phần được chế tạo riêng biệt rồi lắp với nhau bằng bulông. Để có thể rút nhóm piston-thanh truyền qua lòng xylanh trong quá trình sửa chữa , đôi khi phải chế tạo đầu to thanh truyền theo " kiểu lệch" để giảm chiều ngang của thanh truyền (H. 1-14).



H. 1-13. Các chi tiết của nhóm thanh truyền  
1- Đầu nhỏ , 2- Thân , 3- Đầu to , 4- Nắp , 5- Bạc cổ biên  
6- Bulông thanh truyền , 7- Bạc chốt piston



H. 1-14. Thanh truyền với đầu to kiểu lệch

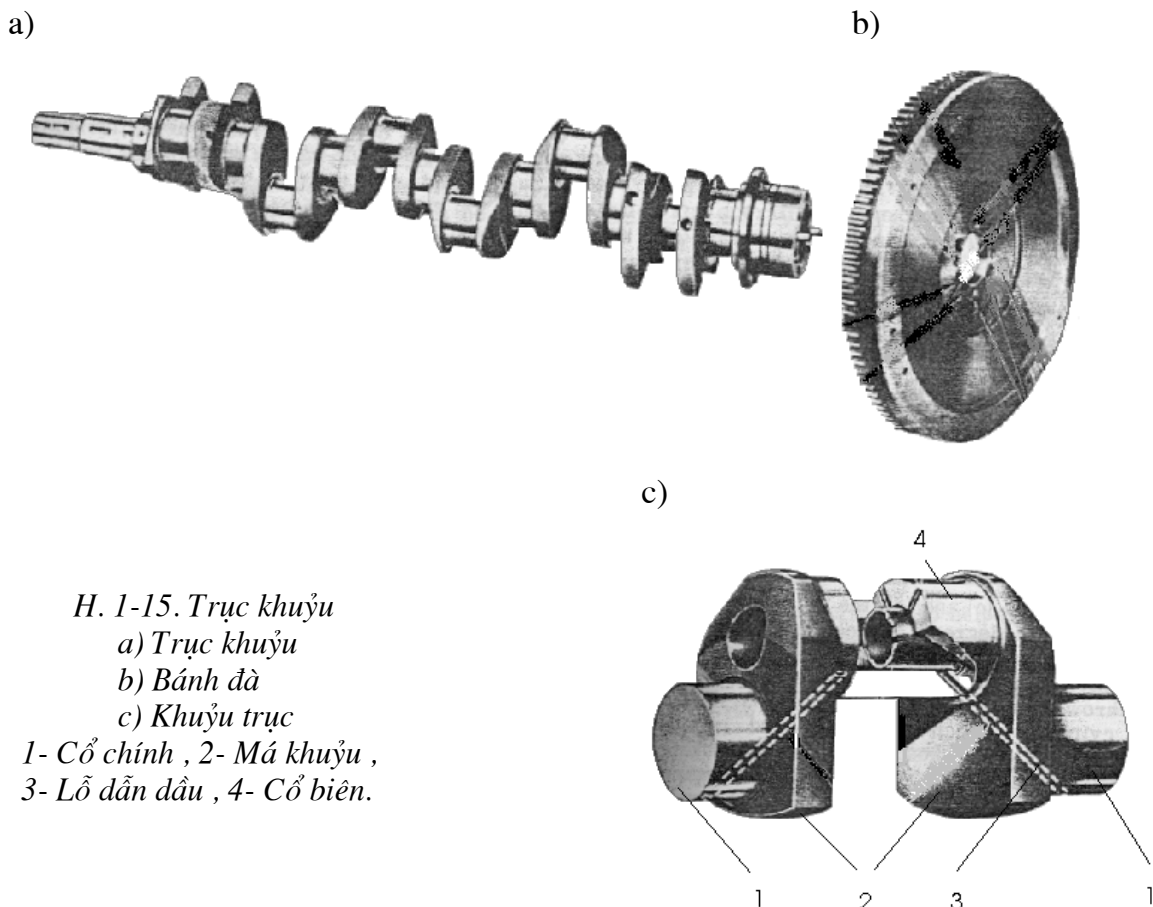
### 1.3.2.5. TRỤC KHUYỬ

**Trục khuỷu** là bộ phận có chức năng tiếp nhận toàn bộ áp lực của khí trong xylanh rồi truyền cho các hệ tiêu thụ của bản thân động cơ (ví dụ : trục cam, bơm dầu, bơm nước, v.v.) và hệ tiêu thụ bên ngoài (chân vịt, máy phát điện, v.v.).

Phần lớn trục khuỷu được chế tạo từ thép bằng phương pháp rèn, sau đó tiến hành gia công cơ khí (khoan các lỗ dầu, phay các má khuỷu, tiện và mài bóng các cổ khuỷu). Giá thành chế tạo trục khuỷu chiếm một tỷ lệ lớn trong giá thành cả động cơ. Để giảm giá thành, người ta đang áp dụng ngày càng rộng rãi phương pháp đúc trục khuỷu bằng gang hợp kim.

Trục khuỷu của động cơ nhiều xylanh được cấu thành từ các khuỷu trục bố trí lệch nhau. Mỗi khuỷu trục có các bộ phận sau đây :

- cổ chính lắp trong ổ đỡ chính của động cơ,
- cổ biên lắp trong đầu to của thanh truyền,
- má khuỷu liên kết cổ chính với cổ biên,
- các đối trọng để cân bằng lực quán tính (đối trọng có thể được đúc liền với trục khuỷu hoặc được chế tạo riêng rồi lắp vào một đầu của má khuỷu).



H. 1-15. Trục khuỷu

a) Trục khuỷu

b) Bánh đà

c) Khuỷu trục

1- Cổ chính , 2- Má khuỷu ,

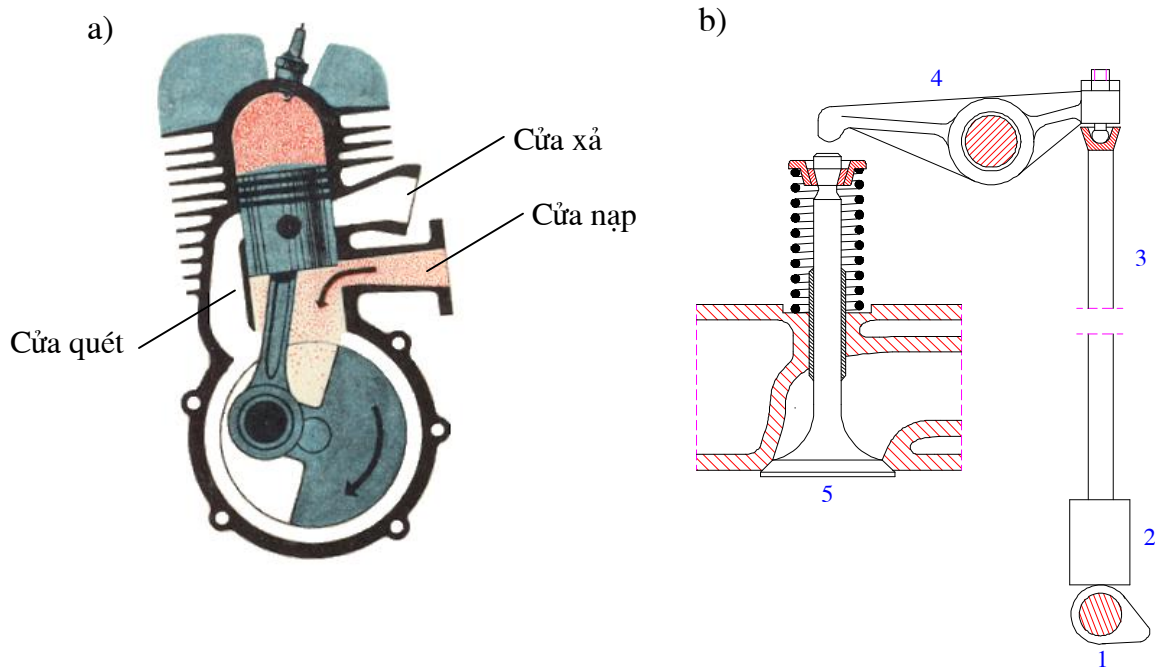
3- Lỗ dẫn dầu , 4- Cổ biên.



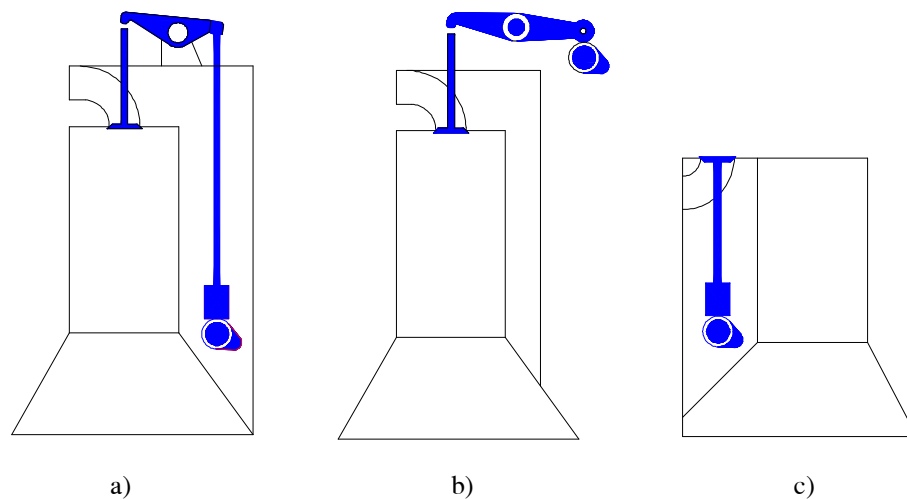
### 1.3.3. HỆ THỐNG NẠP - XẢ

**Hệ thống nạp - xả** (còn gọi là hệ thống thay đổi khí hoặc hệ thống trao đổi khí) có chức năng lọc sạch không khí rồi nạp vào không gian công tác của xy lanh và xả khí thải ra khỏi động cơ. Các bộ phận cơ bản của hệ thống nạp-xả bao gồm : lọc không khí, ống nạp, ống xả, bình giảm thanh và cơ cấu phân phối khí.

#### 1.3.3.1. CƠ CẤU PHÂN PHỐI KHÍ



H. 1-16. Cơ cấu phân phối khí của động cơ 2 kỳ quét vòng (a) và của động cơ 4 kỳ (b)  
1- Trục cam ; 2- Con đội ; 3- Đũa đẩy ; 4- Đòn gánh ; 5- Xupap.



H. 1-17. Các kiểu bố trí và dẫn động xupap

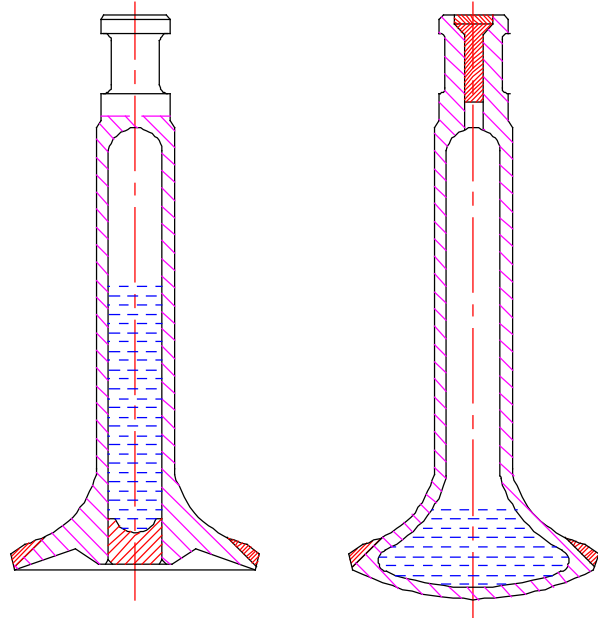
Cơ cấu phân phối khí có chức năng điều khiển quá trình nạp khí mới vào không gian công tác của xy lanh và xả khí thải ra khỏi động cơ.

Hầu hết động cơ 4 kỳ hiện nay có cơ cấu phân phối khí kiểu xupap . Động cơ 2 kỳ không nhất thiết phải có xupap ; trong trường hợp không có xupap, chức năng điều khiển quá trình nạp-xả do piston, cửa quét và cửa xả thực hiện. Ở động cơ 2 kỳ quét thẳng qua xupap xả, khí mới được nạp vào xy lanh qua cửa quét trên thành xy lanh, còn khí thải được xả ra ngoài qua xupap xả giống như ở động cơ 4 kỳ .

### 1.3.3.2. XUPAP

**Xupap** là một loại van đặc trưng ở ĐCĐT, có chức năng đóng, mở đường ống nạp và xả. Mỗi xy lanh của động cơ 4 kỳ thấp tốc và trung tốc thường có 2 xupap : một xupap nạp có chức năng đóng và mở đường ống nạp, một xupap xả có chức năng đóng và mở đường ống xả. Động cơ cao tốc có thể có 3 hoặc 4 xupap cho mỗi xy lanh để tăng tiết diện lưu thông của khí ra, vào xy lanh và giảm phụ tải nhiệt cho xupap, qua đó giảm khả năng biến dạng làm xupap không đóng kín. Xupap có thể bố trí theo kiểu treo trong nắp xy lanh (H. 1-17a, b) hoặc kiểu đặt trong thân động cơ (H. 1-17c). Trục cam cũng có thể được đặt trong thân động cơ hoặc trên nắp xy lanh.

Trong quá trình động cơ hoạt động, xupap xả chịu tác dụng thường xuyên của khí thải có nhiệt độ cao, nhiệt độ của nấm xupap xả có thể tới 600 - 700 °C, cho nên nó được chế tạo từ thép hợp kim chất lượng cao. Đôi khi ổ đặt và phần côn của nấm xupap xả được ép thêm vật liệu chịu nhiệt đặc biệt (H. 1-18). Xupap nạp thường xuyên được làm mát bằng dòng khí mới nên nhiệt độ của nó khoảng 400 - 500 °C. Thông thường, xupap được làm mát bằng cách truyền nhiệt ra vách của nắp xy lanh thông qua ống dẫn hướng. Đối với động cơ cường hoá cao, xupap xả được làm mát bằng cách cho chất Sodium (Na) vào khoang rỗng trong thân và nấm xupap. Chất Na nóng chảy chuyển động lên xuống khi động cơ hoạt động có tác dụng tải nhiệt từ nấm lên thân để truyền ra phần dẫn hướng.



H. 1-18. Xupap có gắn thêm vật liệu chịu nhiệt và làm mát bằng sodium nóng chảy

### 1.3.4. HỆ THỐNG BÔI TRƠN

ĐCĐT có rất nhiều chi tiết chuyển động tương đối với nhau. Để giảm lực ma sát và hao mòn, ngoài việc chọn vật liệu, hình dáng và kích thước thích hợp, nhất thiết phải bôi trơn các bề mặt ma sát của chi tiết. Hệ thống bôi trơn của động cơ có chức năng lọc sạch rồi đưa chất bôi trơn đến các các bề mặt cần bôi trơn. Có thể phân biệt 3 phương pháp bôi trơn cơ bản

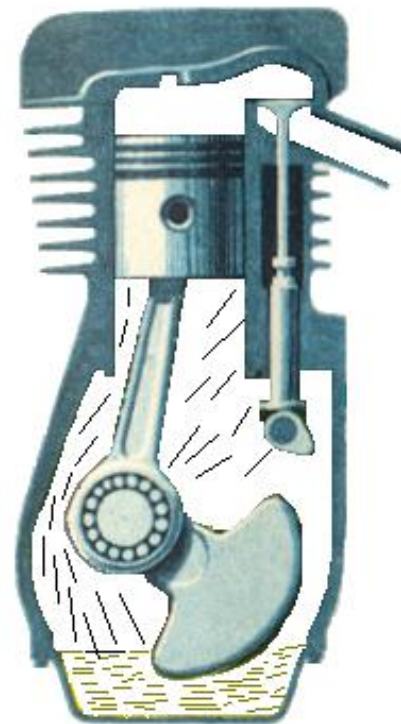
- Bôi trơn bằng hơi dầu,
- Bôi trơn bằng cách vung toé dầu,
- Bôi trơn dưới áp suất.

Phương pháp bôi trơn bằng hơi dầu được sử dụng cho động cơ xăng 2 kỳ dùng cacte làm bơm quét khí . Trong trường hợp này không thể đổ nhớt vào cacte rồi bơm đi bôi trơn các bộ phận được, mà nhớt được hoà trộn vào xăng với tỷ lệ 3 - 5 % để có thể đến được các bề mặt cần bôi trơn. Chốt piston của các loại động cơ khác cũng có thể được bôi trơn bằng hơi dầu.

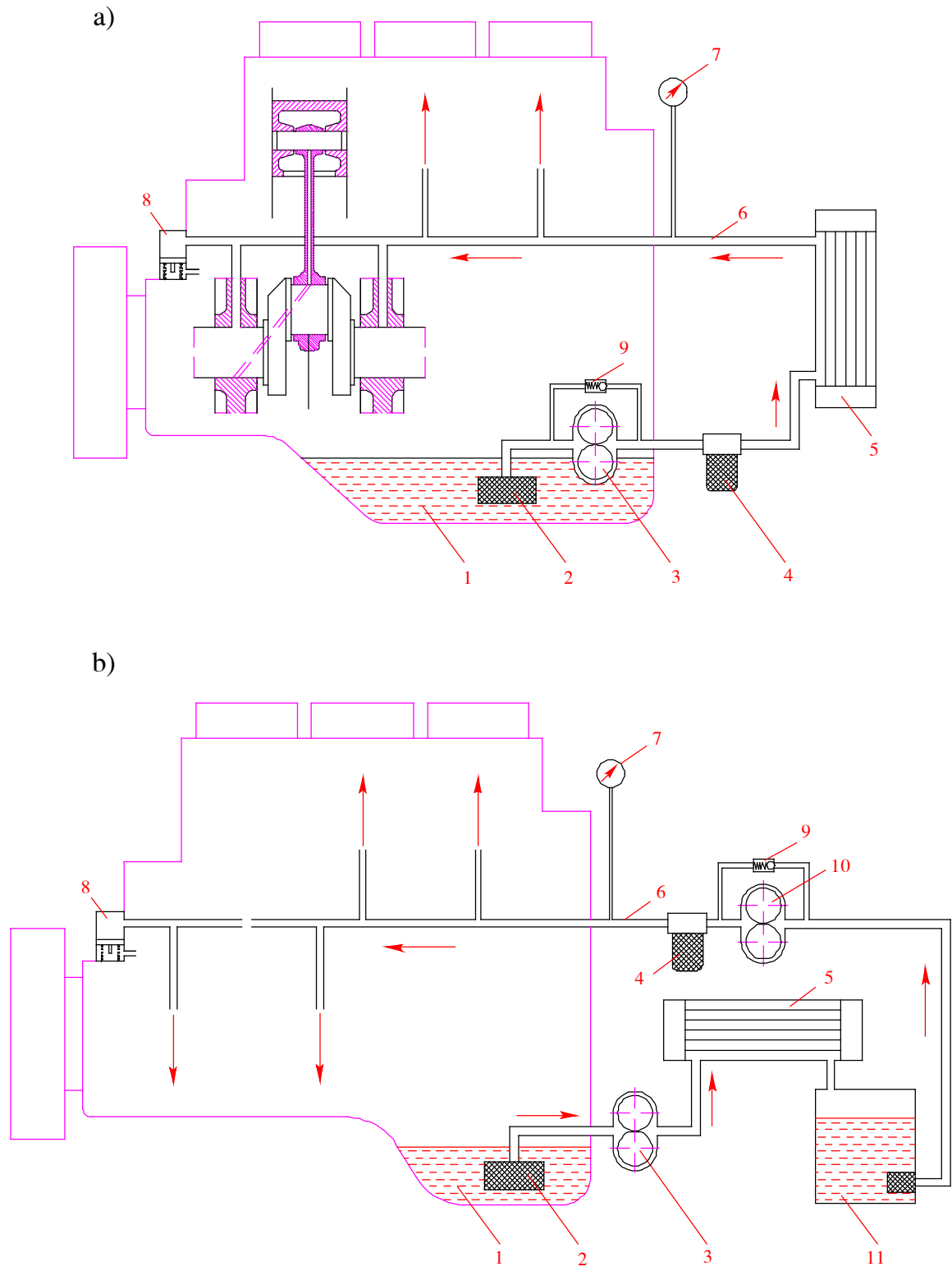
Bôi trơn bằng vung toé là dùng một số chi tiết chuyển động của động cơ để vung dầu lên các bề mặt cần bôi trơn. Phương pháp này đơn giản, nhưng có nhược điểm cơ bản là dầu bị lão hoá nhanh, thời gian sử dụng dầu ngắn. Ngoài ra, phương pháp này có hiệu quả thấp trong một số trường hợp, ví dụ : xe lên hoặc xuống dốc, tàu bị nghiêng, lắc, v.v.

Đa số động cơ hiện nay được trang bị hệ thống bôi trơn dưới áp suất. Ở hệ thống này, nhớt từ đáy cacte hay bình chứa (H. 1-20) được bơm nhớt nén tới áp suất 1,5 - 8,0 bar rồi đẩy vào mạch dầu chính. Từ mạch dầu chính, nhớt theo các lỗ khoan trong các chi tiết của động cơ hoặc theo các ống dầu đến bôi trơn các cổ chính, cổ biên của trục khuỷu, ổ đỡ trục cam, trục đòn gánh, v.v. Mặt gương xy lanh, piston, xecmang, và đôi khi cả trục cam và các bánh răng được bôi trơn bằng nhớt phun ra từ các khe hở hoặc các lỗ đặc biệt ở ổ đỡ chính và ổ đỡ biên. Chốt piston có thể được bôi trơn bằng nhớt đi lên từ ổ đỡ biên qua các lỗ hoặc ống dọc thân thanh truyền hoặc được bôi trơn bằng hơi dầu.

Một số chi tiết của động cơ có thể được bôi trơn bằng cách khác, ngoài các phương pháp giới thiệu ở trên. Ví dụ : trục đòn gánh có thể được bôi trơn bằng các bậc thấm dầu theo định kỳ ; mặt gương xy lanh của một số động cơ kích thước lớn được bôi trơn bằng nhớt dưới áp suất lớn (tới 50 bar) do các bơm kiểu piston cung cấp qua các lỗ bố trí tại các vị trí thích hợp trên xy lanh.



H. 1-19. Bôi trơn bằng cách vung toé



H. 1-20. Hệ thống bôi trơn tuần hoàn cacte ướt (a) và cacte khô (b)  
 1- Cacte dầu ; 2- Lọc thô ; 3, 11- Bơm dầu bôi trơn ; 4- Lọc tinh ; 5- Bình làm mát dầu ;  
 6- Mạch dầu chính ; 7- Áp kế dầu ; 8- Van điều áp ; 9- Van an toàn ; 11- Bình chứa dầu.

### 1.3.5. HỆ THỐNG LÀM MÁT

**Hệ thống làm mát** có chức năng giải nhiệt từ các chi tiết nóng (piston, xy lanh, nắp xy lanh, xupap, v.v.) để chúng không bị quá tải nhiệt. Ngoài ra, làm mát động cơ còn có tác dụng duy trì nhiệt độ dầu bôi trơn trong một phạm vi nhất định để duy trì các chỉ tiêu kỹ thuật của chất bôi trơn.

Chất có vai trò trung gian trong quá trình truyền nhiệt từ các chi tiết nóng của động cơ ra ngoài được gọi là **môi chất làm mát**. Môi chất làm mát có thể là nước, không khí, dầu, hoặc một số loại dung dịch đặc biệt.

Không khí được dùng làm môi chất làm mát chủ yếu cho động cơ công suất nhỏ. Đa số ĐCĐT hiện nay, đặc biệt là động cơ thủy, được làm mát bằng nước vì nó có hiệu quả làm mát cao (khoảng 2,5 lần cao hơn hiệu quả làm mát của dầu).

Có thể phân loại hệ thống làm mát của ĐCĐT theo các tiêu chí sau đây :

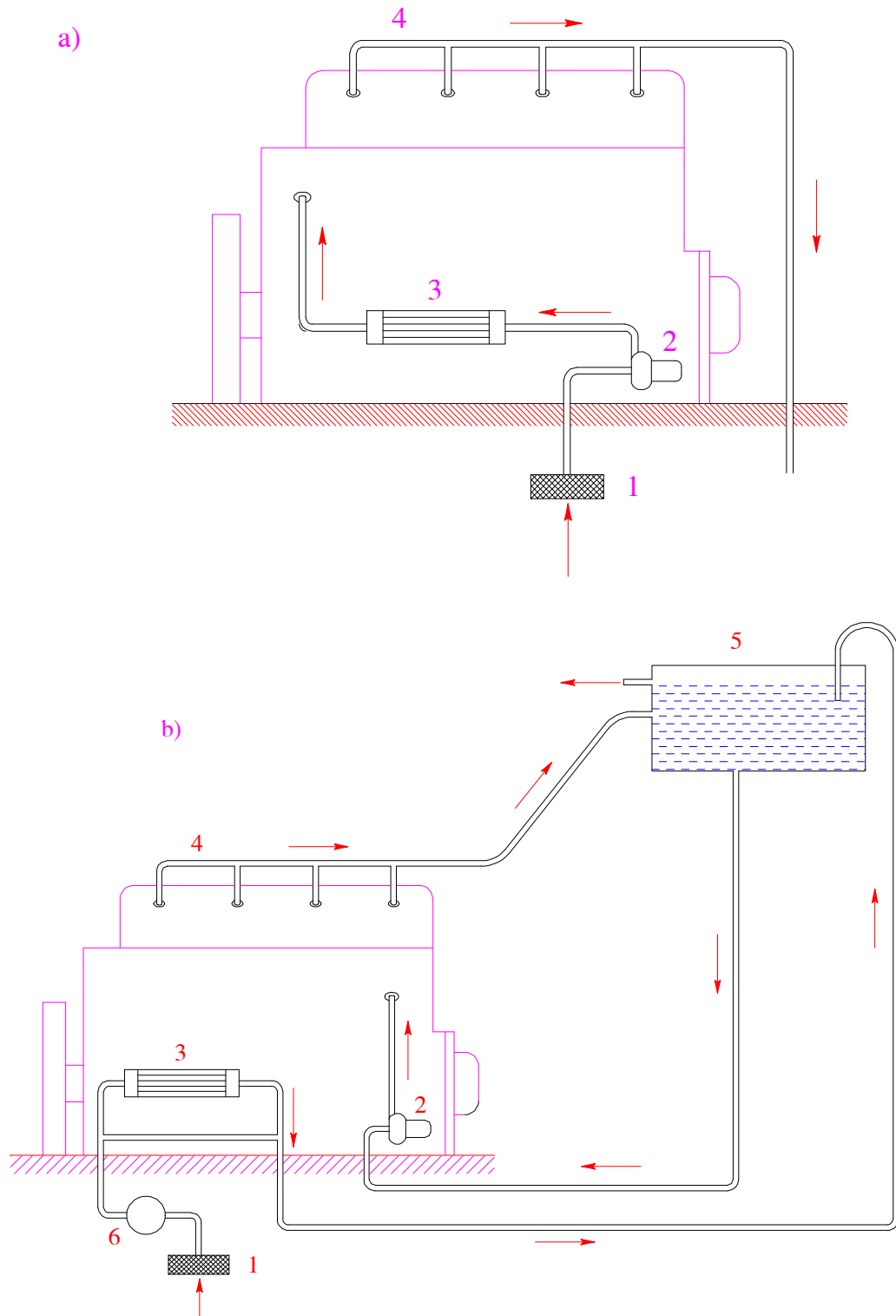
- Theo môi chất làm mát  $m_{jt}$  - làm mát bằng nước, làm mát bằng không khí, làm mát bằng dầu và làm mát bằng các dung dịch đặc biệt.
- Theo phương pháp làm mát  $m_{jt}$  - làm mát bằng nước bay hơi, làm mát bằng đối lưu tự nhiên, làm mát cưỡng bức.
- Theo cách tiếp xúc của môi chất làm mát  $m_{jt}$  - hệ thống làm mát trực tiếp (hệ thống làm mát hở) và hệ thống làm mát gián tiếp (hệ thống làm mát kín).

Hệ thống làm mát trực tiếp bằng nước thường được áp dụng cho động cơ thủy hoặc động cơ đặt cố định tại khu vực gần sông, hồ. Ở hệ thống làm mát trực tiếp (H. 1-21), nước từ ngoài mạn tàu được bơm vào làm mát trực tiếp động cơ rồi được xả ra ngoài tàu.

Hệ thống làm mát gián tiếp bằng nước được áp dụng rộng rãi nhất cho ĐCĐT sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Ở động cơ thủy, nước ngọt sau khi làm mát động cơ sẽ được dẫn đến bình làm mát nước-nước. Sau khi được làm mát bằng nước biển, nước ngọt được bơm trở lại tiếp tục làm mát động cơ (H.1-22). Ở động cơ ô tô - nước ngọt làm mát trực tiếp động cơ, còn không khí làm mát nước ngọt trong bình làm mát nước - không khí (H. 1-23).

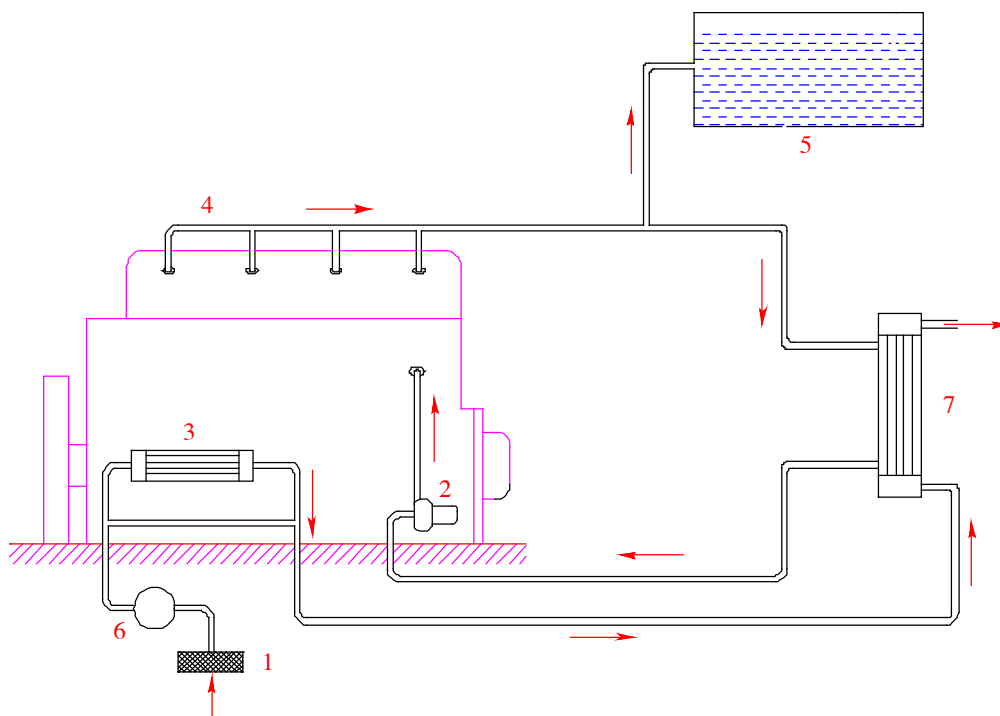
Hệ thống làm mát trực tiếp có ưu điểm là cấu tạo đơn giản, giá thành thấp, hoạt động tin cậy. Tuy nhiên, so với hệ thống làm mát kín, hệ thống hở có những nhược điểm sau đây :

- Các khoang làm mát của động cơ bị đóng cặn và bị ăn mòn nhanh do nước biển chứa nhiều loại muối hoà tan. Để hạn chế ăn mòn, người ta gắn các cục kẽm trong khoang làm mát ; còn để hạn chế đóng cặn, phải duy trì nhiệt độ nước ra khỏi động cơ không cao hơn  $55^{\circ}\text{C}$ .
- Suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ được làm mát trực tiếp bằng nước biển cao hơn do phần nhiệt truyền từ khí trong xy lanh ra nước làm mát nhiều hơn.



H. 1-21. Hệ thống làm mát trực tiếp

- 1- Lọc, 2- Bơm làm mát động cơ, 3- Bình làm mát dầu bôi trơn,  
 4- Ống nước làm mát ra khỏi động cơ, 5- Kết nước cân bằng,  
 6- Bơm nước từ ngoài mạn tàu.



H. 1-22. Hệ thống làm mát gián tiếp của động cơ thủy

1- Lọc, 2- Bơm làm mát động cơ, 3- Bình làm mát dầu sôi trộn, 4- Ống nước làm mát ra khỏi động cơ, 5- Kết nước cân bằng, 6- Bơm nước từ ngoài mạn tàu, 7- Bình làm mát nước-nước

H. 1-23. Hệ thống làm mát gián tiếp bằng nước của động cơ ô tô

## 1.3.6. HỆ THỐNG NHIÊN LIỆU CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL

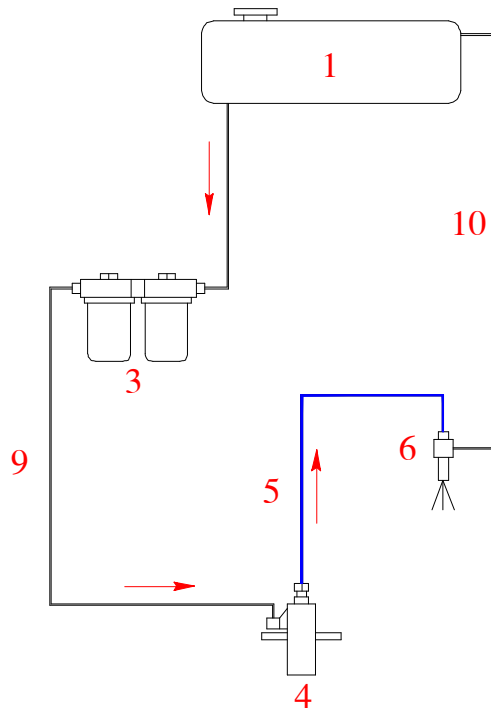
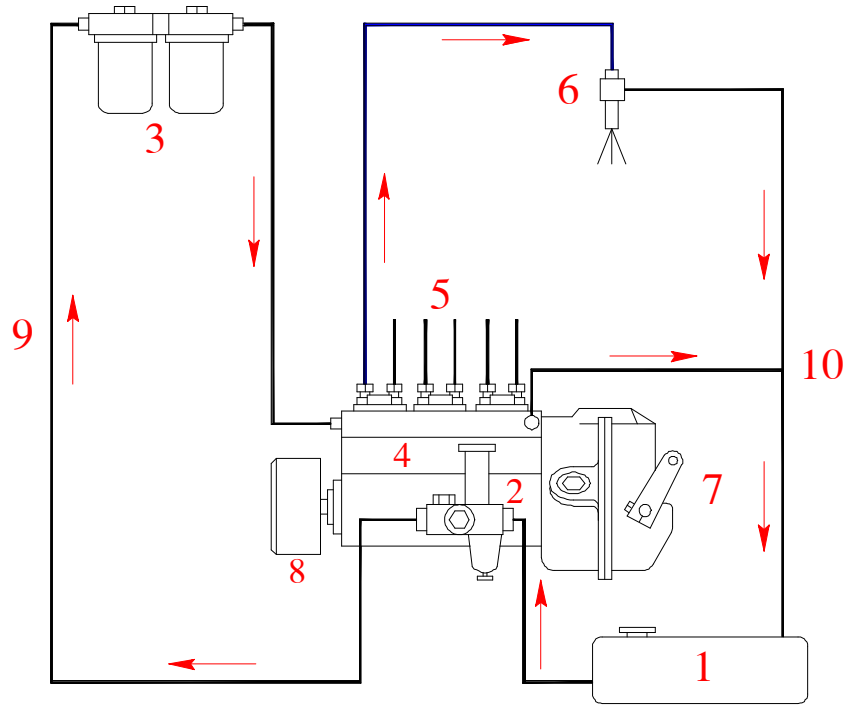
### 1.3.6.1. CHỨC NĂNG VÀ CÁC BỘ PHẬN CƠ BẢN

**Hệ thống nhiên liệu** của động cơ diesel có chức năng lọc sạch rồi phun nhiên liệu vào buồng đốt theo những yêu cầu phù hợp với đặc điểm cấu tạo và tính năng của động cơ.

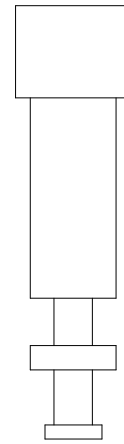
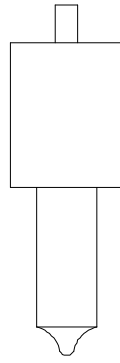
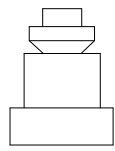
Dù có cấu tạo và nguyên lý hoạt động khá đa dạng, nhưng tuyệt đại đa số hệ thống nhiên liệu thông dụng của động cơ diesel đều được cấu thành từ các bộ phận cơ bản sau đây (H. 1-24) :

- **Thùng nhiên liệu** - bao gồm thùng nhiên liệu hàng ngày và thùng nhiên liệu dự trữ. Thùng nhiên liệu hàng ngày cần có dung tích đảm bảo chứa đủ số nhiên liệu cho động cơ hoạt động liên tục trong một khoảng thời gian định trước.
- **Bơm thấp áp** - bơm có chức năng hút nhiên liệu từ thùng chứa hàng ngày rồi đẩy đến bơm cao áp. Hệ thống nhiên liệu có thể không có bơm thấp áp nếu thùng chứa nhiên liệu hàng ngày được đặt ở vị trí cao hơn động cơ để nhiên liệu tự chảy đến bơm cao áp (H. 1-24b).
- **Lọc nhiên liệu** - Trong hệ thống nhiên liệu của động cơ diesel có các bộ phận được chế tạo và lắp ráp với độ chính xác rất cao, như : đầu phun, cặp piston-xylanh của bơm cao áp, van tiết hồi. Các bộ phận này rất dễ bị hư hại nếu trong nhiên liệu có tạp chất cơ học. Bởi vậy nhiên liệu phải được lọc sạch trước khi đến bơm cao áp.
- **Ống dẫn nhiên liệu** - gồm có ống cao áp và ống thấp áp. ống cao áp dẫn nhiên liệu có áp suất cao từ bơm cao áp đến vòi phun. ống thấp áp dẫn nhiên liệu từ thùng chứa đến bơm cao áp và dẫn nhiên liệu hồi về thùng chứa.
- **Bơm cao áp (BCA)** - có các chức năng sau đây :
  - Nén nhiên liệu đến áp suất rất cao ( khoảng 100 - 1500 bar) rồi đẩy đến vòi phun (chức năng nén).
  - Điều chỉnh lượng nhiên liệu cung cấp vào buồng đốt phù hợp với chế độ làm việc của động cơ (chức năng định lượng).
  - Định thời điểm bắt đầu và kết thúc quá trình phun nhiên liệu (chức năng định thời).
- **Vòi phun nhiên liệu** - Đại đa số vòi phun nhiên liệu ở động cơ diesel chỉ có chức năng phun nhiên liệu cao áp vào buồng đốt với cấu trúc tia nhiên liệu phù hợp với phương pháp tổ chức quá trình cháy . Ở một số hệ thống nhiên liệu đặc biệt, vòi phun còn có thêm chức năng định lượng và định thời.





H. 1-24. Sơ đồ cấu tạo hệ thống nhiên liệu của động cơ diesel  
 1- Thùng nhiên liệu ; 2- Bơm thấp áp ; 3- Lọc nhiên liệu ; 4- Bơm cao áp ;  
 5- Ống cao áp ; 6- Vòi phun ; 7- Bộ điều tốc ; 8- Bộ điều chỉnh góc phun sớm ;  
 9- Ống thấp áp ; 10- Ống dầu hồi.

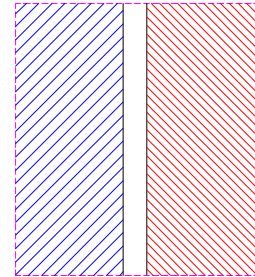
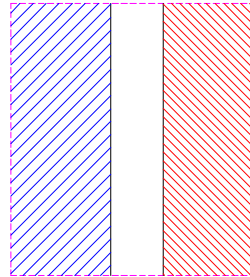
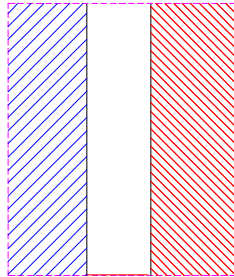


Khe hở giữa các chi tiết của cặp siêu chính xác

6 - 10  $\mu\text{m}$

3,5 - 6,5  $\mu\text{m}$

1,5 - 2,5  $\mu\text{m}$



Kích thước tạp chất [ $\mu\text{m}$ ]

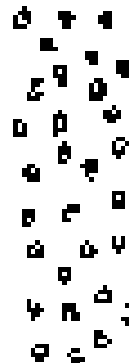
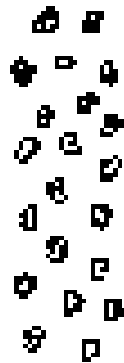
40 - 60

20 - 30

8 - 10

4 - 5

~ 2



Khả năng lọc

Phân tử lọc bằng nỉ

Phân tử lọc bằng giấy

Bộ lọc kép hiện đại

H. 1-25. Khe hở giữa các cặp siêu chính xác và khả năng lọc

Toàn bộ hệ thống nhiên liệu của động cơ diesel có thể chia thành hai phần được qui ước gọi là : phân cấp nhiên liệu và hệ thống phun nhiên liệu .

- **Phân cấp nhiên liệu** - còn gọi là **Phân thấp áp** , bao gồm thùng chứa nhiên liệu, bơm thấp áp, lọc nhiên liệu và ống thấp áp. Chức năng của phân cấp liệu là lọc sạch nhiên liệu rồi cung cấp cho hệ thống phun dưới áp suất xác định .

- **Hệ thống phun nhiên liệu** ( HTPNL ) - còn gọi là **Phân cao áp** , bao gồm bơm cao áp, vòi phun , ống cao áp và các bộ phận điều chỉnh-hiệu chỉnh. HTPNL thực hiện hầu như tất cả các yêu cầu đặt ra đối với quá trình phun nhiên liệu và có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng quá trình tạo hỗn hợp cháy ở động cơ diesel.

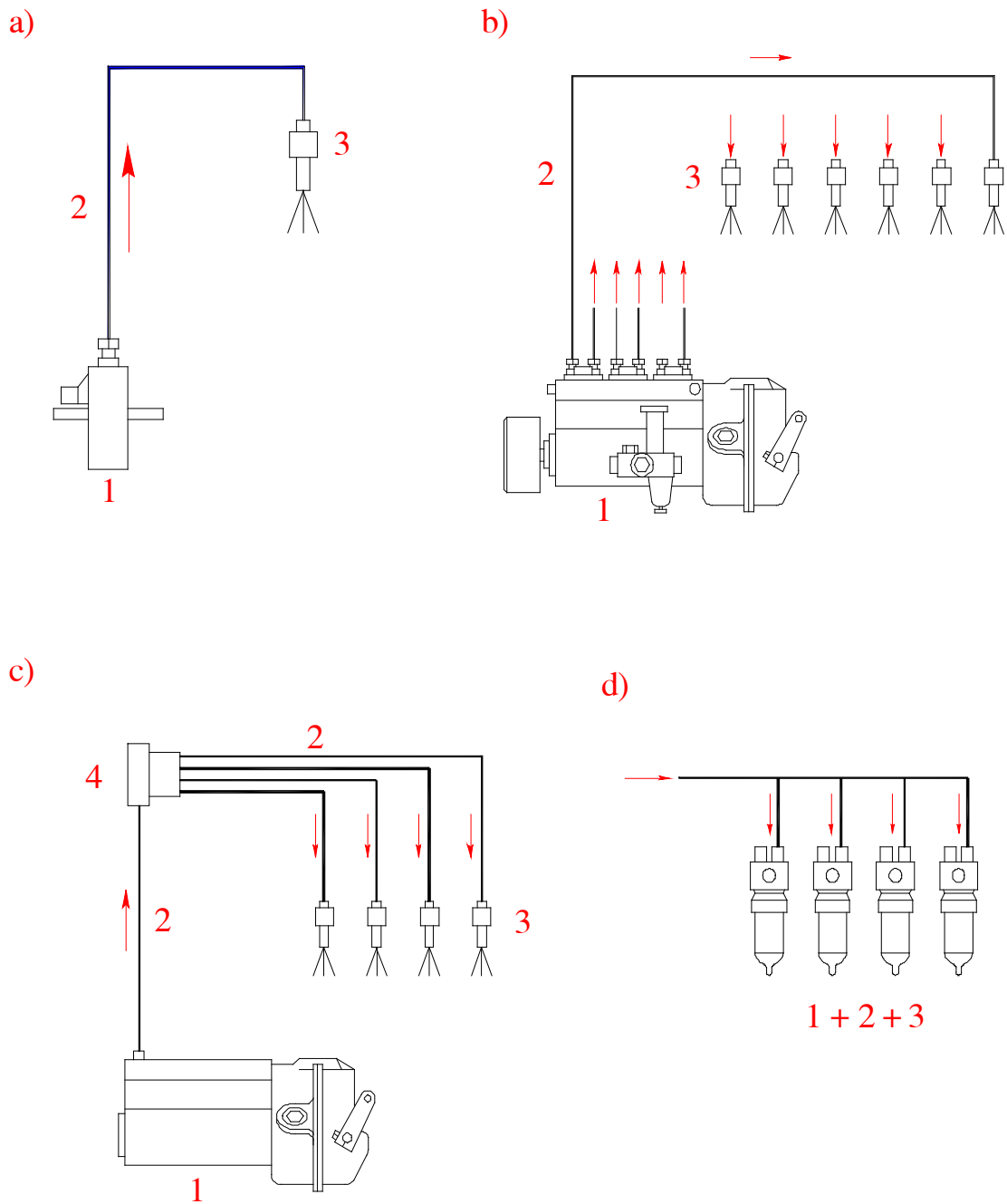
### 1.3.6.2. PHÂN LOẠI HỆ THỐNG PHUN NHIÊN LIỆU

Bảng 1-2. Phân loại tổng quát hệ thống phun nhiên liệu của động cơ diesel

Tiêu chí phân loại	Phân loại
Phương pháp phun nhiên liệu	1) Hệ thống phun nhiên liệu bằng không khí nén 2) Hệ thống phun nhiên liệu bằng thủy lực
Phương pháp tạo và duy trì áp suất phun	1) Hệ thống phun trực tiếp 2) Hệ thống phun gián tiếp
Phương pháp điều chỉnh quá trình phun	1) Hệ thống được điều chỉnh kiểu cơ khí 2) Hệ thống được điều chỉnh kiểu điện tử
Cách thức tổ hợp các thành tố của hệ thống phun	1) Hệ thống phun cổ điển 2) Hệ thống phun với BCA-VP liên hợp 3) Hệ thống phun với BCA phân phối 4) Hệ thống phun đặc biệt.
Loại vòi phun	1) Hệ thống phun với vòi phun hở 2) Hệ thống phun với vòi phun kín

#### 1) Hệ thống phun nhiên liệu bằng không khí nén

Ở thời kỳ đầu phát triển động cơ diesel, người ta đã dùng không khí nén dưới áp suất 50-60 bar để phun nhiên liệu vào xylanh động cơ. Phương pháp này không yêu cầu phải có các chi tiết siêu chính xác mà vẫn đảm bảo chất lượng hoà trộn nhiên liệu với không khí khá tốt. Tuy nhiên, động cơ phải lai máy nén khí nhiều cấp, vừa công kênh vừa tiêu thụ một phần đáng kể công suất của động cơ ( công suất do máy nén khí tiêu thụ bằng khoảng 6 - 8 % công suất của động cơ, trong khi hệ thống phun nhiên liệu bằng thủy lực tiêu thụ khoảng 1,5 - 3,5 % ) ; ngoài ra, việc điều chỉnh lượng nhiên liệu chu trình cũng phức tạp và khó chính xác, nên kiểu hệ thống phun nhiên liệu bằng khí nén ở động cơ diesel đã được thay thế hoàn toàn bởi hệ thống phun nhiên liệu bằng thủy lực.



H. 1-26. Phân loại hệ thống phun nhiên liệu theo cách thức tổ hợp các thành tố cơ bản

- 1- Bơm cao áp , 2- ống cao áp , 3- vòi phun , 4- bộ phân phối
- a) HTPNL cổ điển với BCA đơn
  - b) HTPNL cổ điển với BCA cụm
  - c) HTPNL với bơm cao áp phân phối
  - d) HTPNL với BCA-VP liên hợp

## 2) Hệ thống phun nhiên liệu bằng thủy lực

Ở hệ thống phun nhiên liệu bằng thuỷ lực, nhiên liệu được phun vào buồng đốt do sự chênh lệch áp suất rất lớn giữa áp suất của nhiên liệu trong vòi phun và áp suất của khí trong xylanh. Dưới tác dụng của lực kích động ban đầu trong tia nhiên liệu và lực cản khí động của khí trong buồng đốt, các tia nhiên liệu sẽ bị xé thành những hạt có đường kính rất nhỏ để hoá hơi nhanh và hoà trộn với không khí.

### 3) Hệ thống phun trực tiếp

HTPNL trực tiếp là một loại HTPNL bằng thuỷ lực, ở đó nhiên liệu sau khi ra khỏi BCA được dẫn trực tiếp đến vòi phun bằng ống dẫn cao áp có dung tích nhỏ. Ưu điểm của HTPNL kiểu này là : kết cấu tương đối đơn giản, có khả năng nhanh chóng thay đổi các thông số công tác phù hợp với chế độ làm việc của động cơ. Nhược điểm cơ bản của HTPNL trực tiếp là : áp suất phun giảm khi giảm của tốc độ quay của động cơ, điều đó hạn chế khả năng làm việc ổn định của động cơ ở tốc độ quay thấp. Mặc dù chưa đáp ứng hoàn toàn các yêu cầu đặt ra, nhưng HTPNL trực tiếp vẫn được sử dụng phổ biến nhất hiện nay cho tất cả các kiểu động cơ diesel.

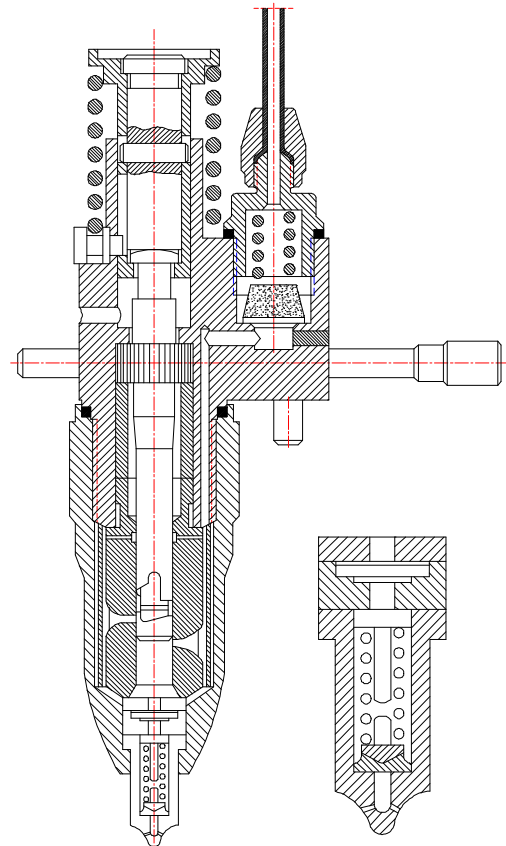
### 4) Hệ thống phun nhiên liệu gián tiếp

Ở hệ thống phun gián tiếp ( còn gọi là hệ thống tích phun), nhiên liệu từ BCA không được đưa trực tiếp đến vòi phun mà được bơm đến ống cao áp chung. Thông thường, ống cao áp chung có dung tích lớn hơn nhiều lần so với thể tích nhiên liệu được phun vào buồng đốt trong một chu trình, nên áp suất phun hầu như không thay đổi trong suốt quá trình phun. Điều đó đảm bảo chất lượng phun tốt trong một phạm vi rộng của tốc độ quay và tải. Để đảm bảo yêu cầu định lượng và định thời, hệ thống tích phun có kết cấu khá phức tạp. Vì vậy nó thường chỉ được sử dụng cho những động cơ diesel có yêu cầu cao về chất lượng phun nhiên liệu ở những chế độ tải nhỏ.

### 5) Hệ thống phun nhiên liệu với Bơm cao áp - Vòi phun liên hợp

HTPNL với Bơm cao áp-Vòi phun (BCA-VP) liên hợp là một hình thái biến tướng của HTPNL cổ điển. Ở loại HTPNL kiểu này, BCA và vòi phun được tổ hợp thành một cụm chi tiết gọi là BCA-VP liên hợp, thực hiện chức năng của cả 3 bộ phận : BCA, vòi phun và ống cao áp. Trong BCA-VP liên hợp, nhiên liệu sau khi được nén đến áp suất rất cao và được định lượng sẽ được đưa trực tiếp vào vòi phun mà không cần có ống dẫn nhiên liệu cao áp.

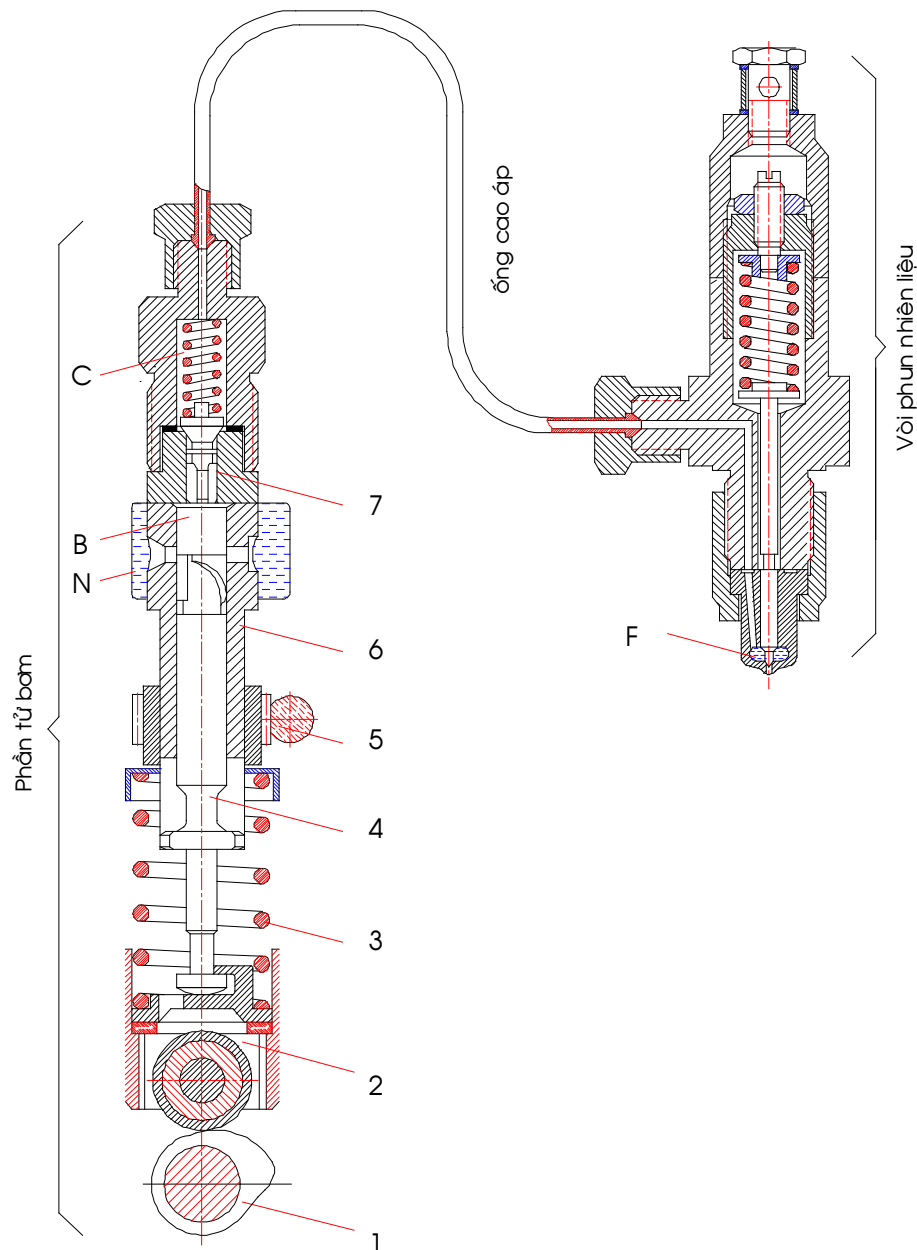
BCA-VP liên hợp do hãng General Motors thiết kế giới thiệu trên H. 1-27 là kiểu điển hình và được sử dụng phổ biến nhất hiện nay.



H. 1-27 BCA-VP liên hợp của hãng GM

### 1.3.6.3. HỆ THỐNG PHUN NHIÊN LIỆU CỔ ĐIỆN

**Hệ thống phun nhiên liệu cổ điện** là tên gọi qui ước của loại HTPNL trực tiếp có những đặc điểm cơ bản sau đây : Toàn bộ HTPNL được tổ hợp từ các " tiểu hệ thống phun " hoàn toàn giống nhau . Mỗi tiểu hệ thống phun được cấu thành từ một phân tử bơm, 1 ống cao áp và 1 vòi phun nhiên liệu (H. 1-28). Động cơ có bao nhiêu xylanh thì có bấy nhiêu tiểu hệ thống phun. Các tiểu hệ thống phun hoạt động độc lập với nhau .



H. 1-28. Cấu tạo tiểu hệ thống phun của HTPNL với BCA Bosch cổ điện  
1- Cam nhiên liệu, 2- Con đội , 3- Lò so khử hồi, 4- Piston, 5- Vành răng và thanh răng điều khiển, 6- Xylanh, 7- Van triệt hồi , N- Khoang nạp, B- Khoang bơm, C- Khoang cao áp, F- Khoang phun

#### 1) Bơm cao áp

**Bơm cao áp** (BCA) là cụm chi tiết quan trọng nhất của HTPNL cổ điển nói riêng và của HTPNL cơ khí nói chung và người ta thường phân loại HTPNL căn cứ vào đặc điểm của BCA. BCA có thể được phân loại theo những tiêu chí khác nhau. Nếu căn cứ vào phương pháp định lượng, tức là phương pháp điều chỉnh lượng nhiên liệu chu trình ( $g_{ci}$ ), có thể phân biệt 3 loại BCA cổ điển: BCA điều chỉnh bằng cách thay đổi hành trình có ích của piston, BCA điều chỉnh bằng cách thay đổi hành trình toàn bộ của piston và BCA điều chỉnh bằng van tiết lưu.

#### a) BCA định lượng bằng cách thay đổi hành trình có ích của piston

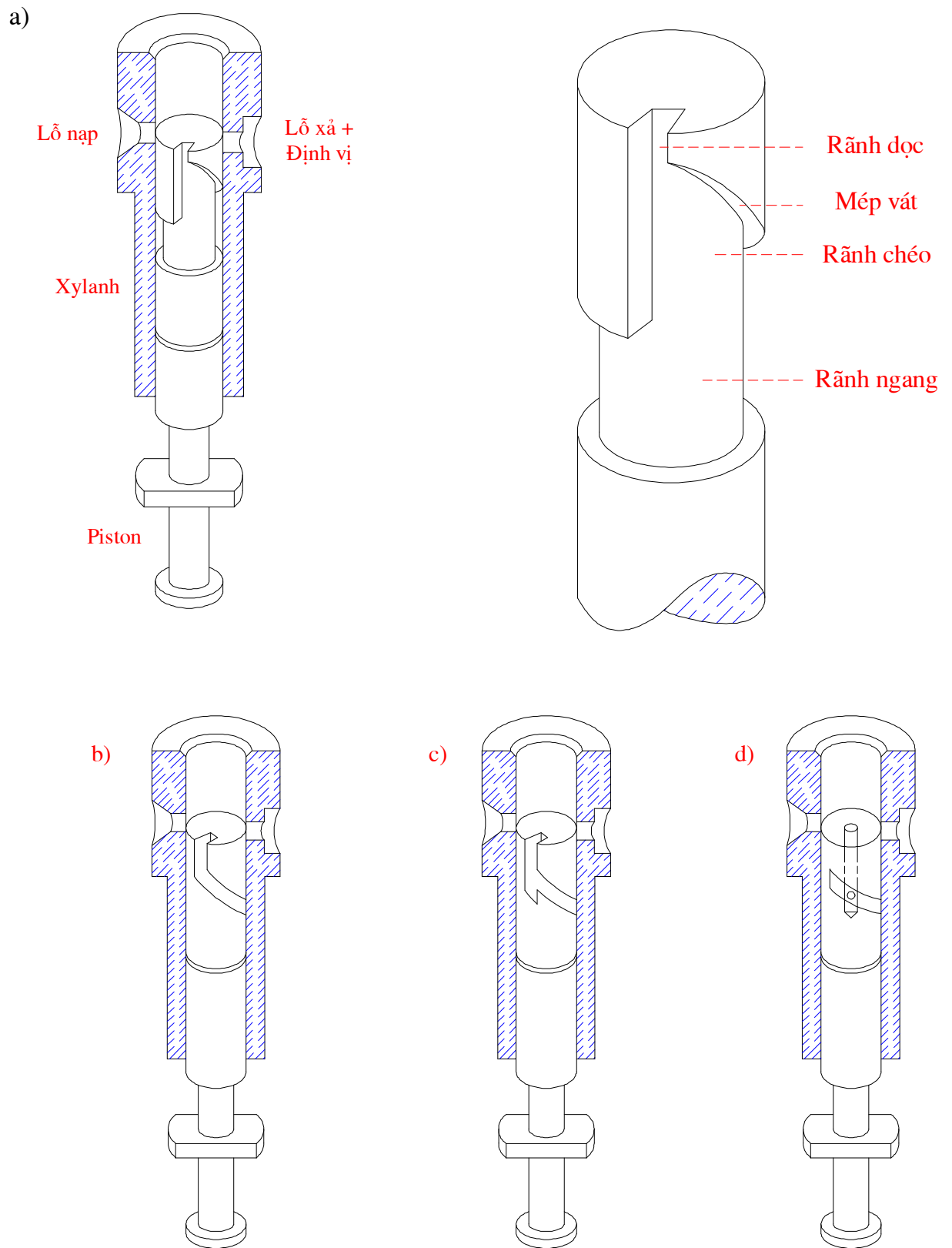
BCA định lượng bằng cách thay đổi hành trình có ích của piston do hãng Bosch thiết kế và chế tạo lần đầu tiên, nó hoạt động theo nguyên lý thay đổi hành trình có ích của piston để thay đổi lượng nhiên liệu thực tế được bơm đến vòi phun. Trong nhiều tài liệu chuyên môn, BCA loại này thường có các tên gọi khác nhau, như: BCA Bosch cổ điển (để phân biệt với các loại BCA khác của Bosch), BCA điều chỉnh bằng rãnh chéo trên piston, BCA Bosch kiểu piston-ngăn kéo, v.v.

- **Cặp piston-xylanh của BCA kiểu Bosch cổ điển**

Cặp piston-xylanh của BCA gồm 2 chi tiết: xylanh và piston (H. 1-29). Trên thành xylanh có lỗ nạp, lỗ xả và lỗ định vị. Lỗ nạp để nhiên liệu từ khoang nạp (không gian chứa nhiên liệu thấp áp trong BCA) đi vào khoang bơm (không gian công tác của xylanh được giới hạn bởi đỉnh piston, van triệt hồi và thành xylanh của BCA). Lỗ xả để nhiên liệu thoát từ khoang bơm ra khoang nạp. Lỗ định vị để cố định xylanh với vỏ BCA. Một lỗ trên xylanh có thể chỉ thực hiện một chức năng (nạp, xả, định vị) hoặc thực hiện đồng thời 2 hay cả 3 chức năng. Trên phần đầu của piston có rãnh dọc, rãnh chéo và rãnh ngang. Rãnh dọc để cho nhiên liệu từ khoang bơm thoát về khoang nạp sau khi rãnh chéo thông với lỗ xả. Mép vát có tác dụng làm thay đổi hành trình có ích của piston, qua đó điều chỉnh lượng nhiên liệu chu trình khi piston được xoay trong lòng xylanh. Để tạo ra được áp suất rất cao của nhiên liệu trước khi phun vào buồng đốt, khe hở hướng kính giữa piston và cylindre phải rất nhỏ (khoảng 0,015 - 0,025 mm). Cặp piston-xylanh là bộ phận quan trọng nhất của BCA và là một trong các cặp lắp ghép siêu chính xác trong hệ thống phun nhiên liệu của động cơ diesel.

Trên thị trường hiện nay có khá nhiều kiểu cặp piston-xylanh của BCA điều chỉnh bằng cách thay đổi hành trình có ích của piston. Thực chất chúng đều là những biến tướng của cặp piston - xylanh kiểu Bosch do các hãng khác nhau chế tạo (H. 1-29b, c, d).

Mỗi cặp piston-xylanh của BCA có thể được đặt trong một vỏ riêng để tạo thành BCA đơn (H. 1-30a) hoặc nhiều cặp piston-xylanh được đặt trong một vỏ chung để tạo thành BCA cụm (H. 1-30b).

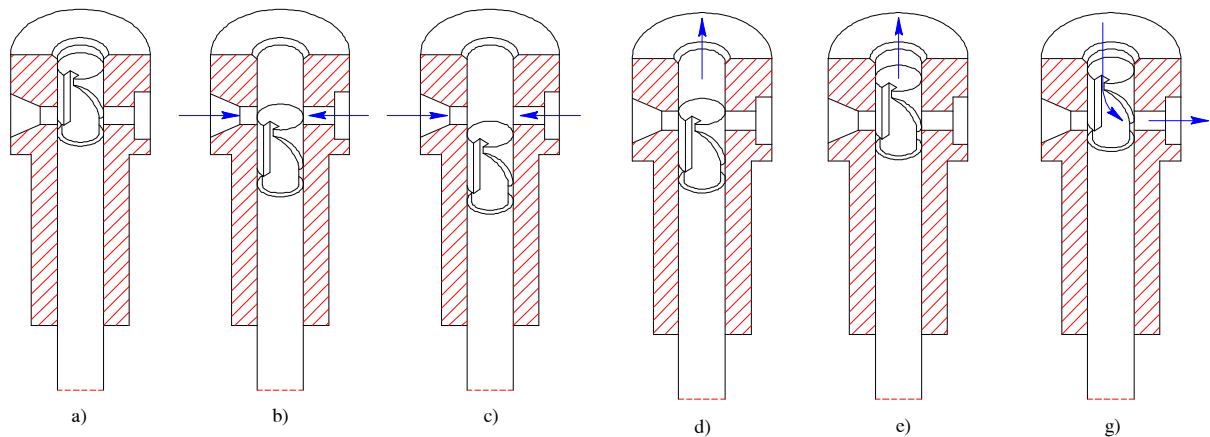


H. 1-29. Cặp piston-xylanh của BCA cổ điển  
 a) kiểu Bosch , b) F& M , c) CAV , d) SIMMS



- Nguyên lý hoạt động

BCA Bosch cổ điển hoạt động theo kiểu chu kỳ. Mỗi chu trình công tác của nó được hoàn thành sau 1 vòng quay của trục cam nhiên liệu, tương ứng với 2 hành trình của piston BCA, được gọi là hành trình nạp và hành trình bơm. Hành trình nạp của piston BCA ( piston BCA đi từ điểm cận trên đến điểm cận dưới ) được thực hiện nhờ tác dụng của lò xo khử hồi ; còn hành trình bơm ( piston BCA đi từ điểm cận dưới đến điểm cận trên) do cam nhiên liệu đẩy. Ở động cơ 4 kỳ, một vòng quay của trục cam nhiên liệu tương ứng với 2 vòng quay của trục khuỷu và 4 hành trình của piston động cơ ; còn ở động cơ 2 kỳ - tương ứng với 1 vòng quay của trục khuỷu và 2 hành trình của piston động cơ.



*H. 1-31. Chu trình công tác của BCA Bosch cổ điển*

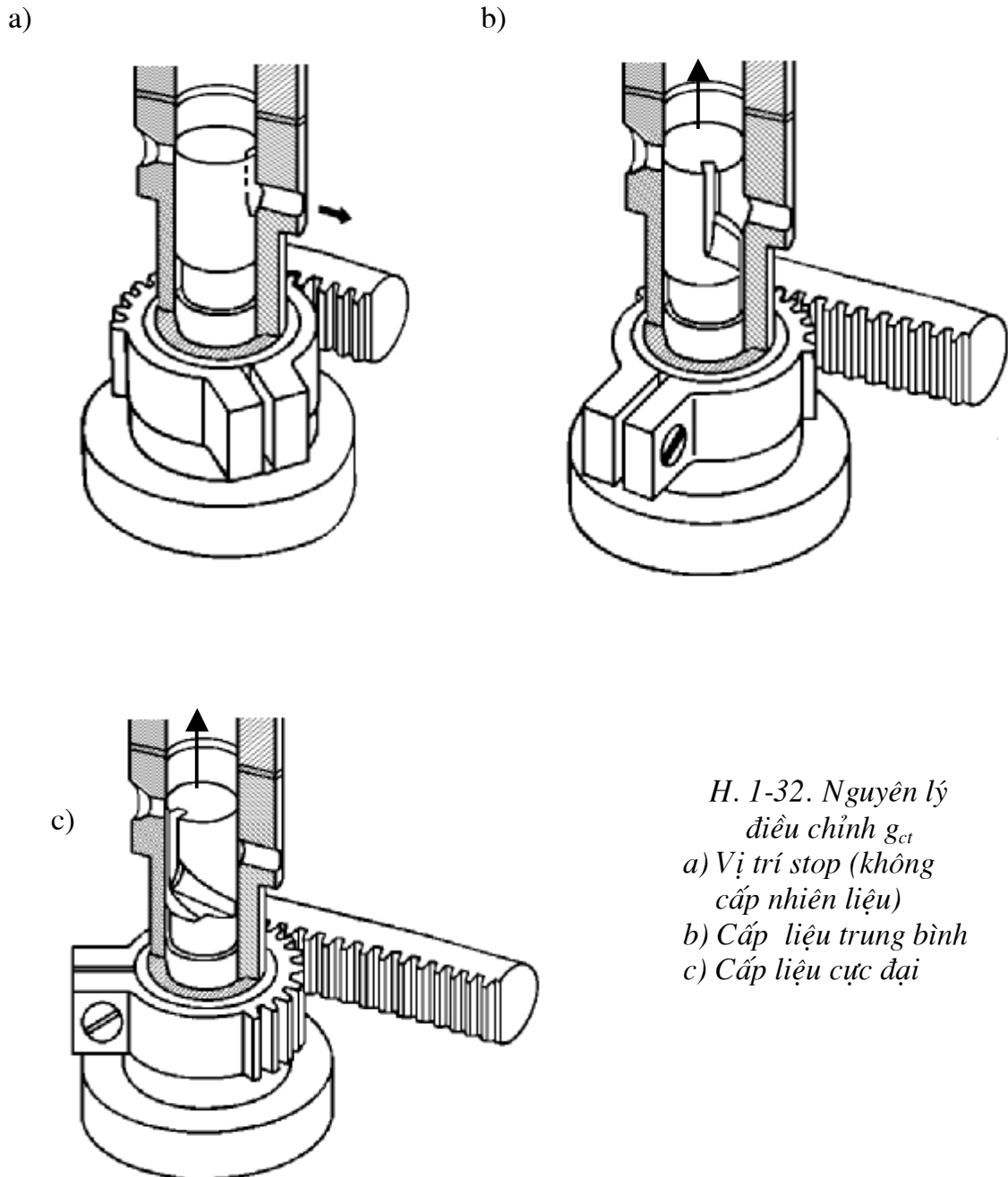
*a) Piston ở điểm cận trên , b) Nạp nhiên liệu vào khoang bơm , c) Piston ở điểm cận dưới , d) Bắt đầu bơm hình học , e) Kết thúc bơm hình học , g) Kết thúc chu trình công tác (piston của BCA trở lại điểm cận trên)*

Ở giai đoạn đầu của hành trình nạp, nhiên liệu trong khoang bơm vừa dẫn nở vừa thoát ra khoang nạp qua rãnh dọc. Khi piston mở lỗ nạp, nhiên liệu từ khoang nạp tràn vào khoang bơm (H. 1-31b). Sau khi được lò xo khử hồi kéo về điểm cận dưới, piston của của BCA sẽ không chuyển động trong một khoảng thời gian tùy thuộc vào cấu tạo của cam nhiên liệu và tốc độ của động cơ. Hành trình bơm được thực hiện nhờ tác dụng đẩy của cam nhiên liệu (H. 1-31c, d, e). Ở giai đoạn đầu của hành trình bơm, khoang nạp và khoang bơm vẫn được thông với nhau. Quá trình nén nhiên liệu trong khoang bơm được bắt đầu từ thời điểm piston đóng hoàn toàn lỗ nạp và lỗ xả trên cylindre của BCA. Nhiên liệu bắt đầu được bơm vào khoang cao áp (không gian chứa nhiên liệu trong rắcco cao áp, ống cao áp và vòi phun nhiên liệu) khi lực tác dụng lên kim van triệt hồi từ phía dưới ( $F_B$ ) được tạo ra bởi áp suất trong khoang bơm đạt tới trị số bằng lực tác dụng từ phía trên ( $F_C$ ) được tạo ra bởi lực căng ban đầu của lò xo van triệt hồi và áp suất dư trong ống cao áp. Quá trình phun nhiên liệu vào buồng đốt bắt đầu khi lực tác dụng lên mặt côn nâng của kim phun ( $F_f$ ) được tạo ra bởi áp suất của nhiên liệu trong khoang phun (không gian chứa nhiên liệu trong đầu phun của vòi phun) thắng được lực căng ban đầu của lò xo vòi phun ( $F_0$ ). Quá trình phun nhiên liệu vào buồng đốt kéo dài cho đến khi rãnh chéo trên piston được thông với khoang nạp (H. 1-31g), khi đó nhiên liệu dưới áp suất cao từ khoang bơm và khoang cao áp sẽ thoát ra khoang nạp qua rãnh dọc. Quá trình phun nhiên liệu kết thúc tại thời điểm áp suất

trong khoang cao áp giảm xuống đến trị số, tại đó  $F_f = F_0$ . Sau thời điểm kết thúc phun, piston tiếp tục đi lên để kết thúc hành trình bơm tại điểm cận trên để kết thúc chu trình công tác của hệ thống phun nhiên liệu.

Tất cả các kiểu BCA điều chỉnh bằng rãnh chéo trên piston đều hoạt động theo một nguyên lý chung là :

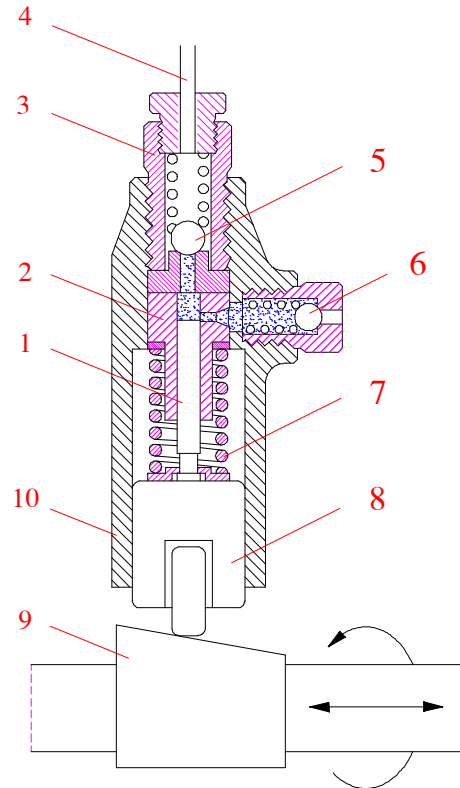
- Đẩy piston để nén nhiên liệu bằng cam.
- Khứ hồi piston bằng lò xo.
- Hành trình toàn bộ của piston không đổi ( $h_0 = \text{const}$ )
- Điều chỉnh lượng nhiên liệu chu trình ( $g_{ct}$ ) bằng cách xoay piston để thay đổi hành trình có ích ( $h_e = \text{var}$ ).



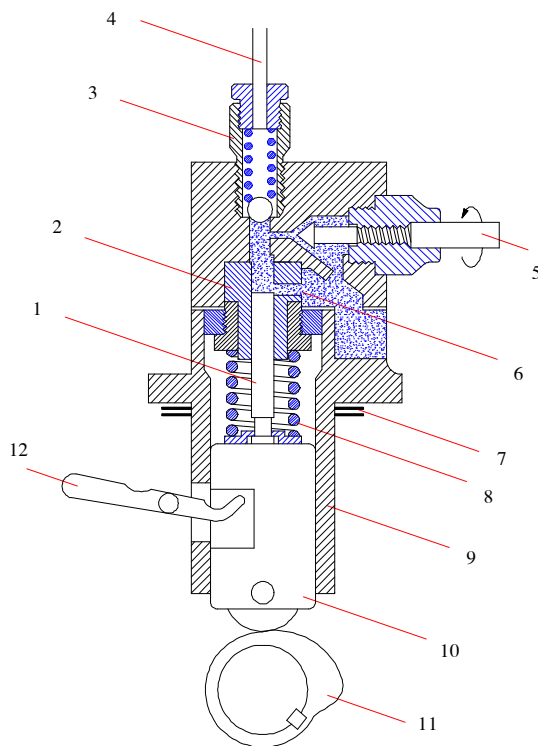
**b) BCA điều chỉnh bằng cách thay đổi hành trình toàn bộ của piston**

*H. 1-33. Bơm cao áp điều chỉnh bằng cách thay đổi hành trình toàn bộ của piston*

1- Piston, 2- Xylanh, 3- Đầu nối ống cao áp, 4- Ống cao áp, 5- Van triệt hồi, 6- Van nạp, 7- Lò xo khử hồi, 8- Con đội, 9- Cam nhiên liệu, 10- Thân bơm



**c) BCA điều chỉnh bằng van tiết lưu**



*H. 1-34. Bơm cao áp điều chỉnh bằng van tiết lưu*

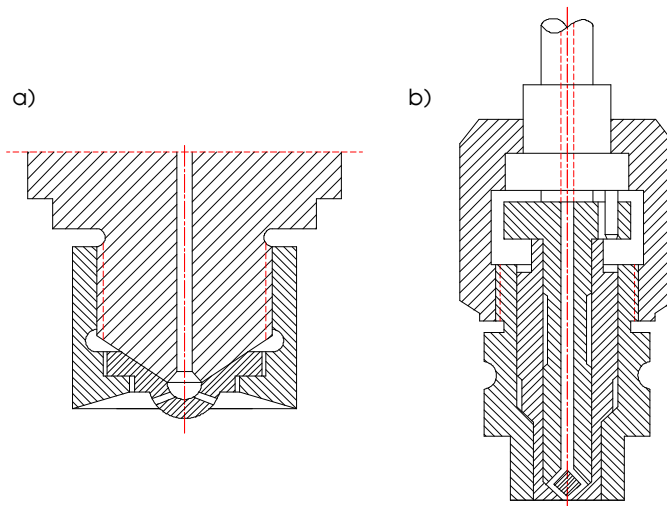
1- Piston, 2- Xylanh, 3- Đầu nối ống cao áp, 4- Ống cao áp, 5- Van tiết lưu, 6- Lỗ nạp, 7- Chêm điều chỉnh góc phun sớm, 8- Lò xo khử hồi, 9- Thân BCA, 10- Con đội, 11- Cam nhiên liệu, 12- Cần bơm tay.

## 2) Vòi phun nhiên liệu

Bảng 1-3. Phân loại tổng quát vòi phun nhiên liệu

Tiêu chí phân loại	Phân loại
Đặc điểm cách ly khoang phun với buồng đốt	1. Vòi phun hở 2. Vòi phun kín
Đặc điểm cấu tạo đầu phun	1. Vòi phun kiểu chốt 2. Vòi phun kiểu lỗ 3. Vòi phun kiểu van
Phương pháp tạo lực ép ban đầu lên kim phun	1. Ép kim phun bằng lò xo 2. Ép kim phun bằng thủy lực
Theo phương pháp điều khiển	1. Vòi phun điều khiển cơ khí 2. Vòi phun điều khiển điện tử

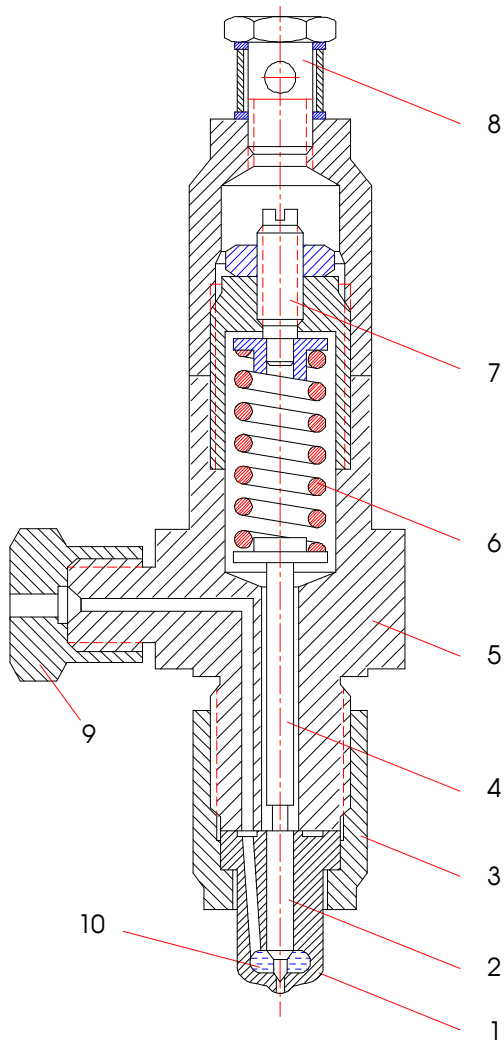
Vòi phun hở là loại không có bộ phận ngăn cách không gian chứa nhiên liệu trong vòi phun với không gian trong buồng đốt của động cơ. Đầu phun có thể chỉ có những lỗ phun bình thường (H. 1-35a) hoặc có cấu tạo đặc biệt để tạo ra cấu trúc tia nhiên liệu thích hợp, ví dụ : có các rãnh chéo để chùm tia nhiên liệu có hình quạt phẳng (H. 1-35b).



H. 1-35. Vòi phun hở

Vòi phun hở có cấu tạo rất đơn giản và hoạt động tin cậy. Nhược điểm cơ bản nhất của vòi phun hở là không có khả năng loại trừ hiện tượng phun rớt vào những thời điểm cuối của quá trình phun. Vào những thời điểm đó, khi áp suất phun đã giảm đáng kể, các hạt nhiên liệu được phun ra có kích thước lớn và vận tốc nhỏ, khó cháy hoàn toàn và rất dễ bị coke hoá.

Vòi phun hở đã từng được sử dụng cho một số kiểu động cơ diesel cao tốc với áp suất phun rất lớn. Hiện nay nó đã được thay thế gần như hoàn toàn bằng các kiểu vòi phun kín.



H. 1-36. Vòi phun kín

### 1.3.6.4. CÁC THÔNG SỐ CÔNG TÁC ĐẶC TRƯNG CỦA HTPNL CỔ ĐIỂN

Các thông số công tác của HTPNL ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng quá trình phun nhiên liệu bao gồm : Áp suất bơm ( $p_b$ ), Áp suất phun ( $p_f$ ), Áp suất mở vòi phun ( $p_{fo}$ ), Hành trình kim phun ( $h_k$ ), Cấu trúc tia nhiên liệu , Quy luật phun ,Lượng nhiên liệu chu trình ( $g_{ct}$ ) và Độ định lượng không đồng đều ( $\Delta g$ ), Góc phun sớm ( $\theta$ ) và Độ định thời không đồng đều ( $\Delta\theta$ ).

1) **Áp suất bơm ( $p_b$ )** - áp suất của nhiên liệu được đo tại khoang bơm của BCA ( khoang bơm là không gian trong cylindre của BCA được giới hạn bởi piston, mặt dưới của van triệt hồi và thành cylindre ).

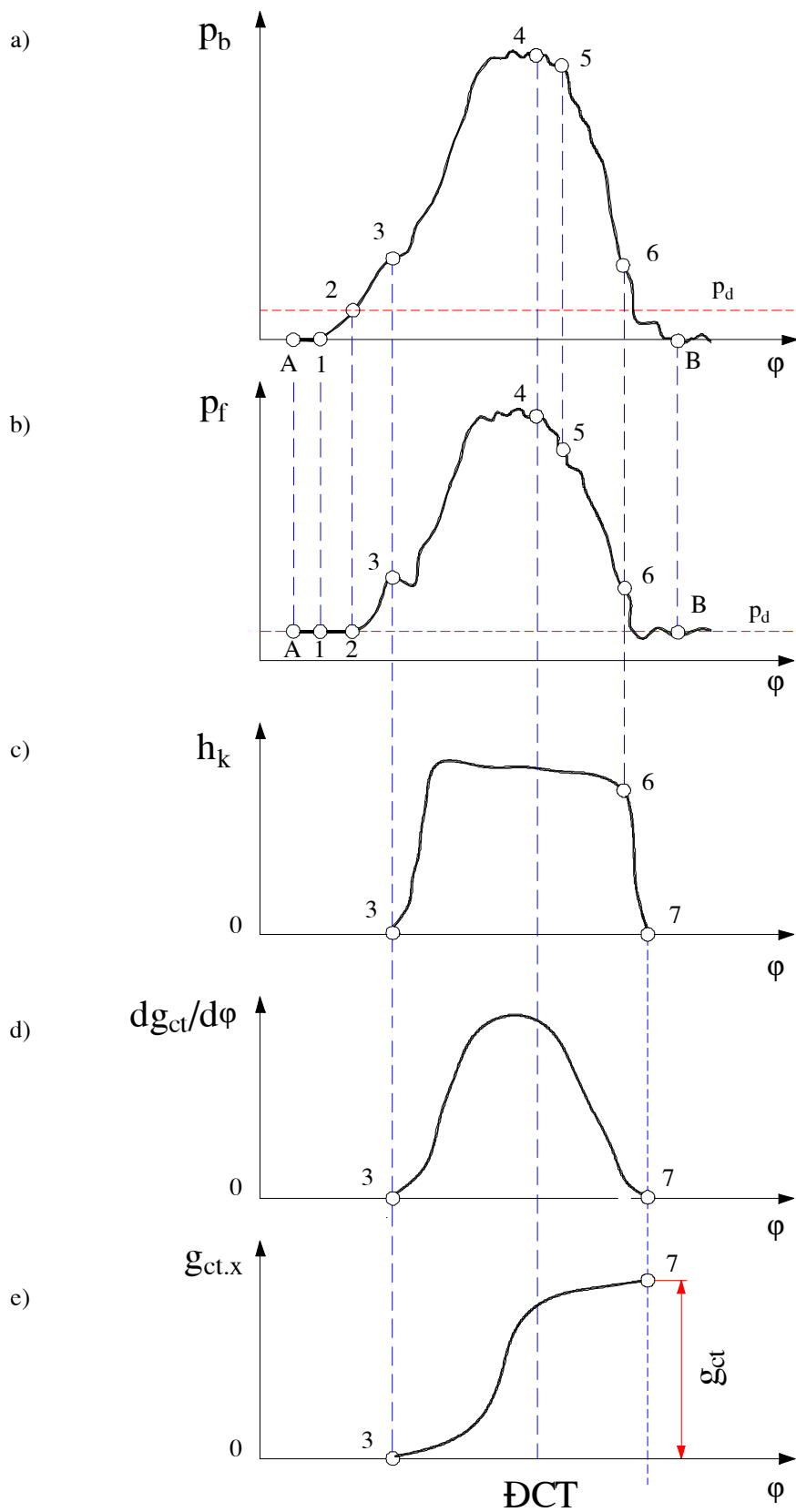
2) **Áp suất phun ( $p_f$ )** - áp suất của nhiên liệu tại khoang phun ( không gian chứa nhiên liệu trong đầu phun của vòi phun).

3) **Áp suất mở vòi phun ( $p_{fo}$ )** - áp suất phun tại thời điểm kim phun bắt đầu được nâng lên khỏi bệ đỡ.

4) **Hành trình của kim phun ( $h_k$ )** - chuyển vị của kim phun trong quá trình phun nhiên liệu. Quy ước lấy  $h_k = 0$  ứng với vị trí đóng của kim phun , tức là khi kim phun còn tiếp xúc với bệ đỡ.

Áp suất bơm ( $p_b$ ) và áp suất phun ( $p_f$ ) thay đổi theo góc quay của trục khuỷu động cơ (H. 1-37). Đặc điểm biến thiên và trị số của  $p_b$  ,  $p_f$  phụ thuộc vào hàng loạt yếu tố, như : đặc điểm cấu tạo và tình trạng kỹ thuật của hệ thống phun, chế độ làm việc của động cơ, các hiện tượng thủy động diễn ra trong khoang nạp, khoang bơm và khoang cao áp, v.v. Áp suất mở vòi phun ( $p_{fo}$ ) là một thông số điều chỉnh quan trọng, nó ảnh hưởng trực tiếp đến cấu trúc tia nhiên liệu và chất lượng quá trình tạo HHC. Bởi vì khi ta thay đổi áp suất mở vòi phun cũng có nghĩa là ta đã thay đổi đồng thời áp suất đóng vòi phun và áp suất phun trung bình trong quá trình phun nhiên liệu. Áp suất mở vòi phun cao hay thấp phụ thuộc vào đặc điểm kỹ thuật của động cơ, trong đó cấu tạo buồng đốt và tốc độ quay là hai yếu tố có vai trò quyết định. Thông thường,  $p_{fo} = 100 \div 220$  bar ; trị số nhỏ dùng cho động cơ có buồng đốt ngăn cách với vòi phun kiểu chốt, trị số lớn - buồng đốt thống nhất với vòi phun kiểu lỗ. Đối với một kiểu động cơ cụ thể, áp suất mở vòi phun được điều chỉnh theo trị số do nhà chế tạo quy định.

Thời điểm bắt đầu hành trình bơm của piston BCA được ký hiệu bằng điểm A trên đồ thị. Thời điểm bắt đầu bơm hình học (thời điểm piston đóng hoàn toàn lỗ xả) được ký hiệu bằng điểm 1. Nhiên liệu bắt đầu được bơm vào khoang cao áp khi áp suất trong khoang bơm cân bằng với áp suất dư trong ống cao áp và thắng sức căng của lò xo van triệt hồi (điểm 2). Khi áp suất của nhiên liệu trong khoang phun đạt tới trị số  $p_{fo}$  (điểm 3), kim phun được nâng lên khỏi vị trí tiếp xúc với bệ đỡ. Đó chính là thời điểm thực tế bắt đầu phun nhiên liệu.



H. 1-37. Đồ thị biểu diễn quá trình phun nhiên liệu

Giai đoạn tính từ thời điểm 2 đến điểm 3 được gọi là giai đoạn chậm phun ( $\varphi_{23}$ ). Thông thường  $\varphi_{23} = 2 - 15^\circ$  gqtk .

Góc quay trục khuỷu tính từ thời điểm thực tế bắt đầu bơm (điểm 2) và thực tế bắt đầu phun (điểm 3) đến thời điểm piston của động cơ tới ĐCT được gọi tương ứng là góc bơm sớm ( $\varphi_{bs}$ ) và góc phun sớm ( $\theta$ ). Việc xác định thời điểm thực tế bắt đầu phun nhiên liệu đòi hỏi những trang thiết bị khá phức tạp, bởi vậy thay vì phải kiểm chỉnh góc phun sớm, chúng ta thường kiểm chỉnh góc bơm sớm. Rõ ràng là, với cùng một trị số góc bơm sớm, giai đoạn chậm phun càng lớn thì góc phun sớm càng nhỏ.

Thời điểm kết thúc phun hình học (thời điểm rãnh chéo trên piston bắt đầu thông với khoang nạp) được ký hiệu bằng điểm 5 trên đồ thị. Trong một thời gian rất ngắn sau thời điểm 5, nhiên liệu từ khoang bơm thoát ra khoang nạp với vận tốc rất lớn làm cho áp suất trong khoang bơm và khoang cao áp giảm xuống đột ngột. Kim phun bắt đầu hành trình đóng tại thời điểm áp suất trong khoang phun đạt tới trị số nhỏ hơn  $p_{i0}$  một ít (điểm 6). Thời điểm kết thúc quá trình phun thực tế (thời điểm kim phun tiếp xúc trở lại với bộ đỡ) và thời điểm kết thúc chu trình công tác của hệ thống phun (thời điểm piston BCA trở lại điểm cận trên) được ký hiệu tương ứng bằng điểm 7 và điểm B.

Giai đoạn kéo dài từ thời điểm bắt đầu phun thực tế (điểm 3) đến thời điểm kết thúc phun hình học (điểm 5) được gọi là giai đoạn phun chính ( $\varphi_{II}$ ). Giai đoạn phun chính dài hay ngắn phụ thuộc vào tải của động cơ và được thể hiện bằng hành trình có ích của piston BCA. Giai đoạn từ điểm 5 đến điểm 7 được gọi là giai đoạn phun rớt ( $\varphi_{III}$ ). Giai đoạn phun rớt diễn ra trong điều kiện áp suất phun đã giảm nhiều nên cấu trúc các tia nhiên liệu không đảm bảo yêu cầu đối với quá trình tạo HHC. Rất nhiều BCA hiện nay được trang bị van triệt hồi-giảm tải để rút ngắn giai đoạn phun rớt. Thời gian phun thực tế ( $\varphi_f$ ) được tính từ thời điểm bắt đầu phun thực tế (điểm 3) đến thời điểm kết thúc phun thực tế (điểm 7).

## 5) Cấu trúc tia nhiên liệu

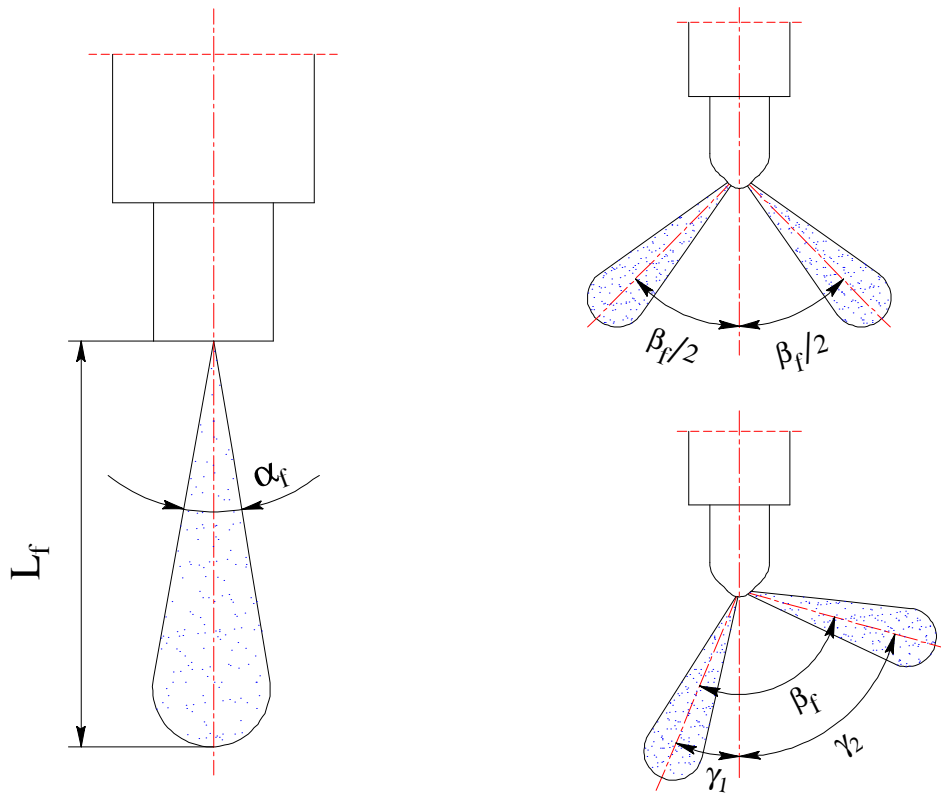
Cấu trúc tia nhiên liệu là thuật ngữ được sử dụng để biểu đạt khái niệm bao hàm đặc điểm của các tia nhiên liệu được hình thành trong buồng đốt trong quá trình phun. Cấu trúc tia nhiên liệu bao gồm cấu trúc vĩ mô và cấu trúc vi mô.

- Cấu trúc vĩ mô được đặc trưng bằng số lượng, vị trí tương đối và kích thước của các tia. Vòi phun nhiên liệu thường có từ 1 đến 8 lỗ phun và tạo ra số tia nhiên liệu tương ứng. Kích thước mỗi tia nhiên liệu được đặc trưng bằng chiều dài ( $L_f$ ) và góc nón ( $\alpha_f$ ). Các tia nhiên liệu có thể được phân bố đối xứng hoặc không đối xứng qua đường tâm của vòi phun (H. 1-38).

- Cấu trúc vi mô được đặc trưng bằng độ phun nhỏ và độ phun đều.

Cấu trúc tia nhiên liệu có ảnh hưởng trực tiếp đến độ đồng nhất của HHC và quy luật hình thành HHC. Chiều dài tia nhiên liệu quá lớn sẽ làm cho một phần nhiên liệu đọng trên vách buồng đốt, điều đó không những làm nhiên liệu cháy ít mà còn gia tăng cường độ hao mòn chi tiết do màng dầu bôi trơn trên mặt gương xy lanh bị tổn hại. Các tia nhiên liệu quá ngắn và phân bố không hợp lý, kích thước các hạt nhiên liệu không đủ nhỏ đều ảnh hưởng xấu đến độ đồng nhất của HHC.





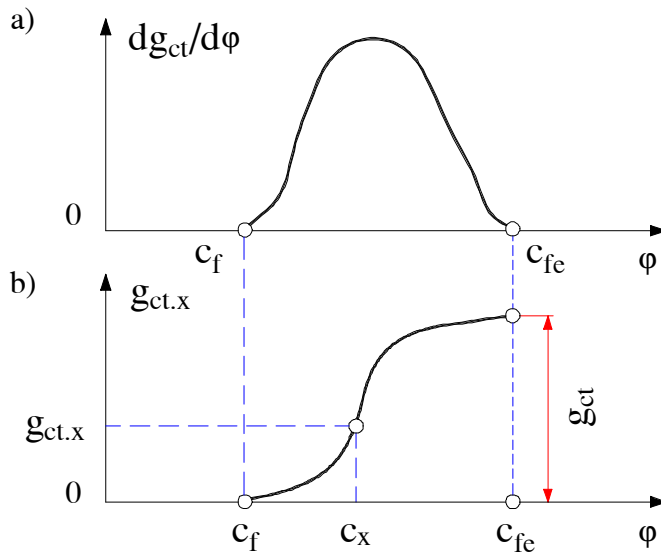
H. 1-38. Cấu trúc tia nhiên liệu

$L_f$  - chiều dài tia ,  $\alpha_f$  - góc nón tia ;  $\beta_f$  ,  $\gamma$  - các góc xác định vị trí các tia trong trường hợp đầu phun nhiều lỗ.

Cần lưu ý rằng, trong một số trường hợp, người thiết kế chủ ý phân bố các tia nhiên liệu không đối xứng hoặc để nhiên liệu được phun sao cho hình thành các màng nhiên liệu lỏng trên vách buồng đốt nhằm tạo ra quy luật hình thành HHC có lợi nhất .

## 6) Quy luật phun nhiên liệu

Quy luật phun nhiên liệu là khái niệm bao hàm thời gian phun và đặc điểm phân bố tốc độ phun. Có thể biểu diễn quy luật phun dưới dạng vi phân hoặc dưới dạng tích phân.



H. 1-39. Quy luật phun nhiên liệu

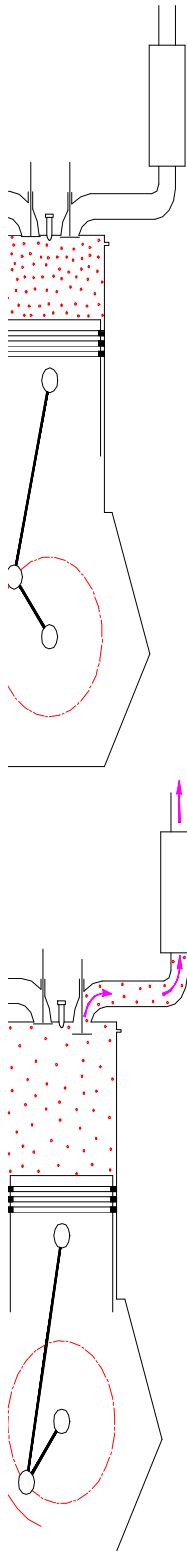
$j$  - góc quay trục khuỷu ,  
 $c_f$  - thời điểm bắt đầu phun ,  
 $c_{fe}$  - thời điểm kết thúc phun ,  
 $dg_{ct}/dj$  - tốc độ phun nhiên liệu ,  
 $g_{ct,x}$  - lượng nhiên liệu đã được phun vào buồng đốt tính từ thời điểm bắt đầu phun đến thời điểm  $c_x$  .

- **Quy luật phun dưới dạng vi phân** - là hàm số thể hiện đặc điểm thay đổi tốc độ phun tức thời theo góc quay trục khuỷu trong quá trình phun (H. 1-39a).
- **Quy luật phun dưới dạng tích phân** - là hàm số thể hiện đặc điểm thay đổi theo góc quay trục khuỷu đối của lượng nhiên liệu được phun vào buồng đốt tính từ thời điểm bắt đầu phun (H. 1-39b).

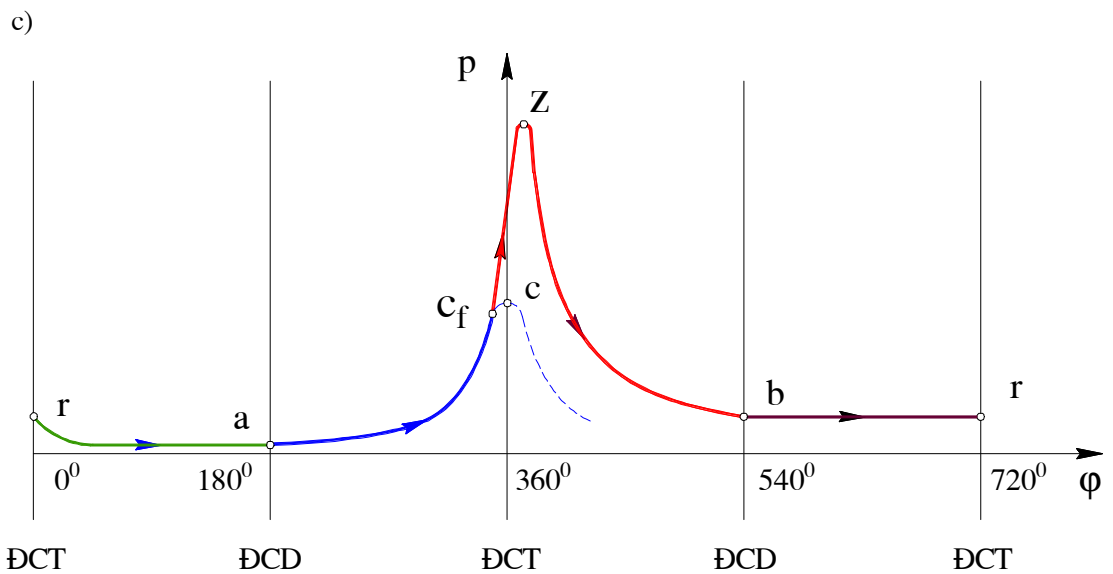
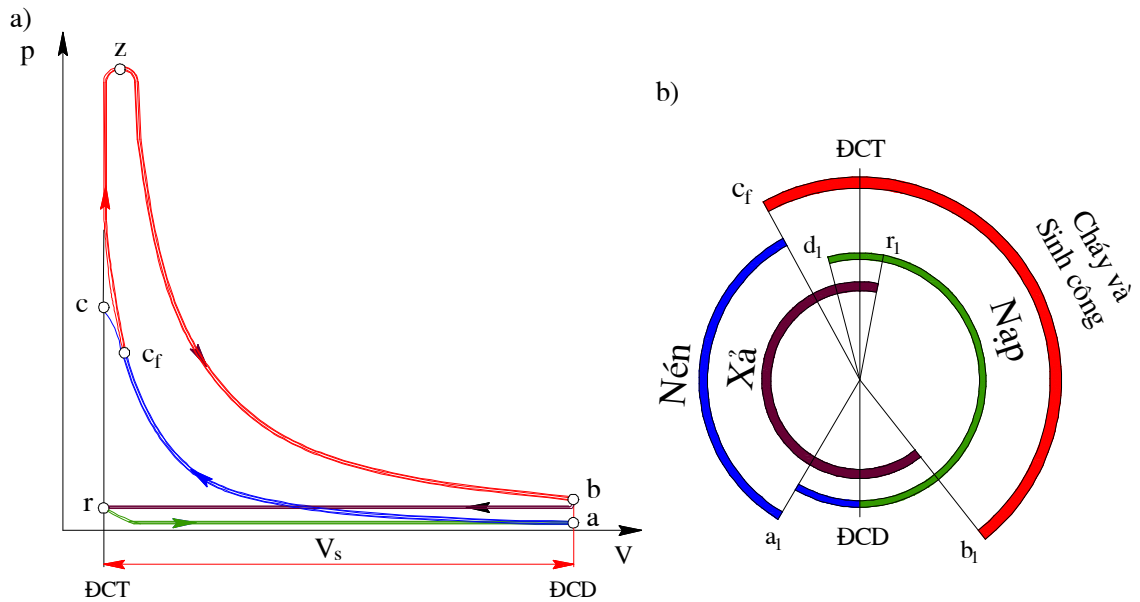
Quy luật phun nhiên liệu có ảnh hưởng quyết định đến quy luật hình thành HHC, đặc biệt là đối với phương pháp tạo HHC kiểu thể tích, qua đó ảnh hưởng đến hàng loạt chỉ tiêu chất lượng của động cơ diesel. Việc lựa chọn quy luật phun nhiên liệu như thế nào là tùy thuộc vào tính năng của động cơ và cách thức tổ chức quá trình cháy .

## 1.4. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

### 1.4.1. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL 4 KỲ



H. 1-40. Chu trình công tác của động cơ diesel 4 kỳ  
a) Nạp , b) Nén , c) Nổ , d) Xả



H. 1-41. Các đồ thị biểu diễn chu trình công tác của động cơ 4 kỳ

- a) Đồ thị công
- b) Đồ thị góc
- c) Đồ thị công khai triển

$c_f$  - thời điểm bắt đầu phun nhiên liệu (ở động cơ diesel) hoặc thời điểm buji đánh lửa (ở động cơ xăng),  $z$  - thời điểm áp suất cháy đạt giá trị cực đại,  $b_1$  - thời điểm xupap xả bắt đầu mở,  $r_1$  - thời điểm xupap xả đóng hoàn toàn,  $d_1$  - thời điểm xupap nạp bắt đầu mở,  $a_1$  - thời điểm xupap nạp đóng hoàn toàn.

Động cơ 4 kỳ là loại ĐCĐT mà mỗi chu trình công tác của nó được hoàn thành sau 4 hành trình của piston.

### 1) Hành trình nạp

Trong hành trình nạp, piston được trục khuỷu kéo từ ĐCT đến ĐCD. Xupap nạp mở, xupap xả đóng. Không khí được hút vào xy lanh qua xupap nạp.

### 2) Hành trình nén

Trong hành trình nén, piston được trục khuỷu đẩy từ ĐCD đến ĐCT. Cả 2 loại xupap (nạp và xả) đều đóng. Do bị piston nén, áp suất và nhiệt độ của khí trong xy lanh tăng dần. Khi piston tới gần ĐCT (điểm  $c_f$ ), nhiên liệu bắt đầu được phun vào buồng đốt và tự bốc cháy làm cho áp suất và nhiệt độ trong xy lanh tăng lên đột ngột.

### 3) Hành trình sinh công

Trong hành trình sinh công, piston được khí trong xy lanh có áp suất cao đẩy từ ĐCT đến ĐCD và làm trục khuỷu quay. Cả 2 loại xupap vẫn đóng. Quá trình cháy nhiên liệu vẫn tiếp tục diễn ra ở giai đoạn đầu của hành trình sinh công.

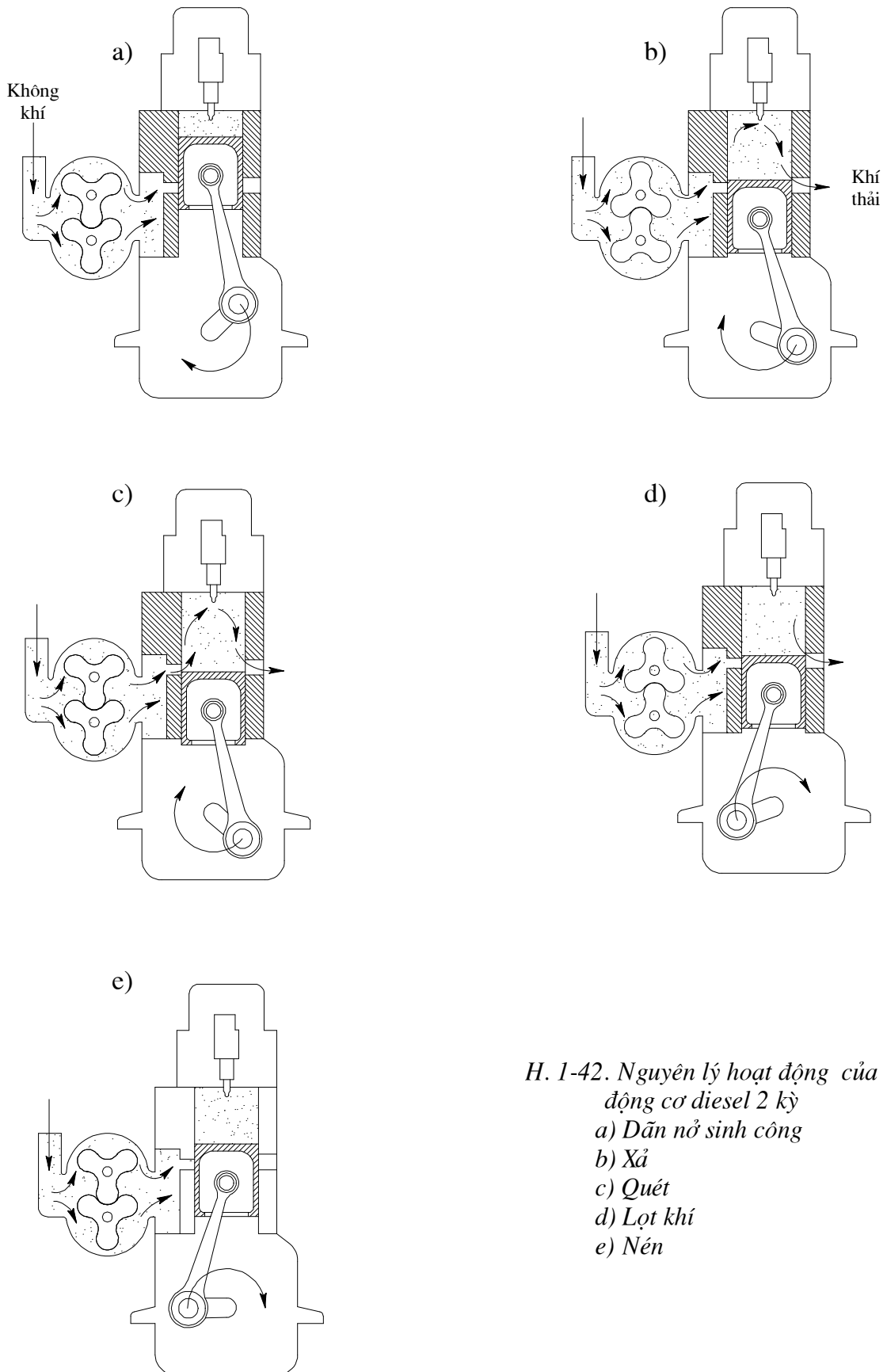
### 4) Hành trình xả

Trong hành trình xả, piston bị trục khuỷu đẩy từ ĐCD đến ĐCT. Xupap nạp đóng, xupap xả mở. Khí thải trong xy lanh bị piston đẩy ra ngoài qua xupap xả.

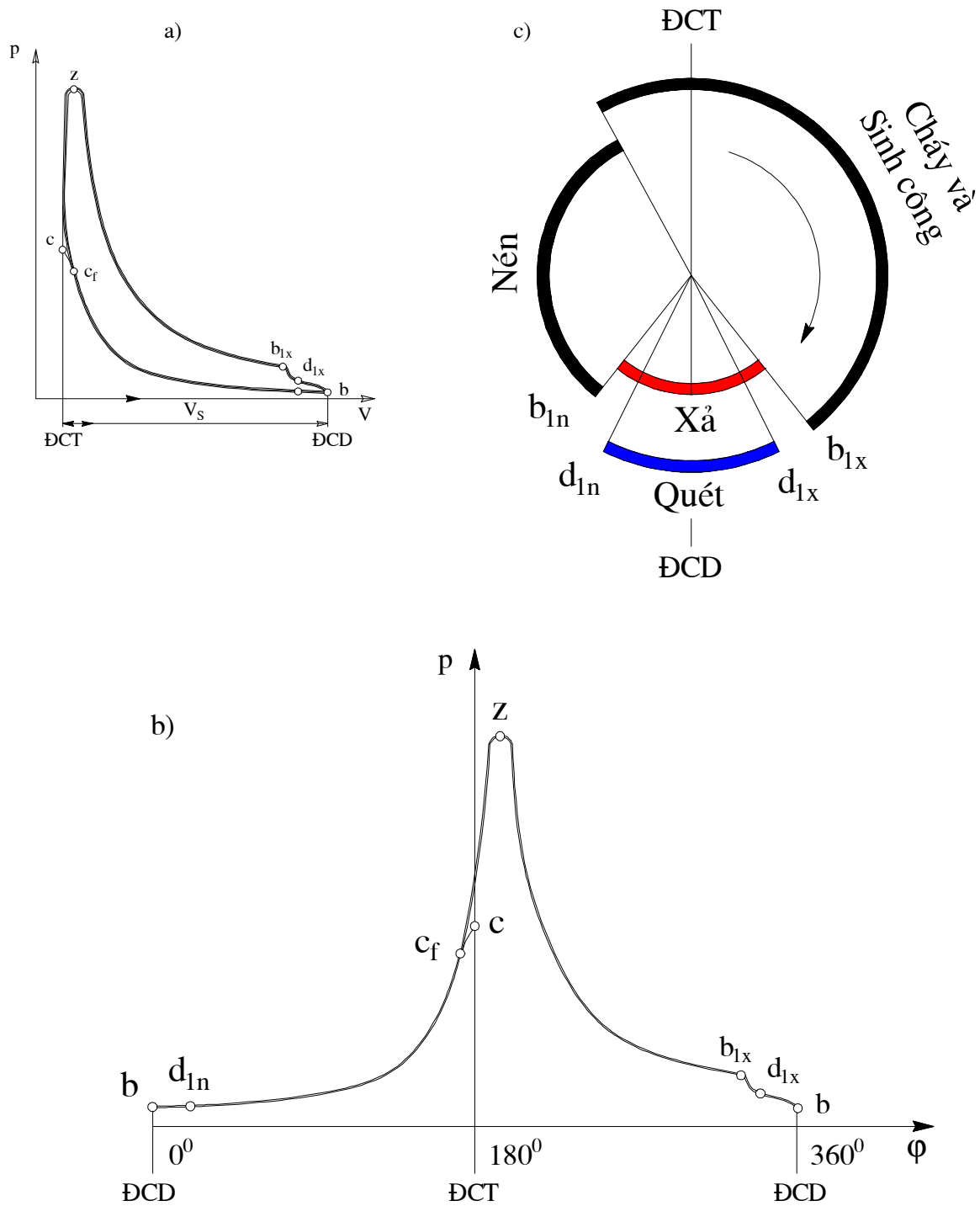
Bảng 1-4. Tóm tắt chu trình công tác của diesel 4 kỳ

Hành trình	NẠP	NÉN	SINH CÔNG	XẢ
Chuyển vị của piston	ĐCT à ĐCD	ĐCD à ĐCT	ĐCT à ĐCD	ĐCD à ĐCT
Xupap nạp	Mở	Đóng	Đóng	Đóng
Xupap xả	Đóng	Đóng	Đóng	Mở
Khí mới đi vào xy lanh	Không khí	-	-	-
Vòi phun nhiên liệu	Đóng	Mở tại $c_f$	Đóng tại $c_{kf}$	Đóng
Môi chất công tác	KK + Khí sót	KK + Khí sót	Hỗn hợp	Khí thải
Góc quay trục khuỷu	0 à 180 <sup>0</sup>	180 à 360 <sup>0</sup>	360 à 540 <sup>0</sup>	540 à 720 <sup>0</sup>

## 1.4.2. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA DIESEL 2 KỲ



H. 1-42. Nguyên lý hoạt động của động cơ diesel 2 kỳ  
a) Dẫn nở sinh công  
b) Xả  
c) Quét  
d) Lọt khí  
e) Nén



H. 1-43. Các đồ thị biểu diễn chu trình công tác của động cơ 2 kỳ

a) Đồ thị công chỉ thị, b) Đồ thị công khai triển, c) Đồ thị góc

Động cơ 2 kỳ là loại động cơ đốt trong mà mỗi chu trình công tác của nó được hoàn thành sau 2 hành trình của piston.

### **1) Hành trình sinh công**

Trong hành trình sinh công, piston được khí có áp suất và nhiệt độ cao (do nhiên liệu cháy từ chu trình trước) đẩy từ ĐCT đến ĐCD và làm trục khuỷu quay. Ở giai đoạn đầu của hành trình sinh công, các quá trình diễn ra trong xy lanh cũng tương tự như ở động cơ 4 kỳ. Bắt đầu từ thời điểm piston tới mép trên của cửa xả (điểm  $b_{1x}$ ), không gian công tác của xy lanh được thông với ống xả và khí thải tự thoát ra ngoài qua cửa xả do có áp suất cao hơn áp suất khí trời. Bắt đầu từ thời điểm piston tới mép trên của cửa quét (điểm  $d_{1x}$ ), không gian công tác của xy lanh được thông với khoang chứa không khí quét có áp suất cao hơn áp suất khí trời ; khí quét được thổi vào xy lanh qua cửa quét để đẩy phần khí thải còn lại ra ngoài, đồng thời nạp đầy không gian công tác của xy lanh. Quá trình, trong đó khí thải được xả ra khỏi xy lanh và khí quét đi vào xy lanh diễn ra đồng thời được gọi là quá trình quét.

Trong hành trình sinh công ở động cơ 2 kỳ diễn ra các quá trình sau đây : Cháy, Dẫn nở - Sinh công , Xả , Quét .

### **2) Hành trình nén**

Trong hành trình nén, piston được trục khuỷu đẩy từ ĐCD đến ĐCT. Ở giai đoạn đầu của hành trình nén, quá trình quét vẫn tiếp tục cho đến thời điểm piston đóng hoàn toàn cửa quét ( $d_{1n}$ ). Bắt đầu từ thời điểm piston đóng hoàn toàn cửa xả ( $b_{1n}$ ), không gian công tác của xy lanh được đóng kín và không khí trong xy lanh bị nén làm cho áp suất và nhiệt độ của nó tăng dần. Khi piston tới gần ĐCT (điểm  $c_f$ ), nhiên liệu bắt đầu được phun vào buồng đốt và tự bốc cháy làm cho áp suất và nhiệt độ trong xy lanh tăng lên đột ngột.

Trong hành trình nén ở động cơ 2 kỳ diễn ra các quá trình sau đây : Quét , Lọt khí (giai đoạn  $d_{1n} \rightarrow b_1$ ), Nén , Cháy.



### So sánh động cơ 4 kỳ và 2 kỳ :

1) Về nguyên lý hoạt động, động cơ 4 kỳ và 2 kỳ khác nhau cơ bản ở quá trình nạp và xả. Quá trình nạp-xả ở động cơ 4 kỳ kéo dài hơn  $360^\circ$  góc quay trục khuỷu (hơn 2 hành trình của piston) và được điều khiển bằng cơ cấu phân phối khí kiểu xupap. Quá trình nạp-xả ở động cơ 2 kỳ chỉ diễn ra khi piston ở gần ĐCD, trong khoảng thời gian  $< 180^\circ$  góc quay trục khuỷu.

2) Nếu có cùng dung tích công tác ( $i \cdot V_s$ ) và cùng tốc độ quay ( $n$ ) thì động cơ 2 kỳ có công suất lớn hơn khoảng 1,7 lần công suất của động cơ 4 kỳ.

3) Thông thường, động cơ xăng 2 kỳ có suất tiêu thụ nhiên liệu cao hơn so với động cơ xăng 4 kỳ ; động cơ diesel 2 kỳ và diesel 4 kỳ có suất tiêu thụ nhiên liệu gần như nhau.

4) Động cơ 2 kỳ có cấu tạo đơn giản hơn so với động cơ 4 kỳ.

5) Động cơ 4 kỳ có tuổi bền cao hơn so với động cơ 2 kỳ, nếu các điều kiện khác như nhau.

Bảng 1-5. Các thông số đặc trưng của chu trình công tác

TT	Các thông số	Động cơ diesel	Động cơ xăng
1	Tỷ số nén ( $\epsilon$ )	12 - 20 (30)	6 - 12
2	Áp suất cuối hành trình nén ( $p_c$ ), [bar]	30 - 50	7- 20
3	Nhiệt độ cuối hành trình nén ( $T_c$ ), [ $^\circ\text{C}$ ]	700 - 900	400 - 600
4	Áp suất cháy cực đại ( $p_z$ ), [bar]	50 - 100 (150)	40 - 60
5	Nhiệt độ cháy cực đại ( $T_{\max}$ ), [ $^\circ\text{C}$ ]	1600 - 2000	2100 - 2600
6	Áp suất cuối quá trình dẫn nở ( $p_b$ ), [ $^\circ\text{C}$ ]	2,0 - 4,0	3,5 - 5,5
7	Nhiệt độ cuối quá trình dẫn nở ( $T_b$ ), [ $^\circ\text{C}$ ]	800 - 1200	1300 - 1500
8	Suất tiêu hao nhiên liệu ( $g_c$ ), [g/kW.h]	220 - 245 (70 %)	300 - 380 (100 %)

## 1.4.5. ĐỘNG CƠ PISTON QUAY

Một số thông số của động cơ LCCR

	Động cơ 1 Rotor LCCR 400S	Động cơ 2 Rotor LCCR 800T
$N_{en} / n_n$ [kW/rpm]	26/6000	52/6000
$V_s$ [cm <sup>3</sup> ]	407	826
Trọng lượng khô [kg]	26	36
Kích thước L-H-W	400-268-303	500-268-303

- Hệ thống làm mát : MC lỏng
- Hệ thống nhiên liệu : Carburetor hoặc phun xăng.

So sánh

	RC26U5	V8
$N_{en} / n_n$ [HP/rpm]	185/5000	197/4800
$V_s$ [cm <sup>3</sup> ]	1966	4638
Trọng lượng khô [kg]	107	275
Kích thước L-H-W [mm]	475-569-546	750-710-800
Dung tích bao bì [dm <sup>3</sup> ]	145	425
Suất dung tích [dm <sup>3</sup> / HP]	0.77	2.15
Suất trọng lượng [kg /HP]	0.57	1.4

### ƯU, NHƯỢC ĐIỂM SO VỚI ĐỘNG CƠ CỔ ĐIỂN

#### Ưu điểm

- 1) Chỉ có 2 chi tiết chuyển động quay nên kết cấu đơn giản. Có thể coi mỗi xy lanh của Wankel tương đương động cơ cổ điển 3 xy lanh. Số lượng chi tiết ít hơn 30 - 40 % , trọng lượng nhỏ hơn 15 - 30 % , giá thành chế tạo thấp hơn 15 - 20 %.
- 2) Có tính cân bằng cao do không có các chi tiết chuyển động tịnh tiến.
- 3) Suất tiêu thụ nhiên liệu thấp hơn.

#### Nhược điểm

- 1) Phải sử dụng máy chuyên dùng để gia công xy lanh và piston.
- 2) Chưa có phương án làm kín hoàn hảo.
- 3) Bôi trơn và làm mát xy lanh rất khó khăn.
- 4) Nồng độ các chất độc hại trong khí thải khá lớn.







## CHU TRÌNH CÔNG TÁC VÀ TÍNH NĂNG KỸ THUẬT CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

### 2.1. CHU TRÌNH CÔNG TÁC CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

Ở ĐCĐT, sự biến đổi hoá năng của nhiên liệu thành cơ năng được tiến hành thông qua hàng loạt quá trình lý - hoá diễn ra theo một trình tự nhất định và lặp lại có tính chu kỳ. Mỗi chu kỳ hoạt động của ĐCĐT được gọi là một chu trình công tác.

**Chu trình công tác** (CTCT) của ĐCĐT là tổng cộng tất cả những sự thay đổi về nhiệt độ, áp suất, thể tích, thành phần hoá học, v.v. của MCCT tính từ thời điểm nó được nạp vào cho đến khi được xả ra khỏi không gian công tác của xy lanh. Mỗi CTCT tương ứng với một lần sinh công trong một xy lanh.

#### 2.1.1. CÁC CHỈ TIÊU CHẤT LƯỢNG CỦA CHU TRÌNH CÔNG TÁC

Để đánh giá chất lượng của CTCT về phương diện nhiệt động, người ta thường dùng hai đại lượng : hiệu suất nhiệt và áp suất trung bình.

##### 1) Hiệu suất nhiệt của chu trình

**Hiệu suất nhiệt của chu trình** ( $\eta$ ) được xác định bằng tỷ số giữa phần nhiệt được biến đổi thành cơ năng (sau đây gọi tắt là công chu trình -  $W_{ct}$ ) và tổng số nhiệt lượng cấp cho MCCT trong một chu trình ( $Q_1$ ).

$$\eta = W_{ct} / Q_1 \quad (2.1)$$

Hiệu suất nhiệt là đại lượng đánh giá chu trình về phương diện hiệu quả kinh tế của. Với cùng một lượng nhiệt cấp cho môi chất công tác, chu trình nào có hiệu suất nhiệt cao hơn thì số cơ năng được sinh ra nhiều hơn.

##### 2) Áp suất trung bình của chu trình

**Áp suất trung bình của chu trình** ( $p_{tb}$ ) được xác định bằng tỷ số giữa công chu trình ( $W_{ct}$ ) và dung tích công tác của xy lanh ( $V_s$ ).

$$p_{tb} = W_{ct} / V_s \quad (2.2)$$

Áp suất trung bình là đại lượng đánh giá chu trình về phương diện hiệu quả kỹ thuật. Với cùng một dung tích công tác, chu trình nào có áp suất trung bình cao hơn thì công được sinh ra trong một chu trình lớn hơn.

Tuỳ thuộc vào cách xác định công chu trình ( $W_{ct}$ ), chúng ta sẽ có các khái niệm hiệu suất nhiệt và áp suất trung bình khác nhau, như : hiệu suất lý thuyết, hiệu suất chỉ thị, áp suất lý thuyết trung bình, áp suất chỉ thị trung bình, áp suất có ích trung bình (xem mục 2.2).

## 2.1.2. CHU TRÌNH LÝ THUYẾT CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

### KHÁI NIỆM CHUNG

Chu trình công tác ở ĐCĐT thực tế bao gồm hàng loạt quá trình nhiệt động, khí động, hoá học và cơ học rất phức tạp. Diễn biến của các quá trình này chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố, như :

- Kết cấu của động cơ (hình dáng và kích thước của buồng đốt, tỷ số nén, kích thước của xy lanh, v.v.).
- Các thông số điều chỉnh của động cơ (góc phun sớm nhiên liệu, góc đánh lửa sớm, thành phần hỗn hợp cháy, v.v.).
- Chế độ làm việc của động cơ (tốc độ, tải, nhiệt độ, v.v.).

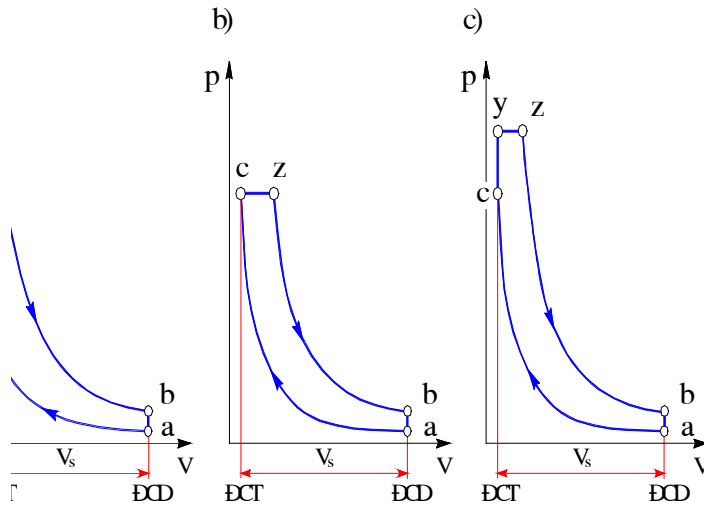
Để có thể thiết lập được đặc tính và mức độ ảnh hưởng của các thông số và của các quá trình nhiệt động đến các chỉ tiêu chất lượng của chu trình, qua đó có thể đề ra được phương hướng và biện pháp nâng cao công suất và hiệu suất của động cơ thực tế, người ta tìm cách thay thế các quá trình nhiệt động thực tế phức tạp bằng các quá trình đơn giản hơn. Chu trình lý thuyết của ĐCĐT là chu trình nhiệt động được xây dựng trên cơ sở những giả định đơn giản hoá các quá trình thực tế với mục đích nói trên. Mức độ đơn giản hoá được lựa chọn tùy thuộc vào mục đích nghiên cứu. Ví dụ : có thể giả định MCCT là khí lý tưởng với nhiệt dung riêng là hằng số hoặc là không khí với nhiệt dung riêng phụ thuộc vào thành phần của sản phẩm cháy; quá trình cháy thực tế có thể được thay bằng quá trình cấp nhiệt từ một nguồn nóng bên ngoài động cơ hoặc thay bằng quá trình cháy được thực hiện trong những điều kiện lý tưởng hoá, v.v.

Với định hướng nghiên cứu khai thác kỹ thuật ĐCĐT, chúng ta giả định như sau :

- 1) MCCT là không khí với nhiệt dung riêng là hằng số. Lượng MCCT không thay đổi trong thời gian thực hiện một chu trình nhiệt động.
- 2) Quá trình nén và dẫn nổ là những quá trình đoạn nhiệt, tức là trong quá trình nén và dẫn nổ không có sự trao đổi nhiệt giữa MCCT trong không gian công tác của xy lanh với môi trường xung quanh.
- 3) Quá trình cháy được tổ chức thực hiện trong điều kiện không hạn chế về thời gian và hỗn hợp cháy là đồng nhất.
- 4) Quá trình xả diễn ra trong điều kiện đẳng tích.
- 5) Bỏ qua mọi dạng tổn thất do ma sát, lọt khí, bức xạ, v.v.

Căn cứ vào điều kiện diễn ra quá trình cháy, có thể phân biệt 3 kiểu chu trình lý thuyết của ĐCĐT :

- Chu trình cấp nhiệt đẳng tích
- Chu trình cấp nhiệt đẳng áp
- Chu trình cấp nhiệt hỗn hợp.



### H. 2-1. Chu trình lý thuyết của ĐCĐT

- a) Chu trình cấp nhiệt đẳng tích
- b) Chu trình cấp nhiệt đẳng áp
- c) Chu trình cấp nhiệt hỗn hợp

Ký hiệu :

- a - thời điểm đầu quá trình nén.
- c - thời điểm cuối quá trình nén.
- y - thời điểm áp suất cháy đạt đến trị số cực đại.
- z - thời điểm kết thúc quá trình cháy.
- b - thời điểm kết thúc quá trình dẫn nở.
- $p_a, p_c, p_y, p_z, p_b$  - áp suất trong không gian công tác của xy lanh tại các điểm đặc trưng của chu trình,  $[N/m^2]$ .
- $V_a, V_c, V_y, V_z, V_b$  - thể tích của không gian công tác của xy lanh tại các điểm đặc trưng của chu trình,  $[m^3]$ .
- $Q_1$  - lượng nhiệt chu trình (tổng số nhiệt năng cấp cho MCCT trong một chu trình),  $[J]$ .
- $Q_{1V}$  - phần nhiệt năng cấp cho MCCT trong điều kiện đẳng tích,  $[J]$ .
- $Q_{1P}$  - phần nhiệt năng cấp cho MCCT trong điều kiện đẳng áp  $[J]$ .
- $Q_2$  - phần nhiệt năng do MCCT truyền cho nguồn lạnh,  $[J]$ .

$$e = \frac{V_a}{V_c} \quad - \quad \text{Tỷ số nén}$$

$$y = \frac{p_z}{p_c} \quad - \quad \text{Tỷ số tăng áp suất}$$

$$r = \frac{V_z}{V_c} \quad - \quad \text{Tỷ số dẫn nở ban đầu.}$$



## CHU TRÌNH CẤP NHIỆT HỖN HỢP

Chu trình cấp nhiệt hỗn hợp (còn được gọi là chu trình Sabathe' ) được cấu thành từ các quá trình nhiệt động sau đây :

- Nén đoạn nhiệt (ac)
- Cấp nhiệt đẳng tích (cy)
- Cấp nhiệt đẳng áp (yz)
- Dẫn nở đoạn nhiệt (zb)
- Nhả nhiệt đẳng tích (ba)

### 1) Hiệu suất và áp suất trung bình của chu trình cấp nhiệt hỗn hợp

Với những giả định đặt ra ở trên, có thể xác định lượng nhiệt chu trình ( $Q_1$ ), lượng nhiệt truyền cho nguồn lạnh ( $Q_2$ ) và công của chu trình lý thuyết ( $W_t$ ) như sau :

$$Q_1 = Q_{1V} + Q_{1P} = M \cdot c_v \cdot (T_y - T_c) + M \cdot c_p \cdot (T_z - T_y) \quad (2.3)$$

$$Q_2 = M \cdot c_v \cdot (T_b - T_a) \quad (2.4)$$

$$W_t = Q_1 - Q_2 = M \cdot c_v \cdot [(T_y - T_c) - (T_b - T_a)] + M \cdot c_p \cdot (T_z - T_y) \quad (2.5)$$

trong các công thức trên :

M - lượng MCCT có trong không gian công tác của xy lanh trong một chu trình, [kmol]

$c_v, c_p$  - nhiệt dung riêng đẳng áp và đẳng tích của MCCT, [J/kmol.K]

$T_a, T_c, T_y, T_z, T_b$  - nhiệt độ của MCCT tại các điểm đặc trưng của chu trình, [K].

Trên cơ sở phương trình của các quá trình nhiệt động cơ bản (quá trình đẳng tích, đẳng áp, đoạn nhiệt), có thể biểu diễn nhiệt độ của MCCT tại các điểm đặc trưng thông qua nhiệt độ tại điểm đầu quá trình nén như sau :

$$T_c = T_a \cdot \left( \frac{V_a}{V_c} \right)^{k-1} = T_a \cdot e^{k-1} \quad (2.6)$$

$$T_y = T_c \cdot \frac{p_y}{p_c} = T_c \cdot y = T_a \cdot e^{k-1} \cdot y \quad (2.7)$$

$$T_z = T_y \cdot \frac{V_z}{V_y} = T_y \cdot r = T_a \cdot e^{k-1} \cdot y \cdot r \quad (2.8)$$

$$T_b = T_z \cdot \left( \frac{V_z}{V_b} \right)^{k-1} = T_z \cdot \frac{r^{k-1}}{e} = T_a \cdot y \cdot r^k \quad (2.9)$$

Từ các phương trình trạng thái tại điểm a và điểm c :

$$p_a \cdot V_a = M \cdot R_\mu \cdot T_a \quad ; \quad p_c \cdot V_c = M \cdot R_\mu \cdot T_c$$

ta có :

$$V_S = V_a - V_c = \frac{M \cdot R_\mu \cdot T_a}{p_a} \cdot \left( 1 - \frac{T_c}{T_a} \cdot \frac{p_a}{p_c} \right) = M \cdot c_v \cdot \frac{k-1}{e} \cdot \frac{T_a}{p_a} \cdot (e-1) \quad (2.10)$$

trong các công thức trên :

k - chỉ số đoạn nhiệt, phụ thuộc vào tính chất của MCCT,  $k = c_p / c_v$

$R_\mu$  - hằng số phổ biến của chất khí, [J/kmol.K]

$$R_\mu = c_p - c_v = c_v \cdot (k - 1)$$

Thay  $T_c$ ,  $T_y$ ,  $T_z$  và  $T_b$  từ các công thức (2.6), (2.7), (2.8), (2.9) vào các công thức (2.3), (2.4), (2.5) và sau khi rút gọn ta có :

$$Q_1 = M \cdot c_v \cdot T_a \cdot \varepsilon^{k-1} \cdot [\psi - 1 + k \cdot (\rho - 1)] \quad (2.11)$$

$$Q_2 = M \cdot c_v \cdot T_a \cdot (\psi \cdot \rho^k - 1) \quad (2.12)$$

$$W_t = M \cdot c_v \cdot T_a \cdot \{ [\psi - 1 + k \cdot \psi \cdot (\rho - 1)] \cdot \varepsilon^{k-1} - (\psi \cdot \rho^k - 1) \} \quad (2.13)$$

Thay  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $W_t$  và  $V_S$  từ các công thức (2.11), (2.12), (2.13), (2.10) vào các công thức (2.1), (2.2) và sau khi rút gọn ta có :

- Hiệu suất lý thuyết của chu trình cấp nhiệt hỗn hợp ( $\eta_{t,c}$ ) :

$$h_{t,c} = 1 - \frac{1}{e^{k-1}} \cdot \frac{y \cdot r^k - 1}{y - 1 + k \cdot y \cdot (r - 1)} \quad (2.14)$$

- Áp suất lý thuyết trung bình của chu trình cấp nhiệt hỗn hợp ( $p_{t,c}$ ) :

$$p_{t,c} = \frac{e}{e-1} \cdot \frac{p_a}{k-1} \cdot \left\{ [y - 1 + k \cdot y \cdot (r - 1)] \cdot e^{k-1} - (y \cdot r^k - 1) \right\} \quad (2.15a)$$

hoặc

$$p_{t,c} = \frac{e^k}{e-1} \cdot \frac{p_a}{k-1} \cdot [y - 1 + k \cdot y \cdot (r - 1)] \cdot h_{t,c} \quad (2.15b)$$

Khi những đại lượng M,  $c_v$ ,  $T_a$ ,  $\varepsilon$ , k và  $Q_1$  có giá trị không đổi, từ công thức (2.11) ta có :

$$\frac{Q_1}{M \cdot c_v \cdot T_a \cdot e^{k-1}} = [y - 1 + k \cdot y \cdot (r - 1)] = A = const \quad (2.16)$$

Trong trường hợp này, các công thức (2.14a) và (2.15b) có thể viết như sau :

$$h_{t.C} = 1 - \frac{y \cdot r^k - 1}{A \cdot e^{k-1}} \quad (2.17)$$

$$p_{t.C} = \frac{e^k}{e-1} \cdot \frac{p_a}{k-1} \cdot A \cdot h_{t.C} \quad (2.18)$$

## 2) Những yếu tố ảnh hưởng đến $h_{t.C}$ và $p_{t.C}$

Từ công thức (2.14), (2.15), (2.16), (2.17) và (2.18) chúng ta thấy rằng : hiệu suất lí thuyết của chu trình cấp nhiệt hỗn hợp phụ thuộc vào những yếu tố sau :

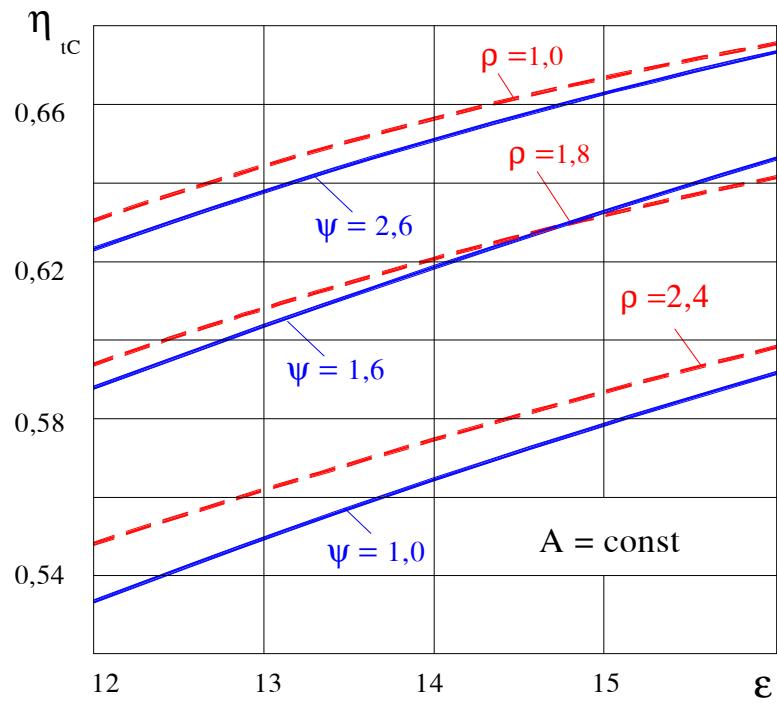
- Tỷ số nén ( $\epsilon$ ).
- Lượng nhiệt và phương pháp cấp nhiệt cho MCCT ( $A, \psi, \rho$ ).
- Tính chất của MCCT ( $k$ ).

Áp suất có ích trung bình của chu trình cấp nhiệt hỗn hợp phụ thuộc vào những yếu tố sau

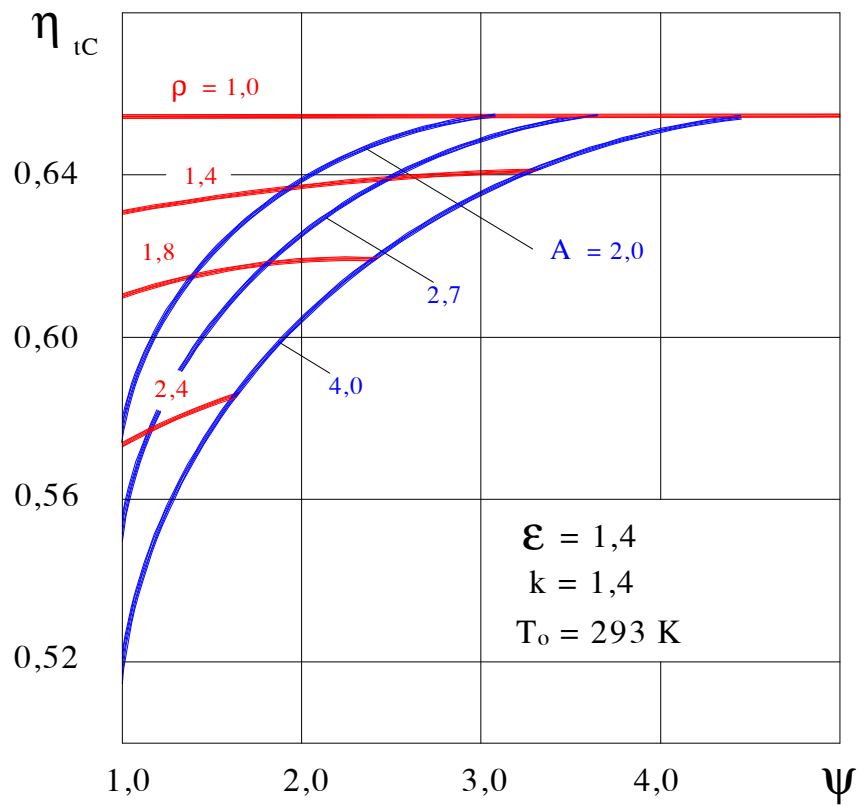
- Tỷ số nén ( $\epsilon$ ).
- Lượng nhiệt và phương pháp cấp nhiệt cho MCCT ( $A, \psi, \rho$ ).
- Tính chất của MCCT ( $k$ ).
- Áp suất của MCCT ở đầu quá trình nén ( $p_a$ ).
- Hiệu suất nhiệt của chu trình ( $\eta_{t.C}$ ).

Từ công thức (2.16), có thể xem  $A$  như là một đại lượng đặc trưng cho nhiệt lượng cấp cho MCCT.  $\psi, \rho$  đặc trưng cho phương pháp cấp nhiệt, trong đó  $\psi$  đặc trưng cho lượng nhiệt cấp trong điều kiện đẳng tích,  $\rho$  - cấp trong điều kiện đẳng áp. Mối quan hệ giữa  $\psi$  và  $\rho$  với các trị số khác nhau của  $A$  được thể hiện trên H. 2-2. Các hình 2-3, 2-4, H. 2-5 và H. 2-6 biểu diễn ảnh hưởng của tỷ số nén ( $\epsilon$ ), lượng nhiệt chu trình ( $A$  hoặc  $Q_1$ ) và phương pháp cấp nhiệt ( $\psi, \rho$ ) đến hiệu suất nhiệt ( $\eta_{t.C}$ ) và áp suất trung bình ( $p_{t.C}$ ) của chu trình cấp nhiệt hỗn hợp.

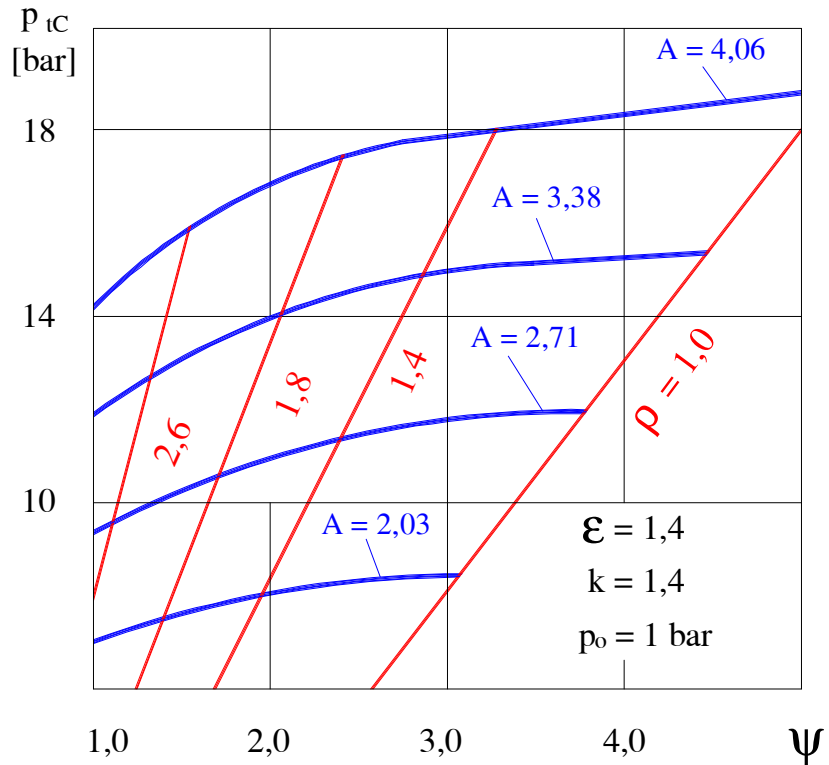
### H. 2-2. Mối quan hệ giữa $\psi$ và $\rho$



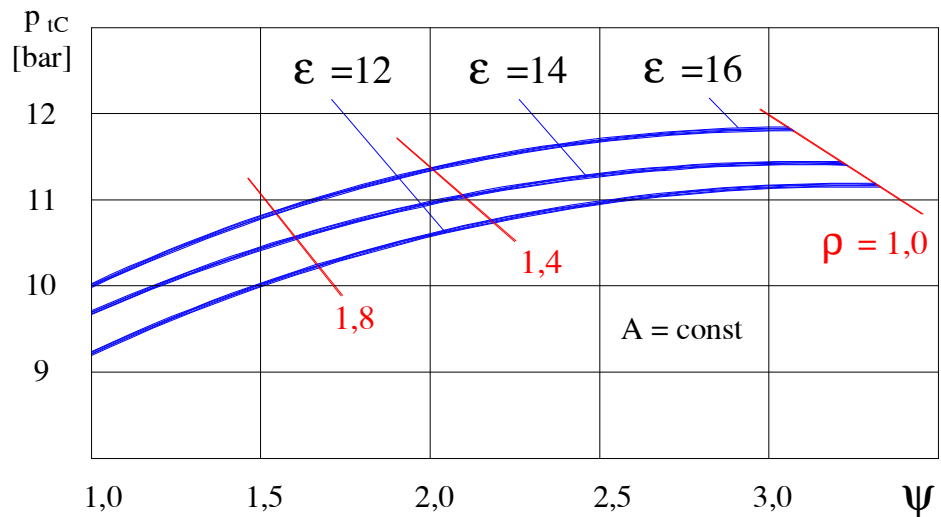
H. 2-3. Ảnh hưởng của  $\psi$ ,  $\rho$  và  $A$  đến  $\eta_{ic}$



H. 2-4. Ảnh hưởng của  $\epsilon$ ,  $\psi$  và  $\rho$  và  $A$  đến  $\eta_{ic}$



H. 2-5. ảnh hưởng của  $\psi$ ,  $\rho$  và  $A$  đến  $p_{tC}$



H. 2-6. ảnh hưởng của  $\psi$ ,  $\rho$  và  $\epsilon$  đến  $p_{tC}$

- Khi nhiệt lượng chu trình không đổi ( $A = \text{const}$ ),  $\eta_{tC}$  sẽ tăng khi tăng  $\psi$  (tăng phân nhiệt cấp ở điều kiện đẳng tích đồng thời giảm phân nhiệt cấp ở điều kiện đẳng áp);  $\eta_{tC} = \eta_{tC.\text{max}}$  khi  $\psi = \psi_{\text{max}}$  và  $\rho = 1$ ;  $\eta_{tC} = \eta_{tC.\text{min}}$  khi  $\psi = 1$  và  $\rho = \rho_{\text{max}}$ . Tăng  $\psi$  cũng làm cho  $p_{tC}$  tăng theo tỷ lệ thuận với  $\eta_{tC}$ . Tuy nhiên, khi tăng  $\psi$  sẽ làm cho áp suất cực đại ( $p_z$ ) tăng, gây nên phụ tải cơ học lớn ở động cơ thực tế. Với  $\rho = \text{const}$ , nếu tăng  $\psi$  (bằng cách tăng  $A$ ) cũng làm cho  $\eta_{tC}$  tăng chút ít (H. 2-3).

- Tỷ số nén ( $\epsilon$ ) có ảnh hưởng tích cực đến  $\eta_{t,C}$  và  $p_{t,C}$  (H. 2-4 và H. 2-6). Cả  $\eta_{t,C}$  và  $p_{t,C}$  đều tăng khi  $\epsilon$  tăng, nhưng  $p_{t,C}$  tăng chậm hơn so với  $\eta_{t,C}$ . Khi tăng  $\epsilon$  từ 12 lên 16 thì  $\eta_{t,C}$  tăng khoảng 6 % với  $\rho = 1$ ; khoảng 10 % với  $\psi = 1$ . Mức độ tăng  $\eta_{t,C}$  giảm dần theo chiều tăng của  $\epsilon$ . Trong thực tế, tỷ số nén của động cơ diesel được quyết định chủ yếu bởi yêu cầu đảm bảo sự tự bốc cháy của nhiên liệu; còn của động cơ xăng-yêu cầu không bị kích nổ (xem mục 5.4.2).

- Nếu tăng lượng nhiệt chu trình (tăng A) bằng cách giữ  $\psi = \text{const}$  và tăng  $\rho$  thì áp suất trung bình sẽ tăng nhanh, còn hiệu suất nhiệt sẽ giảm (H. 2-5).

## CHU TRÌNH CẤP NHIỆT ĐẲNG TÍCH

Chu trình cấp nhiệt đẳng tích (còn được gọi là chu trình Otto) được cấu thành từ các quá trình nhiệt động sau đây (H. 2-1a) :

- Nén đoạn nhiệt (ac).
- Cấp nhiệt đẳng tích (cz).
- Dẫn nở đoạn nhiệt (zb).
- Nhả nhiệt đẳng tích (ba).

Bằng phương pháp đã trình bày ở trên đối với chu trình cấp nhiệt hỗn hợp hoặc bằng cách thay  $\rho = 1$  vào các công thức (2.14), (2.15) và (2.17) ta có được các công thức biểu diễn mối quan hệ giữa hiệu suất lý thuyết ( $\eta_{t,V}$ ) và áp suất lý thuyết trung bình ( $p_{t,V}$ ) của chu trình cấp nhiệt đẳng tích như sau :

$$h_{t,V} = 1 - \frac{1}{e^{k-1}} \quad (2.19)$$

$$p_{t,V} = \frac{e}{e-1} \cdot \frac{p_a}{k-1} \cdot (\gamma - 1) \cdot (e^{k-1} - 1) \quad (2.20a)$$

$$p_{t,V} = \frac{e^k}{e-1} \cdot \frac{p_a}{k-1} \cdot (\gamma - 1) \cdot h_{t,V} \quad (2.20b)$$

Các công thức trên cho thấy rằng : hiệu suất của chu trình cấp nhiệt đẳng tích ( $\eta_{t,V}$ ) chỉ phụ thuộc vào tỷ số nén ( $\epsilon$ ) và tính chất của MCCT ( $k$ ) ; còn áp suất trung bình ( $p_{t,V}$ ) phụ thuộc vào :

- Tỷ số nén ( $\epsilon$ ).
- Tính chất của MCCT ( $k$ ).
- Lượng nhiệt chu trình ( $\psi$ ).
- Áp suất đầu quá trình nén ( $p_a$ ).
- Hiệu suất của chu trình ( $\eta_{t,V}$ ).

Sự ảnh hưởng của  $\epsilon, k, \psi, p_a$  đến  $\eta_{t,V}$  và  $p_{t,V}$  được thể hiện trên các H. 2-7, H. 2-8

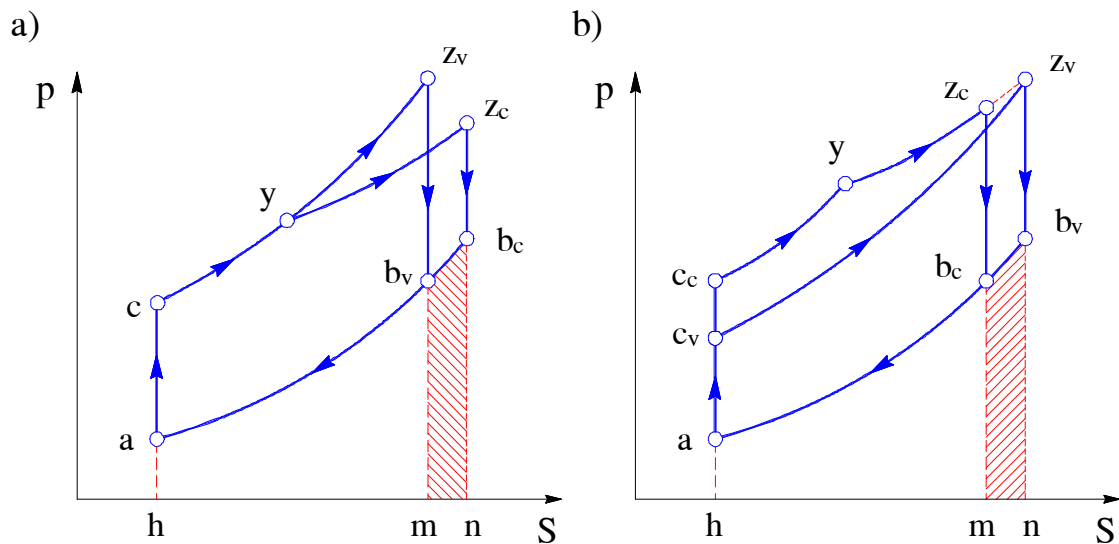
## SO SÁNH CÁC CHU TRÌNH LÝ THUYẾT CỦA ĐCĐT

Chu trình cấp nhiệt đẳng tích là chu trình lý thuyết của động cơ xăng, còn chu trình cấp nhiệt đẳng áp là chu trình lý thuyết của động cơ diesel dùng không khí nén để phun nhiên liệu vào buồng đốt. Sau khi phát minh và làm chủ công nghệ chế tạo thiết bị phun nhiên liệu bằng thủy lực, loại động cơ diesel với cách phun nhiên liệu bằng không khí nén đã bị loại dần. Động cơ diesel hiện nay đều hoạt động trên cơ sở chu trình cấp nhiệt hỗn hợp.

Dưới đây chúng ta sẽ so sánh chu trình cấp nhiệt đẳng tích và cấp nhiệt hỗn hợp về phương diện hiệu quả kinh tế, tức là so sánh hiệu suất lý thuyết của chúng.

Với tỷ số nén ( $\epsilon$ ) và lượng nhiệt chu trình ( $Q_1$ ) như nhau thì lượng nhiệt thải ra ( $Q_2$ ) ở chu trình cấp nhiệt đẳng tích nhỏ hơn so với chu trình cấp nhiệt hỗn hợp một lượng tương đương với phần gạch chéo ( $b_c - b_v - m - n - b_c$ ) trên H. 2-9a. Điều đó có nghĩa là phần nhiệt lượng được biến đổi thành cơ năng ở chu trình cấp nhiệt đẳng tích lớn hơn hay hiệu suất nhiệt của nó cao hơn.

Trong thực tế, động cơ xăng chỉ có thể hoạt động với tỷ số nén thấp ( $\epsilon_x = 6 \div 12$ ), trong khi đó động cơ diesel phải hoạt động với tỷ số nén cao hơn nhiều ( $\epsilon_D = 14 \div 20$ ). Vì vậy, mặc dù hoạt động trên cơ sở chu trình nhiệt động có hiệu quả kinh tế thấp hơn, nhưng động cơ diesel lại có hiệu suất nhiệt cao hơn của động cơ xăng.



H. 2-9. So sánh chu trình cấp nhiệt đẳng tích và chu trình cấp nhiệt hỗn hợp trên đồ thị T - S

- a) Cùng tỷ số nén ( $\epsilon$ ) và lượng nhiệt chu trình ( $Q_1$ )
- b) Cùng áp suất cực đại ( $p_z$ ) và lượng nhiệt chu trình ( $Q_1$ )

Trên quan điểm thực tế, phải so sánh các chu trình trong điều kiện áp suất cực đại ( $p_z$ ) và lượng nhiệt chu trình ( $Q_1$ ) là như nhau. H. 2-9b thể hiện cách so sánh như vậy. Chúng ta thấy rằng chu trình cấp nhiệt đẳng tích ( $a - c_v - z_v - b_v - a$ ) có tỷ số nén nhỏ hơn và lượng nhiệt nhả ra (tương đương diện tích  $b_v - a - h - n - b_v$ ) lớn hơn so với chu trình cấp nhiệt hỗn hợp ( $a - c_c - y - z_c - b_c - a$ ). Như vậy, nếu có áp suất cực đại và lượng nhiệt chu trình như nhau thì chu trình cấp nhiệt hỗn hợp có hiệu suất nhiệt cao hơn của chu trình cấp nhiệt đẳng tích.



## 2.2. TÍNH NĂNG KỸ THUẬT CỦA ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

**Tính năng kỹ thuật của động cơ** là thuật ngữ được dùng để biểu đạt mức độ và hiệu quả thực hiện chức năng của động cơ. Có thể định lượng tính năng kỹ thuật của ĐCĐT bằng 3 nhóm thông số sau đây : tốc độ, tải và hiệu suất.

### 2.2.1. TỐC ĐỘ CỦA ĐỘNG CƠ

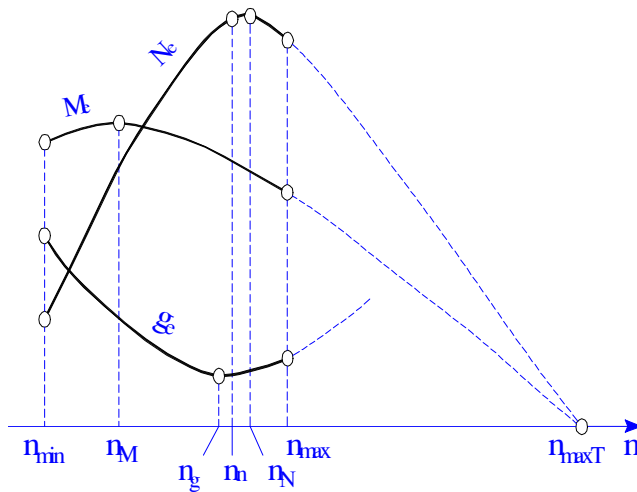
**1) Tốc độ quay (  $n$  )** - là số vòng quay của trục khuỷu trong một đơn vị thời gian. Đơn vị thường dùng của tốc độ quay là vòng/phút , viết tắt là [vg/ph ] hoặc [rpm].

Tốc độ quay của ĐCĐT thường thay đổi trong quá trình động cơ hoạt động, tùy thuộc vào điều kiện làm việc hoặc yêu cầu của người vận hành động cơ. Cần phân biệt một số khái niệm liên quan đến tốc độ quay sau đây :

- **Tốc độ quay danh nghĩa (  $n_n$  )** - tốc độ quay do nhà chế tạo định ra và là cơ sở để xác định công suất danh nghĩa, để tính toán các kích thước cơ bản của động cơ, để lựa chọn chế độ làm việc hợp lý, v.v.
- **Tốc độ quay cực đại (  $n_{max}$  )** - tốc độ quay lớn nhất mà nhà chế tạo cho phép sử dụng trong một khoảng thời gian xác định mà động cơ không bị quá tải.
- **Tốc độ quay cực tiểu (  $n_{min}$  )** - tốc độ quay nhỏ nhất, tại đó động cơ vẫn có thể hoạt động ổn định.
  - **Tốc độ quay ứng với công suất cực đại (  $n_N$  )**
  - **Tốc độ quay ứng với momen quay cực đại (  $n_M$  )**
  - **Tốc độ quay ứng với suất tiêu thụ nhiên liệu nhỏ nhất (  $n_g$  )**
  - **Tốc độ quay khởi động (  $n_k$  )** - tốc độ quay nhỏ nhất, tại đó có thể khởi động được động cơ.
- **Tốc độ quay sử dụng (  $n_s$  )** - tốc độ quay được người thiết kế tổ hợp động cơ - máy công tác khuyến cáo sử dụng để vừa phát huy hết tính năng của động cơ vừa đảm bảo độ tin cậy và tuổi bền cần thiết.

Bảng 2-1. Tốc độ quay của động cơ ô tô thường gặp

Tốc độ quay [rpm]	Động cơ xăng	Động cơ diesel
$n_n$	3000 - 6000	2000 - 4000
$n_{min}$	300 - 600	350 - 700
$n_{max}$	(1.05 - 1.10) $n_n$	(1.05 - 1.07) $n_n$
$n_M$	( 0.4 - 0.6 ) $n_n$	( 0.5 - 0.7 ) $n_n$
$n_2$	( 1.7 - 2.0 ) $n_n$	( 1.4 - 1.6 ) $n_n$



H. 2-10. Các điểm đặc trưng trên đặc tính tốc độ của ĐCĐT

## 2) Vận tốc trung bình của piston ( $C_m$ )

$$C_m = \frac{S \cdot n}{30} \quad (2.21)$$

trong đó

$C_m$  - vận tốc trung bình của piston, [m/s]

S - hành trình của piston, [m]

n - tốc độ quay của động cơ, [rpm]

Tốc độ là thông số tính năng đánh giá số chu trình công tác được thực hiện trong một đơn vị thời gian và đặc trưng cho "tính cao tốc" của động cơ, trong đó bao hàm hàng loạt tính chất vận hành, như : cường độ làm việc, cường độ hao mòn các bề mặt ma sát, phụ tải cơ và phụ tải nhiệt, v.v. Căn cứ vào tốc độ, ĐCĐT được phân loại thành : động cơ thấp tốc, trung tốc và cao tốc. Cả tốc độ quay (n) và vận tốc trung bình của piston ( $C_m$ ) đều có thể được dùng làm tiêu chí để đánh giá tính cao tốc. Tuy nhiên,  $C_m$  được coi là chỉ số đánh giá tính cao tốc của động cơ một cách chính xác hơn, vì nó có liên quan một cách trực tiếp hơn đến các tính chất vận hành nói trên. Cần lưu ý rằng, việc định ra giới hạn tốc độ để xếp một động cơ cụ thể vào loại thấp, trung hoặc cao tốc chỉ mang tính chất tương đối, ví dụ : một động cơ thủy có tốc độ quay là 2000 rpm thuộc loại cao tốc, nhưng một động cơ ô tô cũng với tốc độ quay đó thì thuộc loại trung hoặc thấp tốc.

Đối với động cơ thủy, có thể tham khảo cách phân loại như sau :

- Động cơ thấp tốc :  $n_n \leq 240$  rpm
- Động cơ trung tốc :  $240 < n_n \leq 1200$  rpm
- Động cơ cao tốc :  $n_n > 1200$  rpm

Tốc độ danh nghĩa của ĐCĐT cao hay thấp là tùy thuộc trước hết vào mục đích sử dụng. Những yếu tố khác có ảnh hưởng đến việc lựa chọn tốc độ danh nghĩa là : hiệu suất, tuổi bền, độ tin cậy, công nghệ chế tạo, v.v. Hầu hết động cơ chính của tàu thủy trọng tải lớn là loại thấp tốc. Ngược lại, xuồng gấn máy, tàu thuyền nhỏ được trang bị chủ yếu bằng động cơ cao tốc. Động cơ trung tốc thường được sử dụng làm nguồn động lực cho tàu kéo, phà, tàu cá xa bờ, máy phát điện, máy nén lạnh, v.v. Phần lớn động cơ ô tô thuộc loại cao tốc và xu hướng chung trong công nghiệp ô tô là tăng tốc độ của động cơ.

Trong khi tốc độ quay danh nghĩa ( $n_n$ ) của ĐCĐT do nhà chế tạo định ra thì tốc độ quay cực tiểu ( $n_{\min}$ ) lại không chỉ tùy thuộc vào mong muốn chủ quan của người thiết kế, chế tạo hoặc khai thác kỹ thuật động cơ. Ở tốc độ quay quá thấp, chất lượng quá trình hình thành hỗn hợp cháy sẽ rất kém, áp suất và nhiệt độ của MCCT trong xy lanh sẽ không đủ cao do lượng khí lọt qua khe hở giữa piston - xy lanh - xecmang và lượng nhiệt truyền qua vách xy lanh lớn. Kết quả là nhiên liệu sẽ không bốc cháy được hoặc cháy không ổn định. Tóm lại, tốc độ quay cực tiểu của ĐCĐT được quyết định bởi điều kiện đảm bảo cho quá trình cháy diễn ra một cách ổn định ở tốc độ quay thấp. Điều đó phụ thuộc vào chất lượng thiết kế, chế tạo, lắp ráp động cơ và tình trạng kỹ thuật của nó. Ngoài ra, đối với động cơ tăng áp bằng tổ hợp turbine khí thải - máy nén khí, trị số tốc độ quay cực tiểu còn bị giới hạn bởi "hiện tượng bơm" xuất hiện khi tốc độ quay của động cơ giảm xuống quá thấp so với tốc độ quay thiết kế. Động cơ xe cơ giới đường bộ có  $n_{\min}$  nhỏ sẽ có tuổi bền cao hơn và tiêu hao ít nhiên liệu hơn vì thời gian hoạt động ở chế độ tốc độ quay cực tiểu của loại động cơ này chiếm tỷ lệ đáng kể trong tổng thời gian vận hành động cơ. Động cơ thủy có  $n_{\min}$  nhỏ sẽ đảm bảo tính an toàn và tin cậy cao hơn khi vận hành tàu thủy trong điều kiện không thuận lợi, như : trong khu vực cảng, trên các đoạn sông chật hẹp, v.v.

### 2.2.2. TẢI CỦA ĐỘNG CƠ

T $\eta$  là đại lượng đặc trưng cho số cơ năng mà động cơ phát ra trong một chu trình công tác hoặc trong một đơn vị thời gian. Các đại lượng được dùng để đánh giá tải của ĐCĐT bao gồm : áp suất trung bình, công suất, momen quay.

#### 1) Áp suất trung bình của chu trình

Áp suất trung bình của chu trình là đại lượng được xác định bằng tỷ số giữa công sinh ra trong một chu trình (gọi tắt là công chu trình) và dung tích công tác của xy lanh .

$$P_{tb} = \frac{W_{ct}}{V_s} \quad (2.22a)$$

Tùy thuộc vào việc công chu trình được xác định như thế nào, có thể phân biệt :

- áp suất lý thuyết trung bình : 
$$p_t = \frac{W_t}{V_s} \quad (2.22b)$$

- áp suất chỉ thị trung bình : 
$$p_i = \frac{W_i}{V_s} \quad (2.22c)$$

- áp suất có ích trung bình : 
$$p_e = \frac{W_e}{V_s} \quad (2.22d)$$

trong đó

$W_{ct}$  - công của chu trình, [J]

$W_t$  - công lý thuyết của chu trình, [J]

$W_i$  - công chỉ thị của chu trình, [J]

$W_e$  - công có ích của chu trình, [J] .  $W_e = W_i - W_m$

$W_m$  - công tổn thất cơ học, [J]

- **Công chỉ thị ( $W_i$ )** - là công do MCCT sinh ra trong một chu trình thực tế, trong đó chưa xét đến phân tổn thất cơ học. Có thể xác định công chỉ thị như sau :

$$W_i = Q_1 - \Delta Q_i = Q_1 - (Q_m + Q_x + Q_{kh} + Q_{cl}) \quad (2.23)$$

trong đó :

$Q_1$  - lượng nhiệt chu trình (lượng nhiệt sinh ra khi đốt cháy hoàn toàn lượng nhiên liệu đưa vào buồng đốt trong một CTCT),

$\Delta Q_i$  - tổng nhiệt năng bị tổn thất trong một chu trình nhiệt động thực tế,

$Q_m$  - tổn thất do làm mát (phần nhiệt năng truyền từ MCCT qua vách xylanh cho môi chất làm mát),

$Q_x$  - tổn thất theo khí thải (phần nhiệt theo khí thải ra khỏi không gian công tác do sự khác biệt về nhiệt độ, nhiệt dung riêng và lưu lượng của khí thải so với khí mới),

$Q_{cl}$  - phần nhiệt tổn thất không tính chính xác được vào các dạng tổn thất kể trên, ví dụ : tổn thất do lọt khí qua khe hở giữa piston và xylanh, lọt khí do xupap không kín, tổn thất do bức xạ nhiệt từ các chi tiết nóng của động cơ, v.v.

- **Công tổn thất cơ học ( $W_m$ )** - là công tiêu hao cho các hoạt động mang tính chất cơ học khi thực hiện một CTCT. Các dạng tổn thất năng lượng sau đây thường được tính vào công tổn thất cơ học :

- Tổn thất do ma sát giữa các chi tiết của động cơ chuyển động tương đối với nhau .

- Phần năng lượng tiêu hao cho việc dẫn động các thiết bị và cơ cấu của bản thân động cơ, như : bơm nhiên liệu, bơm dầu bôi trơn, bơm nước làm mát, cơ cấu phân phối khí, ...

- " Tổn thất bơm" (phần cơ năng tiêu hao cho quá trình thay đổi khí).

• **Công có ích ( $W_e$ )** - là công thu được ở đầu ra của trục khuỷu. Đó là phần cơ năng thực tế có thể sử dụng được để dẫn động hệ tiêu thụ công suất.

$$W_e = Q_1 - \Delta Q_c = W_i - W_m \quad (2.24)$$

trong đó  $\Delta Q_c$  là tổng của tất cả các dạng tổn thất năng lượng khi thực hiện một chu trình công tác thực tế.

Bảng 2-2. Tổn thất cơ học ở động cơ ô tô

Loại tổn thất cơ học	Trị số tương đối [%]	
	Động cơ xăng	Động cơ diesel
Tổn thất do ma sát	44	50
- Ma sát giữa piston-cylindre-segment	22	24
- Ma sát trong các ổ đỡ chính và biên	20	14
Tổn thất bơm		
Tổn thất cho dẫn động thiết bị và cơ cấu của động cơ	8	6
- Dẫn động cơ cấu phân phối khí	6	6
- Dẫn động các loại bơm		
Tổng cộng	100	100

## 2) Công suất của động cơ

Công suất là tốc độ thực hiện công. Trị số công suất của động cơ cho ta biết động cơ đó "mạnh" hay "yếu". Công suất của ĐCĐT thường được đo bằng đơn vị kilowatt (kW) hoặc mã lực ( HP , hp - Horse power ; cv - Chevaux ; PS - Pferdestärke)

$$1 \text{ kW} = 1 \text{ kJ/s}$$

$$1 \text{ HP} = 75 \text{ kG.m/s}$$

$$1 \text{ PS} = 1 \text{ metric HP} = 0,735 \text{ kW}$$

$$1 \text{ hp} = 1,014 \text{ PS.}$$

Cần phân biệt các khái niệm công suất sau đây của ĐCĐT :

- **Công suất chỉ thị** ( $N_i$ ) - là tốc độ thực hiện công chỉ thị của động cơ. Nói cách khác, công suất chỉ thị là công suất của động cơ, trong đó bao gồm cả phần tổn thất cơ học.

- **Công suất có ích** ( $N_e$ ) - Công suất của động cơ được đo ở đầu ra của trục khuỷu.

Từ định nghĩa của công suất, áp suất trung bình của chu trình và tốc độ quay ta có các công thức xác định công suất chỉ thị và công suất có ích dưới đây :

$$N_i = \frac{p_i \cdot V_S \cdot n \cdot i}{z} \quad (2.25)$$

$$N_e = \frac{p_e \cdot V_S \cdot n \cdot i}{z} \quad (2.26)$$

trong đó :

i - số xy lanh của động cơ

z - hệ số kỳ ; z = 1 đối với động cơ 2 kỳ ; z = 2 đối với động cơ 4 kỳ.

- **Công suất danh nghĩa** ( $N_{en}$ ) - Công suất có ích lớn nhất mà động cơ có thể phát ra một cách liên tục mà không bị quá tải trong những điều kiện quy ước.

Các điều kiện cơ bản được quy ước khi xác định công suất danh nghĩa của ĐCĐT bao gồm :

- Điều kiện khí quyển tiêu chuẩn .
- Tốc độ quay danh nghĩa,
- Loại nhiên liệu và chất bôi trơn xác định,
- Trang thiết bị phụ trợ cho động cơ khi đo công suất , v.v.

Bảng 2-3 giới thiệu quy định của một số nước về điều kiện khí quyển tiêu chuẩn khi xác định công suất của ĐCĐT.

Vấn đề trang bị cho động cơ khi đo công suất cũng được quy định không hoàn toàn giống nhau. Ví dụ : Tiêu chuẩn của Đức (DIN), của Ba lan (PN) và nhiều nước châu Âu khác quy định : khi đo công suất, động cơ phải được trang bị đầy đủ các bộ phận phụ , như lọc không khí , bình tiêu âm, quạt gió, ... giống như khi nó làm việc trong thực tế. Trong khi đó, tiêu chuẩn của Liên xô (DNQR) và của Mỹ (SAE) cho phép đo công suất của động cơ với các bộ phận phụ kể trên là trang thiết bị tiêu chuẩn của phòng thí nghiệm. Chính vì điều kiện thí nghiệm không hoàn toàn giống nhau nên công suất danh nghĩa của cùng một động cơ cũng khác nhau. Ví dụ : công suất động cơ

được đo theo SAE (Society of Automotive Engineers) lớn hơn khoảng 10 - 25 % so với công suất đo theo DIN ; nếu đo theo tiêu chuẩn CUNA (Commisione tecnica di Unificazione nell Automobile) của Italy thì lớn hơn 5 - 10 %.

Bảng 2-3. Điều kiện khí quyển tiêu chuẩn

Tiêu chuẩn - Nước	Điều kiện khí quyển tiêu chuẩn		
	$p_0$ [mm Hg]	$t_0$ [ $^{\circ}$ C]	$\Phi_0$ [ % ]
TCVN 1684-75 (Việt nam)	760	20	70
PN-78/S-02005 (Ba lan)	750	25	
DIN 70 020 (Đức)	760	20	-
ECE (Economic Commision for Europe)	750	25	-

- **Công suất quy đổi ( $N_{eq}$ )** - Công suất của động cơ đã được hiệu chỉnh theo các điều kiện tiêu chuẩn.

Chúng ta đã biết rằng, công suất và một số chỉ tiêu khác của động cơ, như : momen quay, suất tiêu hao nhiên liệu, lượng tiêu hao nhiên liệu giờ,v.v. chịu ảnh hưởng đáng kể của điều kiện môi trường xung quanh, đặc biệt là áp suất và nhiệt độ. Để có thể so sánh được kết quả thí nghiệm được tiến hành trong những điều kiện môi trường khác nhau, cần phải quy đổi kết quả đo thực tế theo các điều kiện tiêu chuẩn.

TCVN 1685-75 quy định cách quy đổi công suất của động cơ diesel không tăng áp như sau :

$$N_{eq} = N_e \cdot \frac{746}{B - P_n} \cdot \frac{273 + t}{293} \quad (2.27)$$

trong đó :

$N_{eq}$  - công suất quy đổi, [kW]

$N_e$  - công suất đo được khi thí nghiệm, [kW]

$B$  - áp suất khí quyển trong khi thí nghiệm, [mm Hg]

$P_n$  - phân áp suất của hơi nước trong không khí ẩm trong điều kiện nhiệt độ và độ ẩm tương đối của không khí tại phòng thí nghiệm, [mm Hg]

$t$  - nhiệt độ của không khí trong phòng thí nghiệm được đo ở khoảng cách 1,5 m từ miệng hút không khí của động cơ, [ $^{\circ}$ C]

Tiêu chuẩn PN-78/S-02005 của Ba lan khuyến nghị cách quy đổi các kết quả thí nghiệm như sau :

$$N_{eq} = K_0 \cdot N_e \quad (2.28a)$$

$$M_{eq} = K_0 \cdot M_e \quad (2.28b)$$

$$g_{eq} = K_0 \cdot g_e \quad (2.28c)$$

$$G_{eq} = K_0 \cdot G_e \quad (2.28d)$$

$$\text{Đối với động cơ diesel không tăng áp : } K_0 = \left(\frac{100}{B}\right)^{0,65} \cdot \left(\frac{T}{298}\right)^{0,5} \quad (2.28e)$$

$$\text{Đối với động cơ xăng : } K_0 = \frac{100}{B} \cdot \left(\frac{T}{298}\right)^{0,5} \quad (2.28g)$$

trong các công thức trên :

$N_{eq}$  ,  $M_{eq}$  ,  $g_{eq}$  ,  $G_{eq}$  - công suất, momen quay, suất tiêu hao nhiên liệu và lượng tiêu hao nhiên liệu giờ quy đổi,

$N_e$  ,  $M_e$  ,  $g_e$  ,  $G_e$  - công suất, momen quay, suất tiêu hao nhiên liệu và lượng tiêu hao nhiên liệu giờ đo được trong thí nghiệm,

$K_0$  - hệ số quy đổi,

$B$  - áp suất khí quyển trong khi thí nghiệm, [kPa]

$T$  - nhiệt độ không khí trong phòng thí nghiệm đo được tại khu vực gần lọc không khí của động cơ, [ $^{\circ}$ K].

- **Công suất cực đại** ( $N_{e,max}$ ) - Công suất có ích lớn nhất mà động cơ có thể phát ra trong một thời gian nhất định mà không bị quá tải.

TCVN 1684-75 quy định công suất cực đại của động cơ phải đạt 110 %  $N_{en}$  trong khoảng thời gian 1 giờ. Tổng số thời gian làm việc ở chế độ công suất cực đại không quá 10 % tổng thời gian làm việc của động cơ. Khoảng thời gian lặp lại chế độ công suất cực đại không được nhỏ hơn 6 giờ.

- **Công suất sử dụng** ( $N_{es}$ ) - Công suất có ích do người thiết kế tổ hợp động cơ - hệ tiêu thụ công suất khuyến cáo sử dụng để vừa phát huy hết tính năng của động cơ vừa đảm bảo tuổi bền, độ tin cậy cần thiết.



### 2.2.3. HIỆU SUẤT

Trong tổng số nhiệt năng đưa vào động cơ, chỉ có một phần được "chế biến" thành cơ năng có ích, phần còn lại bị tổn thất ở những công đoạn khác nhau trong quá trình chế biến. Hiệu suất là đại lượng đánh giá hiệu quả biến đổi nhiệt năng thành cơ năng của động cơ. Để đánh giá mức độ tổn thất trong từng công đoạn của cả quá trình biến đổi năng lượng, người ta đưa ra các khái niệm hiệu suất sau đây : hiệu suất lý thuyết, hiệu suất chỉ thị, hiệu suất cơ học, hiệu suất có ích.

#### 1) Hiệu suất lý thuyết ( $h_t$ )

2) Hiệu suất chỉ thị ( $h_i$ ) - là hiệu suất nhiệt của chu trình nhiệt động thực tế.

$$h_i = \frac{W_i}{Q_1} = 1 - \frac{\Delta Q_i}{Q_1} = 1 - \frac{Q_m + Q_x + Q_{kh} + Q_{cl}}{Q_1} \quad (2.29a)$$

Cả hiệu suất lý thuyết ( $\eta_t$ ) và hiệu suất chỉ thị ( $\eta_i$ ) đều là hiệu suất nhiệt - đại lượng đánh giá mức độ hoàn thiện của động cơ về phương diện nhiệt động. Chúng khác nhau ở chỗ, trong hiệu suất chỉ thị người ta đã tính đến tất cả các dạng tổn thất nhiệt năng có thể tồn tại khi thực hiện một chu trình nhiệt động ở động cơ thực ; còn hiệu suất lý thuyết chỉ bao hàm một dạng tổn thất nhiệt năng theo quy định của định luật nhiệt động II - nhiệt năng phải truyền cho nguồn lạnh để có thể thực hiện một chu trình nhiệt động lực. Biến đổi công thức (2.30a) ta có :

$$h_i = \frac{W_i}{Q_1} = \frac{W_i}{Q_1} \cdot \frac{W_t}{W_t} = h_t \cdot h_{t-i} \quad (2.29b)$$

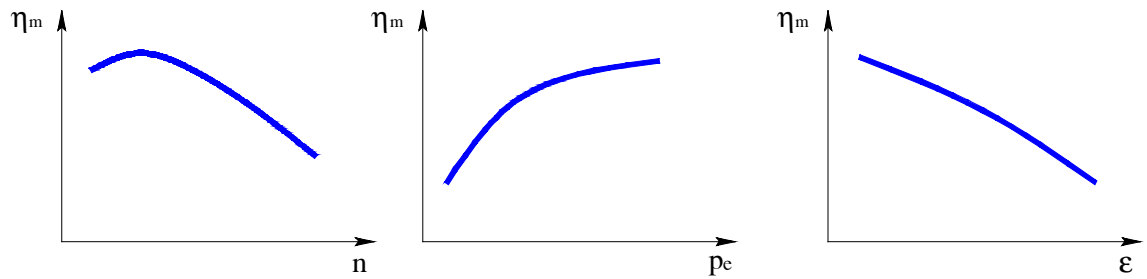
Đại lượng  $\eta_{t-i} = W_i / W_t$  được gọi là hệ số diện tích đồ thị công, nó đặc trưng cho mức độ khác nhau giữa diện tích đồ thị công chỉ thị và đồ thị công lý thuyết.

3) Hiệu suất cơ học ( $h_m$ ) - là đại lượng đánh giá mức độ tổn thất cơ học trong động cơ, tức là đánh giá mức độ hoàn thiện của động cơ về phương diện cơ học. Nó được xác định bằng công thức :

$$h_m = \frac{W_e}{W_i} = 1 - \frac{W_m}{W_i} \quad (2.30)$$

Hiệu suất cơ học chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố cấu tạo và vận hành khác nhau, ví dụ :

- Vật liệu chế tạo,
- Chất lượng thiết kế, chế tạo và lắp ráp,
- Chất bôi trơn và chế độ bôi trơn,
- Tỷ số nén, tốc độ, tải, v.v.



H. 2-11. Đặc điểm thay đổi của  $\eta_m$  theo  $n$ ,  $p_c$  và  $\varepsilon$

**4) Hiệu suất có ích ( $h_e$ )** - là đại lượng đánh giá tất cả các dạng tổn thất năng lượng trong quá trình biến đổi nhiệt năng thành cơ năng có ích ở động cơ.

$$h_e = \frac{W_e}{Q_1} = h_i \cdot h_m = h_t \cdot h_{t-i} \cdot h_m \quad (2.31)$$

**5) Suất tiêu hao nhiên liệu ( $g_e$ )** - Hiệu quả biến đổi nhiệt năng thành cơ năng của ĐCĐT cũng đồng nghĩa với khái niệm "tính tiết kiệm nhiên liệu" của nó. Trong thực tế khai thác, người ta ít dùng hiệu suất mà thường dùng đại lượng thể hiện lượng nhiên liệu do động cơ tiêu thụ để đánh giá tính tiết kiệm nhiên liệu. Lượng nhiên liệu do động cơ tiêu thụ trong một đơn vị thời gian được gọi là lượng tiêu thụ nhiên liệu ( $G_e$ ). Lượng nhiên liệu do động cơ tiêu thụ để sinh ra một đơn vị công suất có ích trong một đơn vị thời gian được gọi là lượng tiêu thụ nhiên liệu riêng có ích (gọi tắt là suất tiêu hao nhiên liệu -  $g_e$ ).

$$g_e = \frac{G_e}{N_e} \quad (2.32)$$

trong đó :

$g_e$  - suất tiêu hao nhiên liệu có ích ,

$G_e$  - lượng tiêu thụ nhiên liệu giờ,

$N_e$  - công suất có ích của động cơ

Đơn vị thường dùng của  $G_e$  là [kg/h] hoặc [lít /h] ; đơn vị thường dùng của  $g_e$  là [ g/kW. h ] hoặc [ g/HP. h ].

## 2.2.4. CƯỜNG ĐỘ LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ

Cường độ làm việc của ĐCĐT có thể đánh giá bằng nhiều thông số khác nhau. Dưới đây giới thiệu 2 chỉ tiêu tổng hợp đánh giá cường độ làm việc của động cơ.

- **Công suất lít** - 
$$N_V = \frac{N_e}{V_s \cdot i} = C_V \cdot \frac{n \cdot p_e}{z} \quad (2.33)$$

- **Công suất piston** - 
$$N_P = \frac{N_e}{A_p \cdot i} = C_P \cdot \frac{C_m \cdot p_e}{z} \quad (2.34)$$

trong đó :

$C_V$  ,  $C_P$  - các hệ số phụ thuộc vào thứ nguyên của các đại lượng có trong công thức,  
 $A_p$  - diện tích của đỉnh piston.

Đơn vị thường dùng của  $N_V$  là [ kW/dm<sup>3</sup> ] hoặc [ HP/dm<sup>3</sup> ]; của  $N_P$  là [ kW/dm<sup>2</sup> ] hoặc [ HP/dm<sup>2</sup> ].

- $N_P < 15 \text{ kW/dm}^2$  - Động cơ cường hoá thấp
- $15 \leq N_P < 45 \text{ kW/dm}^2$  - Động cơ cường hoá trung bình
- $N_P \geq 45 \text{ kW/dm}^2$  - Động cơ cường hoá cao

Type of engine	Engine speed n [rpm]	Compression ratio	Mean pressure [bar]	Power per unit displacement [kW/dm <sup>3</sup> ]	Weight to power ratio [kg/kW]	Fuel consumption [g/kW.h]	Torque increase [%]
SI engine for motorcycles and mopeds : • 2- stroke • 4-stroke	4500 ÷ 8000 5000 ÷ 9000	7 ÷ 9 8 ÷ 11	4 ÷ 6 7 ÷ 10	30 ÷ 50 30 ÷ 70	5 ÷ 2,5 4 ÷ 1	600 ÷ 400 350 ÷ 270	5 ÷ 10 5 ÷ 25
Gasoline engines for passenger cars • Naturally aspirated • Supercharged Trucks	4500 ÷ 7500 5000 ÷ 7000 2500 ÷ 5000	8 ÷ 12 7 ÷ 9 7 ÷ 9	8 ÷ 11 11 ÷ 15 8 ÷ 10	35 ÷ 65 50 ÷ 100 20 ÷ 30	3 ÷ 1 3 ÷ 1 6 ÷ 3	350 ÷ 250 380 ÷ 280 380 ÷ 270	15 ÷ 25 10 ÷ 30 15 ÷ 25
Diesel engine for passenger cars • Naturally aspirated • Supercharged	3500 ÷ 5000 3500 ÷ 4500	20 ÷ 24 20 ÷ 24	6 ÷ 8 9 ÷ 12	20 ÷ 30 30 ÷ 40	5 ÷ 3 4 ÷ 2	320 ÷ 240 290 ÷ 240	10 ÷ 15 15 ÷ 25
Diesel engine for trucks • Naturally aspirated • Supercharged with • Supercharged with CAC <sup>(1)</sup>	2000 ÷ 4000 2000 ÷ 3200 1800 ÷ 2600	16 ÷ 18 15 ÷ 17 14 ÷ 16	7 ÷ 10 10 ÷ 13 13 ÷ 18	10 ÷ 15 15 ÷ 20 20 ÷ 25	9 ÷ 4 8 ÷ 3 5 ÷ 3	240 ÷ 210 230 ÷ 205 225 ÷ 195	10 ÷ 15 15 ÷ 30 30 ÷ 60
Special designs • Rotary engine • Stirling engine • Gas turbine	6000 ÷ 8000 2000 ÷ 4500 8000 ÷ 70 000	7 ÷ 9 4 ÷ 6 4 ÷ 6	8 ÷ 11 - -	35 ÷ 45 - -	1,5 ÷ 1 10 ÷ 7 3 ÷ 1	380 ÷ 300 300 ÷ 240 1000 ÷ 300	5 ÷ 15 20 ÷ 40 50 ÷ 100

(1) CAC : Charge-Air Cooling



# NHIÊN LIỆU VÀ MÔI CHẤT CÔNG TÁC

## 3.1. NHIÊN LIỆU DÙNG CHO ĐCĐT

### 3.1.1. PHÂN LOẠI NHIÊN LIỆU

Nhiên liệu là chất cháy được và sinh ra nhiều nhiệt khi cháy.

Bảng 3-1. Phân loại tổng quát nhiên liệu

Tiêu chí phân loại	Loại nhiên liệu
Trạng thái tồn tại ở điều kiện áp suất và nhiệt độ khí quyển	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Khí đốt : khí mỏ, khí lò ga, khí thấp, khí lò cao, khí hoá lỏng, v.v.</li> <li>- Nhiên liệu lỏng : xăng, dầu hoả, gas oil, benzol, cồn, dầu solar, dầu mazout, v.v.</li> <li>- Nhiên liệu rắn : than đá, than bùn, củi, v.v.</li> </ul>
Nguyên liệu để sản xuất nhiên liệu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nhiên liệu gốc dầu mỏ : xăng, dầu diesel, dầu hoả, v.v.</li> <li>- Nhiên liệu thay thế : xăng tổng hợp, cồn, hydro, v.v.</li> </ul>
Mục đích sử dụng	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nhiên liệu dùng cho động cơ phát hoả bằng tia lửa : xăng, cồn, khí đốt, v.v.</li> <li>- Nhiên liệu diesel : gas oil, mazout, khí đốt, v.v.</li> <li>- Nhiên liệu máy bay : xăng máy bay, nhiên liệu phản lực.</li> </ul>
Công nghệ sản xuất	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Xăng chưng cất trực tiếp</li> <li>- Xăng cracking</li> <li>- Xăng reforming</li> <li>- Nhiên liệu tổng hợp</li> </ul>
Theo nhiệt trị	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nhiên liệu có nhiệt trị cao : xăng, dầu diesel, v.v.</li> <li>- Nhiên liệu có nhiệt trị thấp : khí lò ga, khí lò cao, v.v.</li> </ul>

**1) Khí mỏ** - còn gọi là khí tự nhiên (natural gas) - là hỗn hợp các loại khí được khai thác từ các mỏ khí đốt hoặc mỏ dầu trong lòng đất. Khí mỏ có thể được phân loại thành : khí đồng hành, khí không đồng hành và khí hoà tan.

**Khí đồng hành** - Khí tự do có trong các mỏ dầu.

**Khí không đồng hành** - Khí được khai thác từ các mỏ khí đốt trong lòng đất và không tiếp xúc với dầu thô trong mỏ dầu.

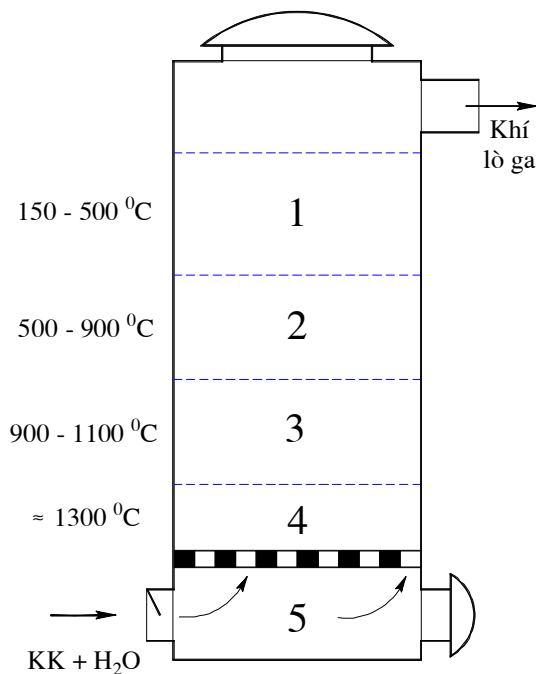
**Khí hoà tan** - Khí hoà tan trong dầu thô được khai thác từ các mỏ dầu.

Thành phần của khí mỏ có thể rất khác nhau tùy thuộc vào vị trí địa lý mà khí mỏ được khai thác (Bảng 3-2), tuy nhiên chúng đều chứa chủ yếu là methane (CH<sub>4</sub>), ethane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) và một lượng nhỏ các chất khác như dioxide carbon (CO<sub>2</sub>), nitơ (N<sub>2</sub>), helium (He), v.v.

Ngoài công dụng làm nhiên liệu cho ĐCĐT nói riêng và nhiên liệu nói chung, khí mỏ còn được sử dụng làm nguyên liệu để sản xuất phân hoá học, vật liệu tổng hợp, xăng, v.v.

**2) Khí lọc-hoá dầu** - Các loại khí thu được trong quá trình chế biến dầu mỏ, ví dụ : chưng cất trực tiếp, nhiệt phân, cracking, v.v.

**3) Khí lò ga** (Producer gas) - Khí đốt thu được bằng cách khí hoá các loại nhiên liệu rắn như : than đá, than nâu, than củi, gỗ, v.v. ở nhiệt độ cao bằng một loại thiết bị có tên là lò sinh khí. Hình 3-1 giới thiệu sơ đồ lò sinh khí và một số thông số công tác trong quá trình khí hoá than đá .

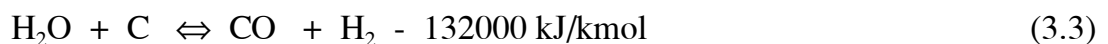


H.3-1. Sơ đồ lò sinh khí  
1- Tầng sấy, 2- Tầng chưng cất, 3- Tầng tạo khí, 4- Tầng cháy, 5- Phần chứa tro.

Nguyên lý hoạt động của lò sinh khí như sau : không khí được thổi vào lò từ phía dưới. Ngay phía trên ghi lò, than đá được đốt cháy theo phản ứng toả nhiệt :



Khu vực diễn ra quá trình cháy nói trên được gọi là **tầng cháy**. Khu vực phía trên tầng cháy là tầng khử. Tại tầng khử diễn ra 2 loại phản ứng thu nhiệt dưới đây :



Phản ứng (3.2) và (3.3) là các phản ứng 2 chiều. Tỷ số  $\text{CO}/\text{CO}_2$  được hình thành ở phản ứng (3.2) và  $\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}$  ở phản ứng (3.3) phụ thuộc trước hết vào nhiệt độ tại khu vực diễn ra phản ứng. Ở nhiệt độ  $700\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{CO}/\text{CO}_2 \approx 1$  và  $\text{H}_2/\text{H}_2\text{O} \approx 2,3$ ; ở nhiệt độ  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{CO}/\text{CO}_2 \approx 165$  và  $\text{H}_2/\text{H}_2\text{O} \approx 103$ . Trong trường hợp sản xuất khí lò ga từ than đá, người ta thường thổi một lượng nhất định hơi nước vào trong lò cùng với không khí nhằm mục đích giảm nhiệt độ ở tầng cháy để bảo vệ các bộ phận của lò tiếp xúc trực tiếp với than và tro có nhiệt độ cao. Nếu không có hơi nước, nhiệt độ tại khu vực ngay trên ghi lò có thể đạt tới  $1700\text{ }^\circ\text{C}$ . Ngoài ra, hơi nước cũng có tác dụng làm tăng chất lượng của khí lò ga nhờ tăng hàm lượng  $\text{H}_2$  được hình thành từ  $\text{H}_2\text{O}$ .

Tùy theo chiều cao của lò, nhiệt độ tại tầng khử dao động trong khoảng  $900\text{--}1100\text{ }^\circ\text{C}$ . Phía trên tầng khử là tầng chung cất có nhiệt độ được duy trì trong khoảng  $500\text{--}900\text{ }^\circ\text{C}$ . Tại đây, hầu hết những thành phần dễ bay hơi của nhiên liệu rắn thoát ra và được hút ra ngoài cùng với các thành phần khác của khí lò ga.

Khí lò ga được sản xuất bằng phương pháp cổ điển có các thành phần chính với hàm lượng trung bình như sau:  $27\% \text{CO}$ ,  $7\% \text{H}_2$ ,  $2\% \text{CH}_4$ ,  $4\% \text{CO}_2$ ,  $58\% \text{N}_2$ . Ngoài ra, trong khí lò ga còn có một lượng nhỏ hơi nước và một số loại hydrocarbon [6].

Khí lò ga được sử dụng làm nhiên liệu cho động cơ ga, turbine khí, các ngành luyện kim, thủy tinh, đồ gốm, v.v. Nó có ưu điểm là có số octane khá cao ( $\text{RON} \approx 100$ ), nhưng có nhiệt trị thấp ( $H \approx 5650\text{ kJ/m}^3$ ) vì chứa nhiều  $\text{N}_2$ .

**4) Khí thấp** (Illuminating gas) - Khí đốt được sản xuất ở quy mô công nghiệp từ các loại nhiên liệu rắn hoặc lỏng như: than đá, than nâu, dầu, v.v. Các loại khí thấp thông dụng là **khí ướt** (water gas), **khí dầu** (carbureted water gas) và **khí than** (coal gas).

Khí ướt thu được bằng cách thổi hơi nước qua một lớp than đá hoặc coke nóng. Thành phần chủ yếu của khí ướt là  $\text{CO}$  và  $\text{H}_2$ .

Khí dầu và Khí than thu được bằng cách nhiệt phân dầu hoặc than. Thành phần chủ yếu của chúng là  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$  và  $\text{CO}$ .

### 5) Khí hoá lỏng

Các loại khí đốt chưa hoá lỏng có giá thành sản xuất thấp, nhưng việc vận chuyển và phân phối khá phức tạp. Khí đốt thường được cung cấp đến nơi tiêu thụ bằng hệ thống đường ống. Khí hoá lỏng có ưu điểm hơn hẳn khí chưa hoá lỏng ở chỗ có nhiệt trị thể tích lớn (nhiệt lượng sinh ra khi đốt cháy hoàn toàn một đơn vị thể tích nhiên liệu), nên thích hợp hơn khi dùng làm nhiên liệu cho động cơ ô tô và ở những nơi chưa có hệ thống ống dẫn khí đốt.



Khí tự nhiên qua xử lý, chế biến và hoá lỏng được gọi là khí tự nhiên hoá lỏng (Liquefied Natural Gases - LNG); còn khí đốt thu được trong quá trình chế biến dầu mỏ rồi hoá lỏng thì được gọi là khí dầu mỏ hoá lỏng (Liquefied Petroleum Gases - LPG). Thành phần cơ bản của khí hoá lỏng là propane ( $C_3H_8$ ) và butane ( $C_4H_{10}$ ), ngoài ra khí hoá lỏng còn chứa một lượng nhỏ các hydrocarbon khác như : ethane ( $C_2H_6$ ), pentane ( $C_5H_{10}$ ), ethylene ( $C_2H_4$ ), propylene ( $C_3H_6$ ), butylene ( $C_4H_8$ ) và các đồng phân (isomer) của chúng.

Trước kia, khí hoá lỏng được sử dụng chủ yếu làm nhiên liệu cho ĐCĐT, công nghiệp thuỷ tinh, đồ gốm, gia dụng, v.v. Khi sử dụng để chạy động cơ ô tô, khí hoá lỏng thường được chứa trong bình dưới áp suất khoảng 16 bar. Hiện nay, ngoài các ứng dụng trên, khí hoá lỏng còn được phân tách thành các cấu tử riêng biệt để làm nguyên liệu cho công nghiệp sản xuất cao su nhân tạo, vật liệu tổng hợp, phẩm màu, dược liệu, v.v.

Bảng 3-2. Thành phần hoá học của một số loại khí đốt [5]

Loại khí đốt	Thành phần [ % vol ]							
	H <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Khí mỏ :								
- California	-	-	68.9	-	19.3	-	11.3	0.5
- Oklahoma	-	-	83.1	-	10.5	-	0.7	5.7
- Pennsylvania	-	-	68.4	-	30.4	-	0.1	1.1
Khí lò ga :								
- Anthracite coal	20.0	25.0	-	-	-	0.5	5.0	49.5
- Bituminous coal	10.0	23.0	3.0	0.5	-	0.5	5.0	58.0
- Coke	10.0	29.0	-	-	-	0.5	4.5	56.0
Khí thấp :								
- Khí ướt	50.0	43.3	0.5	-	-	-	3.0	3.2
- Khí dầu	40.0	19.9	25.0	8.5	-	0.5	3.0	4.0
- Khí than	46.0	6.0	40.0	5.0	-	0.5	0.5	2.0
Khí sản phẩm phụ :								
- Khí lò luyện coke	50.0	6.0	36.0	4.0	-	0.5	1.5	2.0
- Khí lò luyện thép	5.2	26.8	1.6	-	-	0.2	8.2	58.0

Bảng 3-3. Một số tính chất của khí đốt [6]

Loại khí đốt	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	ON	H [kJ/m <sup>3</sup> ]	L <sub>0</sub> [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	H <sub>h</sub> ( $\lambda=1$ ) [kJ/m <sup>3</sup> ]
Khí mỏ	0,695	-	34.700	9,5	3.400
Khí lò ga	1,015	-	5.650	1,2	2.600
Khí thấp	0,614	90	17.000	3,9	3.250
Khí coke	0,468	90	13.000	4,5	3.350
Monoxide carbon (CO)	1,147	100	12.100	2,4	3.500
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	0,082	70	10.200	2,38	3.000
Methane (CH <sub>4</sub> )	0,655	110	36.000	9,5	3.400
Propane (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	1,80	-	83.000	23,8	3.300
Butane (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	2,37	-	110.000	31	3.400

**6) Xăng** - Xăng là hỗn hợp của nhiều loại hydrocarbon khác nhau có nhiệt độ sôi trong khoảng 25-250 °C. Nguyên liệu chủ yếu để sản xuất xăng hiện nay là dầu mỏ. Ngoài ra, xăng cũng có thể được tổng hợp từ một số loại nguyên liệu khác như than đá, than nâu, đá phiến nhiên liệu, khí mỏ, v.v. Căn cứ vào mục đích sử dụng, xăng được phân loại thành : xăng ô tô, xăng máy bay và xăng công nghiệp.

Xăng công nghiệp là tên gọi chung cho các loại xăng không thuộc nhóm xăng dùng làm nhiên liệu cho ĐCĐT. Xăng công nghiệp thường là phân đoạn của xăng chưng cất trực tiếp với thành phần phân đoạn hẹp, ví dụ : 70 - 120 °C, 165 - 200 °C, v.v. , được sử dụng trong công nghiệp cao su, sơn, ép dầu và các ngành công nghiệp khác. Xăng ô tô là tên gọi chung cho các loại xăng dùng để chạy động cơ xăng thường gặp hiện nay, như : động cơ xăng ô tô, xe máy, xuồng cao tốc, v.v. Xăng máy bay dùng để chạy động cơ máy bay loại piston và turbine khí.

**7) Dầu hoả** - là sản phẩm của quá trình chưng cất dầu mỏ, chứa các loại hydrocarbon có số nguyên tử carbon trong phân tử từ 9 đến 14, sôi trong khoảng nhiệt độ 150-300 °C.

Căn cứ vào mục đích sử dụng, có thể phân biệt : dầu hoả động cơ, dầu hoả kỹ thuật và dầu hoả dân dụng. Dầu hoả động cơ được sử dụng để chạy động cơ phát hoả bằng tia lửa có tỷ số nén thấp ( $\epsilon \leq 5$ ), động cơ diesel thấp tốc, turbine khí và động cơ phản lực. Dầu hoả kỹ thuật được dùng làm dung môi, nguyên liệu cho các quá trình nhiệt phân, v.v. Dầu hoả dân dụng (gọi tắt là dầu hoả và ký hiệu là KO - Kerosene Oil) được dùng để thắp sáng, đun nấu, v.v.

Bảng 3-4. Dầu hoả theo tiêu chuẩn ASTM - D.3699-90

Các chỉ tiêu	Mức qui định	Phương pháp thử
1. Thành phần cất , [ °C] : - t <sub>10</sub> , max - FBP , max	205 300	ASTM - D.86
2. Điểm chớp lửa cốc kín , [ °C] , min	38	ASTM - D.56
3. Độ nhớt động học ở 40 °C , [cSt] , min/max	1,0 / 1,9	ASTM - D.445
4. Hàm lượng lưu huỳnh , [ % wt ] , max - Loại 1- K - Loại 2- K	0,04 0,03	ASTM - D.1266
5. Hàm lượng mercaptan , [ % wt ] , max	0,003	ASTM - D.3227
6. Điểm đông đặc , [ °C ] , max	- 30	ASTM - D.2386
7. Ăn mòn đồng ở 100 °C , 3 giờ , max	No. 3	ASTM - D.130
8. Màu Saybolt , min	+ 16	ASTM - D.156

**8) Gas oil** - là tên gọi thương mại của phân đoạn dầu mỏ có nhiệt độ sôi trong khoảng 180 - 360 °C, chứa các loại hydrocarbon có số nguyên tử carbon trong phân tử từ 11 đến 18. Gas oil được coi là loại nhiên liệu thích hợp nhất cho động cơ diesel cao tốc . Ngoài ra, gas oil cũng được dùng làm nguyên liệu trong công nghệ nhiệt phân và cracking.

**9) Dầu solar** - (còn được gọi là dầu diesel tàu thủy - marine diesel oil ) là phân đoạn của dầu mỏ có nhiệt độ sôi trong khoảng 300 ÷ 400 °C. Dầu solar được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau, như : làm nhiên liệu cho động cơ diesel có tốc độ quay trung bình và thấp (n < 1000 vg/ph) ; làm chất bôi trơn-làm mát trong các quá trình cất, đập, tôi kim loại ; để tẩy da và dùng trong công nghiệp dệt, v.v.

**10) Fuel Oil (FO)** - là tên gọi chung của loại nhiên liệu chứa các phân đoạn của dầu mỏ có nhiệt độ sôi > 350 °C. Tùy thuộc vào nhiệt độ chưng cất, công nghệ chế biến, cách thức pha chế, v.v., FO có nhiều tên gọi thương mại khác nhau, như : mazout, dầu cặn, dầu nặng, dầu đốt lò, Bunkier B, Bunkier C, v.v.

Mazout là phần còn lại sau chưng cất dầu mỏ ở áp suất khí quyển, chiếm khoảng một nửa khối lượng dầu mỏ. Mazout có độ nhớt và hàm lượng tạp chất cao hơn nhiều so với các phân cất ; nó được sử dụng làm nhiên liệu cho động cơ diesel thấp tốc, dùng để đốt lò hoặc là nguyên liệu cho các công đoạn chế biến dầu mỏ tiếp theo như chưng cất chân không, cracking, v.v.

**11) Benzol** - Phần chưng cất của nhựa than (coal tar), nó chứa khoảng 70 % benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), 20 % toluene (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>), 10 % xylene (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>) và một lượng nhỏ các hợp

chất chứa lưu huỳnh (S). Benzol có khả năng chống kích nổ khá cao (RON ≈ 105) nên là loại nhiên liệu tốt cho động cơ phát hoả bằng tia lửa. Trước kia, benzol thường được sử dụng để hoà trộn với xăng với hàm lượng có thể tới 40 % để làm nhiên liệu cho động cơ xăng.

**12) Alcohol** - Dẫn xuất của hydrocarbon có chứa nhóm hydroxyl (OH) ở nguyên tử carbon bão hoà. Tùy theo đặc điểm của nguyên tử carbon kết hợp với nhóm OH mà alcohol được gọi là bậc nhất (CH<sub>2</sub> – OH), bậc hai (CH – OH) và bậc ba (C – OH). Các hợp chất mà nhóm OH nối với nguyên tử C có nối đôi được gọi là enol, còn nối với nguyên tử C của vòng thơm thì được gọi là phenol.

Cho đến nay có hai loại alcohol được sử dụng ở quy mô công nghiệp làm nhiên liệu cho động cơ phát hoả bằng tia lửa là ethyl alcohol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) và methyl alcohol (CH<sub>3</sub>OH). Chúng được gọi là etanol và metanol nếu không chứa nước.

Etanol là chất lỏng không màu, được sản xuất bằng cách lên men các sản phẩm nông nghiệp như ngũ cốc, khoai tây, mía đường, v.v.

Metanol là chất lỏng trong suốt có mùi đặc trưng, được sản xuất bằng cách chưng khô gỗ hoặc tổng hợp từ than và hydrogen. Khác với etanol, metanol có thể gây nhiễm độc nặng cho cơ thể con người và động vật khi thâm nhập vào cơ thể.

Cho đến nay đã có rất nhiều công trình nghiên cứu sử dụng metanol và etanol làm nhiên liệu cho động cơ phát hoả bằng tia lửa. Các kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, etanol và metanol có thể dùng dưới dạng nguyên chất hoặc hỗn hợp với xăng để chạy động cơ xăng. Nếu sử dụng dưới dạng nguyên chất, chỉ cần cải hoán một số bộ phận của hệ thống cung cấp nhiên liệu và hệ thống khởi động để việc khởi động động cơ được dễ dàng hơn.

Bảng 3-5. Tính chất nhiệt động cơ bản của một số loại nhiên liệu lỏng [6]

Tính chất	Xăng	Ethanol	Methanol	Benzol	Gas oil	Dầu hoả
Khối lượng riêng, [kg/dm <sup>3</sup> ]	0,72-0,76	0,789	0,793	0,88	0,84-0,88	0,81
Áp suất hơi bão hoà [bar]	0,6-0,8	0,18	-	0,3	0,01	0,15-0,20
Nhiệt trị, [kJ/kg]	43000-44000	27000	19500	40500	35000-44000	40500
Nhiệt ẩn hoá hơi, [kJ/kg]	315-350	920	1150	380	-	-

### 3.1.2. YÊU CẦU ĐỐI VỚI NHIÊN LIỆU DÙNG CHO ĐCĐT

Quá trình đốt cháy nhiên liệu ở các loại động cơ đốt trong (ĐCĐT) hiện nay chỉ được phép diễn ra trong một thời gian rất ngắn, từ vài phần trăm đến vài phần ngàn của 1 giây. Tùy thuộc vào chủng loại động cơ mà nhiên liệu phải đáp ứng những yêu cầu khác nhau. Ở động cơ hình thành hỗn hợp cháy bên ngoài như động cơ carburetor và động cơ phun xăng, nhiên liệu phải là loại dễ bay hơi để hoà trộn nhanh và đều với không khí đi vào xy lanh. Ở động cơ diesel, nhiên liệu phải được phun vào buồng đốt dưới dạng sương mù và hoà trộn đều với không khí đã được nạp vào trong xy lanh trước đó trong khoảng thời gian ngắn nhất có thể.

Những yêu cầu cơ bản mà nhiên liệu dùng cho ĐCĐT phải đáp ứng bao gồm :

- Hoà trộn dễ dàng với không khí và cháy nhanh,
- Khi cháy toả ra nhiều nhiệt từ một đơn vị thể tích nhiên liệu,
- Không để lại tro cặn sau khi cháy và sản phẩm cháy không gây ô nhiễm môi trường,
- Vận chuyển, bảo quản và phân phối dễ dàng.

Nhiên liệu khí có ưu điểm lớn nhất là dễ hoà trộn với không khí để tạo thành hỗn hợp cháy đồng nhất và có số octane cao hơn xăng, vì vậy nó có thể là nhiên liệu tốt cho động cơ phát hoả bằng tia lửa điện. Khi cháy hoàn toàn, nhiên liệu khí hầu như không để lại tro cặn. Nhược điểm cơ bản của nhiên liệu khí là có nhiệt trị ứng với một đơn vị thể tích thấp, do đó khi sử dụng cho động cơ ô tô phải được chứa trong các bình có áp suất lớn ( tới 200 bar ), tầm hoạt động của ô tô cũng bị hạn chế.

Than đá cũng đã từng được sử dụng để chạy ĐCĐT . R. Diesel đã đăng ký tại Mỹ ngày 16 tháng 7 năm 1895 bằng sáng chế số 542846, trong đó mô tả loại động cơ chạy bằng than đá dưới dạng bột tự bốc cháy khi được nạp vào cylindre chứa không khí bị nén đến áp suất và nhiệt độ cao. Động cơ hoạt động theo nguyên lý nói trên có hiệu suất khá cao nhưng sớm bị thay thế bằng loại động cơ dùng nhiên liệu lỏng tiện lợi hơn nhiều. Trong thời gian xảy ra cuộc khủng hoảng năng lượng ở thập kỷ 70, ý tưởng sử dụng than để thay thế nhiên liệu gốc dầu mỏ lại được đề cập đến. Nhiều công trình nghiên cứu sử dụng than bột để chạy động cơ tuabin khí, than bột hoà trộn với nước hoặc dầu để chạy động cơ diesel đã cho những kết quả khả quan.

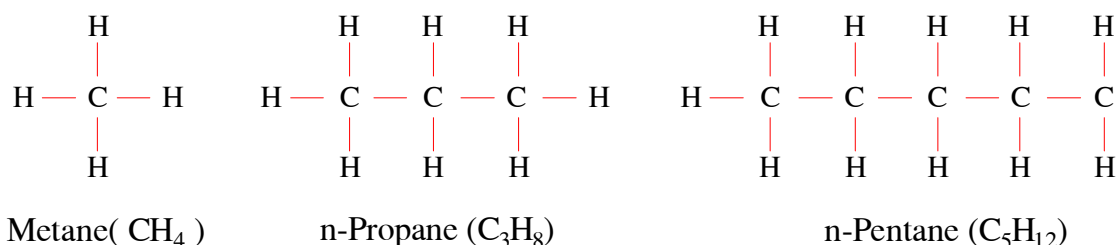
Cho đến nay, nhiên liệu lỏng vẫn là loại được sử dụng phổ biến nhất cho các loại ĐCĐT. So với nhiên liệu khí, nhiên liệu lỏng có ưu điểm hơn hẳn là vận chuyển, bảo quản và phân phối dễ dàng ; có nhiệt trị thể tích lớn , do đó rất thích hợp cho động cơ trang bị trên các phương tiện cơ giới di động. Nhược điểm của nhiên liệu lỏng là khó tạo ra một hỗn hợp cháy đồng nhất trong một khoảng thời gian ngắn do đòi hỏi phải có thời gian để phun nhỏ và hoá hơi nhiên liệu.

### 3.1.3. CÁC LOẠI HYDROCARBON CÓ TRONG DẦU MỎ

Dầu mỏ là nguyên liệu gốc để chế biến ra hầu hết các loại nhiên liệu và chất bôi trơn dùng cho ĐCĐT hiện nay. Cho đến nay, chúng ta vẫn chưa biết được một cách chính xác nguồn gốc cũng như quá trình hình thành dầu mỏ trong lòng đất. Có nhiều bằng chứng cho thấy rằng, dầu mỏ được hình thành từ xác động vật và thực vật qua quá trình kéo dài hàng triệu năm. Hàm lượng các chất hoá học trong dầu mỏ dao động trong phạm vi như sau : 81-87 % C ; 10-14 % H<sub>2</sub> ; 0-6 % S ; 0-7 % O<sub>2</sub> ; 0-1,2 % N<sub>2</sub> . Ngoài ra, trong dầu mỏ còn có rất nhiều nguyên tố khác với hàm lượng rất nhỏ.

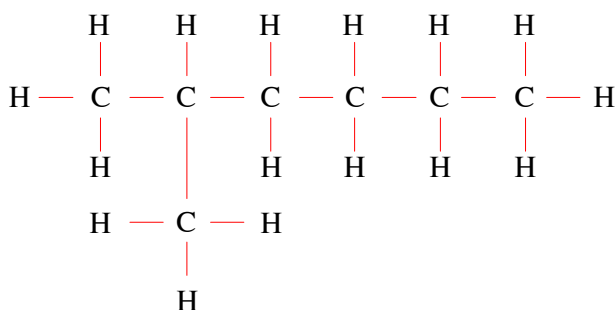
Mặc dù chỉ có hai nguyên tố chủ yếu là C và H, nhưng dầu mỏ là một chất rất phức tạp về mặt hoá học. Các nguyên tử C và H trong dầu mỏ có khả năng kết hợp với nhau theo những cách thức và tỷ lệ rất khác nhau, tạo thành những hợp chất được gọi là hydrocarbon (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>). Tính chất lý hoá của nhiên liệu và chất bôi trơn được sản xuất từ dầu mỏ phụ thuộc rất nhiều vào hàm lượng của các nhóm hydrocarbon khác nhau có trong nguyên liệu gốc. Có thể chia tất cả hydrocarbon có trong dầu mỏ thành 4 nhóm : Parafin (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>), Naphthene (C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>), Aromatic (C<sub>n</sub>H<sub>2n-6</sub>) và nhóm các loại hydrocarbon khác.

**1) Parafin** - loại hydrocarbon có công thức hoá học chung là C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>. Các phân tử của parafin thường có cấu trúc mạch thẳng với liên kết đơn giữa 2 nguyên tử carbon (C) và hoàn toàn được bão hoà bằng những nguyên tử hydro (H) nên được gọi là hydrocarbon bão hoà. Ví dụ :

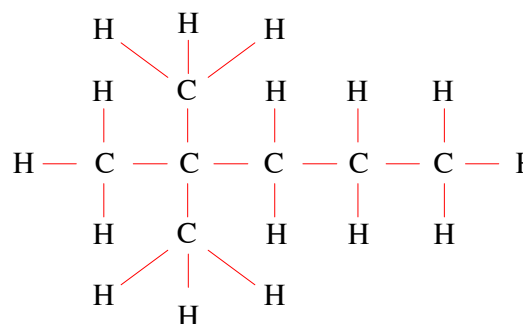


Chữ n đặt trước tên gọi của các parafin để chỉ đó là loại parafin thường (normal paraffin).

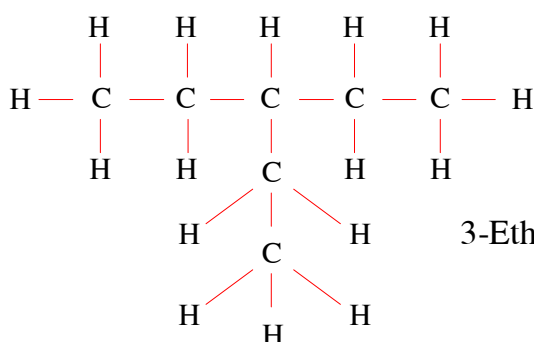
Trong dầu mỏ, ngoài các parafin thường, còn có các đồng phân (isomer) của chúng. Đó là các hydrocarbon có cùng số nguyên tử carbon và hydro trong một phân tử, nhưng có cấu trúc phân tử khác nhau. Dưới đây là thí dụ về cấu trúc phân tử của 3 isomer của n-heptane là methylhexane, dimethylpentane và ethylpentane. Chúng đều có công thức hoá học như của n-heptane (C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>) nhưng có cấu trúc phân tử kiểu mạch nhánh với các nhóm methyl (CH<sub>3</sub>) và ethyl (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>).



2-Methylhexane ( $C_7H_{16}$ )



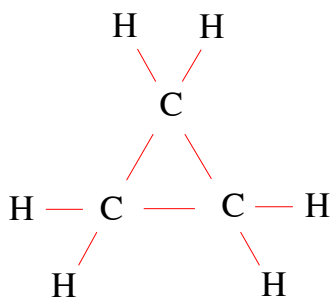
2,2-Dimethylpentane ( $C_7H_{16}$ )



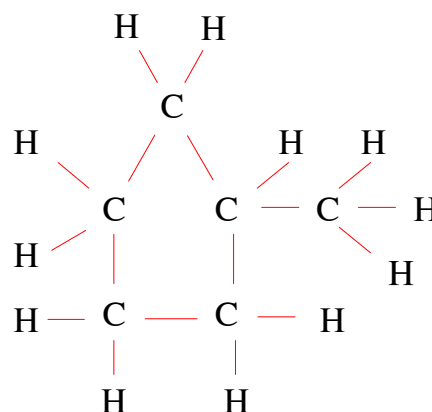
3-Ethylpentane ( $C_7H_{16}$ )

Trong tên gọi của isomer nói trên, methyl và ethyl là tên các nhóm  $CH_3$  và  $C_2H_5$ ; pentane, hexane chỉ số nguyên tử carbon còn lại trong phần cấu trúc mạch thẳng; các số 2, 3 chỉ vị trí của nguyên tử carbon liên kết với các nhóm methyl và ethyl.

**2) Naphthene** - còn gọi là Cyclane hoặc Cycloparafin, có công thức hoá học chung là  $C_nH_{2n}$ . Phân tử của naphthene có cấu trúc kiểu mạch vòng, trong vòng đó mỗi nguyên tử C liên kết với 2 nguyên tử C khác bằng mỗi liên kết đơn. Ví dụ :

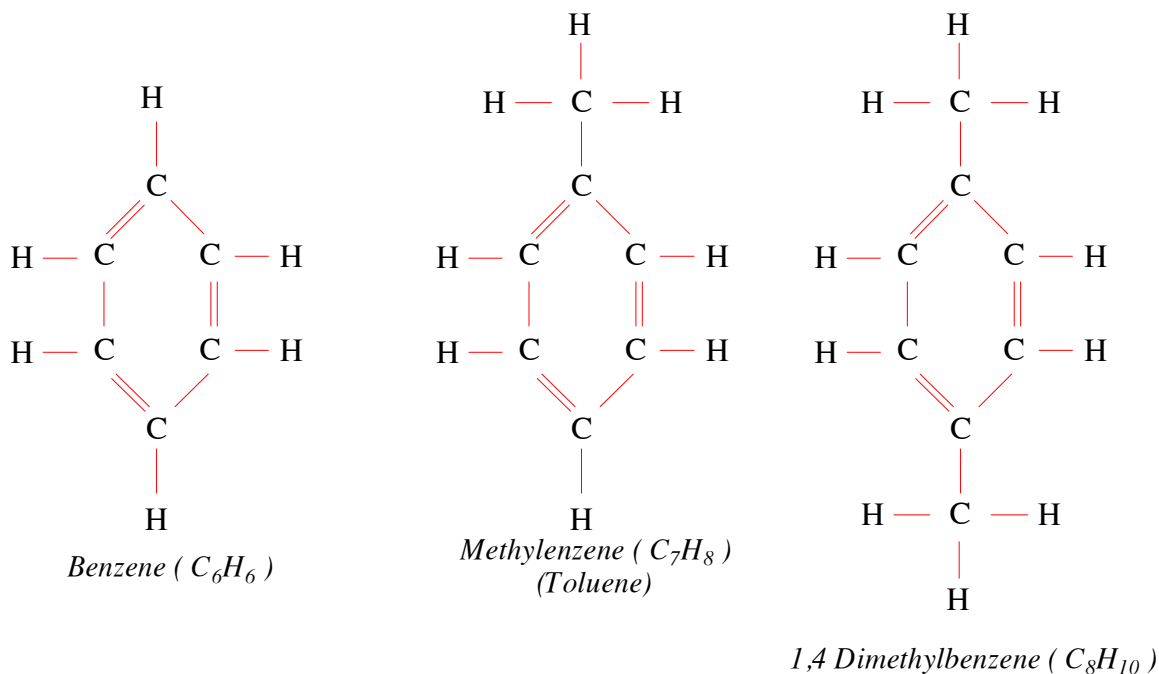


Cyclopropane ( $C_3H_6$ )



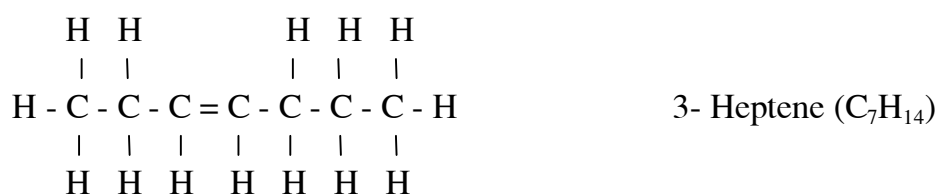
Methylcyclopentane ( $C_6H_{12}$ )

**3) Aromatics** - hydrocarbon có công thức hoá học chung là  $C_nH_{2n-6}$  và cấu trúc phân tử có nhân benzene với 6 nguyên tử C liên kết với nhau bằng 3 liên kết đôi và 3 liên kết đơn. Ví dụ :



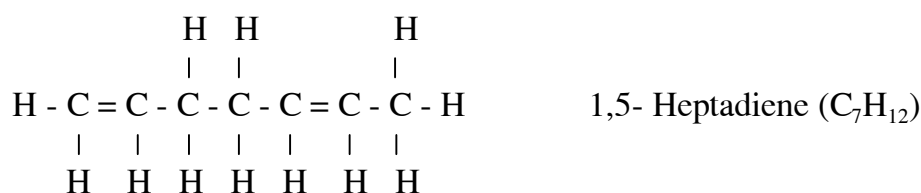
#### 4) Một số loại hydrocarbon khác

**Olefin (C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>)** - có cấu trúc phân tử kiểu mạch thẳng giống như của parafin nhưng có một liên kết đôi giữa 2 nguyên tử C. Với cùng số lượng nguyên tử C, phân tử olefin có số nguyên tử H ít hơn, vì vậy olefin được gọi là hydrocarbon chưa bão hòa. Ví dụ :



Mỗi liên kết đôi có thể nằm ở bất kỳ vị trí nào. Chữ số bên đứng trước tên của olefin chỉ vị trí của mỗi liên kết đôi tính từ phía có số nguyên tử C ít hơn.

**Diolefin (C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub>)** : có cấu trúc phân tử giống như của olefin, nhưng có 2 mỗi liên kết đôi trong mạch thẳng. Ví dụ :





### 3.1.4. QUAN HỆ GIỮA CẤU TRÚC PHÂN TỬ CỦA HYDROCARBON VÀ TÍNH CHỐNG KÍCH NỔ CỦA NHIÊN LIỆU

Cấu trúc phân tử của hydrocarbon có ảnh hưởng rất lớn đến tính chống kích nổ của nhiên liệu.

Cấu trúc phân tử của parafin và tính chống kích nổ có mối quan hệ như sau :

- Mạch carbon càng dài thì tính chống kích nổ càng kém.
- Các nhóm methyl ở vị trí thứ 2 hoặc ở giữa mạch carbon có tác dụng làm tăng tính chống kích nổ.

Một số thí nghiệm cho thấy rằng : các hydrocarbon chưa bão hoà có tính chống kích nổ tốt hơn các hydrocarbon bão hoà tương ứng, trừ các trường hợp ethylene ( $C_2H_4$ ), acetylene ( $C_2H_2$ ) và propylene ( $C_3H_6$ ).

Tính chống kích nổ và cấu trúc phân tử của aromatic và của naphthene có quan hệ như sau :

- Naphthene có tính chống kích nổ kém hơn nhiều so với aromatic tương ứng. Thí dụ cyclohexane ( $C_6H_{12}$ ) có tính chống kích nổ kém hơn benzene ( $C_6H_6$ ).
- Một liên kết đôi có hiệu quả chống kích nổ kém hơn hai hoặc ba liên kết đơn.
- Tăng chiều dài mạch cấu trúc về một phía sẽ làm giảm khả năng chống kích nổ, trong khi phân nhánh cấu trúc lại làm tăng khả năng chống kích nổ.

Nói chung, cấu trúc phân tử của hydrocarbon càng “ chắc ” thì tính chống kích nổ càng cao.

### 3.1.5. THÀNH PHẦN HOÁ HỌC CỦA NHIÊN LIỆU GỐC DẦU MỎ

Nhiên liệu lỏng được chế biến từ dầu mỏ đều có thành phần hoá học chủ yếu là carbon (C) và hydro ( $H_2$ ). Ngoài ra, chúng cũng có thể chứa một số chất khác với hàm lượng rất nhỏ như : lưu huỳnh (S), oxy ( $O_2$ ), v.v. Thành phần hoá học của nhiên liệu lỏng thường được thể hiện như sau :

$$c + h + s + o_f + \dots = 1 \quad [\text{kg}] \quad (3.4)$$

trong đó : c, h, s,  $o_f$  là số phần trăm tính theo khối lượng của các chất carbon, hydro, lưu huỳnh, oxy, v.v. có trong 1 kg nhiên liệu.

Nhiên liệu khí dùng cho ĐCĐT thường là một hỗn hợp các loại khí cháy và khí trơ, ví dụ :  $CH_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $H_2$ , CO,  $CO_2$ ,  $N_2$ , v.v. Người ta thường dùng công thức hoá học của chất khí để thể hiện hàm lượng tính theo % thể tích của chất khí đó và biểu diễn thành phần của 1  $m^3$  hoặc 1 kmol nhiên liệu khí như sau :

$$\Sigma C_n H_m O_r + N_2 = 1 \quad [m^3 \text{ hoặc kmole}] \quad (3.5)$$

### 3.1.6. XĂNG ÔTÔ

#### CÁC CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CỦA XĂNG ÔTÔ

Về lí thuyết, xăng có thể là nhiên liệu cho tất cả các loại động cơ nhiệt như động cơ hơi nước, động cơ diesel, turbine khí, động cơ phản lực, v.v. Tuy nhiên, xuất phát từ tính kinh tế và hiệu quả khai thác kỹ thuật động cơ, cho đến nay xăng được sử dụng chủ yếu cho loại ĐCĐT hình thành hỗn hợp cháy từ bên ngoài và phát hoả bằng tia lửa điện.

Các chỉ tiêu kỹ thuật cơ bản của xăng ô tô bao gồm : tính chống kích nổ, tính hoá hơi, nhiệt trị, hàm lượng tạp chất, hàm lượng nhựa, độ ổn định oxy hoá, tính chống đóng băng, tính chống ăn mòn, v.v. Dưới đây sẽ đề cập đến hai chỉ tiêu có ý nghĩa nhất đối với động cơ xăng hiện nay, đó là : tính chống kích nổ và tính hoá hơi.

#### 1) Tính chống kích nổ

**Tính chống kích nổ** của nhiên liệu là khả năng đảm bảo cho ngọn lửa lan truyền và đốt cháy phân hoà khí phía trước ngọn lửa một cách đều đặn và không có hiện tượng kích nổ (xem mục 5.4.2). Tính chống kích nổ của nhiên liệu có thể được đánh giá bằng nhiều chỉ tiêu khác nhau, ví dụ :

- **Tỷ số nén hữu ích cao nhất** (HUCR - Highest Useful Compression Ratio) - tỷ số nén ở đó xuất hiện kích nổ nghe rõ khi động cơ hoạt động trong điều kiện nhiệt độ xác định, góc đánh lửa sớm và thành phần hoà khí được điều chỉnh để có suất tiêu hao nhiên liệu nhỏ nhất.
- **Tỷ số nén tới hạn** (CCR - Critical Compression Ratio) - tỷ số nén được xác định tương tự như với HUCR, chỉ khác là ở giá trị tại đó bắt đầu xuất hiện kích nổ.
- **Số octane** (Octane Number - ON) - là số % thể tích của chất isooctane ( 2, 2, 4-trimethylpentane  $C_8H_{18}$  ) có trong hỗn hợp với chất n-heptane (  $C_7H_{16}$  ) nếu hỗn hợp này và nhiên liệu thử nghiệm tương đương về tính chống kích nổ.

Hiện nay, số octane là chỉ tiêu đánh giá tính chống kích nổ của nhiên liệu được sử dụng phổ biến nhất ở tất cả các nước. Tùy thuộc vào phương pháp xác định số octane, có thể phân biệt Research Octane Number (RON) , Motor Octane Number Method (MON) ,  $R100^0C$  , Road Octane Number (Road ON) .

Số octan RON và MON được xác định trên một loại động cơ thí nghiệm được tiêu chuẩn hoá bằng cách so sánh tính chống kích nổ của nhiên liệu thí nghiệm với tính chống kích nổ của nhiên liệu chuẩn trong những điều kiện quy ước như nhau.

Trên thị trường hiện nay có nhiều loại động cơ thí nghiệm như : ASTM-CFR (Mỹ), I R-9 (Liên xô), BAST-IG (Đức). Chúng đều có đặc điểm chung là tạo hỗn hợp cháy bằng carburetor, phát hoả bằng tia lửa điện, có tỷ số nén thay đổi được.

Nhiên liệu chuẩn là hỗn hợp của isooctane và n-heptane với những tỷ lệ thể tích khác nhau. Isooctane có tính chống kích nổ tốt, quy ước lấy ON = 100 ; n-heptane có tính chống kích nổ kém, quy ước lấy ON = 0. Khi trộn isooctane với n-heptane theo những tỷ lệ khác nhau, ta được một loạt nhiên liệu chuẩn có tính chống kích nổ khác nhau. Tỷ lệ isooctane trong hỗn hợp càng lớn thì tính chống kích nổ của hỗn hợp càng cao.

Để xác định số octane của nhiên liệu, cho động cơ chạy bằng nhiên liệu thí nghiệm trong các điều kiện quy ước và tăng tỷ số nén cho tới khi xuất hiện kích nổ. Sau đó cho động cơ chạy bằng nhiên liệu chuẩn và xác định loại nhiên liệu chuẩn cũng gây kích nổ ở cùng tỷ số nén đó. Giả sử nhiên liệu chuẩn đó chứa 83 % isooctane và 17 % n-heptane (tính theo thể tích) thì nhiên liệu thí nghiệm có số octane ON = 83.

Số octane yêu cầu ( $ON_R$ ) đảm bảo cho động cơ không bị kích nổ phụ thuộc vào hàng loạt yếu tố như : tỷ số nén của động cơ, đường kính xylanh, vật liệu chế tạo piston và nắp xylanh, phương pháp và chế độ làm mát động cơ, cấu hình của buồng đốt, vị trí đặt buji, chế độ làm việc của động cơ, v.v. Trong số những yếu tố trên, tỷ số nén có ý nghĩa hơn cả và liên quan nhiều đến khả năng xuất hiện kích nổ.

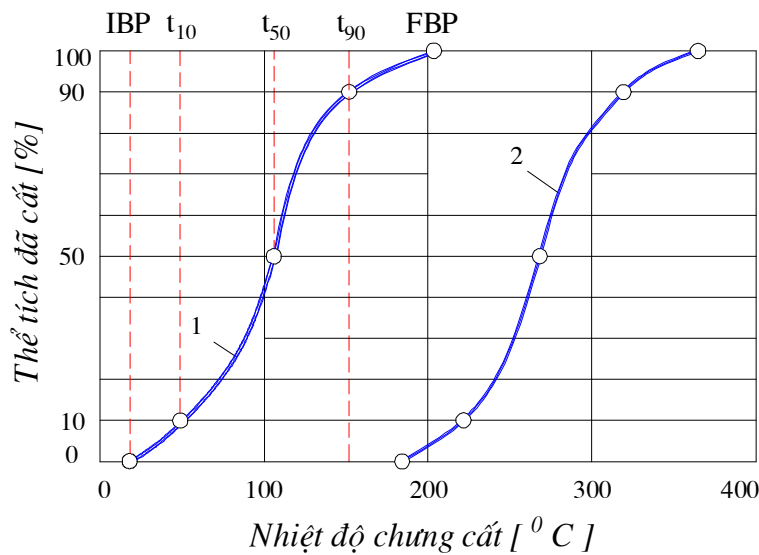
## 2) Tính hoá hơi

Những chất lỏng đơn chất có nhiệt độ sôi cố định, ví dụ : ở áp suất khí quyển tiêu chuẩn, nhiệt độ của nước đang sôi luôn luôn bằng 100 °C, của ethanol là 78 °C, của methanol là 65 °C. Ngược lại, nhiệt độ sôi của hỗn hợp nhiều loại chất lỏng khác nhau sẽ thay đổi trong quá trình sôi. Sở dĩ như vậy là vì mỗi chất lỏng trong hỗn hợp có những tính chất riêng của mình, trong đó có nhiệt độ sôi. Ví dụ : xăng ô tô sôi trong khoảng nhiệt độ 30 ÷ 210 °C ; khi mẫu xăng được gia nhiệt, những phân tử hydrocarbon có nhiệt độ sôi thấp nhất ở trong xăng sẽ sôi khi nhiệt độ của xăng đạt tới 30 °C ; nhiệt độ của xăng tiếp tục được tăng lên và hydrocarbon có nhiệt độ sôi cao hơn sẽ sôi ; số hydrocarbon cuối cùng sẽ sôi khi nhiệt độ của xăng đạt tới 210 °C.

Tính hoá hơi là thuật ngữ được sử dụng để biểu đạt khả năng hoá hơi, phạm vi nhiệt độ sôi và hàm lượng các thành phần có nhiệt độ sôi khác nhau có trong mẫu thử. Chúng ta có thể gặp các thuật ngữ khác có nghĩa tương đương như : độ hoá hơi, thành phần chưng cất, tính hoá hơi cân bằng, v.v. Tính hoá hơi của xăng được đánh giá bằng 2 đại lượng : Áp suất hơi bão hoà và Đường cong chưng cất.

- **Áp suất hơi bão hoà** - là áp suất hơi của chất lỏng ở trạng thái cân bằng giữa thể hơi và thể lỏng được xác định trong những điều kiện quy ước. Trong nhiều tài liệu chuyên ngành, thuật ngữ Reid Vapor Pressure (RVP) được sử dụng thay vì áp suất hơi bão hoà, đó là áp suất hơi bão hoà được xác định ở nhiệt độ 100 °F (37,8 °C) bằng một dụng cụ tiêu chuẩn hoá .

- **Đường cong chưng cất** - đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa số % thể tích mẫu thử đã hoá hơi và nhiệt độ chưng cất.



H. 3-2. Đường cong chưng cất của xăng ô tô (1) và của gas oil (2)

Trong các bảng chỉ tiêu kỹ thuật của nhiên liệu, người ta thường cho giá trị của các điểm đặc trưng của đường cong chưng cất, bao gồm : IBP,  $t_{10}$  ,  $t_{50}$  ,  $t_{90}$  ,  $t_{98}$  và FBP. Tính hoá hơi của xăng có ảnh hưởng đến hàng loạt tính năng của động cơ, như : tính năng khởi động lạnh, tính năng chạy không tải và khởi động nóng, hiện tượng nút hơi, thời gian chạy ấm máy và tăng tốc, lượng tiêu thụ nhiên liệu, mức độ làm loãng dầu bôi trơn, v.v.

- **Ảnh hưởng đến tính năng khởi động lạnh** - Chúng ta biết rằng, để khởi động được động cơ, hoà khí phải có tỷ lệ không khí - hơi nhiên liệu thích hợp và nhiệt độ đủ cao. Khi động cơ ở trạng thái lạnh, phần lớn lượng xăng được hút ra khỏi carburetor bám trên vách ống nạp hoặc tồn tại dưới dạng hạt lỏng và chỉ có một lượng rất nhỏ xăng hoá hơi. Hỗn hợp không khí - hơi xăng được hình thành trong xy lanh có thể quá loãng và không thể bốc cháy được. Xăng có  $t_{10}$  càng cao thì hàm lượng hydrocarbon dễ bay hơi có trong xăng càng ít, do vậy càng khó khởi động động cơ ở trạng thái lạnh.

- **Hiện tượng nút hơi (Vapor Lock)** - là hiện tượng suy giảm lượng xăng cung cấp vào xy lanh của động cơ do có nhiều hơi xăng hình thành trong hệ thống nhiên liệu của động cơ.

Sự xuất hiện hiện tượng nút hơi phụ thuộc rất nhiều vào  $t_{10}$  và RVP của xăng. Nếu xăng có  $t_{10}$  thấp và RVP cao, một lượng hơi xăng đáng kể sẽ hình thành trong bơm xăng và đường ống dẫn xăng. Hơi xăng tích tụ dưới dạng các túi hơi sẽ bị nén rồi lại dẫn nổ trong quá trình bơm xăng hoạt động. Kết quả là lượng xăng thực tế được bơm đi cung cấp cho carburetor sẽ giảm hoặc không có, làm cho động cơ yếu hoặc dừng hẳn.

- **Ảnh hưởng đến chạy không tải và khởi động nóng** - Khi động cơ chạy không tải ở trạng thái nóng, ví dụ : sau một thời gian dài làm việc ở chế độ đầy tải trong thời tiết nóng, nhiệt truyền từ các bộ phận nóng của động cơ đến bơm xăng và carburetor sẽ làm các phần nhẹ của xăng hoá hơi trong buồng phao và trong đường dẫn nhiên liệu. Nếu khả năng thông hơi không tốt, áp suất trong buồng phao tăng cao có thể đẩy xăng qua ống phun chính vào đường ống nạp và tạo ra trong đó hỗn hợp quá đậm có thể làm chết máy và việc khởi động lại cũng khó khăn. Nhiệt độ  $t_{10}$  của xăng càng thấp thì hiện tượng nói trên càng nghiêm trọng.

- **Tốc độ chạy ấm máy và tính năng tăng tốc**

Thời gian chạy ấm máy sẽ được rút ngắn nếu có một lượng xăng đủ lớn bay hơi nhanh ngay sau khi động cơ được khởi động để tăng tải. Tuy nhiên, tính dễ bay hơi của xăng trong giai đoạn chạy ấm cũng không đòi hỏi phải cao như khi khởi động vì điều kiện đảm bảo cho xăng bay hơi trong giai đoạn chạy ấm đã tốt hơn (tốc độ của không khí đi qua carburetor và chuyển động rối trong đường ống nạp cũng như trong xy lanh cao hơn).

Khi muốn tăng tốc động cơ, người điều khiển sẽ mở nhanh bướm ga. Khi đó một lượng lớn không khí sẽ đi vào xy lanh, đồng thời bơm tăng tốc cũng bổ sung thêm xăng vào đường ống nạp. Nếu xăng bay hơi quá nhanh thì hỗn hợp cháy trong xy lanh sẽ quá đậm. Ngược lại, nếu xăng bay hơi chậm thì hỗn hợp cháy có trong xy lanh tại những thời điểm đầu của quá trình tăng tốc sẽ quá loãng. Tiếp theo đó, lượng xăng đã được bơm tăng tốc bổ sung sẽ bay hơi và làm cho hỗn hợp cháy quá đậm. Hỗn hợp cháy quá loãng hoặc quá đậm đều làm cho chất lượng quá trình cháy xấu. Kết quả là động cơ tăng tốc kém hoặc làm việc cứng.

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, phân chưng cất giữa của xăng ( $V\% = 50 \div 70$ ) có ảnh hưởng mạnh nhất đến tốc độ chạy ấm và tính năng tăng tốc.

- **Lượng tiêu thụ nhiên liệu** - Xăng có tính hoá hơi quá kém sẽ làm tăng lượng nhiên liệu cháy sót và suất tiêu thụ nhiên liệu. Ngược lại, xăng càng dễ bay hơi thì lượng xăng thất thoát do bay hơi từ hệ thống nhiên liệu ra ngoài càng nhiều.

- **Mức độ làm loãng dầu bôi trơn** - Nếu xăng có  $t_{90}$  quá cao, tức là chứa nhiều hydrocarbon khó hoá hơi, một phần xăng vào trong xy lanh vẫn ở dạng hạt lỏng. Một phần xăng lỏng bám trên vách xy lanh sẽ rửa trôi lớp dầu bôi trơn, một phần khác lọt qua khe hở giữa piston và xy lanh xuống cacte và làm loãng dầu bôi trơn. Kết quả là cả lượng tiêu thụ nhiên liệu và cường độ hao mòn chi tiết của động cơ đều tăng.

### 3.1.7. NHIÊN LIỆU DIESEL

#### PHÂN LOẠI NHIÊN LIỆU DIESEL

Động cơ diesel có thể chạy bằng nhiều loại nhiên liệu khác nhau, trong đó có cả than đá, khí đốt và nhiên liệu tổng hợp. Tuy nhiên, loại nhiên liệu diesel được sử dụng rộng rãi nhất và hiệu quả nhất hiện nay là một số phân đoạn của dầu mỏ, sau đây gọi chung là nhiên liệu diesel hoặc dầu diesel (Diesel Oil - DO).

Tùy thuộc vào phạm vi nhiệt độ sôi, hàm lượng tạp chất, độ nhớt, v.v. , dầu diesel có nhiều tên gọi khác nhau, như : gas oil, dầu diesel tàu thủy, dầu solar, mazout, dầu nhẹ, dầu nặng, dầu cặn , v.v. Tuy nhiên, để xếp một mẫu dầu diesel vào loại nào, ta phải căn cứ vào chỉ tiêu kỹ thuật của nó được quy định bởi các tổ chức có chức năng tiêu chuẩn hoá (ví dụ : DNQR của Liên xô, ASTM - Mỹ, TCVN - Việt nam, PN - Ba lan, DIN - Đức , v.v ) hoặc của các hãng chế tạo động cơ có danh tiếng. Các chỉ tiêu kỹ thuật thường được thể hiện dưới hình thức một bảng các trị số của các tính chất đặc trưng cho khả năng và hiệu quả sử dụng của một loại nhiên liệu cụ thể vào một mục đích xác định.

Ở Mỹ, ASTM (American Society for Testing and Materials) là cơ quan hàng đầu trong lĩnh vực thiết lập các chỉ tiêu kỹ thuật cũng như phương pháp xác định các chỉ tiêu đó đối với hàng loạt các loại sản phẩm, trong đó có sản phẩm dầu mỏ. Theo ASTM - D975, dầu diesel được chia thành 3 nhóm với ký hiệu No. 1-D , No. 2-D và No. 4-D (Bảng 3-6).

- No. 1-D : nhiên liệu dùng cho động cơ diesel làm việc trong những điều kiện tải và tốc độ quay thường xuyên thay đổi. Loại nhiên liệu này thường là sản phẩm chưng cất trực tiếp từ dầu mỏ.

- No. 2-D : nhiên liệu cho động cơ diesel công nghiệp và động cơ xe cơ giới có chế độ làm việc nặng. Loại này thường chứa sản phẩm chưng cất trực tiếp và sản phẩm cracking.

- No. 4-D : nhiên liệu cho động cơ diesel thấp tốc và trung tốc. Loại nhiên liệu này thường là hỗn hợp của sản phẩm chưng cất trực tiếp hoặc của sản phẩm cracking với dầu cặn.

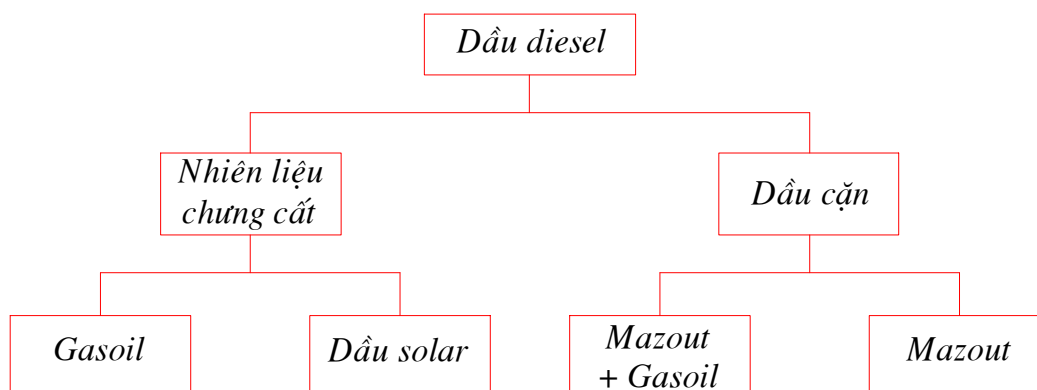
Bảng 3.6. Chỉ tiêu kỹ thuật của nhiên liệu diesel theo ASTM D975

Chỉ tiêu kỹ thuật	Loại nhiên liệu		
	No. 1-D	No. 2-D	No. 4-D
Số cetane , min	40	40	30
Độ nhớt động học ở 40 °C : - min	1,3	1,9	5,5
- max	2,4	4,1	24,0
$t_{90}$ , [°C] : - min	...	282	...
- max	288	238	...

Bảng 3-7. Nhiên liệu diesel - PETROLIMEX

Chỉ tiêu kỹ thuật	Mức quy định	
1. Số cetane, min	45	48
2. Thành phần chưng cất, [°C] : - t <sub>50</sub> , max	290	270
- t <sub>90</sub> , max	370	350
3. Độ nhớt ở 40 °C, [mm <sup>2</sup> /s]	1,8 – 5,0	1,8 – 5,0
4. Nhiệt độ chớp lửa cốc kín, [°C] , min	60	60
5. Nhiệt độ đông đặc [°C] , max	9	5
6. Hàm lượng tro , [% wt] , max	0,02	0,01
7. Hàm lượng nước , [% vol.] ,	0,05	0,05
8. Hàm lượng lưu huỳnh , [% wt] , max	1,0	0,5
9. Khối lượng riêng ở 20 °C, [g/cm <sup>3</sup> ] , max	0,87	0,87
10. Ăn mòn đồng, [3 h/50 °C] , max	N-1	N-1
11. Màu (ASTM. D1500) , max	N-2	N-2

Từ góc độ của người khai thác kỹ thuật động cơ, có thể phân nhiên liệu diesel gốc dầu mỏ thành 2 nhóm : nhiên liệu chưng cất và dầu nặng (H. 3-3).



H. 3-3. Phân loại nhiên liệu diesel gốc dầu mỏ

**Nhiên liệu chưng cất** (còn gọi là **nhiên liệu nhẹ**) chỉ chứa các phân đoạn dầu mỏ được chưng cất trong phạm vi nhiệt độ từ 180 ÷ 400 °C. **Dầu cặn** (còn gọi là **dầu nặng**) có thể là mazout thuần túy hoặc là hỗn hợp của mazout với gas oil. Trong số dầu diesel thông dụng, gas oil là loại có độ nhớt, mật độ và hàm lượng tạp chất thấp nhất ; còn mazout có độ nhớt, mật độ và hàm lượng tạp chất cao nhất. Động cơ chạy bằng nhiên liệu chưng cất chỉ cần được trang bị hệ thống lọc thông dụng , như lọc bằng nỉ, bằng

giấy hoặc lọc kiểu khe hở . Khi chạy bằng dầu cặn, động cơ cần được trang bị hệ thống xử lý nhiên liệu thích hợp như thiết bị sấy nóng, thiết bị rửa, thiết bị lọc ly tâm, v.v. để làm giảm độ nhớt và loại bỏ tạp chất trước khi đưa nhiên liệu đến bơm cao áp.

Gas oil là loại nhiên liệu thích hợp nhất cho động cơ diesel hiện nay. Tuy nhiên, cho đến nay, gas oil được sử dụng chủ yếu cho động cơ diesel cao tốc. Để giảm chi phí khai thác đối với hầu hết động cơ diesel thấp tốc và công suất lớn, người ta chỉ sử dụng gas oil ở một số chế độ đặc biệt như khởi động, chạy ấm, cơ động (maneuver) ; ở phần lớn thời gian hoạt động còn lại, động cơ chạy bằng dầu cặn có giá thành thấp hơn. Dầu solar (còn gọi là dầu diesel tàu thủy - Marine Diesel Oil ) được sử dụng chủ yếu cho động cơ diesel trung hoặc thấp tốc.

## CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CỦA NHIÊN LIỆU DIESEL

Các chỉ kỹ thuật quan trọng của nhiên liệu diesel bao gồm : nhiệt trị, tính tự bốc cháy, hàm lượng tạp chất và độ nhớt.

### **1) Độ nhớt**

**Độ nhớt** của nhiên liệu diesel có ảnh hưởng chủ yếu đến chất lượng quá trình phun nhiên liệu. Độ nhớt quá cao làm cho các tia nhiên liệu khó phân tán thành các hạt nhỏ và có thể bám trên thành xylanh. Ngược lại, độ nhớt quá thấp lại làm cho các tia nhiên liệu quá ngắn, không bao trùm hết không gian của buồng đốt. Cả hai trường hợp trên đều dẫn đến chất lượng quá trình tạo hỗn hợp cháy không cao, lượng nhiên liệu cháy sót và cháy không hoàn toàn tăng. Ngoài ra, độ nhớt của nhiên liệu quá thấp có thể ảnh hưởng xấu đến chất lượng định lượng và định thời của hệ thống phun do làm tăng mức độ rò rỉ tại các cặp siêu chính xác của bơm cao áp và vòi phun , đồng thời tăng cường mài mòn của các chi tiết chuyển động được bôi trơn bằng nhiên liệu.

Mặc dù không phải là một chỉ tiêu kỹ thuật có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng hoạt động của động cơ, nhưng người ta thường căn cứ vào độ nhớt để phân loại dầu diesel nặng. Sở dĩ như vậy là vì :

- Độ nhớt là một đại lượng dễ xác định.
- Độ nhớt có liên quan đến nhiều tính chất khác của dầu diesel. Ví dụ : nếu nhiên liệu nặng có độ nhớt dưới 3500 sec Redwood, thì số cetane thường cao hơn 25 và hàm lượng tạp chất cũng thường thấp hơn mức quy định. Như vậy, trong trường hợp không có đủ tư liệu cần thiết, có thể xếp loại dầu diesel với độ chính xác nhất định nếu biết độ nhớt của nó.



## 2) Tính tự bốc cháy

**Tính tự bốc cháy** của nhiên liệu là tính chất liên quan đến khả năng tự phát hoả khi hỗn hợp nhiên liệu - không khí chịu tác dụng của áp suất và nhiệt độ đủ lớn.

Để định lượng tính tự bốc cháy của nhiên liệu, có thể sử dụng các đại lượng dưới đây :

- **Thời gian chậm cháy** ( $\tau_i$ ) - ( Ignition Lag -  $\tau_i$ ) là khoảng thời gian tính từ thời điểm hỗn hợp cháy chịu tác dụng của áp suất và nhiệt độ đủ lớn đến thời điểm xuất hiện những trung tâm cháy đầu tiên. Trong trường hợp động cơ diesel, thời gian chậm cháy ( $\tau_i$ ) được tính từ thời điểm nhiên liệu bắt đầu được phun vào buồng đốt đến thời điểm nhiên liệu phát hoả .

Nhiên liệu có tính tự bốc cháy càng cao thì thời gian chậm cháy ( $\tau_i$ ) càng ngắn, và ngược lại. Thời gian chậm cháy là đại lượng phản ánh tính tự bốc cháy của nhiên liệu diesel theo cách mà chúng ta mong muốn nhất, bởi vì nó có ảnh hưởng mạnh và trực tiếp đến toàn bộ diễn biến và chất lượng của quá trình cháy ở động cơ diesel. Tuy nhiên, thời gian chậm cháy của nhiên liệu diesel ở động cơ thực tế chỉ kéo dài từ vài phần vạn đến vài phần ngàn của một giây . Đo trực tiếp một khoảng thời gian ngắn như vậy là một việc rất khó, cho nên người ta đã sử dụng một số đại lượng khác để đánh giá tính tự bốc cháy trên cơ sở các tính chất lý-hoá của nhiên liệu có liên quan mật thiết với thời gian chậm cháy, hoặc so sánh tính tự bốc cháy của mẫu thử và của nhiên liệu chuẩn.

- **Hàng số Độ nhớt -Tỷ trọng** - (Viscosity Gravity Number - VG) là một thông số được tính toán trên cơ sở độ nhớt và tỷ trọng của dầu diesel . Tùy thuộc vào đơn vị được chọn của độ nhớt , của tỷ trọng và quan điểm của tác giả , công thức tính VG có những dạng khác nhau. Ví dụ , theo [5] , giữa độ nhớt, tỷ trọng và hàng số độ nhớt-tỷ trọng có mối quan hệ như sau :

$$d = 1.0820 VG + (0.776 - 0.72 VG) [\log \log (v - 4)] - 0.0887 \quad (3.6)$$

trong đó : d - tỷ trọng ở 60 °F,

v - độ nhớt động học ở 100 °F , [mSt],

VG - hàng số độ nhớt-tỷ trọng.

- **Chỉ số diesel** - ( Diesel Index - DI ) là thông số được tính toán trên cơ sở tỷ trọng và điểm aniline của nhiên liệu theo công thức [5] :

$$DI = {}^{\circ}A . 0,01 {}^{\circ}API \quad (3.7)$$

trong đó :  ${}^{\circ}A$  - điểm aniline, [°F],

${}^{\circ}API$  - tỷ trọng tính theo thang API.

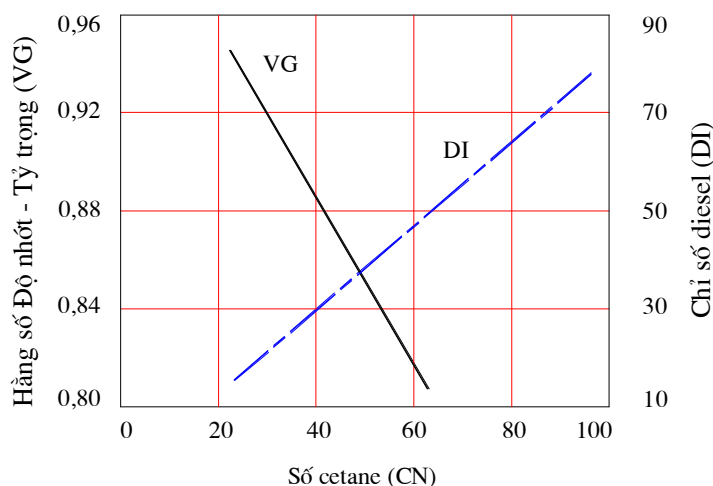
Bởi vì độ nhớt, tỷ trọng và điểm aniline đều là những đại lượng có quan hệ chặt chẽ với thành phần hoá học của dầu diesel xét từ góc độ hàm lượng các nhóm hydrocarbon, nên hằng số độ nhớt-tỷ trọng và chỉ số diesel sẽ phản ánh tính tự bốc cháy của nhiên liệu. Khi được xác định bằng công thức (4.3) và (4.4), VG càng nhỏ thì thời gian chậm cháy càng ngắn, tính tự bốc cháy càng cao; ngược lại, DI càng nhỏ thì thời gian chậm cháy càng dài.

- **Số cetane** - (Cetane Number - CN) là đại lượng đánh giá tính tự bốc cháy của nhiên liệu bằng cách so sánh nó với nhiên liệu chuẩn. Về trị số, đó là số phần trăm thể tích của chất n-cetane ( $C_{16}H_{34}$ ) có trong hỗn hợp với chất  $\alpha$ -methylnaphthalen ( $C_{10}H_7CH_3$ ) nếu hỗn hợp này tương đương với nhiên liệu thí nghiệm về tính tự bốc cháy. Nhiên liệu chuẩn là hỗn hợp với những tỷ lệ thể tích khác nhau của n- $C_{16}H_{34}$  và  $\alpha$ - $C_{10}H_7CH_3$ . n- $C_{16}H_{34}$  là một hydrocarbon loại parafin thường có tính tự bốc cháy rất tốt, người ta quy ước số cetane của nó bằng 100; còn  $\alpha$ - $C_{10}H_7CH_3$  là một hydrocarbon thơm, chứa một nhóm methyl trộn lẫn với các nguyên tử hydrogen  $\alpha$ , khó tự bốc cháy, có số cetane quy ước bằng 0.

Phương pháp xác định số cetane được áp dụng phổ biến hiện nay là so sánh tỷ số nén tối hạn ( $\epsilon_{th}$ ) của nhiên liệu thí nghiệm và của nhiên liệu chuẩn trên một loại động cơ thí nghiệm đã được tiêu chuẩn hoá và hoạt động ở một chế độ quy ước.

Trên thị trường hiện nay có nhiều loại động cơ thí nghiệm được sử dụng để xác định tính tự bốc cháy của nhiên liệu, như I R 9-3, I R 9-3 M (Liên xô), CFR (Mỹ), v.v. Khi thí nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM D613-61T, điều kiện hoạt động của động cơ như sau:

Tốc độ quay : 900 rpm  
 Góc phun sớm nhiên liệu :  $13^\circ$   
 Nhiệt độ nước làm mát :  $212^\circ F$   
 Nhiệt độ không khí nạp :  $150^\circ F$ .



H. 3-4. Quan hệ giữa VG, DI và CN

Tính tự bốc cháy của nhiên liệu có ảnh hưởng trực tiếp đến diễn biến quá trình cháy ở động cơ diesel và qua đó ảnh hưởng đến các chỉ tiêu chất lượng của động cơ. Thời gian chậm cháy dài sẽ dẫn đến hàng loạt hậu quả sau đây :

- Làm tăng phụ tải cơ học tác dụng lên cơ cấu truyền lực của động cơ do lượng nhiên liệu tập trung trong giai đoạn chậm cháy nhiều hơn dẫn đến tăng tốc độ tăng áp suất ( $w_p$ ) và áp suất cháy cực đại ( $p_z$ ).
- Làm giảm công suất và hiệu suất của động cơ do lượng nhiên liệu cháy rất tăng.

Động cơ diesel có tốc độ quay càng cao thì yêu cầu nhiên liệu phải có tính tự bốc cháy càng tốt. Động cơ cao tốc hiện nay yêu cầu nhiên liệu phải có CN  $\geq 45$  ; động cơ trung tốc - CN  $\geq 35$  ; động cơ thấp tốc - CN  $\geq 25$ . Trong một số trường hợp, người ta đã sử dụng các phụ gia để nâng cao tính tự bốc cháy của nhiên liệu diesel.

Bảng 3-8. Ảnh hưởng của một số chất phụ gia đến tính tự bốc cháy của nhiên liệu

Chất phụ gia	Hàm lượng chất phụ gia ( % wt) và mức độ tăng tính tự bốc cháy			
	1 %	2 %	3 %	4 %
Acetone peroxide	14	21	27	33
Ethyl nitrate	12	18	23	28
Isoamyl nitrate	11	19	24	29

### 3.3. TÍNH MÔI CHẤT CÔNG TÁC

Môi chất công tác (MCCT) là những chất tham gia vào quá trình đốt cháy nhiên liệu, sau đó tiếp nhận nhiệt năng sinh ra trong quá trình nhiên liệu cháy và dẫn nổ để tạo ra cơ năng. Tính MCCT là một trong những công đoạn đầu tiên trong quy trình tính toán và thiết kế ĐCĐT. Thông thường, người ta xác định số lượng MCCT cần thiết tương ứng với 1 đơn vị số lượng nhiên liệu - 1 kg nhiên liệu lỏng hoặc 1 kmol (hoặc 1 m<sup>3</sup>) nhiên liệu khí.

#### 3.3.1. LƯỢNG KHÔNG KHÍ

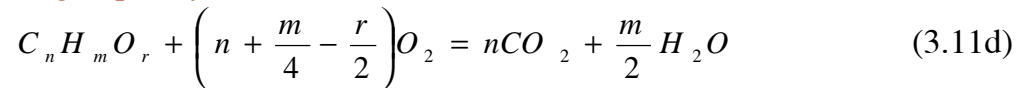
Không khí được đưa vào không gian công tác của ĐCĐT nhằm 2 mục đích : đốt cháy nhiên liệu và quét buồng đốt.

Lượng không khí cần thiết để đốt cháy một đơn vị số lượng nhiên liệu được xác định trên cơ sở cân bằng khối lượng các phương trình phản ứng hoá học mô tả quá trình cháy nhiên liệu như sau :

- Trường hợp cháy hoàn toàn nhiên liệu lỏng :

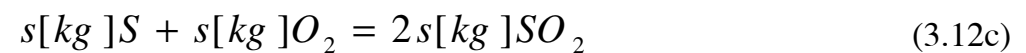
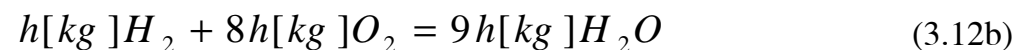
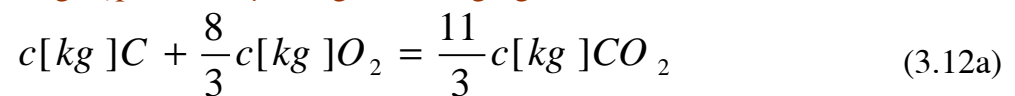


- Trường hợp cháy hoàn toàn nhiên liệu khí :

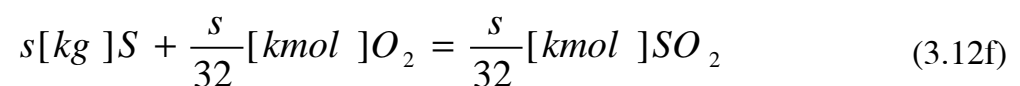
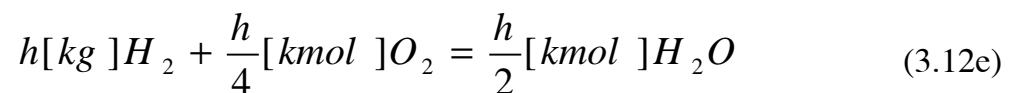
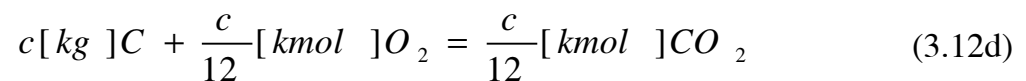


Nếu kí hiệu c, h, s và o<sub>r</sub> là hàm lượng tính theo khối lượng của carbon (C), hydro (H<sub>2</sub>), lưu huỳnh (S) và oxy (O<sub>2</sub>) có trong nhiên liệu lỏng ; kí hiệu C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>O<sub>r</sub> là hàm lượng tính theo thể tích của mỗi loại khí có trong nhiên liệu khí, ta có các phương trình cân bằng khối lượng các phương trình phản ứng hoá học (3.11) như sau :

- Trường hợp nhiên liệu lỏng tính bằng kg :



- Đối với nhiên liệu lỏng tính bằng kmol :



- Đối với nhiên liệu khí :

$$1[\text{kmol}]C_nH_mO_r + \left( n + \frac{m}{4} - \frac{r}{2} \right) [\text{kmol}]O_2 = n[\text{kmol}]CO_2 + \frac{m}{2}[\text{kmol}]H_2O \quad (3.12g)$$

Từ các phương trình (3.11) ta có :

- Số kg oxy lí thuyết cần thiết để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu lỏng :

$$O_0 = \frac{8}{3}c + 8h + s - o_f \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.13a)$$

- Số kmol oxy lí thuyết cần thiết để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu lỏng :

$$O_0 = \frac{c}{12} + \frac{h}{4} + \frac{s}{32} - \frac{o_f}{32} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.13b)$$

- Số kmol oxy lí thuyết cần thiết để đốt cháy hoàn toàn 1 kmol nhiên liệu khí :

$$O_0 = \sum \left( n + \frac{m}{4} - \frac{r}{2} \right) C_nH_mO_r \quad [\text{kmol/kmol}] \quad (3.13c)$$

Vì hàm lượng của oxy trong không khí là 0,23 % tính theo khối lượng hoặc 21 % tính theo thể tích, ta có :

- Số kg không khí lí thuyết cần thiết để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu ( $L_0$ )

$$L_0 = \frac{1}{0,23} \cdot \left( \frac{8}{3} \cdot c + 8 \cdot h + s - o_f \right) \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.14)$$

- Số kmol không khí lí thuyết cần thiết để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu ( $M_0$ )

- Đối với nhiên liệu lỏng

$$M_0 = \frac{1}{0,21} \cdot \left( \frac{c}{12} + \frac{h}{4} + \frac{s}{32} - \frac{o_f}{32} \right) \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.15a)$$

- Đối với nhiên liệu khí :

$$M_0 = \frac{1}{0,21} \sum \left( n + \frac{m}{4} - \frac{r}{2} \right) C_nH_mO_r \quad [\text{kmol/kmol}] \quad (3.15b)$$

Để đảm bảo cho nhiên liệu được đốt cháy hoàn toàn thì lượng không khí thực tế nạp vào không gian công tác của xy lanh phải bằng hoặc lớn hơn lượng không khí lý thuyết cần thiết ( $L_0$ ) được xác định bằng phương pháp trình bày ở trên. Mặt khác, trong hoạt động thực tế của động cơ xăng và động cơ ga, có những chế độ làm việc yêu cầu  $L < L_0$ . Như vậy,  $L$  có thể lớn hơn, bằng hoặc nhỏ hơn  $L_0$ . Để đánh giá mức độ khác nhau giữa  $L$  và  $L_0$ , người ta dùng đại lượng có tên gọi là **Hệ số dư lượng không khí** ( $\lambda$ ) (xem mục 5.3) và lượng không khí thực tế cần thiết được xác định như sau :

- Số kg không khí thực tế cần thiết để đốt cháy 1 kg nhiên liệu ( $L$ )

$$L = \lambda \cdot L_0 \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.16)$$

- Số kmol không khí thực tế cần thiết để đốt cháy 1 kg nhiên liệu ( $M$ )

$$M = \lambda \cdot M_0 \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.17)$$

### 3.3.2. LƯỢNG HỖN HỢP KHÍ CÔNG TÁC

- Số kg hỗn hợp cháy ứng với 1 kg nhiên liệu ( $L_1$ )

$$L_1 = 1 + \lambda \cdot L_0 \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.18)$$

- Số kmol hỗn hợp cháy ứng với 1 đơn vị số lượng nhiên liệu ( $M_1$ )

Hỗn hợp cháy (HHC) bao gồm không khí và nhiên liệu. Ở động cơ diesel chạy bằng nhiên liệu lỏng, hỗn hợp cháy được hình thành bên trong không gian công tác của xy lanh khi nhiên liệu được phun vào ở cuối hành trình nén. Thể tích nhiên liệu lỏng là rất nhỏ so với thể tích của không khí nên khi tính số kmol HHC ở động cơ diesel chạy bằng nhiên liệu lỏng, người ta thường bỏ qua thể tích của nhiên liệu. Với giả định như vậy, số kmol HHC ứng với 1 kg nhiên liệu lỏng ở động cơ diesel được coi như bằng số kmol không khí :

$$M_1 = \lambda \cdot M_0 \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.19a)$$

Ở động cơ xăng, HHC được hình thành từ bên ngoài không gian công tác của xy lanh, nên nếu xét về thể tích, ngoài thể tích không khí còn có thể tích hơi của 1 kg nhiên liệu, vì vậy :

$$M_1 = I \cdot M_0 + \frac{1}{m_f} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.19b)$$

trong đó,  $\mu_f$  là phân tử lượng của nhiên liệu.

Trong trường hợp động cơ chạy bằng nhiên liệu khí,  $M_1$  được xác định bằng công thức :

$$M_1 = 1 + \lambda \cdot M_0 \quad [\text{kmol/kmol}] \quad (3.19c)$$

- Số kmol MCCT tại thời điểm đầu quá trình nén ( $M_a$ ) - MCCT tại thời điểm cuối quá trình nén bao gồm HHC và khí sót, như vậy :

$$M_a = M_1 + M_r = M_1 (1 + \gamma_r) \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.20)$$

- Số kmol MCCT tại thời điểm cuối quá trình nén ( $M_c$ ) - MCCT tại thời điểm cuối quá trình nén ( $M_c$ ) cũng bao gồm HHC và khí sót, nhưng có số lượng nhỏ hơn lượng MCCT tại thời điểm đầu quá trình nén ( $M_a$ ) do lọt khí qua khe hở giữa piston và xylanh. Tuy nhiên, lượng khí lọt thường rất nhỏ trong trường hợp động cơ có tình trạng kỹ thuật tốt, nên khi thiết kế sơ bộ có thể coi  $M_c = M_a$  :

$$M_c = M_1 (1 + \gamma_r) \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.21)$$

### 3.3.3. LƯỢNG SẢN PHẨM CHÁY TRONG TRƯỜNG HỢP CHÁY HOÀN TOÀN

Khi tính toán MCCT, nhiên liệu được coi là sẽ cháy hoàn toàn khi có đủ hoặc dư không khí ( $\lambda \geq 1$ ) và cháy không hoàn toàn khi  $\lambda < 1$ .

Sản phẩm cháy hoàn toàn bao gồm dioxide carbon ( $\text{CO}_2$ ), hơi nước ( $\text{H}_2\text{O}$ ), oxyt lưu huỳnh ( $\text{SO}_2$ ), oxy dư ( $\text{O}_2$ ) và nitơ có trong không khí ( $\text{N}_2$ ). Kí hiệu  $M_2$  là số kmol sản phẩm cháy,  $M_{\text{CO}_2}$ ,  $M_{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $M_{\text{SO}_2}$ ,  $M_{\text{O}_2}$ ,  $M_{\text{N}_2}$  là số kmol các chất khí  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_2$  và  $\text{N}_2$  có trong sản phẩm cháy ứng với 1 đơn vị số lượng nhiên liệu, căn cứ vào phương trình (3.12) ta có :

- **Đối với nhiên liệu lỏng**

$$M_{\text{CO}_2} = \frac{c}{12} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.22a)$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{h}{2} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.22b)$$

$$M_{\text{SO}_2} = \frac{s}{32} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.22c)$$

$$M_{\text{O}_2} = 0,21 \cdot (I - 1) \cdot M_0 \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.22d)$$

$$M_{\text{N}_2} = 0,79 \cdot I \cdot M_0 \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.22e)$$

$$(M_2)_{I \geq 1} = \sum M_i = I \cdot M_0 + \frac{h}{4} + \frac{o_f}{32} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.23)$$

- **Đối với nhiên liệu khí**

$$M_{\text{CO}_2} = \sum n \cdot C_n H_m O_r \quad [\text{kmol/kmol}] \quad (3.24a)$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = \sum \frac{m}{2} \cdot C_n H_m O_r \quad [\text{kmol/kmol}] \quad (3.24b)$$

$$M_{O_2} = 0,21 \cdot (I - 1) \cdot M_0 \quad [\text{kmol/kmol}] \quad (3.24c)$$

$$M_{N_2} = 0,79 \cdot I \cdot M_0 + N_2 \quad [\text{kmol/kmol}] \quad (3.24d)$$

trong đó  $N_2$  là hàm lượng tính theo thể tích của nitơ có trong nhiên liệu khí.

$$(M_2)_{I \geq 1} = 1 + I \cdot M_0 + \sum \left( \frac{m}{4} + \frac{r}{2} - 1 \right) \cdot C_n H_m O_r \quad (3.25)$$

### 3.3.4. LƯỢNG SẢN PHẨM CHÁY TRONG TRƯỜNG HỢP CHÁY KHÔNG HOÀN TOÀN

Trong trường hợp  $\lambda < 1$ , do thiếu oxy nên một phần C và  $H_2$  không được oxy hoá hoàn toàn thành  $CO_2$  và  $H_2O$  và trong sản phẩm cháy sẽ có thêm CO và  $H_2$ . Kết quả phân tích thành phần sản phẩm cháy không hoàn toàn ở ĐCĐT cho thấy rằng : tỷ số giữa hàm lượng hydro chưa cháy ( $M_{H_2}$ ) và hàm lượng oxyt carbon ( $M_{CO}$ ) có trong sản phẩm cháy hầu như không đổi và không phụ thuộc vào hệ số dư lượng không khí ( $\lambda$ ). Kí hiệu tỷ số này là K, ta có :

$$K = \frac{M_{H_2}}{M_{CO}} \quad (3.26)$$

Trị số của K phụ thuộc chủ yếu vào tỷ số giữa hàm lượng hydro (h) và hàm lượng carbon (c) của nhiên liệu.  $K \approx 0,3$  với nhiên liệu có  $h/c = 0,13$  ;  $K = 0,45 \div 0,50$  với nhiên liệu có  $h/c = 0,17 \div 0,19$ .

- Lượng  $CO_2$  và CO

Phương trình phản ứng hoá học giữa C và  $O_2$  và phương trình cân bằng khối lượng trong điều kiện thiếu oxy có dạng như sau :

$$2C + O_2 = 2CO \quad (3.27a)$$

$$24[\text{kg}]C + 32[\text{kg}]O_2 = 56[\text{kg}]CO \quad (3.27b)$$

$$24[\text{kg}]C + 1[\text{kmol}]O_2 = 2[\text{kmol}]CO \quad (3.27c)$$

$$1[\text{kg}]C + \frac{4}{3}[\text{kg}]O_2 = \frac{7}{3}[\text{kg}]CO \quad (3.27d)$$

$$1[\text{kg}]C + \frac{1}{24}[\text{kmol}]O_2 = \frac{1}{12}[\text{kmol}]CO \quad (3.27e)$$

Kí hiệu  $\varphi_C$  là phần carbon bị oxy hoá thành CO, ta có :

$$j_C \cdot c[\text{kg}]C + \frac{4}{3}j_C \cdot c[\text{kg}]O_2 = \frac{7}{3}j_C \cdot c[\text{kg}]CO \quad (3.28a)$$

$$\text{hoặc } j_C \cdot c[\text{kg}]C + \frac{j_C \cdot c}{24}[\text{kmol}]O_2 = \frac{j_C \cdot c}{12}[\text{kg}]CO \quad (3.28b)$$



Khi toàn bộ số C trong nhiên liệu cháy thành CO<sub>2</sub> và CO thì từ các phương trình (3.12d) và (3.28b), tổng số sản phẩm cháy C sẽ là :

$$M_{CO_2} + M_{CO} = \frac{c}{12}(1 - j_c) + \frac{j_c \cdot c}{12} = \frac{c}{12} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.29)$$

• **Lượng H<sub>2</sub>O và H<sub>2</sub>**

Kí hiệu φ<sub>H</sub> là phần H<sub>2</sub> chưa cháy và (1 - φ<sub>H</sub>) là phần H<sub>2</sub> cháy thành H<sub>2</sub>O, từ phương trình (3.12e) ta có :

$$(j_H - 1) \cdot h[\text{kg}]H_2 + \frac{1 - j_H}{4} \cdot h[\text{kmol}]O_2 = \frac{1 - j_H}{2} \cdot h[\text{kmol}]H_2O \quad (3.30)$$

Lượng H<sub>2</sub> có trong sản phẩm cháy :

$$M_{H_2} = \frac{j_H}{2} \cdot h \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.31)$$

Tổng lượng H<sub>2</sub>O và H<sub>2</sub> có trong sản phẩm cháy :

$$M_{H_2O} + M_{H_2} = \frac{1 - j_H}{2} \cdot h + \frac{j_H}{2} \cdot h = \frac{h}{2} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.32)$$

• **Tổng lượng sản phẩm cháy trong trường hợp cháy không hoàn toàn**

$$\begin{aligned} (M_2)_{I < 1} &= M_{CO_2} + M_{CO} + M_{H_2O} + M_{H_2} + M_{N_2} \\ &= \frac{c}{12} + \frac{h}{2} + 0,79 \cdot l \cdot M_0 \quad [\text{kmol/kg}] \end{aligned} \quad (3.33)$$

• **Lượng oxy cần thiết trong trường hợp cháy không hoàn toàn**

$$\text{Để đốt cháy C thành CO}_2 : \quad (1 - j_c) \cdot \frac{c}{12} = M_{CO_2} \quad (3.34a)$$

$$\text{Để đốt cháy C thành CO :} \quad \frac{j_c \cdot c}{24} = \frac{M_{CO}}{2} \quad (3.34b)$$

$$\text{Để đốt cháy H}_2 : \quad (1 - j_H) \cdot \frac{h}{4} = \frac{M_{H_2O}}{2} \quad (3.34c)$$

• **Tổng lượng oxy cần thiết**

$$\begin{aligned} M_{CO_2} + \frac{M_{CO}}{2} + \frac{M_{H_2O}}{2} &= 0,21 \cdot l \cdot M_0 + \frac{o_f}{32} \\ &= l \cdot \left( \frac{c}{12} + \frac{h}{4} - \frac{o_f}{32} \right) + \frac{o_f}{32} \end{aligned} \quad (3.35)$$

• **Hàm lượng các chất khí có trong sản phẩm cháy**

Từ phương trình (3.26), (3.29) và (3.32) :

$$M_{CO_2} = \frac{c}{12} - M_{CO} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.36)$$

$$M_{H_2O} = \frac{h}{2} - M_{H_2} = \frac{h}{2} - K \cdot M_{CO} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.37)$$

Thay (3.36) và (3.37) vào (3.35) ta có :

$$\frac{c}{12} - M_{CO} + \frac{M_{CO}}{2} + \frac{1}{2} \left( \frac{h}{2} - K \cdot M_{CO} \right) = I \cdot \left( \frac{c}{12} + \frac{h}{4} - \frac{o_f}{32} \right) + \frac{o_f}{32}$$

hoặc

$$\frac{c}{12} + \frac{h}{4} - \frac{o_f}{32} - I \cdot \left( \frac{c}{12} + \frac{h}{4} - \frac{o_f}{32} \right) = \frac{M_{CO}}{2} \cdot (1 + K) \quad (3.38)$$

hoặc

$$0,21(1 - I) \cdot M_0 = \frac{M_{CO}}{2} \cdot (1 + K) \quad (3.39)$$

Từ các phương trình (3.26), (3.36), (3.37) và (3.39) ta có :

$$M_{CO} = 0,42 \cdot \frac{1 - I}{1 + K} \cdot M_0 \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.40)$$

$$M_{CO_2} = \frac{c}{12} - 0,42 \cdot \frac{1 - I}{1 + K} \cdot M_0 \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.41)$$

$$M_{H_2} = 0,42 \cdot K \cdot \frac{1 - I}{1 + K} \cdot M_0 \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.42)$$

$$M_{H_2O} = \frac{h}{2} - 0,42 \cdot K \cdot \frac{1 - I}{1 + K} \cdot M_0 \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.43)$$

$$M_{N_2} = 0,79 \cdot I \cdot M_0 \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.44)$$

### 3.3.5. HỆ SỐ BIẾN ĐỔI PHÂN TỬ

So sánh các biểu thức (3.19) với (3.23), (3.25) và (3.33) ta thấy rằng số kmol sản phẩm cháy ( $M_2$ ) và số kmol hỗn hợp cháy ( $M_1$ ) không bằng nhau. Nếu kí hiệu  $\Delta M$  là đại lượng đánh giá sự thay đổi số kmol của MCCT do nhiên liệu cháy, ta có :

**Đối với động cơ diesel, từ biểu thức (3.19a) và (3.23) :**

$$\begin{aligned}\Delta M &= (M_2)_{l>1} - M_1 = l \cdot M_0 + \frac{h}{4} + \frac{o_f}{32} - l \cdot M_0 \\ &= \frac{h + \frac{o_f}{8}}{4} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.45a)\end{aligned}$$

**• Đối với động cơ xăng khi  $l > 1$ , từ biểu thức (3.19b) và (3.23) :**

$$\begin{aligned}\Delta M &= (M_2)_{l>1} - M_1 = l \cdot M_0 + \frac{h}{4} + \frac{o_f}{32} - \left( l \cdot M_0 + \frac{1}{m_f} \right) \\ &= \frac{h + \frac{o_f}{8}}{4} - \frac{1}{m_f} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.45b)\end{aligned}$$

**• Đối với động cơ xăng khi  $l < 1$ , từ biểu thức (3.19b) và (3.33) :**

$$\begin{aligned}\Delta M &= (M_2)_{l<1} - M_1 = \frac{c}{12} + \frac{h}{2} + 0,79 \cdot l \cdot M_0 - \left( l \cdot M_0 + \frac{1}{m_f} \right) \\ &= 0,21 \cdot (1 - l) \cdot M_0 + \frac{h + \frac{o_f}{8}}{4} - \frac{1}{m_f} \quad [\text{kmol/kg}] \quad (3.45c)\end{aligned}$$

Các biểu thức (3.45a), (3.45b) và (3.45c) cho thấy rằng : khi đốt cháy nhiên liệu lỏng, số kmol (phân tử) sản phẩm cháy nhiều hơn so với số kmol hỗn hợp cháy ( $\Delta M > 0$ ). Hiện tượng này làm tăng áp suất sau khi cháy nếu giữ thể tích không đổi hoặc làm tăng thể tích nếu giữ áp suất không đổi.

- **Đối với nhiên liệu khí với  $l \approx 1$ , từ biểu thức (3.19c) và (3.25) :**

$$\Delta M = \sum \left( \frac{m}{4} + \frac{r}{2} - 1 \right) \cdot C_n H_m O_r \quad [\text{kmol/kmol}] \quad (3.45d)$$

Từ (3.45d) thấy rằng :  $\Delta M$  phụ thuộc vào hàm lượng nguyên tử của các nguyên tố hoá học có trong các chất khí  $C_n H_m O_r$  và  $\Delta M$  có thể lớn hơn, bằng hoặc nhỏ hơn 0.

- **Hệ số biến đổi phân tử lí thuyết ( $b_0$ )** - Sự thay đổi số kmol của MCCT sau khi nhiên liệu cháy so với trước khi cháy được đánh giá bằng đại lượng gọi là **Hệ số biến đổi phân tử lí thuyết** :

$$b_0 = \frac{M_2}{M_1} = \frac{M_1 + \Delta M}{M_1} = 1 + \frac{\Delta M}{M_1} \quad (3.46a)$$

- **Hệ số biến đổi phân tử lí thuyết ở động cơ diesel :**

$$b_0 = 1 + \frac{h + \frac{o_f}{8}}{l \cdot M_0} \quad (3.46b)$$

- **Hệ số biến đổi phân tử lí thuyết ở động cơ xăng khi  $l \approx 1$  :**

$$(b_0)_{l \approx 1} = 1 + \frac{\frac{h + \frac{o_f}{8}}{4} - \frac{1}{m_f}}{l \cdot M_0 + \frac{1}{m_f}} \quad (3.46c)$$

- **Hệ số biến đổi phân tử lí thuyết ở động cơ xăng khi  $l < 1$  :**

$$(b_0)_{l < 1} = 1 + \frac{0,21 \cdot (1 - l) \cdot M_0 + \frac{h + \frac{o_f}{8}}{4} - \frac{1}{m_f}}{l \cdot M_0 + \frac{1}{m_f}} \quad (3.46d)$$

- **Hệ số biến đổi phân tử lí thuyết ở động cơ ga :**

$$b_0 = 1 + \frac{\Delta M}{l \cdot M_0 + 1} \quad (3.46e)$$

- **Hệ số biến đổi phân tử thực tế ( $\beta_x$ )** - Ở ĐCĐT thực tế, MCCT tại thời điểm trước quá trình cháy bao gồm hỗn hợp cháy ( $M_1$ ) và khí sót ( $M_r$ ). Sau khi cháy,  $M_1$  chuyển thành  $M_2$ , còn  $M_r$  không đổi. Tỷ số giữa số MCCT sau và trước khi cháy được gọi là Hệ số biến đổi phân tử thực tế :

$$b_x = \frac{M_1 + M_r + \Delta M_x}{M_1 + M_r} = \frac{M_1 \cdot (1 + g_r) + \Delta M_x}{M_1 \cdot (1 + g_r)}$$

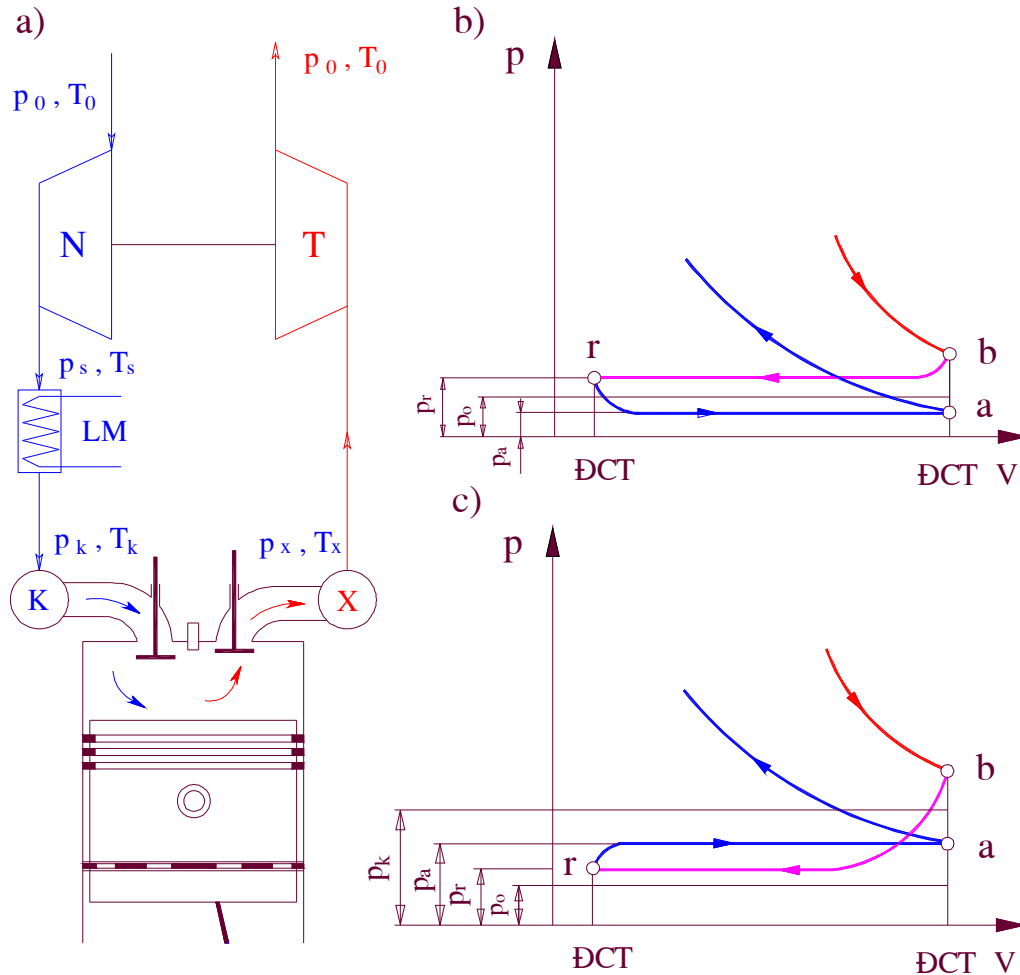
$$= 1 + \frac{\frac{\Delta M_x}{M_1} \cdot x}{1 + g_r} = 1 + \frac{\frac{M_2 - M_1}{M_1} \cdot x}{1 + g_r} = 1 + \frac{(b_0 - 1) \cdot x}{1 + g_r} \quad (3.47)$$

trong đó  $x$  là phân nhiên liệu đã bốc cháy tính từ đầu quá trình cháy đến thời điểm đang xét. Nếu coi  $z$  là thời điểm kết thúc quá trình cháy, khi đó  $x = 1$  và hệ số biến đổi phân tử thực tế tại  $z$  sẽ bằng :

$$b_z = 1 + \frac{b_0 - 1}{1 + g_r} \quad (3.48)$$

## QUÁ TRÌNH NẠP - XẢ

### 4.1. CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA QUÁ TRÌNH NẠP-XẢ

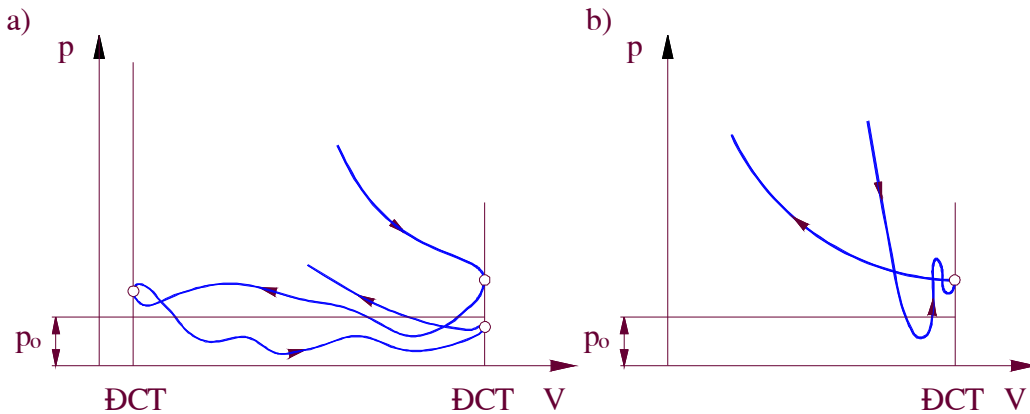


H. 4-1. Một số thông số đặc trưng của quá trình nạp-xả

- a) Sơ đồ hệ thống nạp-xả, b) Quá trình nạp-xả ở động cơ 4 kỳ không tăng áp, c) Quá trình nạp-xả ở động cơ 4 kỳ tăng áp  
 K- ống góp khí nạp, X - ống góp khí thải, T- turbine khí thải, N- máy nén khí tăng áp, LM - thiết bị làm mát khí tăng áp.  
 $p_0, T_0$  - áp suất và nhiệt độ khí quyển,  $p_s, T_s$  - áp suất và nhiệt độ của khí nạp sau máy nén,  $p_k, T_k$  - áp suất và nhiệt độ khí mới,  $p_x, T_x$  - áp suất và nhiệt độ khí thải,  $p_a$  - áp suất cuối quá trình nạp,  $p_r$  - áp suất khí sót.

Như chúng ta đã biết, hoạt động của ĐCĐT có tính chu kỳ, tức là có các chu trình công tác kế tiếp nhau. Để thực hiện được chu trình công tác tiếp theo, phải xả hết khí thải ra khỏi không gian công tác của xy lanh rồi nạp vào đó khí mới. Quá trình nạp khí mới và xả khí thải có liên quan mật thiết với nhau và được gọi chung là **quá trình nạp-xả** hoặc **quá trình thay đổi khí** hoặc **quá trình trao đổi khí**.

Do sự thay đổi tiết diện lưu thông và vận tốc của piston cũng như ảnh hưởng của hàng loạt hiện tượng khí động khác nên áp suất của MCCT trong xy lanh trong quá trình nạp-xả biến đổi rất phức tạp. H. 4.2 giới thiệu một ví dụ về đồ thị công thu được khi dùng thiết bị ghi áp suất có độ nhạy cao. Tuy nhiên, sự dao động của áp suất của MCCT trong quá trình nạp-xả có ảnh hưởng không đáng kể đến tổng diện tích đồ thị công nên khi tính và vẽ chu trình, người ta thường qui ước áp suất của MCCT trong thời gian diễn ra quá trình xả và nạp là không đổi (H. 4-1b và H. 4-1c).



H. 4-2. Áp suất của MCCT trong quá trình nạp-xả được đo bằng thiết bị có độ nhạy cao

### 1) Áp suất khí nạp ( $p_k$ )

**Áp suất khí nạp** ( $p_k$ ) là áp suất được xác định tại không gian chứa khí nạp trước khi vào không gian công tác của xy lanh (trước xupáp nạp đối với động cơ 4 kỳ hoặc trước cửa nạp đối với động cơ 2 kỳ).

$$p_k = p_0 - \Delta p_0 \quad \text{- Động cơ 4 kỳ không tăng áp}$$

$$p_k = p_s - \Delta p_m \quad \text{- Động cơ 4 kỳ tăng áp và 2 kỳ}$$

trong đó :  $p_0$  - áp suất khí quyển,

$p_s$  - áp suất sau máy nén khí nạp,

$\Delta p_0$  - tổn thất áp suất do lực cản của lọc khí và đường ống nạp,

$\Delta p_m$  - tổn thất áp suất do lực cản của thiết bị làm mát khí tăng áp.

Trị số của  $\Delta p_0$  phụ thuộc vào đặc điểm cấu tạo, chất lượng chế tạo, tình trạng kỹ thuật của lọc khí và đường ống nạp.

Trị số của  $\Delta p_m$  phụ thuộc chủ yếu vào đặc điểm cấu tạo của thiết bị làm mát.

Áp suất  $p_s$  được quyết định bởi phương pháp tăng áp và mức độ cường hoá động cơ.

Bảng 4-1. Áp suất khí nạp ở ĐCĐT

Loại động cơ	Áp suất khí nạp ( $p_k$ )	
	Tăng áp truyền động cơ khí	Tăng áp bằng turbine khí thải
Động cơ thấp tốc, công suất lớn	(1,1 ÷ 1,2) $p_0$	(1,3 ÷ 1,7) $p_0$
Động cơ có công suất và tốc độ trung bình	(1,2 ÷ 1,4) $p_0$	(1,5 ÷ 3,0) $p_0$
Động cơ ô tô, máy kéo	(1,2 ÷ 1,5) $p_0$	(1,5 ÷ 1,7) $p_0$
Động cơ cường hoá cao		→ 5,0 $p_0$

## 2) Nhiệt độ khí nạp ( $T_k$ )

Nhiệt độ khí nạp ( $T_k$ ) là nhiệt độ được xác định tại không gian chứa khí nạp trước khi vào không gian công tác của xyalanh.

$$T_k = T_0 \cdot \left( \frac{p_s}{p_0} \right)^{\frac{m-1}{m}} - \Delta T_m \quad (4.1)$$

trong đó :

$p_0, T_0$  - áp suất và nhiệt độ khí quyển,

$p_s$  - áp suất khí nạp sau máy nén,

$m$  - chỉ số nén đa biến,

$\Delta T_m$  - mức độ làm mát khí tăng áp.

Chỉ số nén đa biến trong máy nén tăng áp ( $m$ ) phụ thuộc vào loại máy nén. Mức hạ nhiệt độ khi qua thiết bị làm mát khí tăng áp ( $\Delta T_m$ ) phụ thuộc vào mức độ tăng áp, thiết bị và phương pháp làm mát khí tăng áp.

$$\Delta T_m = 25^0 \div 50^0$$

$m = 1,45 \div 1,60$  - Máy nén piston

$m = 1,65 \div 1,80$  - Máy nén roto

$m = 1,45 \div 1,80$  - Máy nén ly tâm



### 3) Áp suất cuối quá trình nạp ( $p_a$ )

Áp suất cuối quá trình nạp ( $p_a$ ) là một trong những thông số liên quan trực tiếp đến lượng khí mới được nạp vào không gian công tác của xy lanh trong mỗi chu trình, từ đó quyết định công suất mà động cơ có thể phát ra. Để hiểu rõ hơn ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau đến  $p_a$ , chúng ta viết phương trình Bernoullie cho dòng khí nạp tại các vị trí trước và sau cửa nạp như sau :

$$\frac{p_k}{\rho_k} + g \cdot H_k + \frac{w_k^2}{2} = \frac{p_a}{\rho_a} + \beta_n^2 \cdot \frac{w_n^2}{2} + \xi_n \cdot \frac{w_n^2}{2} + g \cdot H_a \quad (4.2)$$

trong đó :

$p_k, p_a$  - áp suất của khí nạp trước cửa nạp và áp suất trong xy lanh,

$H_k, H_a$  - độ cao của cửa nạp và độ cao của không gian công tác tại vị trí đang xét ,

$\rho_a$  - mật độ của khí nạp trong xy lanh,

$w_k$  - vận tốc của khí nạp trước cửa nạp,

$w_n$  - vận tốc trung bình của khí nạp tại cửa nạp,

$\beta_n$  - hệ số tính đến ảnh hưởng của tiết diện lưu thông của cửa nạp,

$\xi_n$  - hệ số cản của đường ống nạp.

Có thể xem  $H_k \approx H_a$ ,  $\rho_k \approx \rho_a$  và  $w_k \ll w_n$ , từ biểu thức (4.2) ta có :

$$\Delta p_a = p_k - p_a = (\beta_n^2 + \xi_n) \cdot \frac{\rho_k}{2} \cdot w_n^2 \quad (4.3)$$

Từ phương trình liên tục của dòng khí nạp ta có :

$$w_n = C_m \cdot \frac{A_p}{A_n} = \frac{S \cdot n}{30} \cdot \frac{A_p}{A_n} \quad (4.4)$$

trong đó :

$C_m$  - vận tốc trung bình của piston, [m/s]

$A_p$  - tiết diện đỉnh piston, [m<sup>2</sup>]

$A_n$  - tiết diện lưu thông của cửa nạp, [m<sup>2</sup>]

$S$  - hành trình của piston, [m]

$n$  - tốc độ quay của động cơ, [rpm]

Kết hợp (4.3) và (4.4) ta có :

$$\Delta p_a = (\beta_n^2 + \xi_n) \cdot \frac{\rho_k}{2} \cdot \left( \frac{S \cdot A_p}{30} \right)^2 \cdot \frac{n^2}{A_n^2} = K_n \cdot \frac{n^2}{A_n^2} \quad (4.5)$$

Từ biểu thức (4.5) ta thấy, để giảm tổn thất áp suất trên đường ống nạp, qua đó tăng áp suất của khí nạp trong không gian công tác của xy lanh, có thể áp dụng các biện pháp sau :

- Giảm sức cản của hệ thống nạp bằng cách tạo đường ống nạp có tiết diện lưu thông lớn và hình dạng khí động tốt.

- Tăng đường kính của xupap nạp hoặc dùng nhiều xupap.

Trị số của áp suất cuối quá trình nạp nằm trong phạm vi như sau [1] :

$p_a = (0,80 \div 0,90) p_k$  - Động cơ 4 kỳ không tăng áp

$p_a = (0,90 \div 0,96) p_k$  - Động cơ 4 kỳ tăng áp

$p_a = (0,85 \div 1,05) p_k$  - Động cơ 2 kỳ

#### 4) Áp suất ( $p_r$ ) và nhiệt độ khí sót ( $T_r$ )

Áp suất khí sót ( $p_r$ ) và Nhiệt độ khí sót ( $T_r$ ) là áp suất và nhiệt độ của khí sót trong không gian công tác của xy lanh tại thời điểm cuối quá trình xả.

Áp suất khí sót lớn hơn áp suất trong đường ống xả do sức cản khí động của cửa xả, ống xả, bình tiêu âm và thiết bị tận dụng nhiệt khí thải (nếu có). Tương tự như đối với áp suất cuối quá trình nạp ( $p_a$ ), áp suất khí sót ( $p_r$ ) có thể được thể hiện như sau :

$$p_r = p_x + \Delta p_r = p_x + K_x \cdot \frac{n^2}{A_x^2} \quad (4.6)$$

trong đó :

$p_x$  - áp suất trong đường ống xả,

$\Delta p_x$  - kháng áp trong hệ thống xả,

$n$  - tốc độ quay của động cơ,

$A_x$  - tiết diện lưu thông của cửa xả,

$K_x$  - hệ số.

Nhiệt độ khí sót ( $T_r$ ) phụ thuộc chủ yếu vào hệ số dư lượng không khí, tỷ số nén và cường độ trao đổi nhiệt giữa MCCT với vách xy lanh trong quá trình dẫn nở và xả.

Trị số của  $p_r$  và  $T_r$  nằm trong phạm vi sau :

$p_r = (1,03 \div 1,06) p_0$  - Động cơ thấp tốc

$p_r = (1,05 \div 1,10) p_0$  - Động cơ cao tốc

$p_r = 700 \div 900$  K - Động cơ diesel

$T_r = 900 \div 1000$  K - Động cơ xăng

$T_r = 750 \div 1000$  K - Động cơ chạy bằng nhiên liệu khí.

### 5) Nhiệt độ cuối quá trình nạp ( $T_a$ )

MCCT cuối quá trình nạp bao gồm khí mới và khí sót. Nhiệt độ của MCCT cuối quá trình nạp ( $T_a$ ) lớn hơn nhiệt độ của khí nạp ( $T_k$ ) do nhận nhiệt từ các bề mặt nóng (vách ống nạp, bề mặt xupap nạp, vách xy lanh) và hoà trộn với khí sót có nhiệt độ cao hơn. Có thể xác định  $T_a$  từ phương trình cân bằng nhiệt của khí mới và khí sót tại những thời điểm trước và sau khi hoà trộn, với giả định rằng quá trình hoà trộn diễn ra trong điều kiện  $p_a = \text{const}$  và nhiệt độ khí sót ( $T_r$ ) không đổi khi khí sót dẫn nở từ áp suất  $p_r$  xuống  $p_a$ , như sau :

$$m_1 \cdot c_p \cdot (T_k + \Delta T_k) + m_r \cdot c_p'' \cdot T_r = (m_1 + m_r) \cdot c_p' \cdot T_a \quad (4.7)$$

trong đó :

- $c_p$  - tỷ nhiệt đẳng áp của khí mới,
- $c_p''$  - tỷ nhiệt đẳng áp của khí sót,
- $c_p'$  - tỷ nhiệt đẳng áp của hỗn hợp khí công tác cuối quá trình nạp,
- $\Delta T_k$  - mức độ sấy nóng khí mới, [K]

Mức độ sấy nóng khí mới ( $\Delta T_k$ ) phụ thuộc vào nhiệt độ của các bề mặt tiếp xúc, vận tốc của dòng khí nạp, thời gian diễn ra quá trình nạp, v.v.  $\Delta T_k$  ở động cơ xăng thường thấp hơn ở động cơ diesel do một phần nhiệt truyền từ bề mặt nóng được sử dụng để hoá hơi các hạt xăng trong quá trình nạp.

Trị số của  $c_p$ ,  $c_p''$  và  $c_p'$  phụ thuộc vào nhiệt độ và thành phần của khí mới, khí sót và hỗn hợp khí mới-khí sót. Nhiệt độ và thành phần của khí mới và hỗn hợp khí mới - khí sót khác nhau không nhiều nên có thể xem  $c_p = c_p'$ ; còn  $c_p'' = \lambda_1 \cdot c_p$ , trong đó  $\lambda_1$  là hệ số hiệu chỉnh tỷ nhiệt.  $\lambda_1$  phụ thuộc vào hệ số dư lượng không khí ( $\lambda$ ) và nhiệt độ khí sót ( $T_r$ ).

Chia cả 2 vế phương trình (4.7) cho  $m_1$  và thay  $c_p' = c_p$ ,  $c_p'' = \lambda_1 \cdot c_p$ ,  $m_1/m_r = \gamma_r$ , sau khi biến đổi ta có :

$$T_a = \frac{T_k + \Delta T_k + \lambda_1 \cdot \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} \quad (4.8)$$

Trị số của  $\Delta T_k$ ,  $\lambda_1$  và  $T_a$  nằm trong phạm vi sau :

- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| $\Delta T_k = 20 \div 40$ °C | - Động cơ diesel                |
| $\Delta T_k = 0 \div 20$ °C  | - Động cơ xăng                  |
| $\lambda_1 = 1,5 \div 1,8$   | - Động cơ diesel                |
| $\lambda_1 = 1,11 \div 1,17$ | - Động cơ xăng                  |
| $T_a = 310 \div 350$ K       | - Động cơ 4 kỳ không tăng áp    |
| $T_a = 320 \div 400$ K       | - Động cơ 4 kỳ tăng áp và 2 kỳ. |

## 6) Hệ số khí sót ( $\gamma_r$ )

Hệ số khí sót ( $\gamma_r$ ) là đại lượng được xác định bằng tỷ số giữa lượng khí sót ( $m_r$ ) và lượng khí mới được nạp vào không gian công tác của xy lanh ( $m_1$ ) :

$$\gamma_r = \frac{m_r}{m_1} \quad (4.9)$$

Hệ số khí sót là đại lượng đánh giá lượng khí thải còn sót lại trong không gian công tác sau mỗi chu trình, tức là đánh giá chất lượng quá trình xả.

Hệ số khí sót phụ thuộc chủ yếu vào phương pháp nạp-xả và có trị số nằm trong phạm vi sau [2] :

$\gamma_r = 0,01 \div 0,03$	- Động cơ 4 kỳ
$\gamma_r = 0,03 \div 0,06$	- Động cơ 2 kỳ quét thẳng
$\gamma_r = 0,06 \div 0,20$	- Động cơ 2 kỳ quét vòng có máy nén riêng
$\gamma_r = 0,25 \div 0,40$	- Động cơ 2 kỳ dùng hộp cacte làm máy nén.

## 7) Hệ số nạp ( $\eta_v$ )

Hệ số nạp ( $\eta_v$ ) được xác định bằng tỷ số giữa lượng khí mới thực tế được nạp vào xy lanh trong một chu trình ( $m_1$ ) và lượng khí mới so sánh chứa đầy dung tích công tác của xy lanh ở điều kiện áp suất và nhiệt độ trước cửa nạp ( $m_s$ ) :

$$\eta_v = \frac{m_1}{m_s} \quad (4.10)$$

Lượng khí mới so sánh ( $m_s$ ) có thể xác định được theo phương trình trạng thái tại cửa nạp :

$$m_s = \frac{p_k \cdot V_s}{R_k \cdot T_k} \quad (4.11)$$

Lượng khí mới thực tế  $m_1$  bao gồm :

- Lượng khí mới có trong xy lanh tại thời điểm cuối hành trình nạp ( $m'_a$ ),
- Lượng khí mới được nạp thêm .

Lượng hỗn hợp khí công tác tại thời điểm cuối hành trình nạp ( $m_a$ ) bằng tổng lượng khí mới cuối hành trình nạp ( $m'_a$ ) và với lượng khí sót ( $m_r$ ). Phương trình trạng thái tại thời điểm cuối hành trình nạp có dạng như sau :

$$m_a = m'_a + m_r = \frac{p_a \cdot V_a}{R_a \cdot T_a} \quad (4.12)$$

Lượng hỗn hợp khí công tác tại thời điểm cuối quá trình nạp ( $m_{a1}$ ) bằng tổng lượng khí mới ( $m_1$ ) và lượng khí sót ( $m_r$ ) :

$$m_{a1} = m_1 + m_r = m_1(1 + \gamma_r) \quad (4.13a)$$

Nếu dùng **Hệ số nạp thêm** ( $\lambda_2$ ) để đánh giá mức độ nạp thêm, có thể viết biểu thức (4.13a) dưới dạng khác như sau :

$$m_{a1} = m_1(1 + \gamma_r) = \lambda_2 \cdot m_a \quad (4.13b)$$

$\lambda_2$  có trị số khoảng  $1,02 \div 1,07$ , tùy thuộc vào phương pháp nạp và góc độ phối khí.

Từ các biểu thức (4.13b) và (4.12) ta có :

$$m_1 = \lambda_2 \cdot \frac{m_a}{1 + \gamma_r} = \lambda_2 \cdot \frac{1}{1 + \gamma_r} \cdot \frac{p_a \cdot V_a}{R_a \cdot T_a} \quad (4.14)$$

Thế  $m_s$  từ (4.11) và  $m_1$  từ (4.14) vào (4.10), đồng thời thay xem  $R_a = R_k$  và thay  $V_a = V_s + V_c = V_s + \frac{V_s}{\varepsilon - 1} = V_s \cdot \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}$ , sau khi rút gọn ta có :

$$\eta_v = \lambda_2 \cdot \frac{1}{1 + \gamma_r} \cdot \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_k} \cdot \frac{T_k}{T_a} \quad (4.15)$$

Trị số của  $\eta_v$  nằm trong phạm vi sau [2] :

$\eta_v = 0,65 \div 0,80$	- Động cơ xăng 4 kỳ
$\eta_v = 0,75 \div 0,90$	- Động cơ diesel 4 kỳ
$\eta_v = 0,40 \div 0,80$	- Động cơ 2 kỳ.

### 8) Hệ số quét ( $\eta_q$ )

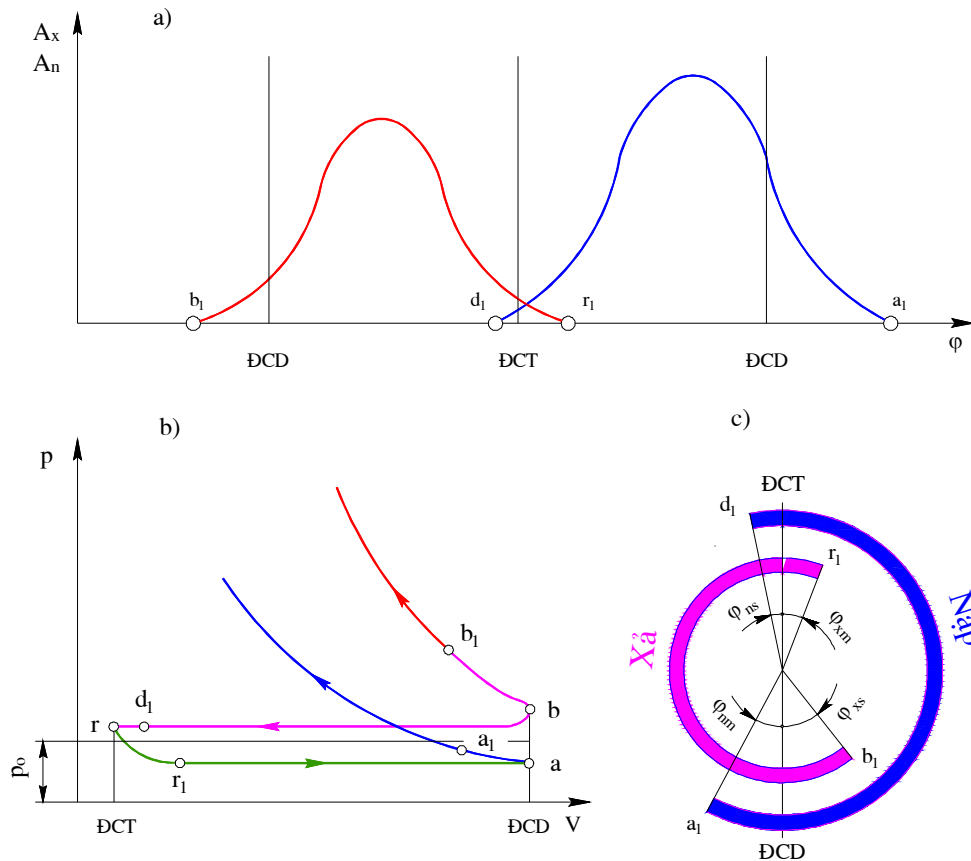
Trong một số trường hợp, đặc biệt đối với động cơ 2 kỳ và động cơ tăng áp, một lượng nhất định khí mới được chủ động cho thoát ra khỏi không gian công tác của xy lanh qua xupap xả hoặc cửa xả cùng với khí thải nhằm mục đích giảm lượng khí sót và làm mát buồng đốt. Để đánh giá lượng khí mới nói trên, người ta dùng đại lượng gọi là **Hệ số quét** ( $\eta_q$ ) :

$$\eta_q = \frac{M_q}{M_1} \quad (4.16)$$

trong đó  $M_q$  là lượng khí mới đi qua cửa nạp hoặc xupap nạp vào không gian công tác của xy lanh.

## 4.2. QUÁ TRÌNH NẠP - XẢ Ở ĐỘNG CƠ 4 KỲ

### 4.2.1. DIỄN BIẾN VÀ CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG



H. 4-3. Đồ thị biểu diễn quá trình nạp-xả ở động cơ 4 kỳ

- a) Sự thay đổi tiết diện lưu thông của xupap xả ( $A_x$ ) và xupap nạp ( $A_n$ )  
 b) Đồ thị công ; c) Đồ thị góc

Quá trình nạp-xả ở động cơ 4 kỳ kéo dài từ thời điểm xupap xả bắt đầu mở đến thời điểm xupap nạp đóng hoàn toàn. Căn cứ vào đặc điểm làm việc của cơ cấu nạp-xả, có thể chia quá trình nạp-xả ở động cơ 4 kỳ thành 5 giai đoạn : **xả tự do**, **xả cưỡng bức**, **quét buồng đốt**, **nạp chính** và **nạp thêm**.

#### 1) Xả tự do

Giai đoạn **Xả tự do** (còn gọi là giai đoạn **Xả sớm**) kéo dài từ thời điểm xupap xả bắt đầu mở (điểm  $b_1$ - H. 4.3) đến thời điểm piston tới ĐCD trong hành trình dẫn nở. Góc quay của trục khuỷu tính từ điểm xupap xả bắt đầu mở đến ĐCD trong hành trình dẫn nở được gọi là **Góc xả sớm** ( $\varphi_{xs}$ ).

Trong giai đoạn xả tự do, MCCT trong không gian công tác của xy lanh tự thoát ra ngoài qua xupap xả. Ở những thời điểm đầu của giai đoạn xả tự do, khí thải lưu động với tốc độ truyền âm do chênh lệch khá lớn giữa áp suất trong và

ngoài xylanh. Chính do chênh lệch khá lớn về áp suất nên chỉ trong một thời gian ngắn của giai đoạn xả tự do đã có khoảng 60 ÷ 70 % tổng lượng khí thải tự thoát ra ngoài.

## 2) Xả cưỡng bức

Giai đoạn **Xả cưỡng bức** kéo dài từ thời điểm piston rời ĐCD trong hành trình xả đến thời điểm xupap nạp bắt đầu mở (điểm  $d_1$ ). Góc quay trục khuỷu tính từ điểm xupap nạp bắt đầu mở đến ĐCT trong hành trình xả được gọi là **Góc nạp sớm** ( $\varphi_{ns}$ ). Trong giai đoạn này khí thải được piston đẩy ra khỏi không gian công tác qua xupap xả.

## 3) Quét buồng đốt

Giai đoạn **Quét buồng đốt** kéo dài từ thời điểm xupap nạp bắt đầu mở đến thời điểm xupap xả đóng hoàn toàn (điểm  $r_1$ ). Góc quay trục khuỷu tính từ ĐCT đến điểm xupap xả đóng hoàn toàn được gọi là **Góc xả muộn** ( $\varphi_{xm}$ ).

Trong giai đoạn quét buồng đốt, cả xupap nạp và xupap xả đều mở và có thể có một lượng khí mới cùng khí thải thoát ra khỏi không gian công tác qua xupap xả.

## 4) Nạp chính

Giai đoạn **Nạp chính** kéo dài từ thời điểm xupap xả đóng hoàn toàn đến thời điểm piston tới ĐCD trong hành trình nạp. Phần lớn lượng khí mới được nạp vào không gian công tác của xylanh trong giai đoạn nạp chính.

## 5) Nạp thêm

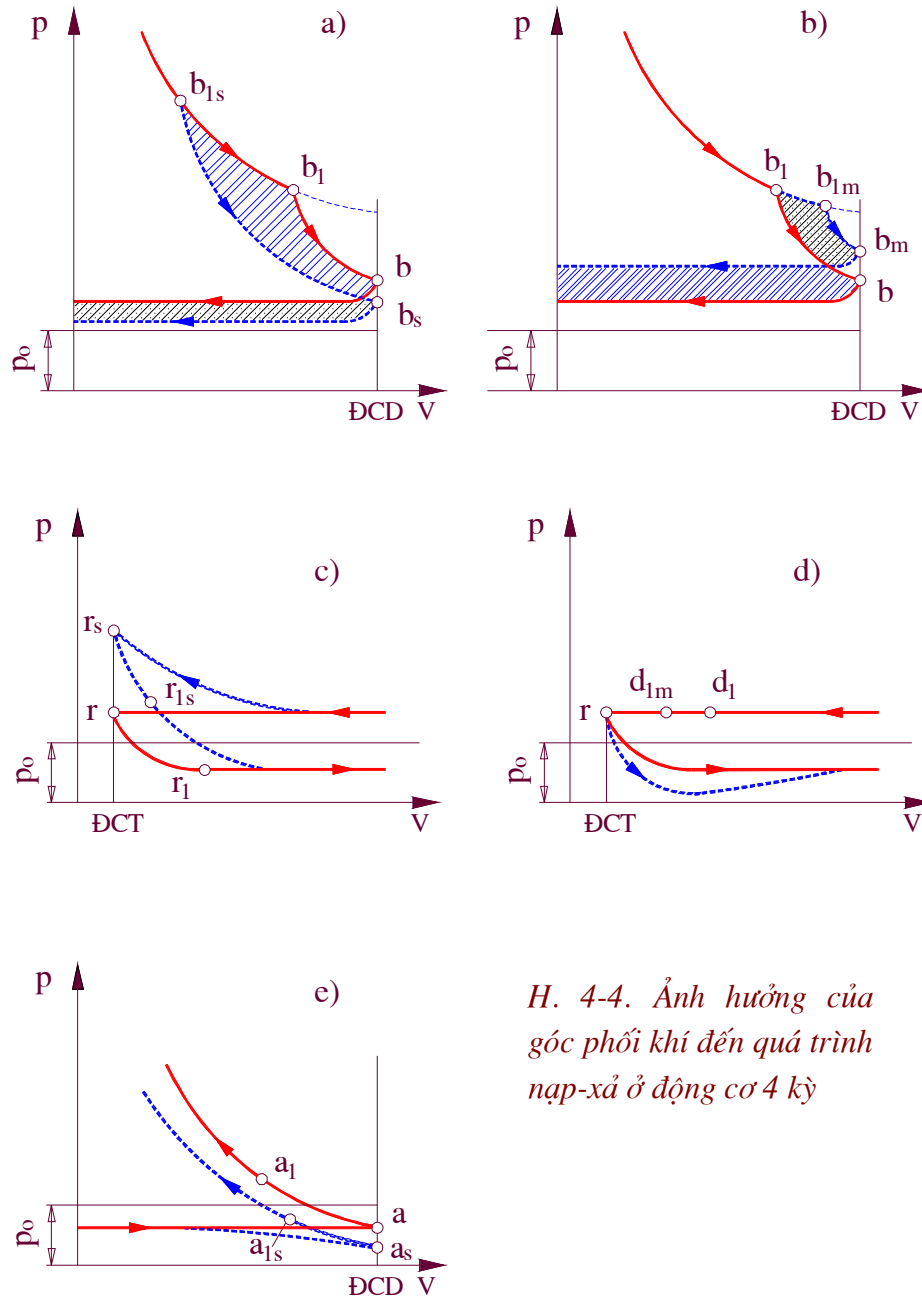
Giai đoạn **Nạp thêm** kéo dài từ thời điểm piston rời ĐCD trong hành trình nén đến thời điểm xupap nạp đóng hoàn toàn (điểm  $a_1$ ). Góc quay trục khuỷu ứng với giai đoạn nạp thêm được gọi là **Góc nạp muộn** ( $\varphi_{nm}$ ). Trong giai đoạn nạp thêm sẽ có một lượng nhất định khí mới được bổ sung vào không gian công tác của xylanh.

Từ những điều trình bày ở trên, có thể rút ra một số nhận xét sau :

- Quá trình nạp-xả ở động cơ 4 kỳ được điều khiển bằng cơ cấu nạp-xả kiểu xupap. Thời điểm bắt đầu mở và đóng hoàn toàn của các xupap có thể không trùng với ĐCT hoặc ĐCD.
- Khí thải được piston "đẩy" ra khỏi không gian công tác của xylanh qua xupap xả, còn khí mới được piston "hút" vào không gian công tác qua xupap nạp.
- Quá trình nạp-xả ở động cơ 4 kỳ diễn ra trong khoảng thời gian lớn hơn  $360^\circ$  góc quay trục khuỷu. Trong khoảng thời gian trên, chỉ có một giai đoạn ngắn, trong đó cả xupap nạp và xả cùng mở.

## 4.2.2. ẢNH HƯỞNG CỦA GÓC PHỐI KHÍ ĐẾN CHẤT LƯỢNG QUÁ TRÌNH NẠP-XẢ Ở ĐỘNG CƠ 4 KỲ

Các góc xả sớm ( $\varphi_{xs}$ ), xả muộn ( $\varphi_{xm}$ ), nạp sớm ( $\varphi_{ns}$ ) và nạp muộn ( $\varphi_{nm}$ ) được gọi là các **Góc phối khí**. Các vị trí của trục khuỷu tương ứng với các thời điểm bắt đầu mở và đóng hoàn toàn các xupap (các điểm  $b_1$ ,  $d_1$ ,  $r_1$  và  $a_1$ ) được gọi là các **Thời điểm phối khí**.



H. 4-4. Ảnh hưởng của góc phối khí đến quá trình nạp-xả ở động cơ 4 kỳ



## 1) Góc xả sớm

Xupap xả được mở trước khi piston tới ĐCD trong hành trình dẫn nổ nhằm mục đích để một lượng đáng kể khí thải tự thoát ra khỏi không gian công tác của xylanh, qua đó giảm được công tiêu hao cho việc đẩy khí thải trong hành trình xả và giảm lượng khí sót. Giả sử  $b_1$  là thời điểm bắt đầu mở xupap xả tối ưu và đường xả được thể hiện bằng đường liền trên H. 4-4a và H. 4-4b.

Nếu xupap xả mở quá sớm (điểm  $b_{1s}$  - H. 4-4a), tức là khi mà áp suất trong xylanh vẫn còn khá cao, sẽ có những điểm lợi hại như sau :

- Lãng phí nhiều công dẫn nổ,
- Công tiêu hao cho việc đẩy khí thải trong giai đoạn xả cưỡng bức sẽ nhỏ hơn do đã có một phần lớn sản phẩm cháy tự thoát ra ngoài trong hành trình dẫn nổ.

- Lượng khí sót ít hơn.

Tuy nhiên, phần công lãng phí vẫn lớn hơn và kết quả là công suất động cơ sẽ giảm nếu mở xupap xả quá sớm.

Nếu xupap xả mở quá muộn (điểm  $b_{1m}$  - H. 4-4b), tức là khi piston đã đến quá gần ĐCD trong hành trình dẫn nổ, thì :

- Khí thải bắt đầu thoát ra khỏi không gian công tác của xylanh khi áp suất trong đó đã khá thấp, do đó phần công dẫn nổ bị lãng phí sẽ ít hơn.
- Công tiêu hao cho việc đẩy khí thải trong giai đoạn xả cưỡng bức lớn hơn,
- Lượng khí sót nhiều hơn.

Kết quả cuối cùng là hệ số khí sót sẽ lớn hơn và công suất động cơ cũng giảm khi mở xupap xả quá muộn do phần công dẫn nổ tận dụng được không bù đắp nổi phần công tiêu hao cho việc đẩy khí thải ra ngoài.

## 2) Góc xả muộn

Xupap xả được đóng kín sau khi piston đã rời ĐCT trong hành trình nạp nhằm mục đích giảm lượng khí sót, bởi vì mặc dù tác dụng "đẩy" của piston đã chấm dứt nhưng do quán tính của dòng khí thải và chênh lệch áp suất nên một lượng khí thải sẽ bị "hút" ra khỏi xylanh ở những thời điểm đầu của hành trình nạp. Thậm chí một lượng nhất định khí mới cũng được hút ra đường ống xả nếu các góc nạp sớm ( $\varphi_{ns}$ ) và xả muộn ( $\varphi_{xm}$ ) có trị số thích hợp. Hiện tượng này được gọi là quét buồng đốt. Giả sử  $r_1$  là thời điểm đóng kín xupap xả tối ưu, đường áp suất tương ứng là đường liền (H. 4-4c).

Nếu góc xả muộn quá nhỏ, tức là xupap xả đóng quá sớm (điểm  $r_{1s}$ ) thì tiết diện lưu thông của xupap xả sẽ rất nhỏ tại những thời điểm piston ở gần ĐCT.

Trong điều kiện đó, khí thải không kịp thoát ra ngoài và bị nén lại, rồi sau đó sẽ dẫn nở (đường ----) và làm chậm lại quá trình nạp vì khí mới chỉ có thể đi vào xy lanh khi áp suất trong đó nhỏ hơn áp suất trước xupap nạp. Kết quả là hệ số khí sót tăng và hệ số nạp giảm khi góc xả muộn quá nhỏ.

Nếu góc xả muộn quá lớn cũng có hậu quả tương tự như trường hợp góc xả muộn quá nhỏ, vì khi đó sẽ có một lượng nhất định khí thải trong ống xả được hút ngược trở lại không gian công tác của xy lanh.

### **3) Góc nạp sớm**

Xupap nạp được mở trước khi piston tới ĐCT trong hành trình xả nhằm mục đích tăng lượng khí nạp vào xy lanh nhờ đảm bảo tiết diện lưu thông của xupap nạp đủ lớn ở giai đoạn đầu của hành trình nạp. Giả sử  $d_1$  là thời điểm bắt đầu mở xupap nạp tối ưu và đường áp suất được thể hiện bằng đường liền trên H. 4-4d.

Nếu góc nạp sớm ( $\varphi_{ns}$ ) quá nhỏ, tức là thời điểm bắt đầu mở xupap nạp quá gần ĐCT (điểm  $d_{1m}$ ), thì tiết diện lưu thông của xupap nạp tại những thời điểm piston gần ĐCT sẽ nhỏ, sức cản khí động tăng sẽ làm cho áp suất trong xy lanh ở giai đoạn đầu hành trình nạp thấp hơn. Kết quả là lượng khí nạp sẽ giảm và công tiêu hao cho quá trình nạp-xả cũng tăng.

Nếu xupap nạp mở quá sớm thì hậu quả cũng tương tự như trường hợp xupap nạp mở quá muộn, vì khi đó một lượng nhất định khí thải sẽ bị đẩy vào đường ống nạp rồi sau đó quay trở lại không gian công tác của xy lanh.

### **4) Góc nạp muộn**

Việc mở xupap nạp được duy trì một thời gian sau khi piston đã rời ĐCD trong hành trình nén nhằm mục đích tăng lượng khí mới được nạp vào xy lanh. Bởi vì, mặc dù piston đã bắt đầu đi lên nhưng do quán tính của dòng khí nạp và chênh lệch áp suất, một lượng nhất định khí mới vẫn tiếp tục đi vào xy lanh ở những thời điểm đầu của hành trình nén.

Nếu xupap nạp đóng quá sớm (điểm  $a_{1s}$  - H. 4-4e) thì tiết diện lưu thông của xupap nạp khi piston ở gần ĐCD sẽ nhỏ. Điều đó làm giảm hiệu quả nạp thêm.

Nếu xupap nạp đóng quá muộn thì một phần khí mới sẽ bị đẩy ngược trở lại đường ống nạp.

Qua phân tích ở trên ta thấy, các góc phối khí có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng quá trình nạp-xả, qua đó ảnh hưởng đến các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật của động cơ. Việc lựa chọn hoặc điều chỉnh đúng các góc phối khí sẽ ảnh hưởng

trực tiếp đến công suất và hiệu suất của động cơ. Góc phối khí lớn hay nhỏ tùy thuộc trước hết vào tốc độ quay của động cơ và phương pháp nạp-xả. Thông thường, trị số của các góc phối khí được lựa chọn bằng con đường thực nghiệm.

Bảng 4-2. Góc phối khí của một số động cơ

Động cơ	n [rpm]	$\varphi_{ns}$ [ $^{\circ}$ gqtk]	$\varphi_{nm}$ [ $^{\circ}$ gqtk]	$\varphi_{xs}$ [ $^{\circ}$ gqtk]	$\varphi_{xm}$ [ $^{\circ}$ gqtk]
Zill - 130	3200	31	83	67	47
Peugeot 404	5400	0	30,5	35	4,5
Gaz - 21	4000	24	64	58	30
D6	1500	20	48	48	20
D50	740	80	50	50	54

### 4.3. QUÁ TRÌNH NẠP - XẢ Ở ĐỘNG CƠ 2 KỲ

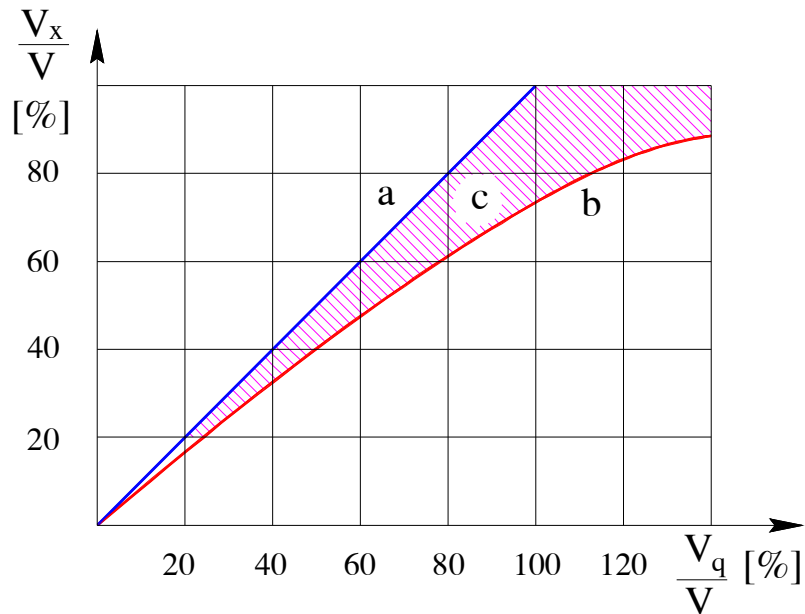
#### 4.3.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Động cơ 2 kỳ không dùng piston để "đẩy" khí thải ra ngoài và "hút" khí mới vào xylanh như ở động cơ 4 kỳ mà khí mới phải được nén đến áp suất cao hơn áp suất khí quyển rồi được "thổi" vào xylanh để "quét" khí thải ra ngoài, đồng thời nạp đầy không gian công tác của xylanh. H. 4-5 mô tả các đường đặc tính quét ở động cơ 2 kỳ.

**Đường đặc tính quét lí tưởng (a)** ứng với khả năng quét được xây dựng trên cơ sở giả định rằng : khí mới khi vào xylanh không bị trộn lẫn với khí thải mà tạo thành một piston khí đẩy khí thải ra ngoài theo nguyên tắc một đổi một, tức là một thể tích khí mới vào xylanh sẽ đẩy cùng một thể tích khí thải ra ngoài.

**Đường đặc tính quét hoà trộn (b)** ứng với trường hợp khí mới đi vào xylanh sẽ hoà trộn đều với khí thải, sau đó cùng khí thải thoát ra ngoài. Phương án này không có lợi vì để đưa hết khí thải ra ngoài, cần phải có lượng khí mới vô cùng lớn.

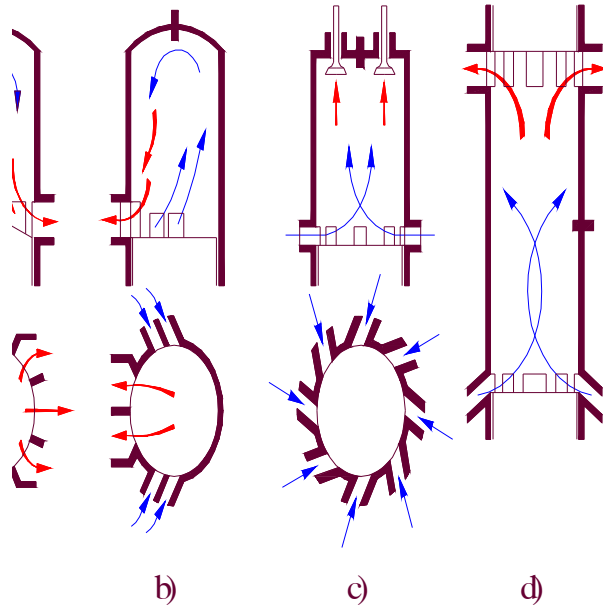
Phương án quét lí tưởng cũng không có tính khả thi vì khí mới đi vào xylanh phải có vận động rối với cường độ thích hợp để tạo điều kiện cho nhiên liệu hoá hơi và hoà trộn nhanh với không khí . Bởi vậy không thể tránh khỏi tình trạng một phần khí mới trộn lẫn với khí thải. Các đường đặc tính quét thực tế nằm trong vùng c được giới hạn bởi hai đường đặc tính quét lí tưởng (a) và quét hoà trộn (b) nói trên.



H. 4-5. Đặc tính quét ở động cơ 2 kỳ

### 4.3.2. CÁC HỆ THỐNG QUÉT - XẢ ĐIỂN HÌNH

Căn cứ vào đặc điểm cấu tạo và phương hướng chuyển động của dòng khí quét, có thể chia các hệ thống quét-xả ở động cơ 2 kỳ thành 2 nhóm : **hệ thống quét vòng** và **hệ thống quét thẳng**.



H. 4-6. Sơ đồ các hệ thống quét-xả của động cơ 2 kỳ

- a) Quét vòng ngang, b) Quét vòng ngược  
c) Quét thẳng qua xupap, d) Quét thẳng qua cửa

#### 1) Hệ thống quét vòng

Ở hệ thống quét vòng, các cửa quét và cửa xả được bố trí ở phần dưới của xylanh và được đóng, mở bằng piston của động cơ. Khí mới được thổi vào xylanh qua cửa quét, lúc đầu men theo thành xylanh đi lên phía nắp, tới nắp dòng khí sẽ đổi chiều và đi vòng xuống hướng tới các cửa xả.

Dựa theo vị trí các cửa trên chu vi xylanh, người ta chia hệ thống quét vòng thành **hệ thống quét vòng ngang**, **hệ thống quét vòng ngược** và **hệ thống quét vòng hỗn hợp**.

- **Quét vòng ngang** (H. 4-6a) - các cửa xả và cửa quét được bố trí đối diện nhau trên chu vi của xylanh.
- **Quét vòng ngược** (H. 4-6b) - các cửa xả và cửa quét được bố trí ở cùng một bên trên chu vi của xylanh.
- **Quét vòng hỗn hợp** là dạng hỗn hợp quét vòng ngang và quét vòng ngược.

## 2) Hệ thống quét thẳng

Có hai kiểu hệ thống quét thẳng : quét thẳng qua xupap xả và quét thẳng qua cửa xả. Hệ thống quét thẳng qua xupap xả có các xupap xả tương tự như ở động cơ 4 kỳ (H. 4-6c), các cửa quét được bố trí ở phần dưới của xy lanh. Hệ thống quét thẳng qua cửa xả (H. 4-6d) có các cửa xả và cửa quét bố trí ở 2 đầu đối diện của xy lanh.

Quét thẳng là phương án hoàn thiện nhất đối với động cơ 2 kỳ hiện nay. Do dòng khí quét chỉ vận động theo một chiều nên ít bị hoà trộn với khí thải và xy lanh được quét tương đối sạch. Do dễ dàng bố trí các cửa quét trên toàn chu vi của xy lanh theo hướng tiếp tuyến nên có thể tạo ra được vận động xoáy lốc mạnh của không khí sau khi vào xy lanh và làm cho quá trình hình thành hỗn hợp cháy và đốt cháy nhiên liệu tốt hơn. Ngoài ra, sự độc lập của cơ cấu nạp và xả cho phép chọn được các góc phối khí tốt nhất. Nhược điểm cơ bản của hệ thống quét thẳng là có kết cấu phức tạp. Động cơ sử dụng phương án quét thẳng qua xupap xả phải có thêm xupap xả (từ 1 đến 4 chiếc) và hàng loạt các bộ phận liên quan đến việc điều khiển các xupap đó. Hệ thống quét thẳng qua cửa xả chỉ sử dụng được cho loại động cơ piston đối đỉnh (2 piston trong 1 xy lanh). Loại động cơ này phải có 2 trục khuỷu hoặc nếu chỉ dùng 1 trục khuỷu thì phải có cơ cấu đồng bộ khá phức tạp.

### 4.3.3. DIỄN BIẾN QUÁ TRÌNH NẠP - XẢ Ở ĐỘNG CƠ 2 KỲ

Quá trình nạp-xả ở động cơ 2 kỳ có thể chia thành 3 giai đoạn : xả tự do, quét và nạp thêm (hoặc lọt khí).

#### 1) Giai đoạn I - Xả tự do

**Giai đoạn xả tự do** kéo dài từ thời điểm cơ cấu xả bắt đầu mở (điểm  $b_1$  - H. 4-7) đến thời điểm khí quét bắt đầu đi vào không gian công tác của xy lanh (điểm  $n$  - H. 4-7).

Tại thời điểm bắt đầu mở cửa quét (điểm  $d_1$ ), áp suất trong xy lanh ( $p_{d1}$ ) thường cao hơn áp suất khí nạp ( $p_k$ ). Để tránh hiện tượng khí thải lọt vào không gian chứa khí nạp, có thể lắp van một chiều ở cửa nạp, van này sẽ tự động mở khi áp suất trong xy lanh giảm xuống thấp hơn áp suất khí nạp. Biện pháp này được áp dụng chủ yếu cho động cơ thấp tốc, công suất lớn.

#### 2) Giai đoạn II - Quét

**Giai đoạn quét** ( còn gọi là **Giai đoạn xả cưỡng bức**) bắt đầu từ thời điểm khí quét đi vào không gian công tác của xy lanh và kết thúc tại thời điểm một trong hai cơ cấu - nạp hoặc xả - đóng (điểm  $r_1$  - H. 4-7 hoặc  $a_1$  - H. 4-7). Trong

giai đoạn này cả cơ cấu quét và xả đều mở và đồng thời diễn ra hai quá trình có liên quan mật thiết với nhau : khí mới đi vào xy lanh và khí thải bị khí mới đẩy ra ngoài.

Trong thời gian đầu của giai đoạn quét, mặc dù khí mới đã đi vào xy lanh nhưng do tác dụng "hút" của dòng khí thải nên áp suất trong xy lanh có thể giảm xuống thấp hơn áp suất khí nạp (điểm O - H. 4-7). Tiết diện lưu thông của cửa quét tăng lên sẽ làm tăng lưu lượng khí quét vào xy lanh đồng thời làm áp suất trong xy lanh tăng lên và dao động xung quanh trị số áp suất trung bình trong quá trình quét-xả ( $p_N$ ).

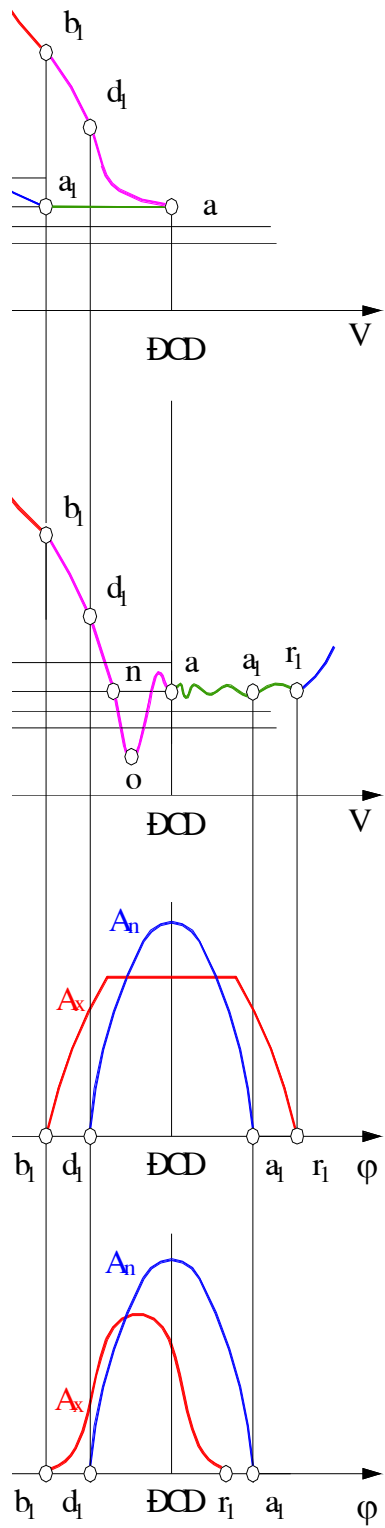
Trong giai đoạn quét bao giờ cũng có một lượng nhất định khí mới và khí thải hoà trộn với nhau và có thể cùng thoát ra ngoài. Lượng khí mới thoát ra khỏi xy lanh nhiều hay ít tùy thuộc vào mức độ hoàn hảo của hệ thống quét-xả và yêu cầu định trước đối với quá trình nạp-xả. Đối với động cơ diesel, đặc biệt là động cơ tăng áp, người ta chủ động cho một phần không khí quét thoát ra ngoài cùng với khí thải nhằm mục đích quét sạch xy lanh và làm mát buồng đốt. Ngược lại, đối với động cơ xăng và động cơ ga 2 kỳ, phải chấp nhận một lượng nhất định khí thải lưu lại trong xy lanh để tránh tổn thất nhiên liệu qua cửa xả.

### **3) Giai đoạn III - Lọt khí (hoặc Nạp thêm)**

Giai đoạn III là **Giai đoạn lọt khí** nếu cửa quét đóng trước hoặc là **Giai đoạn nạp thêm** nếu cơ cấu xả đóng trước. Chỉ những hệ thống quét-xả có góc phối khí không đối xứng (H. 4-7d và H. 4-8d, e, f) mới có thể thực hiện giai đoạn nạp thêm.

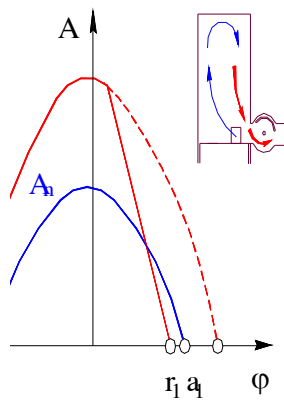
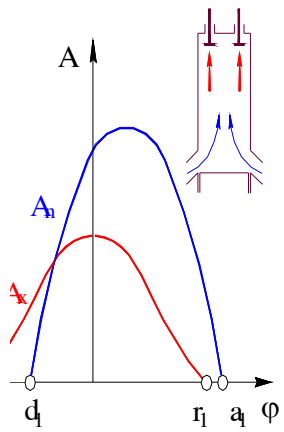
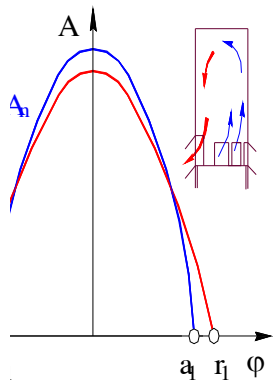
Qua tìm hiểu hệ thống và diễn biến quá trình nạp-xả ở động cơ 2 kỳ, có thể rút ra một số nhận xét sau :

- Toàn bộ quá trình nạp-xả ở động cơ 2 kỳ chỉ diễn ra trong một phần hành trình của piston ( $120 \div 150^\circ$  gqtk) xung quanh ĐCD.
- Khí nạp vào xy lanh động cơ 2 kỳ phải có áp suất cao hơn áp suất khí quyển, vì vậy động cơ 2 kỳ phải có máy nén khí. Tuy nhiên, nhìn chung hệ thống nạp-xả của động cơ 2 kỳ có cấu tạo đơn giản hơn so với động cơ 4 kỳ.
- Tương tự như ở động cơ 4 kỳ, cơ cấu quét-xả của động cơ 2 kỳ phải đảm bảo cho cửa xả hoặc xupap xả mở sớm hơn cửa quét. Yêu cầu này dễ dàng được thực hiện đối với hệ thống quét thẳng vì cơ cấu nạp và xả có sự độc lập tương đối với nhau. Trong trường hợp hệ thống quét vòng, nếu độ cao mép trên của cửa xả bằng hoặc thấp hơn cửa quét thì phải lắp van một chiều trên cửa quét để ngăn ngừa khí thải lọt vào không gian chứa khí quét.



H. 4-7. Quá trình quét-xả ở động cơ 2 kỳ





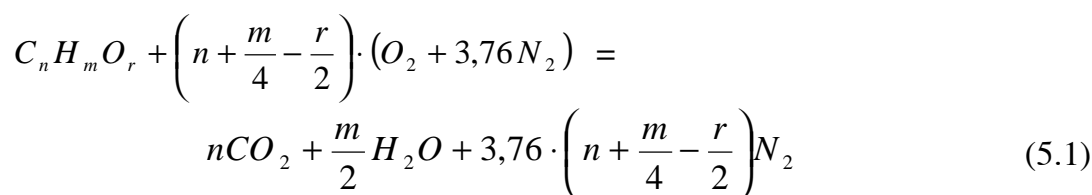
H. 4-8. Đồ thị Thời gian-Tiết diện của các loại hệ thống quét-xả của động cơ 2 kỳ



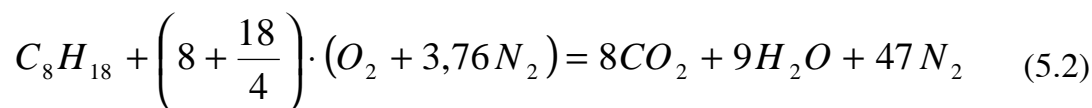
## QUÁ TRÌNH CHÁY

### 5.1. KHÁI NIỆM CHUNG

**Cháy** ở ĐCĐT là một quá trình hoá học có kèm theo toả nhiệt. Phương trình phản ứng hoá học giữa các phân tử nhiên liệu và không khí ở ĐCĐT có thể được biểu diễn như sau :

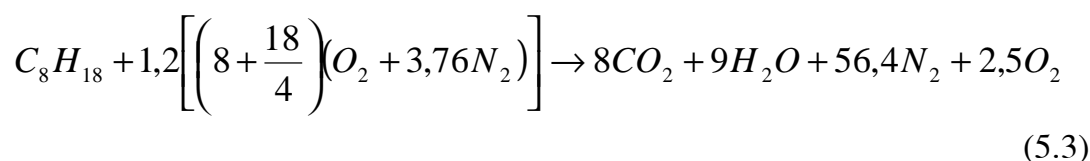


Ví dụ, phương trình (5.1) viết cho nhiên liệu là octane ( $C_8H_{18}$ ) sẽ có dạng :

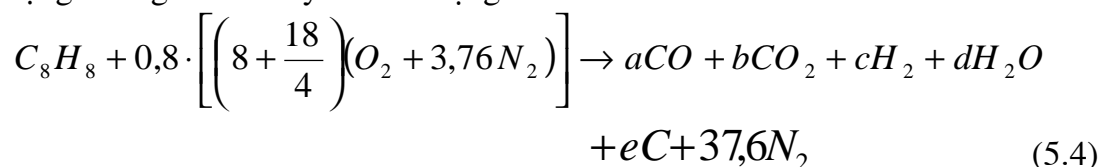


Từ phương trình (5.2) ta thấy, để đốt cháy hoàn toàn 1 phân tử octane cần phải có ít nhất 12,5 phân tử oxy, tương đương với 59,5 phân tử không khí. Nếu tính theo khối lượng thì cần phải có ít nhất 15,03 kg không khí để đốt cháy hoàn toàn 1 kg octane.

Nếu sử dụng lượng không khí nhiều hơn lượng không khí lý thuyết để có thể đốt cháy hoàn toàn nhiên liệu trong điều kiện thực tế thì trong khí thải sẽ có oxy dư. Ví dụ phương trình hoá học của quá trình cháy octane với lượng không khí dư 20 % sẽ có dạng :



Nếu lượng không khí nạp vào động cơ ít hơn lượng không khí lý thuyết thì nhiên liệu sẽ cháy không hoàn toàn và trong khí thải sẽ có thêm các sản phẩm khác, như : CO,  $H_2$ ,  $C_nH_m$ , C, v.v. Ví dụ : phương trình cháy octane với lượng không khí bằng 80 % lượng không khí lý thuyết sẽ có dạng :



trong đó : a, b, c, d và e là số kmol của mỗi loại sản phẩm cháy.

Các phản ứng hoá học giữa các phân tử nhiên liệu và oxy giới thiệu ở trên là sự thể hiện kết quả cuối cùng của hàng loạt quá trình lý-hoá diễn ra từ thời điểm các phân tử nhiên liệu và oxy chịu tác động của nhiệt độ và áp suất đủ cao để có thể diễn ra các quá trình hoá học. Kết quả nghiên cứu quá trình cháy nhiên liệu ở ĐCĐT chỉ ra rằng, các phản ứng oxy hoá các phân tử nhiên liệu diễn ra với nhiều giai đoạn và theo kiểu phản ứng dây chuyền, trong đó sự hình thành các phân tử hoạt tính trung gian đóng vai trò quyết định trong sự mở đầu và phát triển của các phản ứng oxy hoá. Cháy hay nổ nhiệt là giai đoạn các phản ứng oxy hoá nhiên liệu diễn ra với tốc độ lớn với sự tồn tại của ngọn lửa nóng lan truyền từ khu vực cháy sang khu vực hỗn hợp khí công tác chưa cháy. Sự cháy của nhiên liệu thường bắt đầu từ những trung tâm cháy đầu tiên. Chúng ta qui ước gọi thời điểm xuất hiện những trung tâm cháy đầu tiên là thời điểm phát hoả. Cơ chế hình thành những trung tâm cháy đầu tiên, tức là cơ chế của sự phát hoả ở ĐCĐT vẫn chưa được lý giải một cách hoàn chỉnh. Phần dưới đây sẽ giới thiệu một số lý thuyết được thừa nhận tương đối rộng rãi [1], [4], [5] và các khái niệm cơ bản liên quan đến sự phát hoả và cháy của nhiên liệu ở ĐCĐT để làm cơ sở cho việc phân tích diễn biến và ảnh hưởng của những yếu tố khác nhau đến chất lượng của quá trình cháy ở động cơ xăng và động cơ diesel.

### 1) Lý thuyết phát hoả do nhiệt

Lý thuyết phát hoả do nhiệt lý giải sự hình thành những trung tâm cháy đầu tiên là nhờ gia tốc dương của phản ứng toả nhiệt, tức là sự phát triển các phản ứng chỉ dựa vào nhiệt năng do bản thân của các phản ứng tạo ra để tự sấy nóng và làm tăng tốc phản ứng.

Chúng ta sẽ xem xét điều kiện phát hoả của một hỗn hợp cháy (HHC) được chứa trong không gian công tác của xy lanh với những dữ liệu sau đây : V - thể tích của không gian công tác, A - diện tích vách xy lanh,  $T_0$  - nhiệt độ của vách xy lanh, T - nhiệt độ của HHC, p - áp suất trong xy lanh,  $w_h$  - tốc độ phản ứng hoá học, H - nhiệt trị của HHC, k - hệ số trao đổi nhiệt giữa HHC và vách xy lanh.

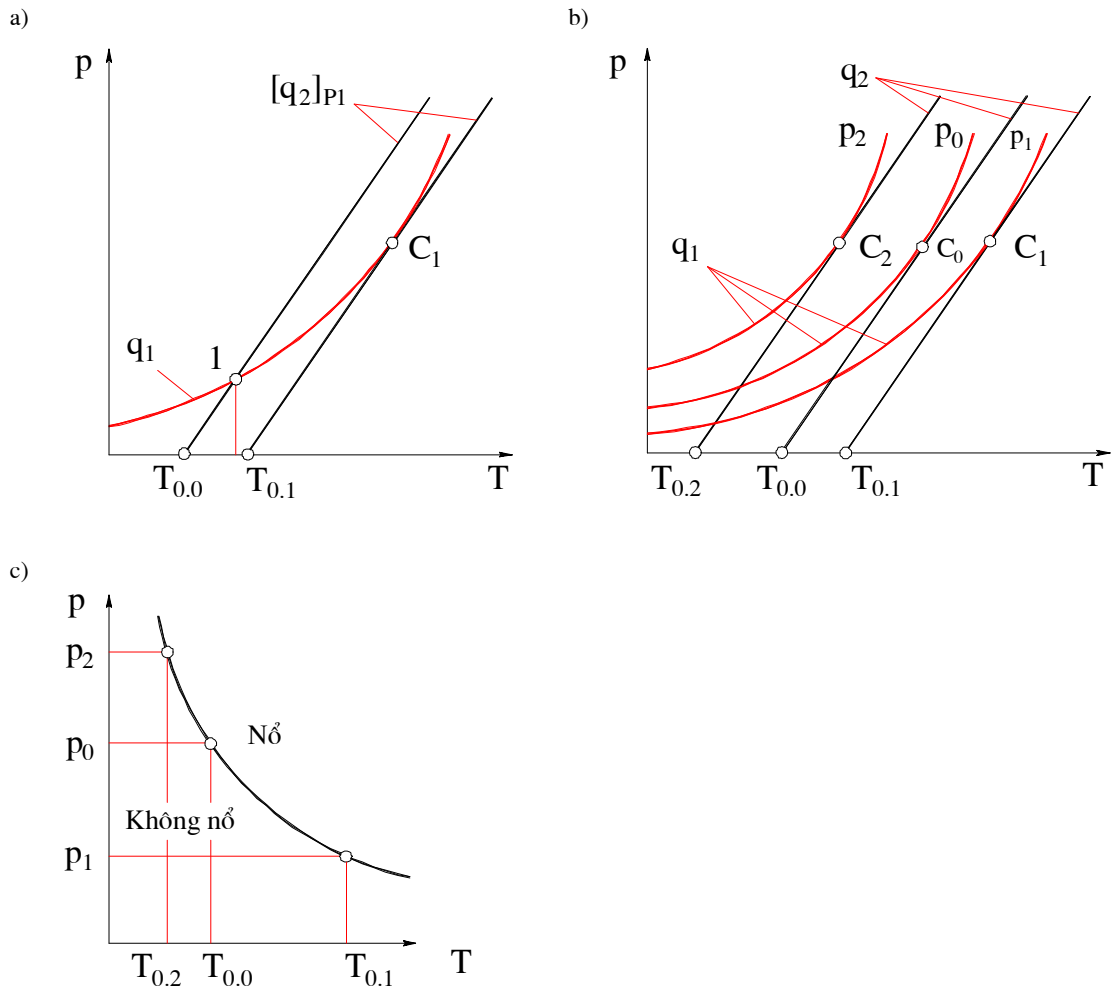
Tốc độ toả nhiệt của các phản ứng cháy ( $q_1$ ) và tốc độ truyền nhiệt cho vách xy lanh ( $q_2$ ) có thể được biểu diễn như sau :

$$q_1 = w_h \cdot H \quad (5.5)$$

$$q_2 = k \cdot A \cdot (T - T_0) \quad (5.6)$$

Nếu thay giá trị của  $w_h$  (xem mục 5.2.2) vào công thức (5.5) thì sẽ thấy  $q_1$  là một hàm với nhiều biến số, trong đó có nhiệt độ (T) và áp suất (p). Đối với  $q_2$ , nếu thay đổi nhiệt độ  $T_0$  với giả định hệ số trao đổi nhiệt (k) không đổi thì độ dốc của đường  $q_2 = f(T)$  không đổi, nhưng điểm gốc của hàm  $q_2 = f(T)$  sẽ thay đổi. H. 5-1 biểu

diễn các hàm số  $q_1 = f(T)$  và  $q_2 = f(T)$  ứng với 3 trị số áp suất trong xylanh  $p_0, p_1, p_2$  và 3 nhiệt độ của vách  $T_{0.0}, T_{0.1}, T_{0.2}$  khác nhau, trong đó  $p_2 > p_0 > p_1$  và  $T_{0.2} < T_{0.0} < T_{0.1}$ .



H. 5-1. Giới hạn phát hoả của hỗn hợp cháy

Xét trường hợp áp suất của HHC là  $p_1$ , nhiệt độ ban đầu của HHC và của vách xylanh là  $T_{0.0}$  (H. 5-1a). Ở những thời điểm đầu của quá trình cháy, do  $q_1 > q_2$  nên nhiệt độ của HHC sẽ tăng đến nhiệt độ  $T_1$  tương ứng với điểm 1, tại đó  $q_1 = q_2$ . Khi nhiệt độ của HHC vượt quá trị số  $T_1$  thì nhiệt độ của HHC sẽ giảm trở lại do khi đó  $q_2 > q_1$ . Trong trường hợp này sẽ không có phát hoả do nhiệt độ của khu vực phản ứng không tăng liên tục đến trị số giới hạn phát hoả. Điểm 1 là trạng thái cân bằng nhiệt ứng với nhiệt độ vách xylanh là  $T_{0.0}$  và áp suất của HHC là  $p_1$ . Nếu nâng cao nhiệt độ vách xylanh thì nhiệt độ tương ứng với trạng thái cân bằng nhiệt cũng được nâng cao dần. Khi nhiệt độ vách xylanh được nâng cao tới trị số  $T_{0.1}$  thì đường  $q_1$  tiếp tuyến với

đường  $q_2$  tại điểm  $C_1$ . Tại thời điểm  $C_1$ , chỉ cần làm tăng nhiệt độ hoặc áp suất của HHC một ít thì sẽ dẫn đến hiện tượng tăng nhiệt độ liên tục rồi phát hoả. Điểm  $C_1$  được gọi là trạng thái cân bằng nhiệt giới hạn, còn nhiệt độ  $T_{C1}$  - nhiệt độ phát hoả ứng với  $T_{0,1}$  và  $p_1$ . Nếu thay đổi áp suất của HHC và nhiệt độ của vách xylanh thì điểm cân bằng nhiệt giới hạn cũng thay đổi. Trên H. 5-1b : điểm  $C_0$  ứng với  $p_0$  và  $T_{0,0}$ ; điểm  $C_2$  ứng với  $p_2$  và  $T_{0,2}$ .

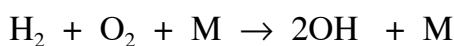
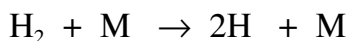
Căn cứ vào lý thuyết phát hoả trình bày ở trên và nếu chỉ xét sự ảnh hưởng của yếu tố áp suất và nhiệt độ thì có thể chỉ ra những vùng, tại đó HHC có thể hoặc không thể phát hoả (H. 5-1c). Như vậy, nhiệt độ phát hoả không phải là một đại lượng vật lý đặc trưng cho một loại nhiên liệu mà là một thông số thay đổi theo điều kiện diễn ra quá trình đốt cháy nhiên liệu.

## 2) Lý thuyết phát hoả do phản ứng dây chuyền

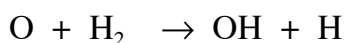
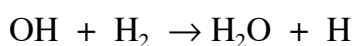
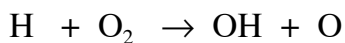
Lý thuyết phát hoả do phản ứng dây chuyền cho rằng điều kiện duy nhất đảm bảo sự phát hoả là tốc độ phân nhánh phản ứng dây chuyền lớn hơn tốc độ làm gián đoạn phản ứng dây chuyền. Nội dung cơ bản của lý thuyết này như sau : nhờ một năng lượng kích thích ban đầu nào đó sẽ xuất hiện những phân tử hoạt tính - những gốc hoá học có hoá trị tự do và có năng lượng hoạt hoá lớn. Những phân tử hoạt tính này có khả năng gây phản ứng hoá học với các phân tử trung hoà để tạo ra những phân tử hoạt tính mới theo kiểu phản ứng dây chuyền. Trong quá trình phản ứng, một số phân tử hoạt tính có khả năng tạo ra những phân tử hoạt tính mới và làm phân nhánh dây chuyền, đồng thời cũng có thể có những phân tử hoạt tính tác dụng với khí trơ hoặc va chạm với vách xylanh có nhiệt độ thấp và bị đứt nhánh dây chuyền.

Ví dụ phản ứng dây chuyền giữa hydro ( $H_2$ ) và oxy ( $O_2$ ) với sự tham gia của nhân tố thứ ba (M) có thể diễn ra như sau :

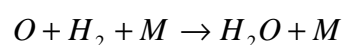
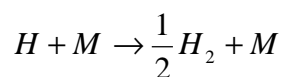
- Phát sinh phân tử hoạt tính và phản ứng dây chuyền :



- Phân nhánh dây chuyền :



- Đứt nhánh dây chuyền :



Tốc độ phát triển của phản ứng dây chuyền và quá trình phát hoả do phản ứng dây chuyền có thể được biểu diễn như sau :

$$W = W_0 \cdot e^{w_h \cdot t} \quad (5.7)$$

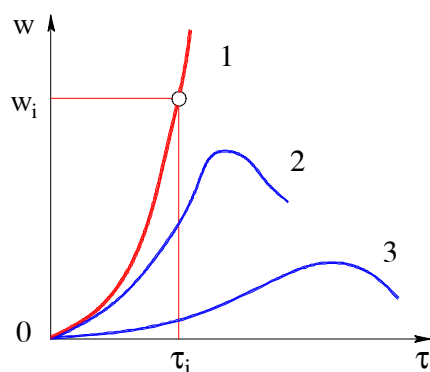
trong đó :

- w - tốc độ phản ứng dây chuyền,
- w<sub>0</sub> - tốc độ ban đầu của phản ứng phụ thuộc vào nồng độ ban đầu của các phân tử hoạt tính,
- w<sub>h</sub> - tốc độ phản ứng hoá học hai phân tử,
- τ - thời gian.

Quá trình phát triển của các phản ứng dây chuyền có thể diễn ra theo một trong hai khả năng như sau :

Khả năng thứ nhất - tốc độ phân nhánh dây chuyền lớn hơn tốc độ đứt nhánh. Khi đó, sau một thời gian τ<sub>i</sub>, tại khu vực phản ứng sẽ tích lũy được một số lượng đủ lớn các phân tử hoạt tính làm tăng đột ngột tốc độ phản ứng và gây phát hoả (đường 1 trên H. 5-2).

Khả năng thứ hai - tốc độ phân nhánh dây chuyền sẽ giảm sau khi đã đạt tới trị số cực đại nào đó, sau đó tốc độ đứt nhánh tăng dần và không dẫn đến phát hoả (đường 2 và 3).



H.5-2. Tốc độ phản ứng dây chuyền

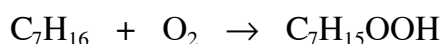
Như vậy, phản ứng dây chuyền có dẫn đến phát hoả hay không còn tùy thuộc vào điều kiện đảm bảo cho sự tách nhánh dây chuyền diễn ra với tốc độ lớn hơn tốc độ đứt nhánh dây chuyền. Sự phát hoả sẽ diễn ra khi tốc độ phản ứng dây chuyền đạt đến trị số giới hạn w<sub>i</sub>.

### c) Sự phát hoả của nhiên liệu hydrocarbon ở ĐCĐT

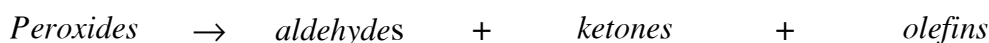
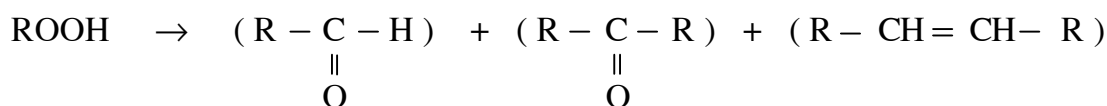
- **Sự phát hoả ở động cơ xăng** - ở động cơ xăng, nhiệt độ rất cao của tia lửa điện (khoảng 10 000 °C) có thể phá vỡ cấu trúc của các phân tử nhiên liệu và oxy để tạo ra các phân tử hoạt tính. Những phân tử hoạt tính này sẽ làm phát triển phản ứng

dây chuyền với tốc độ được xác định theo công thức (5.7). Cùng với sự gia tốc của phản ứng dây chuyền, tốc độ toả nhiệt tại khu vực phản ứng cũng tăng theo. Khi tốc độ toả nhiệt lớn hơn tốc độ truyền nhiệt từ khu vực phản ứng ra ngoài thì chuyển sang giai đoạn tự nâng cao nhiệt độ của HHC và dẫn đến phát hoả.

- **Sự phát hoả ở động cơ diesel** - ở động cơ diesel, nhiệt độ trong xy lanh tại thời điểm phun nhiên liệu không đủ cao để có thể phá huỷ cấu trúc của các phân tử  $C_nH_m$  và  $O_2$  ( $T_C \approx 700 \div 900 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Tuy nhiên, ở nhiệt độ tương đối thấp ( $300 \div 400 \text{ }^\circ\text{C}$ ) vẫn có thể diễn ra phản ứng hoá học giữa các phân tử  $C_nH_m$  và  $O_2$  với sự hình thành những chất peroxide. Ví dụ :



Khi tích tụ đến một nồng độ giới hạn, các chất peroxide ROOH dễ dàng tự phân huỷ ở nhiệt độ trong buồng đốt như sau :



Sản phẩm của sự phân huỷ các chất peroxide có thể là các chất có tính hoạt hoá yếu như aldehyde, ketone, olefin, v.v. và các phân tử hoạt tính, ví dụ RO, OH, v.v. Các phân tử hoạt tính mới được hình thành dễ dàng phản ứng với các phân tử  $C_nH_m$  và  $O_2$  để tạo ra những phân tử hoạt tính mới và làm xuất hiện phản ứng dây chuyền rồi có thể kết thúc bằng sự xuất hiện những trung tâm cháy đầu tiên. Sự hình thành các phân tử hoạt tính là kết quả của hàng loạt quá trình hoá học trung gian được gọi là các phản ứng tiền ngọn lửa (Pre flame Reactions) Thời điểm HHC tự bốc cháy là thời điểm xuất hiện trong buồng đốt những trung tâm cháy đầu tiên (First Hot Flame Foci). Đó là những khu vực tập trung những phân tử hoạt tính với nồng độ đủ lớn sao cho tốc độ toả nhiệt từ các phản ứng hoá học giữa chúng với nhau và giữa chúng với các phân tử nhiên liệu lớn hơn tốc độ truyền nhiệt từ khu vực phản ứng ra ngoài. Trong điều kiện như vậy, sự tự gia tốc dây chuyền làm cho phản ứng đạt đến tốc độ đảm bảo việc tự bốc cháy và cháy của HHC xung quanh.

Qua phân tích ở trên ta thấy, các phản ứng oxy hoá nhiên liệu ở ĐCĐT đều thuộc loại phản ứng dây chuyền. Nhưng vì các phản ứng dây chuyền đó đều là phản ứng toả nhiệt nên trong quá trình phản ứng, HHC cũng tự sấy nóng và sự tự sấy nóng đó cũng ảnh hưởng tới phát hoả. Như vậy, sự phát hoả ở ĐCĐT vừa do phản ứng dây chuyền vừa do nhiệt.



## 5.2. CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRUNG CỦA QUÁ TRÌNH CHÁY

### 5.2.1. THỜI GIAN CHẠM CHÁY

- **Thời gian chậm cháy** (Ignition Lag) là khoảng thời gian cần thiết để HHC phát hoả khi chịu tác dụng của áp suất và nhiệt độ đủ lớn. Đối với động cơ xăng, thời gian chậm cháy được tính từ thời điểm xuất hiện tia lửa điện giữa hai cực của buji đến thời điểm xuất hiện những trung tâm cháy đầu tiên ; còn ở động cơ diesel - thời gian chậm cháy kéo dài từ thời điểm nhiên liệu thực tế bắt đầu được phun vào buồng đốt đến thời điểm xuất hiện những trung tâm cháy đầu tiên. Thời gian chậm cháy có thể được tính bằng giây ( $\tau_i$ ) hoặc bằng độ góc quay của trục khuỷu ( $\varphi_i$ ).

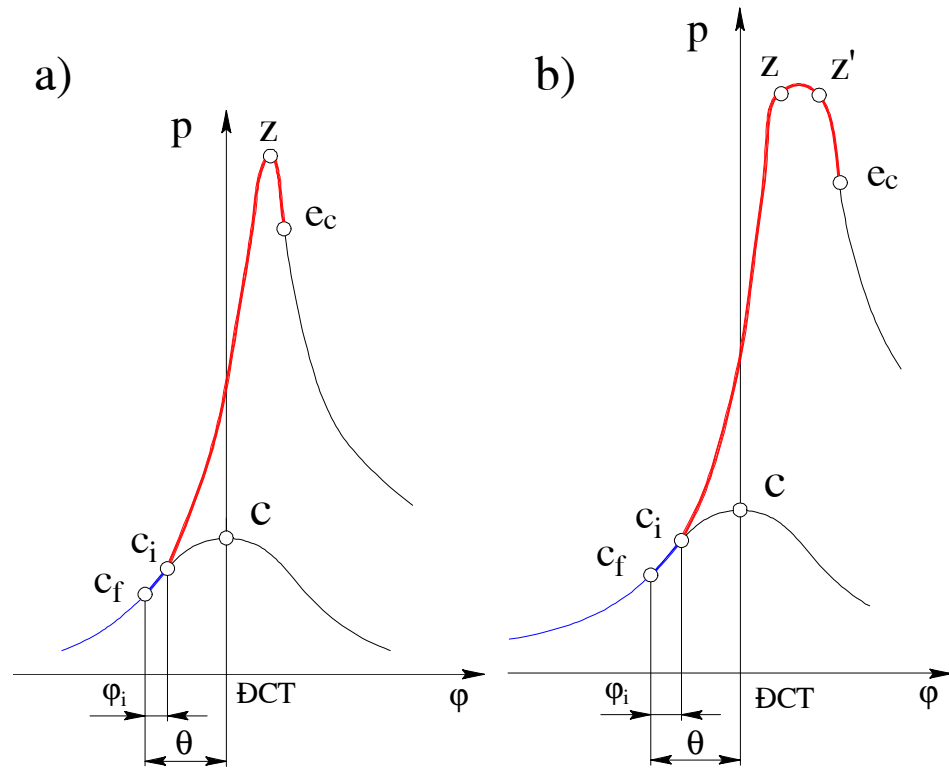
- **Thời gian chậm cháy vật lý và thời gian chậm cháy hoá học**

Nhiều thí nghiệm đã được tiến hành nhằm mục đích xác định thời gian chậm cháy. H. 5-4 giới thiệu kết quả thí nghiệm bằng cách phun hỗn hợp của 33 % isooctane và 67 % n-heptane vào một bình chứa không khí và một bình khác chứa nitơ đã được đốt nóng . Kết quả thí nghiệm chứng tỏ sự tồn tại các quá trình vật lý và hoá học diễn ra trong giai đoạn chậm cháy. Thời gian diễn ra các quá trình hoá hơi nhiên liệu, hoà trộn hơi nhiên liệu với không khí và sấy nóng hỗn hợp cháy đến nhiệt độ tự bốc cháy được gọi là thời gian chậm cháy vật lý ( $\tau_{i,ph}$ ) . Thời gian tính từ thời điểm xuất hiện các phản ứng tiền ngọn lửa đến thời điểm xuất hiện những trung tâm cháy đầu tiên được gọi là thời gian chậm cháy hoá học ( $\tau_{i,ch}$ ).

$$\tau_i = \tau_{i,ph} + \tau_{i,ch}$$

- **Ảnh hưởng của giai đoạn chậm cháy đến chất lượng quá trình cháy**

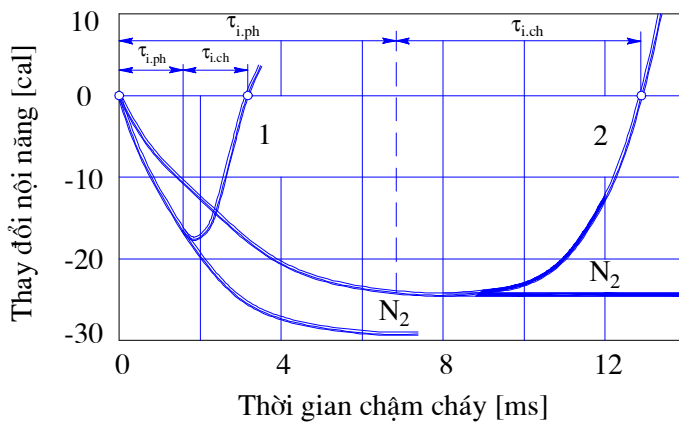
Ảnh hưởng của giai đoạn chậm cháy đến diễn biến và chất lượng quá trình cháy ở động cơ xăng và diesel không hoàn toàn như nhau. Giai đoạn chậm cháy ở động cơ xăng diễn ra trong khoảng thời gian rất ngắn và không có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng của toàn bộ quá trình cháy. Ngược lại, giai đoạn chậm cháy ở động cơ diesel diễn ra trong một khoảng thời gian khá dài so với tổng thời gian dành cho quá trình cháy và có ảnh hưởng rất lớn đến diễn biến của các giai đoạn tiếp theo của quá trình cháy. Giai đoạn chậm cháy ở động cơ diesel kéo dài sẽ làm cho lượng nhiên liệu cháy rất , tốc độ tăng áp suất ( $w_{p,m}$ ) và áp suất cháy cực đại ( $p_z$ ) đều tăng.



H. 5-3. Các điểm đặc trưng trên đồ thị công chỉ thị trong quá trình cháy.

a) Động cơ xăng, b) Động cơ diesel

$c_f$  - thời điểm bougie đánh lửa (động cơ xăng) hoặc thời điểm phun nhiên liệu thực tế (động cơ diesel);  $c_i$  - thời điểm phát hỏa;  $e_c$  - thời điểm kết thúc quá trình cháy;  $\theta$  - góc đánh lửa sớm (động cơ xăng) hoặc góc phun sớm (động cơ diesel);  $\phi_i$  - góc chậm cháy



H. 5-4. Thời gian chậm cháy vật lý và hoá học [5]

1-  $T_{c1} = 1300^{\circ}F$ ,  $p_{c1} = 465 \text{ psia}$ ,  $g_f = 0,108 \text{ g}$  ;  
 2-  $T_{c1} = 900^{\circ}F$ ,  $p_{c1} = 465 \text{ psia}$ ,  $g_f = 0,139 \text{ g}$ .

## 5.2.2. TỐC ĐỘ CHÁY

**Tốc độ cháy** ( $w_c$ ) được định nghĩa là số lượng nhiên liệu tham gia phản ứng cháy trong một đơn vị thời gian. Tốc độ cháy có vai trò đặc biệt quan trọng đối với chất lượng chu trình công tác của ĐCĐT vì nó quyết định đặc điểm biến thiên của nhiệt độ và áp suất của MCCT trong quá trình cháy, kéo theo đó là hàng loạt chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật của động cơ.

Tốc độ cháy ở ĐCĐT phụ thuộc vào tốc độ phản ứng hoá học ( $w_h$ ) của nhiên liệu với oxy và vận tốc độ lan truyền ngọn lửa ( $u$ ).

### 1) Tốc độ phản ứng hoá học

Mối quan hệ giữa tốc độ phản ứng hoá học của nhiên liệu với oxy và các đại lượng liên quan có thể biểu diễn bằng công thức dưới đây [1] :

$$w_h = F \cdot p^N \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}} \quad (5.8)$$

trong đó : F - hằng số, phụ thuộc vào tính chất lý hoá của hỗn hợp cháy,

p - áp suất ,

T - nhiệt độ,

N - đại lượng đặc trưng cho thứ tự các giai đoạn của phản ứng,

$E_a$  - năng lượng kích hoạt,

R - hằng số của chất khí.

Hằng số F đặc trưng cho số lần va chạm của các phân tử tham gia phản ứng. Số lần va chạm càng nhiều thì xác suất xảy ra phản ứng càng cao và tốc độ phản ứng càng lớn. Hằng số F phụ thuộc vào hàng loạt yếu tố, như : loại nhiên liệu, thành phần của HHC, hàm lượng khí sót, nhiệt độ và áp suất trong xy lanh, v.v.

Năng lượng kích hoạt ( $E_a$ ) là số năng lượng bổ sung để tiêu hao cho việc kích hoạt một bộ phận phân tử có khả năng tham gia phản ứng khi va chạm. Phản ứng chỉ có thể xảy ra khi các phân tử va chạm nhau, nhưng không nhất thiết mỗi lần va chạm đều gây ra phản ứng. Để kích hoạt phản ứng thì năng lượng của các phân tử va chạm cần phải đủ lớn để phá được liên kết bên trong của phân tử. Để phản ứng có thể xảy ra thì ở thời kỳ trước khi bắt đầu phản ứng cần phải làm cho một bộ phận các phân tử có dự trữ năng lượng  $E > E_1 + E_a = E_2$  , trong đó :  $E_1$  - hiệu ứng nhiệt của phản ứng,  $E_2$  - số năng lượng bổ sung cần thiết để tiêu hao cho việc thực hiện phản ứng có tỏa nhiệt. Các phân tử có năng lượng lớn và có khả năng gây ra phản ứng khi va chạm được gọi là các phân tử hoạt tính. Các phản ứng khác nhau có các trị số năng lượng kích hoạt ( $E_a$ ) khác nhau.  $E_a$  càng nhỏ thì phản ứng xảy ra càng dễ dàng và diễn ra nhanh.  $E_a = 0$  có nghĩa là năng lượng tổng cộng của hai phân tử va chạm nhau đủ để phá vỡ liên kết bên trong của các phân tử và làm cho phản ứng xảy ra. Trong trường hợp đó, mỗi lần va chạm sẽ gây ra phản ứng.

Tìm hiểu quá trình cháy từ góc độ của người khai thác kỹ thuật ĐCĐT, có thể liệt kê những yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng hoá học ( $w_h$ ) sau đây :

- **Tính chất hoá học của nhiên liệu** - Nhiên liệu có thành phần nguyên tố và cấu trúc phân tử khác nhau sẽ có năng lượng kích hoạt ( $E_a$ ) khác nhau. Năng lượng kích hoạt càng nhỏ thì phản ứng bắt đầu càng dễ dàng và diễn ra nhanh. Trong trường hợp  $E_a = 0$ , phản ứng sẽ diễn ra sau mỗi lần va chạm giữa các phân tử của các chất tham gia phản ứng.

- **Áp suất và nhiệt độ trong không gian công tác** - Áp suất và nhiệt độ có liên quan đến tần suất va chạm giữa các phân tử nhiên liệu và oxy, qua đó ảnh hưởng đến năng lượng kích hoạt phản ứng. Nhiệt độ và áp suất càng cao thì khả năng xảy ra phản ứng càng lớn và tốc độ phản ứng càng cao. Nói chung, ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ cháy nhiên liệu ở ĐCĐT mạnh hơn nhiều so với ảnh hưởng của áp suất.

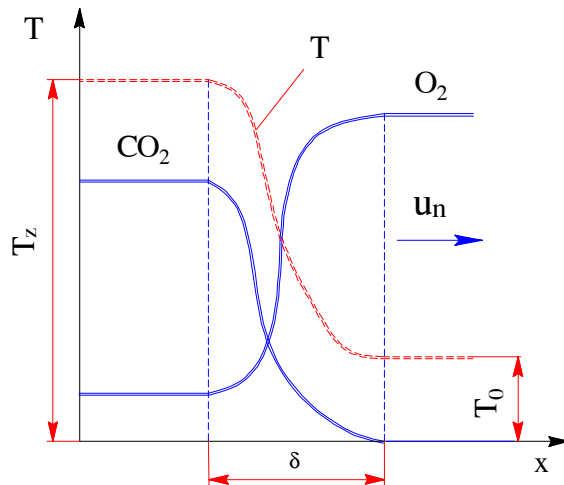
- Thành phần HHC - HHC quá nghèo hoặc quá giàu đều có tốc độ phản ứng hoá học thấp. Điều này có liên quan đến tần suất va chạm và lượng nhiệt tiêu hao cho việc sấy nóng các phân tử không khí hoặc nhiên liệu dư quá mức. Tốc độ phản ứng hoá học sẽ tăng khi HHC được làm giàu dần và đạt tới trị số lớn nhất ứng với  $\lambda = 0,85 - 0,90$ . Hiện tượng này được giải thích bởi số phân tử nhiên liệu và số phân tử không khí có trong HHC thực tế rất khác nhau, ví dụ : để đốt cháy hoàn toàn 1 phân tử heptane ( $C_7H_{16}$ ) cần phải có ít nhất 11 phân tử oxygen hoặc 52,5 phân tử không khí. Với HHC hơi đậm, tần suất va chạm giữa các phân tử nhiên liệu và oxy sẽ lớn hơn.

- Hàm lượng khí sót - Tốc độ phản ứng hoá học giảm theo chiều tăng của hệ số khí sót do tần suất va chạm giữa các phân tử tham gia phản ứng giảm và tổn thất nhiệt cho các phân tử khí trơ tăng.

- Chất phụ gia - Một số chất, ví dụ : tetraethyl chì -  $(C_2H_5)_4Pb$  , Toluene -  $C_6H_5CH_3$  , benzene -  $C_6H_6$  , ... được pha vào một số loại xăng để làm giảm tốc độ phản ứng hoá học nhằm ngăn chặn hiện tượng kích nổ. Ngược lại, một số loại nhiên liệu diesel lại được pha chất có tác dụng làm giảm thời gian chậm cháy và tăng tốc độ phản ứng hoá học , ví dụ : acetone peroxide, ethyl nitrate, isoamyl nitrate, v.v.

## 2) Vận tốc lan truyền ngọn lửa

HHC đồng nhất ở ĐCĐT được phát hoả ở một vị trí nào đó trong buồng đốt rồi từ đó ngọn lửa lan truyền về phía hỗn hợp nhiên liệu-không khí chưa cháy. Giữa vùng đã cháy và vùng chưa cháy trong buồng đốt được phân cách bởi một vùng đang cháy gọi là ngọn lửa hay màng lửa. Trong ngọn lửa, các phản ứng oxy hoá nhiên liệu đang diễn ra với tốc độ rất lớn. Giữa ngọn lửa và vùng HHC chưa cháy cũng như giữa ngọn lửa và vùng đã cháy tồn tại gradient rất lớn về nhiệt độ và nồng độ của MCCT trong buồng đốt (H. 5-5).



H. 5-5. Đặc điểm biến thiên nhiệt độ và nồng độ của MCCT trong ngọn lửa cháy tầng

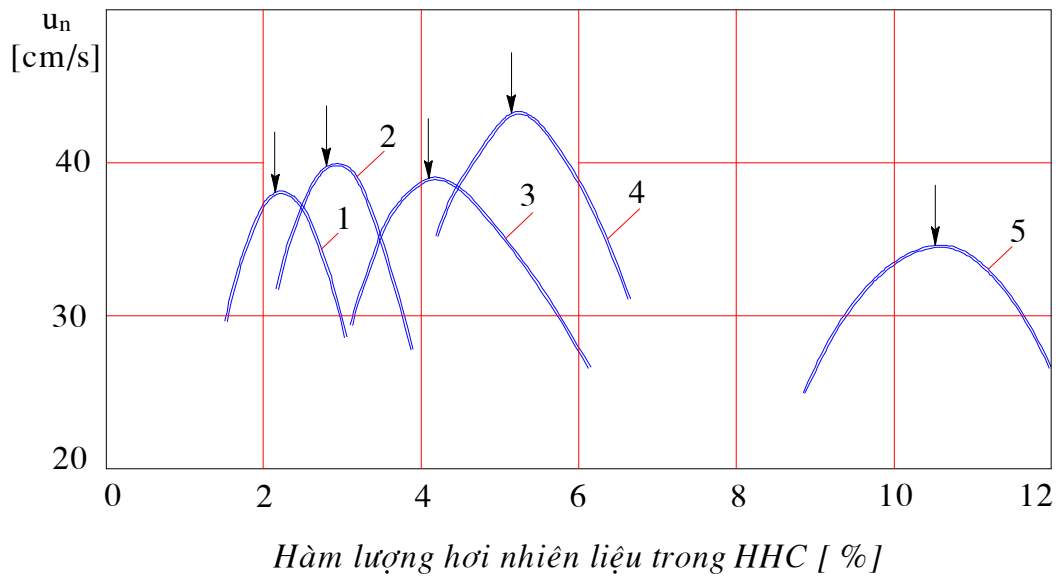
Vận tốc lan truyền ngọn lửa phụ thuộc vào nhiều yếu tố, như : cường độ dẫn nhiệt và khuếch tán của những phân tử hoạt tính từ khu vực đã cháy sang khu vực chưa cháy, tính chất lý-hoá của hỗn hợp khí công tác, đặc tính chuyển động của hỗn hợp khí trong buồng đốt , v.v. Vận tốc mà ngọn lửa lan truyền từ lớp này đến lớp khác do sự khuếch tán của những phân tử hoạt tính và do dẫn nhiệt theo phương pháp tuyến với bề mặt của màng lửa được gọi là vận tốc của ngọn lửa trong trường hợp cháy tầng (gọi tắt là vận tốc cháy tầng -  $u_n$ ). Vận tốc cháy tầng được quyết định chủ yếu bởi tốc độ phản ứng hoá học và hệ số dẫn nhiệt của HHC. HHC hơi đậm ( $\lambda = 0,85 - 0,90$ ) có vận tốc cháy tầng lớn nhất. Các loại nhiên liệu hydrocarbon có vận tốc cháy tầng cực đại khoảng  $0,35 - 0,55 \text{ cm/s}$  ở áp suất  $p = 1 \text{ bar}$  và nhiệt độ  $t = 20^\circ\text{C}$  [4].

Yếu tố có ảnh hưởng quyết định đến vận tốc lan truyền ngọn lửa trong động cơ thực tế là chuyển động rối của khí trong buồng đốt. Với cường độ chuyển động rối nhỏ, vận tốc ngọn lửa được tăng lên là nhờ tăng cường sự cung cấp nhiệt và các phân tử hoạt tính từ ngọn lửa cho hỗn hợp cháy (H. 5-7a). Khi có chuyển động rối mạnh thì hình dạng ngọn lửa thay đổi, các khối khí chuyển động rối loạn và kết quả là làm tăng bề mặt và vận tốc của ngọn lửa (H. 5-7b). Ngoài các yếu tố kể trên, vận tốc lan truyền ngọn lửa còn phụ thuộc vào hàng loạt thông số kết cấu và vận hành của động cơ như : tỷ số nén, số lượng buji, tốc độ và tải , v.v. Vận tốc lan truyền ngọn lửa ở động cơ hiện nay có trị số trung bình khoảng  $20 \div 30 \text{ m/s}$  [4].

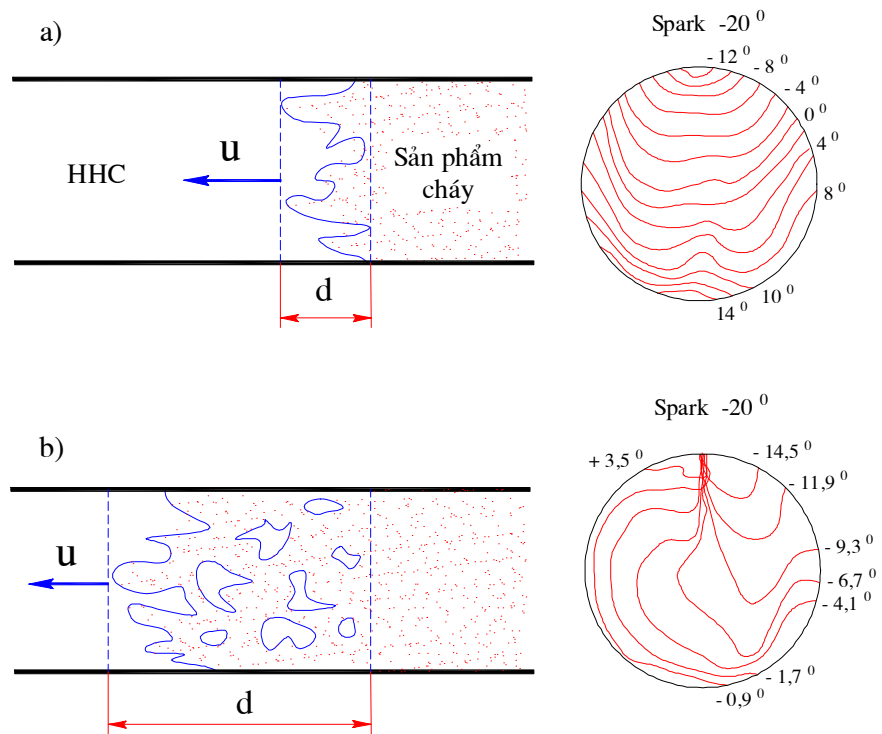
Có thể biểu diễn mối quan hệ giữa vận tốc lan truyền ngọn lửa trong trường hợp có vận động rối của khí trong buồng đốt (gọi tắt là vận tốc cháy rối -  $u$ ), vận tốc cháy tầng ( $u_n$ ) và cường độ chuyển động rối ( $u'$ ) như sau [4] :

$$u = u_n + K \cdot u' \quad (5.9)$$

trong đó K là hệ số tỷ lệ.



H. 5-6. Ảnh hưởng của thành phần HHC đến vận tốc cháy tầng  
 1- Hexane , 2- Benzol , 3- Propane, 4- Propene, 5- Methane



H. 5-7. Ảnh hưởng của chuyển động rối đến tính chất của ngọn lửa  
 a) Vận động rối yếu b) Vận động rối mạnh

### 3) Tốc độ cháy của HHC không đồng nhất

Cách thức cháy của HHC không đồng nhất như trường hợp HHC ở turbine khí hoặc ở động cơ diesel không giống như trường hợp HHC đồng nhất đã được mô tả ở trên. Tốc độ cháy ( $w_c$ ) của HHC không đồng nhất được quyết định chủ yếu bởi tốc độ hoá hơi và hoà trộn hơi nhiên liệu với không khí, bởi vì tốc độ phản ứng hoá học thường lớn hơn rất nhiều so với tốc độ hoá hơi và hoà trộn. Mặt khác, quá trình cháy có thể diễn ra với HHC không đồng nhất rất loãng ( $\lambda \geq 4$ ), vì trong HHC không đồng nhất luôn tồn tại những khu vực có thành phần HHC tốt nhất cho sự bốc cháy ( $\lambda = 0,85 - 0,90$ ); tại những khu vực đó sẽ xuất hiện những trung tâm cháy rồi ngọn lửa sẽ lan ra những khu vực với HHC loãng hơn. Cũng chính vì sự không đồng nhất của HHC mà ở động cơ diesel có thể xuất hiện khói đen và bồ hóng trong khí thải ngay cả với HHC khá loãng ( $\lambda \approx 1,4$ ). Bởi vì, mặc dù HHC có hệ số dư lượng không khí trung bình lớn hơn 1, nhưng vẫn có những khu vực có HHC rất đậm, ở đó các phân tử hydrocarbon bị phân huỷ thành C và các chất khác trong điều kiện nhiệt độ cao và thiếu oxy.

#### 5.2.3. TỐC ĐỘ TĂNG ÁP SUẤT VÀ ÁP SUẤT CHÁY CỰC ĐẠI

Tốc độ tăng áp suất và áp suất cháy cực đại là hai thông số có ảnh hưởng quyết định đến phụ tải cơ học tác dụng lên cơ cấu truyền lực và các bộ phận liên quan. Nhiều chi tiết chịu tác dụng của lực khí thể, như đỉnh piston, thanh truyền, lót xy lanh, v.v. được tính toán bên trên cơ sở áp suất cháy cực đại. Trong khi tác động của áp suất cháy cực đại có thể được coi như phụ tải tĩnh thì tác động của tốc độ tăng áp suất lại mang tính chất động. Chính sự thay đổi áp suất một cách đột ngột sẽ gây nên những biến dạng có tính chu kỳ của vật liệu, từ đó sẽ xuất hiện thêm ứng suất động trong các chi tiết chịu lực. Khi tốc độ tăng áp suất lớn, động cơ sẽ làm việc "cứng", ồn và rung động mạnh.

Trong quá trình cháy, chỉ giai đoạn tính từ thời điểm nhiên liệu phát hoả (điểm  $c_i$  - H. 5-3) đến thời điểm áp suất cháy đạt giá trị cực đại (điểm  $z$ ) có tốc độ tăng áp suất lớn nhất và có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng quá trình cháy. Bởi vậy tốc độ tăng áp suất trong giai đoạn này được coi là đại diện cho ảnh hưởng của tốc độ tăng áp suất trong cả quá trình cháy và được đặc trưng bởi thông số **Tốc độ tăng áp suất trung**

$$\text{bình } (w_p): \quad w_p = \frac{\Delta p}{\Delta j} = \frac{p_z - p_{c_i}}{j_z - j_{c_i}} \quad (5.10)$$

trong đó :

$w_p$  - tốc độ tăng áp suất trung bình trong quá trình cháy, [bar/°gqtk]

$p_z, p_{c_i}$  - áp suất trong xy lanh tại điểm  $z$  và  $c_i$ , [bar]

$\varphi_z, \varphi_{c_i}$  - góc quay của trục khuỷu tại điểm  $z$  và  $c_i$ , [°gqtk]

Thông thường, tốc độ tăng áp suất trung bình được duy trì ở mức  $w_p = 4 - 5 \text{ bar/}^\circ \text{gqtk}$  đối với động cơ diesel và  $w_p = 1,5 - 2,5 \text{ bar/}^\circ \text{gqtk}$  đối với động cơ xăng.

## 5.3. QUÁ TRÌNH TẠO HỖN HỢP CHÁY

### 5.3.1. ĐẶC ĐIỂM QUÁ TRÌNH TẠO HỖN HỢP CHÁY

Quá trình tạo hỗn hợp cháy (HHC) bao gồm tất cả những sự thay đổi về trạng thái, thành phần, nhiệt độ và áp suất của hỗn hợp nhiên liệu - không khí tính từ thời điểm nhiên liệu bắt đầu được hoà trộn với không khí đến thời điểm hỗn hợp hơi nhiên liệu - không khí bốc cháy. Để đảm bảo cho nhiên liệu cháy nhanh, cháy hoàn toàn và cháy gần ĐCT với tốc độ tăng áp suất và áp suất cháy cực đại không quá lớn, quá trình tạo HHC phải thoả mãn những yêu cầu phù hợp với phương pháp tổ chức quá trình cháy ở từng loại động cơ.

Qua tìm hiểu đặc điểm kết cấu, nguyên lý hoạt động của động cơ xăng và động cơ diesel có thể rút ra một số nhận xét có liên quan đến quá trình tạo HHC như sau :

Động cơ xăng	Động cơ diesel
1. HHC được hình thành từ bên ngoài không gian công tác của xy lanh.	1. HHC được hình thành bên trong không gian công tác của xy lanh.
2. HHC trong buồng đốt tại thời điểm phát hoả có thể coi là đồng nhất do quá trình tạo HHC diễn ra trong một khoảng thời gian dài .	2. HHC tại thời điểm phát hoả là không đồng nhất do thời gian để chuẩn bị HHC rất ngắn và nhiên liệu thường là loại khó bay hơi.
3. Nhiên liệu được phát hoả bằng tia lửa điện có nhiệt độ rất cao.	3. Nhiên liệu tự phát hoả dưới tác động của áp suất và nhiệt độ cao của không khí trong buồng đốt.
4. Nhiên liệu thường là loại dễ bay hơi.	4. Nhiên liệu thường là loại khó bay hơi.

Cần lưu ý rằng : không phải nhiên liệu quyết định nguyên lý hoạt động của động cơ mà ngược lại. Việc sử dụng các loại nhiên liệu dễ bay hơi ( xăng, alcohol, benzol, khí đốt hoá lỏng, v.v.) cho động cơ xăng và nhiên liệu khó bay hơi hơn (gas oil, dầu solar, mazout, v.v.) cho động cơ diesel được quyết định trước hết bởi các chỉ tiêu chất lượng cơ bản của nhiên liệu (số octane, số cetane, nhiệt trị ) và hiệu quả kinh tế khi dùng các loại nhiên liệu đó.

Đặc điểm hình thành HHC bên ngoài đối với động cơ xăng cũng không phải là bất biến. Đã có những thử nghiệm động cơ phát hoả bằng tia lửa chạy bằng xăng được phun trực tiếp vào không gian công tác của xy lanh, nhưng những lợi ích mà giải pháp này mang lại không tương xứng với những bất lợi kèm theo nên tất cả động cơ xăng phổ biến hiện nay đều thuộc loại hình thành HHC bên ngoài.

Tất cả các bộ phận có chức năng thực hiện quá trình tạo ra HHC được gọi chung là hệ thống tạo HHC. Ở động cơ xăng, bộ chế hoà khí hoặc hệ thống phun xăng là những bộ phận có vai trò chính trong việc thực hiện quá trình tạo HHC ; còn ở động cơ diesel - hệ thống phun nhiên liệu. Ngoài ra, cấu hình của buồng đốt, hệ thống nạp-xả cũng có vai trò nhất định trong việc tạo ra HHC theo những tiêu chí định trước.



### 5.3.2. CHẤT LƯỢNG QUÁ TRÌNH TẠO HHC Ở ĐỘNG CƠ XĂNG

Chất lượng quá trình tạo HHC ở động cơ xăng có thể được đánh giá thông qua 3 đại lượng chính : độ đồng nhất của HHC, chất lượng định lượng và thành phần của HHC.

#### 1) Độ đồng nhất của HHC

HHC được coi là đồng nhất nếu nó có thành phần như nhau tại mọi khu vực trong buồng đốt. Độ đồng nhất của HHC có ảnh hưởng trực tiếp đến công suất, hiệu suất và độ độc hại của khí thải của động cơ. HHC càng đồng nhất thì lượng không khí thực tế cần thiết để đốt cháy hoàn toàn một đơn vị khối lượng nhiên liệu sẽ càng nhỏ. Nói cách khác là độ đồng nhất càng lớn thì động cơ có thể làm việc với HHC có hệ số dư lượng không khí ( $\lambda$ ) càng nhỏ mà vẫn đảm bảo yêu cầu đốt cháy hoàn toàn nhiên liệu. Nếu HHC không đồng nhất, sẽ có những khu vực trong buồng đốt thiếu hoặc thừa oxy. Tại khu vực thiếu oxy, nhiên liệu cháy không hoàn toàn sẽ làm giảm hiệu suất nhiệt của động cơ và tăng hàm lượng các chất độc hại trong khí thải. Việc thừa oxy quá mức cũng làm giảm hiệu suất của động cơ do phải tiêu hao năng lượng cho việc sấy nóng, nạp và xả phân không khí dư quá mức, đồng thời giảm hiệu quả sử dụng dung tích công tác của xy lanh.

Độ đồng nhất của HHC được quyết định bởi các yếu tố : tính chất vật lý của nhiên liệu ( tính hoá hơi, sức căng bề mặt, độ nhớt), nhiệt độ của không khí và của các bề mặt tiếp xúc với HHC (vách đường ống nạp, đỉnh piston, thành xy lanh), chuyển động rối của khí trong đường ống nạp và trong xy lanh, v.v...

#### 2) Thành phần của hỗn hợp cháy ( I )

Trong lĩnh vực ĐCĐT, thành phần của HHC thường được đánh giá bằng đại lượng có tên là hệ số dư lượng không khí :

$$I = \frac{L}{L_0} = \frac{G_K}{G_{0K}} \quad (5.11)$$

Trong đó :

$L_0$  - lượng không khí lý thuyết cần thiết để đốt cháy hoàn toàn 1 đơn vị số lượng nhiên liệu,

$L$  - lượng không khí thực tế cần thiết để đốt cháy 1 đơn vị số lượng nhiên liệu trong động cơ,

$G_{0K}$  - lưu lượng không khí lý thuyết cần thiết để đốt cháy hoàn toàn nhiên liệu,

$G_K$  - lưu lượng không khí thực tế đi vào không gian công tác của động cơ.

HHC có  $\lambda < 1$  được gọi là hỗn hợp đậm (hoặc hỗn hợp giàu) ;  $\lambda > 1$  - hỗn hợp loãng (hoặc hỗn hợp nghèo) ;  $\lambda = 1$  - hỗn hợp lý thuyết hoặc hỗn hợp hoá định lượng.

### 3) Chất lượng định lượng

Chất lượng định lượng được định nghĩa là khả năng điều chỉnh lượng nhiên liệu chu trình cho phù hợp với chế độ làm việc của động cơ và khả năng phân bố đồng đều HHC cho các xy lanh của động cơ nhiều xy lanh.

Đối với động cơ xăng nhiều xy lanh, HHC được cung cấp cho từng xy lanh phải như nhau về phương diện số lượng và thành phần. Mức độ khác nhau về số lượng giữa lượng nhiên liệu chu trình ở các xy lanh của cùng một động cơ được đặc trưng bằng đại lượng "độ định lượng không đồng đều  $\Delta g_{ct}$ ":

$$\Delta g_{ct} = 2 \cdot \frac{g_{ct,max} - g_{ct,min}}{g_{ct,max} + g_{ct,min}} \cdot 100 \quad (5.12)$$

trong đó  $g_{ct,max}$  và  $g_{ct,min}$  là lượng nhiên liệu chu trình lớn nhất và nhỏ nhất ở các xy lanh với cùng một vị trí của cơ cấu điều khiển.

Sự phân bố không đồng đều HHC cho các xy lanh sẽ dẫn đến những hậu quả sau đây :

- Giảm công suất danh nghĩa và tăng suất tiêu hao nhiên liệu.
- Phụ tải cơ và phụ tải nhiệt không đồng đều ở các xy lanh.
- Có thể xuất hiện hiện tượng kích nổ ở một số xy lanh do thành chung cất của nhiên liệu ở những xy lanh đó có số octane nhỏ.
- Tăng hàm lượng các chất độc hại trong khí thải, v.v.

Các biện pháp thường được sử dụng nhằm hạn chế độ định lượng không đồng đều ở động cơ xăng bao gồm :

- Kết cấu hệ thống nạp hợp lý.
- Sấy nóng đường ống nạp bằng nhiệt của khí thải để tăng cường sự bay hơi của xăng trong ống nạp.
- Sử dụng hệ thống phun xăng nhiều điểm.

### 5.3.3. CHẤT LƯỢNG QUÁ TRÌNH TẠO HHC Ở ĐỘNG CƠ DIESEL

Chất lượng của quá trình tạo HHC ở động cơ diesel được đánh giá thông qua các đại lượng : độ đồng nhất của HHC, chất lượng định lượng, chất lượng định thời và quy luật hình thành HHC .

#### 1) Độ đồng nhất của HHC

Độ đồng nhất của HHC cũng có ảnh hưởng đến tính năng và các chỉ tiêu khác của động cơ diesel tương tự như đối với động cơ xăng. Tuy nhiên, đặc điểm quá trình tạo HHC ở động cơ diesel rất khác so với ở động cơ xăng, cụ thể : HHC của động cơ diesel được hình thành ở bên trong không gian công tác của xy lanh trong một khoảng thời gian rất ngắn so với thời gian diễn ra toàn bộ chu trình công tác, cho nên thực tế

rất khó tạo ra một HHC đồng nhất tại thời điểm nhiên liệu phát hoả. Chính vì vậy mà các biện pháp đồng nhất hoá HHC ở động cơ diesel phức tạp và đa dạng hơn nhiều. Có thể liệt kê dưới đây một số biện pháp phổ biến :

- Phun nhiên liệu vào buồng đốt dưới dạng sương mù bằng cách nén nhiên liệu đến áp suất rất cao (khoảng  $100 \div 1500$  bar) rồi phun qua các lỗ có tiết diện lưu thông rất nhỏ.
- Phối hợp cấu trúc vĩ mô của các tia nhiên liệu với hình dáng và kích thước của buồng đốt.
- Tạo chuyển động rối mạnh của khí trong buồng đốt bằng cách khoét lõm đỉnh piston, hướng đường ống nạp theo phương tiếp tuyến.
- Sử dụng buồng đốt ngăn cách để tạo ra chuyển động rối mạnh của khí trong buồng đốt, tạo ra hiệu năng nhiệt và hiệu năng phun thứ cấp, v.v.

**2) Chất lượng định lượng** - Chất lượng định lượng của hệ thống tạo HHC của động cơ diesel được đánh giá bằng hai thông số : lượng nhiên liệu chu trình ( $g_{ct}$ ) và độ định lượng không đồng đều ( $\Delta g_{ct}$ ). Định nghĩa và ảnh hưởng của  $g_{ct}$  ,  $\Delta g_{ct}$  đến tính năng và các chỉ tiêu khác của động cơ diesel cũng tương tự như đối với động cơ xăng. Tuy nhiên, quá trình tạo HHC ở động cơ xăng và diesel có nhiều đặc điểm khác nhau, nên các biện pháp định lượng chính xác cũng rất khác nhau. Ở động cơ diesel, khí mới là không khí thuần túy cho nên chức năng định lượng thực tế chỉ do hệ thống phun nhiên liệu thực hiện. Các hệ thống phun nhiên liệu kiểu Bosch cổ điển có thể đáp ứng được yêu cầu định lượng cho những động cơ có  $n < 3000$  rpm. Ở tốc độ quay càng cao, ảnh hưởng mang tính ngẫu nhiên của hàng loạt hiện tượng thuỷ động trong hệ thống bơm cao áp - ống cao áp - vòi phun nhiên liệu sẽ làm cho sự khác nhau về lượng nhiên liệu chu trình, thời điểm bắt đầu và kết thúc phun nhiên liệu càng lớn. Với những động cơ có tốc độ quay cao , cần phải sử dụng những giải pháp thích hợp để hạn chế độ định lượng không đồng đều, ví dụ : sử dụng hệ thống phun nhiên liệu với BCA phân phối , hệ thống phun nhiên liệu với BCA - VP liên hợp, hệ thống phun nhiên liệu điều khiển điện tử, v.v.

### 3) Chất lượng định thời

Như chúng ta đã biết, HHC ở động cơ diesel được hình thành bên trong không gian công tác của xy lanh và thời điểm bắt đầu quá trình tạo HHC cũng chính là thời điểm bắt đầu quá trình cháy. Bởi vậy, khác với động cơ xăng, thời điểm hình thành HHC ở động cơ diesel có ảnh hưởng trực tiếp đến hàng loạt thông số công tác và chỉ tiêu chất lượng của động cơ. Chất lượng định thời của hệ thống tạo HHC ở động cơ diesel được hiểu là khả năng định thời điểm bắt đầu và kết thúc quá trình phun nhiên liệu một cách chính xác. Chất lượng định thời ở động cơ diesel hoàn toàn do hệ thống

phun nhiên liệu quyết định và được đặc trưng bằng 2 thông số : góc phun sớm nhiên liệu và độ định thời không đồng đều.

- **Góc phun sớm nhiên liệu (q)** - là góc quay của trục khuỷu tính từ thời điểm nhiên liệu thực tế được phun vào buồng đốt đến thời điểm piston của động cơ tới ĐCT trong hành trình nén. Góc phun sớm nhiên liệu là đại lượng đặc trưng cho thời điểm bắt đầu quá trình tạo HHC ở động cơ diesel.

- **Độ định thời không đồng đều (Dq)** - là đại lượng đánh giá mức độ khác nhau về góc phun sớm ở các xy lanh khác nhau của động cơ nhiều xy lanh. Nó được xác định bằng công thức sau :

$$\Delta q = 2 \cdot \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_{\max} + q_{\min}} \cdot 100 \quad (5.13)$$

Trong thực tế không thể chế tạo hoặc điều chỉnh được hệ thống phun nhiên liệu có  $\Delta g_{ct} = 0 \%$  và  $\Delta \theta = 0 \%$  , tức là lượng nhiên liệu chu trình và thời điểm cấp liệu cho các xy lanh hoàn toàn bằng nhau ở mọi chế độ làm việc của động cơ. Trị số lớn nhất cho phép của  $\Delta g_{ct}$  và  $\Delta \theta$  được nhà chế tạo quy định và phải được kiểm chỉnh định kỳ trong quá trình khai thác động cơ. Với  $\Delta g_{ct}$  và  $\Delta \theta$  lớn hơn trị số cho phép, động cơ sẽ không đạt được công suất thiết kế ( $N_{en}$ ), suất tiêu hao nhiên liệu tăng, phụ tải cơ và nhiệt tác dụng không đồng đều ở tất cả các xy lanh, v.v.

#### 4) Quy luật phun nhiên liệu

Quy luật phun nhiên liệu là khái niệm bao hàm thời gian phun và đặc điểm phân bố tốc độ phun. Có thể biểu diễn quy luật phun dưới dạng vi phân hoặc dưới dạng tích phân.

- **Quy luật phun dưới dạng vi phân** - là hàm số thể hiện đặc điểm thay đổi tốc độ phun tức thời theo góc quay trục khuỷu trong quá trình phun (xem H. 1-39a).

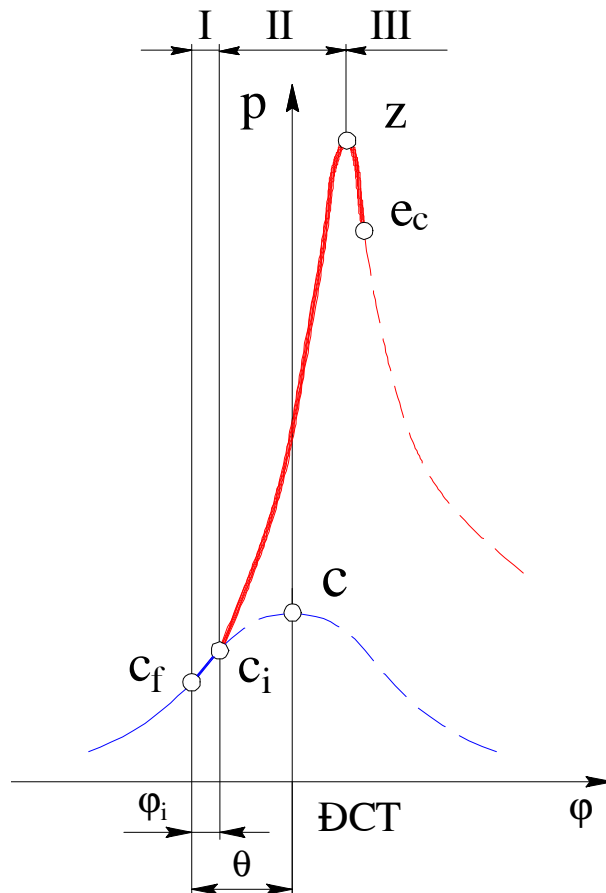
- **Quy luật phun dưới dạng tích phân** - là hàm số thể hiện đặc điểm thay đổi theo góc quay trục khuỷu của lượng nhiên liệu được phun vào buồng đốt tính từ thời điểm bắt đầu phun (H. 1-39b).

Quy luật phun nhiên liệu có ảnh hưởng quyết định đến quy luật hình thành HHC, đặc biệt là đối với phương pháp tạo HHC kiểu thể tích, qua đó ảnh hưởng đến hàng loạt chỉ tiêu chất lượng của động cơ diesel. Việc lựa chọn quy luật phun nhiên liệu như thế nào là tùy thuộc vào tính năng của động cơ và cách thức tổ chức quá trình cháy .

## 5.4. QUÁ TRÌNH CHÁY Ở ĐỘNG CƠ XĂNG

### 5.4.1. DIỄN BIẾN VÀ CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG

Căn cứ vào đặc điểm biến thiên của áp suất của MCCT trong xy lanh, có thể chia quá trình cháy ở động cơ xăng thành 3 giai đoạn : chậm cháy, cháy chính và cháy sót.



H. 5-8. Quá trình cháy ở động cơ xăng trên đồ thị công mở rộng

$c_f$  - Thời điểm buji đánh lửa,  $c_i$  - Thời điểm nhiên liệu phát hoả,  
 $z$  - Thời điểm áp suất cháy đạt giá trị cực đại,  $e_c$  - Thời điểm kết thúc quá trình cháy,  $\varphi_i$  - Góc chậm cháy,  $\theta$  - Góc đánh lửa sớm.

#### Giai đoạn I - Giai đoạn chậm cháy

Giai đoạn chậm cháy kéo dài từ thời điểm buji đánh lửa (điểm  $c_f$ ) đến thời điểm nhiên liệu phát hoả. Việc xác định thời điểm phát hoả rất khó thực hiện trong điều kiện thực tế nên người ta thường quy ước thời điểm cuối giai đoạn chậm cháy là lúc đường áp suất cháy tách khỏi đường nén (điểm  $c_i$ ). Những trung tâm cháy đầu tiên ở động cơ xăng được hình thành tại khu vực gần 2 cực của buji dưới tác dụng của nhiệt

độ rất cao (khoảng 10.000 °C) của tia lửa điện. Trong giai đoạn chậm cháy, áp suất của MCCT hầu như không thay đổi so với đường nén do tốc độ tỏa nhiệt còn rất thấp. Thông số đặc trưng cho giai đoạn này là thời gian chậm cháy ( $\tau_i$ ) hoặc góc chậm cháy ( $\varphi_i$ ). Trị số của  $\tau_i$  hoặc  $\varphi_i$  phụ thuộc chủ yếu vào tính chất lý hoá của hỗn hợp khí công tác (loại nhiên liệu,  $\lambda$ ,  $\gamma_r$ , T, p) và cường độ của tia lửa điện.

### Giai đoạn II - Giai đoạn cháy chính

Giai đoạn cháy chính kéo dài từ thời điểm nhiên liệu phát hoả (điểm  $c_i$ ) đến thời điểm áp suất cháy đạt giá trị cực đại (điểm z).

Do đã được hoá hơi và hoà trộn đều với không khí theo một tỷ lệ thích hợp nên sau khi được phát hoả, nhiên liệu bốc cháy mãnh liệt trong màng lửa lan truyền từ những trung tâm cháy đầu tiên ra khắp không gian buồng đốt. Tốc độ lan truyền ngọn lửa phụ thuộc rất nhiều vào cường độ chuyển động rối của MCCT trong buồng đốt. Tốc độ tỏa nhiệt rất lớn trong một không gian công tác nhỏ làm cho áp suất tăng lên rất nhanh. Nhiệt lượng cung cấp cho MCCT được sinh ra chủ yếu trong giai đoạn này của quá trình cháy. Quá trình cấp nhiệt ở đây gần giống với cấp nhiệt đẳng tích.

Giai đoạn cháy chính ở động cơ xăng thường được đánh giá bằng 2 đại lượng là áp suất cháy cực đại ( $p_z$ ) và tốc độ tăng áp suất trung bình ( $w_p$ ).

### Giai đoạn III - Giai đoạn cháy rớt

Nếu được tổ chức tốt thì quá trình cháy sẽ kết thúc sau khi piston rời ĐCT khoảng 10 ÷ 30 ° gqtk. Ngược lại, quá trình cháy có thể tiếp tục trên đường dẫn nở. Giai đoạn cháy sau khi piston đã rời xa ĐCT được gọi là cháy rớt.

Cháy rớt là hiện tượng có hại về mọi phương diện, vì :

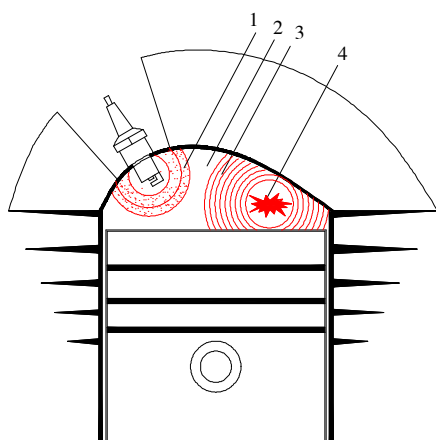
- Tăng tổn thất nhiệt theo khí thải do khí thải có nhiệt độ cao hơn.
- Tăng tổn thất nhiệt truyền cho môi chất làm mát do MCCT có nhiệt độ cao hơn khi piston đã rời xa ĐCT.
- Nhiệt độ cao của MCCT trong xy lanh được duy trì trong thời gian dài có thể gây quá tải nhiệt cho động cơ, v.v.

## 5.4.2. NHỮNG HIỆN TƯỢNG CHÁY KHÔNG BÌNH THƯỜNG Ở ĐỘNG CƠ XĂNG

HHC ở động cơ xăng được phát hoả nhờ tia lửa điện có nhiệt độ rất cao. Mặc dù diễn ra rất nhanh nhưng quá trình cháy không xảy ra tức thì trong toàn bộ không gian buồng đốt mà ngọn lửa xuất phát từ khu vực gần hai cực của buji lan truyền theo từng lớp, phân chia không gian của buồng đốt thành hai vùng : vùng sau ngọn lửa chứa sản phẩm cháy và vùng trước ngọn lửa chứa hoà khí chưa cháy (H. 4-9). Nếu tất cả nhiên liệu được đốt cháy trong không gian công tác của xy lanh bởi ngọn lửa xuất phát từ tia lửa điện của buji thì quá trình cháy được gọi là **cháy bình thường**. Ở động cơ xăng cũng có thể xuất hiện một số hiện tượng cháy không bình thường, như : kích nổ, cháy sớm, nổ trong ống xả, nổ trong ống nạp, v.v.

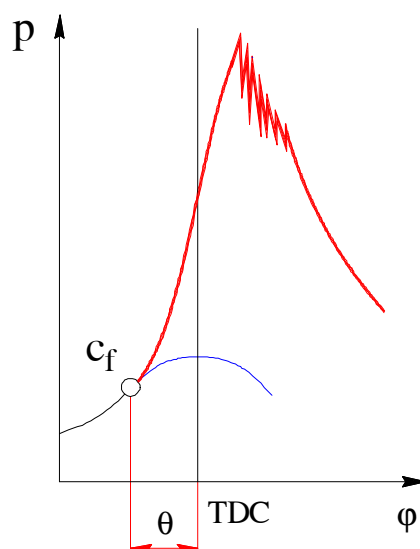
### 1) Kích nổ

**Kích nổ** là hiện tượng tự bốc cháy một cách đột ngột của phần hoà khí trong vùng phía trước ngọn lửa.



H. 5-9. Sơ đồ lan truyền ngọn lửa trong trường hợp kích nổ ở động cơ xăng

- 1- Ngọn lửa từ buji, 2- Hoà khí chưa cháy,
- 3- Ngọn lửa từ tâm kích nổ,
- 4- Tâm kích nổ



H. 5-10. Đồ thị công khi có kích nổ

Hiện tượng kích nổ có thể nhận biết qua một số biểu hiện đặc trưng sau đây :

- Xuất hiện tiếng gõ kim loại do sóng xung kích phản xạ nhiều lần trong buồng đốt. Tốc độ cháy của phần hoà khí bị kích nổ rất lớn sẽ tạo nên áp suất và nhiệt độ cục bộ rất cao tại khu vực kích nổ. Vận tốc lan truyền ngọn lửa kích nổ có thể đạt tới 2000 m/s, trong khi vận tốc của ngọn lửa cháy bình thường không vượt quá 40 m/s ở động cơ xăng hiện nay. Sự chênh lệch áp suất giữa khu vực kích nổ và phần không gian còn lại của buồng đốt sẽ làm xuất hiện sóng xung kích lan truyền với vận tốc truyền âm. Sóng

xung kích phản xạ nhiều lần trong không gian buồng đốt sẽ tạo ra tiếng gõ kim loại đặc trưng của hiện tượng kích nổ.

- Động cơ xả khói đen do một phần nhiên liệu và sản phẩm cháy bị phân huỷ dưới tác dụng của áp suất và nhiệt độ rất cao tại khu vực kích nổ.

- Đồ thị công có hình răng cưa.

Kích nổ là hiện tượng rất có hại, vì :

- Công suất của động cơ giảm, suất tiêu thụ nhiên liệu tăng do một phần năng lượng phải tiêu hao cho sự lan truyền của sóng xung kích, tổn thất nhiệt cho môi chất làm mát tăng, một phần năng lượng tiêu hao cho sự phân huỷ nhiên liệu và sản phẩm cháy .

- Do sự lan truyền và phản xạ nhiều lần của sóng xung kích trong buồng đốt, sự truyền nhiệt từ khí nóng cho vách xylanh sẽ được tăng cường và màng dầu bôi trơn trên bề mặt của các chi tiết thuộc cơ cấu truyền lực có thể bị phá huỷ dẫn đến hàng loạt hư hỏng như hệ thống làm mát bị quá tải, kẹt piston, bó xecmang, v.v.

Nguyên nhân và bản chất hiện tượng kích nổ ở động cơ xăng chưa được lý giải một cách toàn diện. Tuy nhiên, nhiều tác giả cho rằng kích nổ là kết quả của hàng loạt phản ứng tiền ngọn lửa (preflame reactions) diễn ra trong điều kiện nhiệt độ và áp suất cao tại vùng trước ngọn lửa chưa phân hoà khí chưa cháy (thường gọi là hoà khí cuối - end mixture) bị chèn ép bởi màng lửa lan truyền từ buji. Trong thời gian diễn ra các phản ứng tiền ngọn lửa trong những điều kiện thích hợp sẽ xuất hiện các chất peroxide có tính chất như chất nổ. Các chất peroxide đó sẽ tự bốc cháy với tốc độ rất lớn nếu nồng độ của chúng vượt quá trị số tới hạn và gây ra hiện tượng kích nổ. Khả năng xuất hiện kích nổ được quyết định bởi 3 nhóm yếu tố sau đây :

- Tính chất của HHC.
- Đặc điểm cấu tạo của động cơ.
- Chế độ làm việc của động cơ.

Với HHC có thành phần khác nhau và loại nhiên liệu khác nhau, tính chất và tốc độ của các phản ứng tiền ngọn lửa sẽ khác nhau , do đó khả năng xuất hiện kích nổ cũng khác nhau. Ví dụ xăng chứa nhiều hydrocarbon loại parafin mạch thẳng dễ bị kích nổ hơn xăng chứa nhiều hydrocarbon loại aromatic mạch vòng do việc phá vỡ cấu trúc của các phân tử aromatic khó hơn so với các phân tử parafin.

Đặc điểm cấu tạo của động cơ (ví dụ : cấu hình của buồng đốt, số lượng và vị trí của buji, tỷ số nén, vật liệu chế tạo piston và nắp xylanh, v.v.) và chế độ làm việc của động cơ ( ví dụ : tốc độ quay, tải, chế độ làm mát, v.v.) có liên quan trực tiếp đến áp suất và nhiệt độ của phân hoà khí chưa cháy. Tất cả những yếu tố góp phần làm tăng áp suất và nhiệt độ của phân hoà khí cuối cũng như thời gian mà phân hoà khí đó chịu tác dụng của áp suất và nhiệt độ cao đều có thể làm tăng khả năng kích nổ.



## 2) Cháy sớm

**Cháy sớm** là hiện tượng hoà khí được đốt cháy bởi những vật thể có nhiệt độ đủ cao (các cực của buji, nấm xupap xả, muội than đang cháy, v.v.) trước khi có tia lửa điện của buji.

Quá trình lan truyền ngọn lửa trong trường hợp cháy sớm cũng tương tự như khi cháy bình thường. Nếu hiện tượng cháy sớm xuất hiện đúng hoặc rất gần thời điểm buji đánh lửa thì nó không gây tác hại gì đáng kể. Ngược lại, nếu hoà khí được đốt cháy sớm hơn nhiều so với thời điểm đánh lửa tối ưu sẽ dẫn đến hàng loạt hậu quả, như:

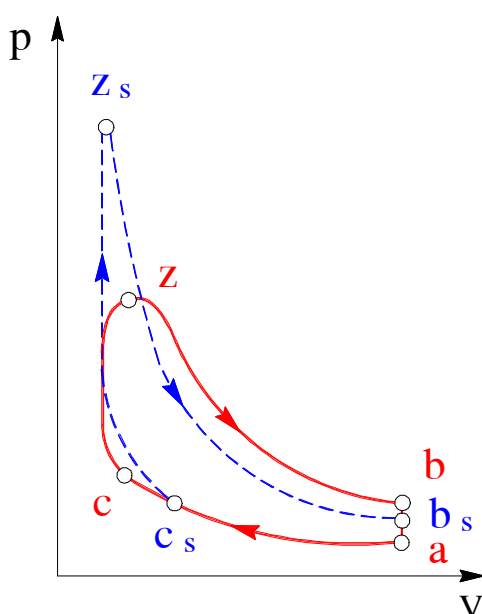
- Công suất và hiệu suất của động cơ giảm do công tiêu hao cho quá trình nén tăng bởi vì phải nén MCCT có áp suất cao hơn.

- Phụ tải cơ và phụ tải nhiệt của động cơ tăng do áp suất và nhiệt độ cực đại của MCCT cao hơn.

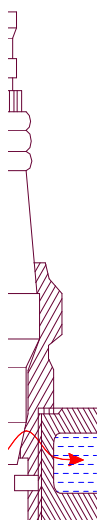
- Cháy sớm rất dễ kéo theo kích nổ do áp suất và nhiệt độ trong xy lanh cao hơn.

- Cháy sớm có xu hướng xuất hiện sớm hơn sau mỗi chu trình công tác và làm cho những hậu quả kể trên càng nghiêm trọng hơn. Ở động cơ nhiều xy lanh, cháy sớm thường xuất hiện và phát triển không giống nhau trong các xy lanh khác nhau. Nếu cháy sớm chỉ xuất hiện trong một hoặc vài xy lanh thì rất khó phát hiện do tiếng ồn của động cơ trong quá trình làm việc. Điều đó có thể gây hậu quả rất nghiêm trọng như gãy thanh truyền, trục khuỷu, v.v. nếu trong một xy lanh nào đó cháy sớm xảy ra khi piston còn ở rất xa so với ĐCT trong hành trình nén.

Hiện tượng cháy sớm ở động cơ xăng có thể khắc phục bằng cách chọn "độ nóng" của buji phù hợp với đặc điểm của động cơ (H. 5-12), ngăn ngừa hiện tượng kết muội than trong buồng đốt, v.v.



H. 5-11. Đồ thị công khí cháy bình thường (aczba) và khi cháy sớm ( $ac_s z_s b_s a$ )



H. 5-12. Buji "nóng" (a) và Buji "lạnh" (b)

### 3) Những hiện tượng cháy không bình thường khác

- **Nổ trong ống xả** - là hiện tượng nhiên liệu phát hoả trong đường ống xả của động cơ. Nguyên nhân chủ yếu của hiện tượng này là do hỗn hợp cháy quá đậm (nhiên liệu sẽ cháy không hoàn toàn) hoặc quá loãng (tốc độ cháy nhỏ, cháy rất tầng), hoặc do hiện tượng bỏ lửa ở một vài xy lanh, v.v. dẫn đến tình trạng tồn tại một lượng hỗn hợp cháy trong đường ống xả. Lượng hỗn hợp cháy này sẽ phát hoả nếu tiếp xúc với vật thể có nhiệt độ đủ cao, ví dụ muội than nóng đỏ trong khí thải. Hiện tượng nổ trong ống xả có thể khắc phục bằng cách điều chỉnh đúng bộ chế hoà khí để hỗn hợp cháy có thành phần thích hợp và khắc phục hiện tượng bỏ lửa.
- **Nổ trong ống nạp** - Hiện tượng nổ trong ống nạp có thể xuất hiện trong quá trình khởi động động cơ hoặc khi động cơ chạy ở những chế độ tốc độ thấp. Nguyên nhân của hiện tượng này là sản phẩm cháy lọt vào đường ống nạp và nếu sản phẩm cháy có nhiệt độ đủ cao hoặc trong sản phẩm cháy có những vật thể có nhiệt độ cao sẽ làm cho hoà khí trong ống nạp phát hoả.
- **Hiện tượng khó tắt máy sau khi đã ngắt điện** - Trong một số trường hợp, động cơ vẫn tiếp tục hoạt động ở chế độ không tải sau khi đã ngắt điện đến buji với những tiếng nổ đánh và không ổn định. Nguyên nhân chủ yếu của hiện tượng này là động cơ có tỷ số nén cao nên nhiệt độ khá cao ở cuối hành trình nén kết hợp với những yếu tố khác (ví dụ trong buồng đốt có những vật thể có nhiệt độ cao hơn bình thường) có khả năng làm cho nhiên liệu phát hoả. Hiện tượng này được khắc phục bằng cách trang bị một cơ cấu cho phép cắt hoàn toàn nhiên liệu đến buồng đốt của động cơ.

### 5.4.3. NHỮNG YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUÁ TRÌNH CHÁY Ở ĐỘNG CƠ XĂNG

Diễn biến và chất lượng quá trình cháy ở động cơ xăng chịu tác động trực tiếp và gián tiếp của hàng loạt yếu tố kết cấu và khai thác, như : tỷ số nén , vật liệu chế tạo piston và nắp xy lanh, cấu hình của buồng đốt và vị trí đặt buji, loại nhiên liệu, thành phần của HHC, góc đánh lửa sớm, tải, tốc độ quay , v.v.

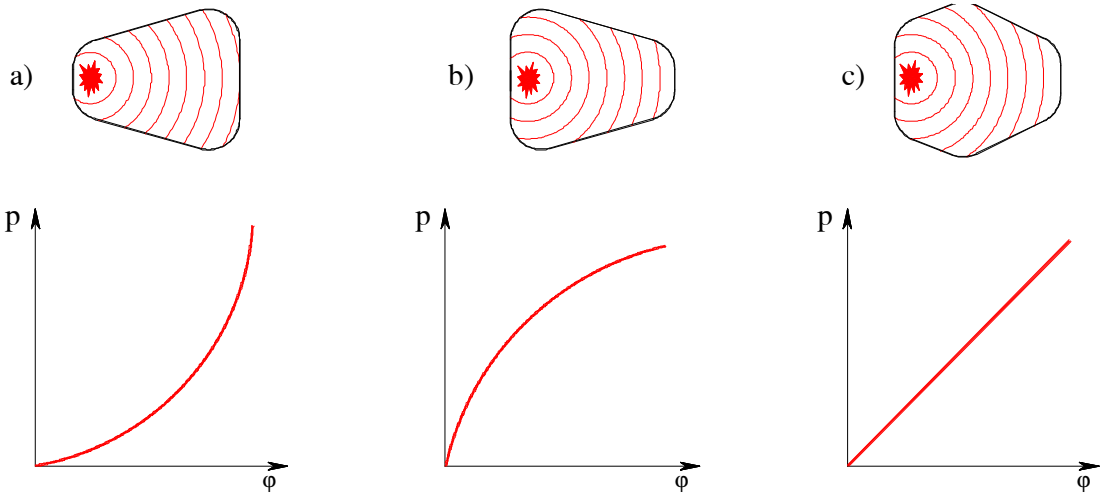
#### 1) Tỷ số nén ( $\epsilon$ )

Tăng tỷ số nén sẽ làm tăng áp suất và nhiệt độ của MCCT tại thời điểm buji đánh lửa và làm giảm hệ số khí sót. Điều này có ảnh hưởng tốt đến quá trình cháy. Tuy nhiên, tỷ số nén càng lớn thì động cơ làm việc càng cứng và khả năng kích nổ càng cao. Những yếu tố quan trọng cần phải xem xét đến khi lựa chọn tỷ số nén cho động cơ xăng bao gồm : loại nhiên liệu được sử dụng, môi chất và chế độ làm mát, chế độ làm việc của động cơ , vật liệu chế tạo piston và nắp xy lanh, kích thước của xy lanh, v.v.

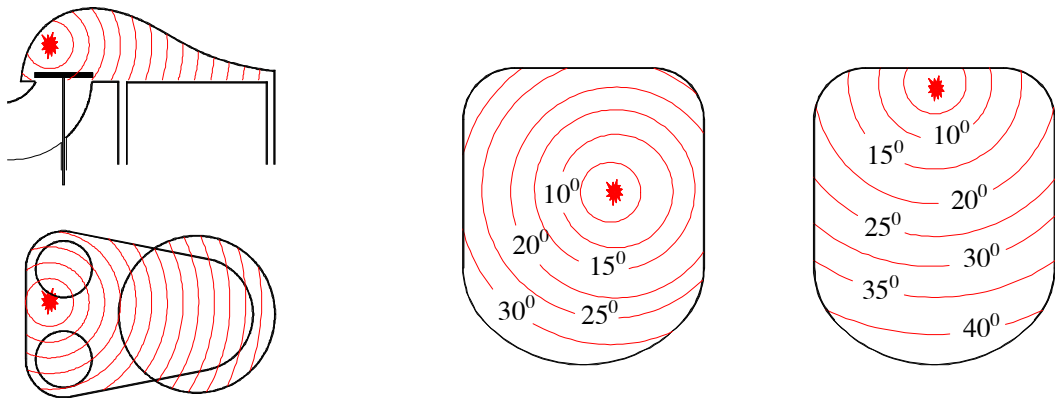
#### 2) Cấu hình của buồng đốt và vị trí đặt buji

Với tốc độ di chuyển ngọn lửa như nhau, tốc độ cháy và tốc độ tăng áp suất trong xy lanh sẽ tỷ lệ thuận với diện tích bề mặt ngọn lửa. Nếu đặt buji ở phần hẹp của buồng đốt (H. 5-13a), tốc độ cháy ở giai đoạn đầu sẽ nhỏ do bề mặt màng lửa nhỏ. Vì vậy, tốc độ tăng áp suất ở giai đoạn đầu của quá trình cháy sẽ thấp hơn so với giai đoạn sau. Trong trường hợp ngược lại, nếu buji được đặt ở phần rộng của buồng đốt thì tốc độ tăng áp suất ở giai đoạn đầu sẽ cao hơn (H. 5-13b). Sự kết hợp 2 dạng buồng đốt kể trên có thể đảm bảo cho tốc độ tăng áp suất cháy gần như không đổi trong suốt quá trình cháy ( H. 5-13c ). Đặc điểm này được lợi dụng cho buồng đốt kiểu Ricardo (H. 5-14). Nhờ hình dạng và vị trí đặt buji thích hợp nên áp suất cháy tăng đều đặn trong quá trình cháy, động cơ làm việc " mềm " , khả năng kích nổ thấp.

H. 5-15 thể hiện sơ đồ lan truyền ngọn lửa trong buồng đốt với buji đặt ở trung tâm và ở cạnh buồng đốt. Trong trường hợp thứ nhất, ngọn lửa lan truyền khắp không gian buồng đốt sau khi trục khuỷu quay được  $30^{\circ}$  (H. 5-15a) , trong trường hợp thứ hai - sau  $40^{\circ}$  (H. 5-15b). Kết quả là tốc độ cháy và khả năng xuất hiện kích nổ trong 2 trường hợp kể trên sẽ khác nhau. Tốc độ tăng áp suất trong trường hợp thứ nhất cao hơn nhưng khả năng kích nổ thấp hơn do thời gian mà phân hoà khí sau cùng chịu tác dụng của áp suất và nhiệt độ cao ngắn hơn.



H. 5-13. Ảnh hưởng của cấu hình buồng đốt và vị trí buji đến diễn biến quá trình cháy



H. 5-14. Sơ đồ lan truyền ngọn lửa trong buồng đốt Ricardo

H. 5-15. Sơ đồ lan truyền ngọn lửa trong buồng đốt phụ thuộc vào vị trí đặt buji

### 3) Loại nhiên liệu

Những tính chất của nhiên liệu có ảnh hưởng trực tiếp nhất đến quá trình cháy ở động cơ xăng bao gồm tính chống kích nổ và tính hoá hơi.

- **Tính chống kích nổ** của nhiên liệu là khả năng đảm bảo cho ngọn lửa lan truyền và đốt cháy phần HHC phía trước ngọn lửa một cách đều đặn mà không gây ra kích nổ. Phương pháp định lượng tính chống kích nổ được sử dụng phổ biến nhất hiện nay là xác định số octane ( Octane Number - ON ) của nhiên liệu. Nhiên liệu dùng cho động cơ xăng hiện đại thường phải là loại có tính chống kích nổ tốt vì những loại động cơ này có tỷ số nén khá cao để đảm bảo có suất tiêu thụ nhiên liệu thấp (xem mục 3.1.6).

- Tính hoá hơi của nhiên liệu là thuật ngữ biểu đạt khái niệm bao hàm khả năng dễ hoá hơi, phạm vi nhiệt độ sôi và hàm lượng các thành phần có nhiệt độ sôi khác nhau trong mẫu thử. Tính hoá hơi có ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình cháy, qua đó ảnh hưởng đến tính năng khởi động lạnh, khởi động nóng, chạy không tải, tăng tốc thời gian chạy ấm máy, v.v. (xem mục 3.1.6).

#### 4) Thành phần của hỗn hợp cháy

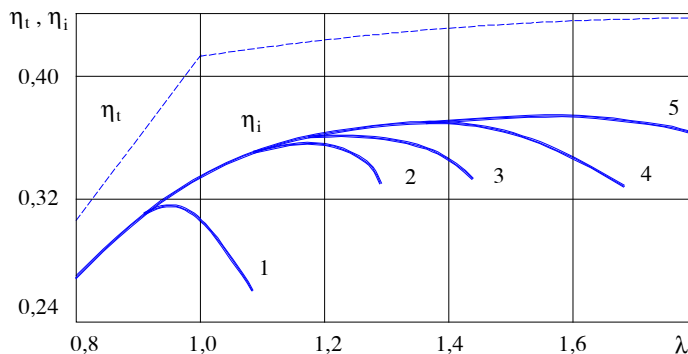
Thành phần HHC ( $\lambda$ ) có ảnh hưởng trực tiếp đến tốc độ phản ứng hoá học giữa nhiên liệu và oxy và qua đó ảnh hưởng đến các thông số công tác khác của động cơ.

- ảnh hưởng của  $\lambda$  đến hiệu suất lý thuyết ( $\eta_t$ )

Hiệu suất của chu trình lý thuyết của động cơ xăng được xác định bằng công thức (xem mục 2.2) :

$$h_{t-v} = \frac{W_t}{Q_1} = 1 - \frac{1}{e^{k-1}}$$

Ở vùng HHC đậm ( $\lambda \leq 1$ ),  $\eta_t$  giảm mạnh theo chiều giảm của  $\lambda$  do phân nhiên liệu cháy không hoàn toàn tăng. Ở vùng HHC loãng ( $\lambda \geq 1$ ), nhiên liệu cháy hoàn toàn và lượng nhiệt chu trình là không đổi ( $Q_1 = \text{const}$ ). Mặt khác, theo chiều tăng của  $\lambda$  trong vùng  $\lambda \geq 1$ , nhiệt dung riêng của MCCT sẽ giảm vì cả lượng nhiệt chu trình ứng với 1 đơn vị số lượng khí mới, nhiệt độ của MCCT trong quá trình cháy và dẫn nổ, hàm lượng tương đối của các khí nhiều nguyên tử ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) đều giảm. Kết quả là hệ số đoạn nhiệt ( $k$ ) sẽ tăng đôi chút và làm cho hiệu suất lý thuyết ( $\eta_t$ ) tăng nhẹ theo chiều tăng của  $\lambda$ .



H. 5-16. Ảnh hưởng của  $\lambda$  đến  $\eta_t$  và  $\eta_i$   
 1- với tải bộ phận, 2- với 100 % tải, 3- với hai bougie cho mỗi xy lanh, 4- với khí mới phân lớp, 5- với buồng đốt trước

- ảnh hưởng đến hiệu suất chỉ thị ( $\eta_i$ )

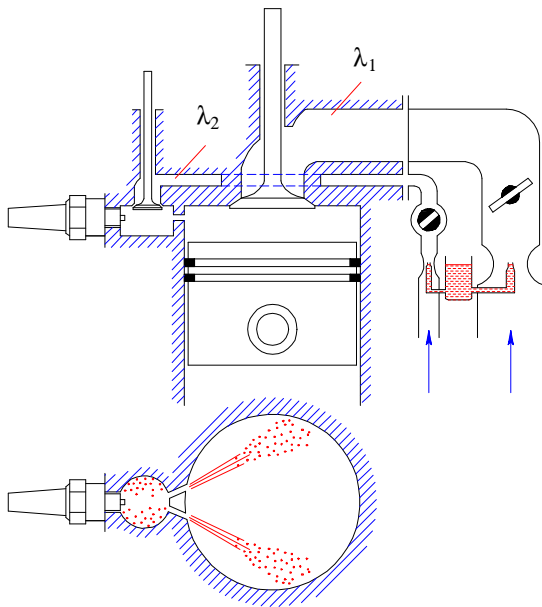
Hiệu suất nhiệt của chu trình thực, tức là hiệu suất chỉ thị ( $\eta_i$ ) cũng sẽ tăng khi HHC được làm loãng dần do hiệu suất lý thuyết tăng ( $\eta_i = \eta_t \cdot \eta_{t-i}$ ). Tuy nhiên, khác với hiệu suất lý thuyết, hiệu suất chỉ thị chỉ tăng đến một giới hạn nhất định, tại đó quá trình cháy nhiên liệu vẫn diễn ra bình thường. Khi HHC quá loãng, quá trình cháy

nhiên liệu sẽ diễn ra chậm và không ổn định, có thể có hiện tượng "bỏ lửa" (misfiring), tất cả những yếu tố đó đều góp phần làm giảm hiệu suất chỉ thị của động cơ.

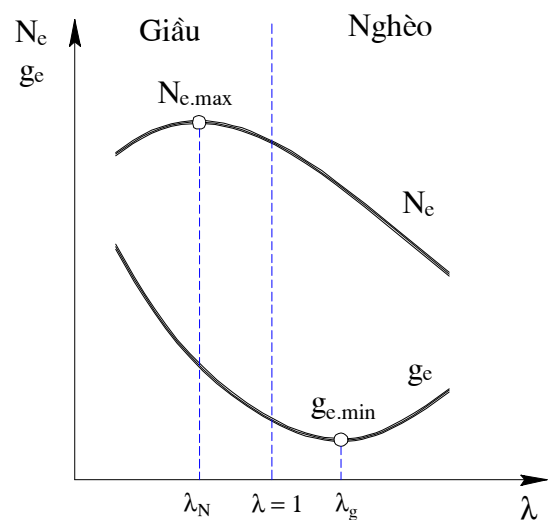
- Giới hạn loãng có ích ( $\lambda_e$ )

Trị số của hệ số dư lượng không khí, tại đó hiệu suất chỉ thị đạt giá trị cực đại, được gọi là giới hạn loãng có ích ( $\lambda_e$ ). Trị số  $\lambda_e$  được quyết định bởi hàng loạt yếu tố kết cấu và vận hành, như : loại buồng đốt, số lượng buji, năng lượng của tia lửa điện, nhiệt độ và áp suất tại thời điểm đốt cháy nhiên liệu, v.v. Cố gắng tăng  $\lambda_e$  ở động cơ xăng không chỉ nhằm mục đích tăng hiệu suất nhiệt mà còn có tác dụng giảm độ độc hại của khí thải.

H. 5-17 giới thiệu sơ đồ nguyên lý giải pháp đốt cháy bằng buồng đốt trước (precombustion chamber ignition) nhằm mục đích tăng  $\lambda_e$  ở động cơ xăng. Toàn bộ thể tích buồng đốt của động cơ được chia thành 2 phần : buồng đốt phụ và buồng đốt chính. Buồng đốt phụ được cung cấp HHC đậm qua một xupap phụ, còn buồng đốt chính được cung cấp HHC loãng qua xupap nạp chính. HHC trong buồng đốt phụ được đốt cháy bằng tia lửa điện của buji. HHC trong buồng đốt chính được đốt cháy bằng ngọn lửa phun ra từ buồng đốt phụ. Với giải pháp như trên, động cơ có thể hoạt động với HHC có hệ số dư lượng không khí trung bình lớn hơn nhiều ( $\lambda \geq 1,5$ ) so với phương pháp đốt cháy cổ điển .



H. 5-17. Sơ đồ hệ thống đốt cháy bằng buồng đốt trước ở động cơ xăng



H. 5-18. Ảnh hưởng của  $\lambda$  đến  $N_e$  và  $g_e$  của động cơ xăng

- Ảnh hưởng  $\lambda$  đến công suất có ích ( $N_e$ ) và suất tiêu thụ nhiên liệu ( $g_e$ )

H. 5-18 giới thiệu dạng điển hình của đường  $N_e$  và  $g_e$  theo đặc tính điều chỉnh thành phần HHC của động cơ xăng, tức là đường cong thể hiện đặc điểm biến thiên của  $N_e$  và  $g_e$  theo  $\lambda$  khi động cơ chạy ở tốc độ quay không đổi trong điều kiện giữ nguyên vị trí của bướm ga.

Theo đặc tính điều chỉnh thành phần HHC của động cơ xăng,  $N_e$  giảm dần theo chiều tăng của  $\lambda$  do tốc độ cấp nhiệt giảm. Khi HHC được làm đậm dần, công suất của động cơ sẽ tăng và đạt tới trị số cực đại ứng với  $\lambda = \lambda_N$ , tại đó lượng nhiên liệu được tăng thêm do giảm  $\lambda$  cân bằng với lượng nhiên liệu cháy không hoàn toàn do thiếu oxygen. Nếu tiếp tục làm đậm HHC, công suất của động cơ sẽ giảm do chất lượng quá trình cháy bị ảnh hưởng, lượng nhiên liệu cháy không hoàn toàn tăng.

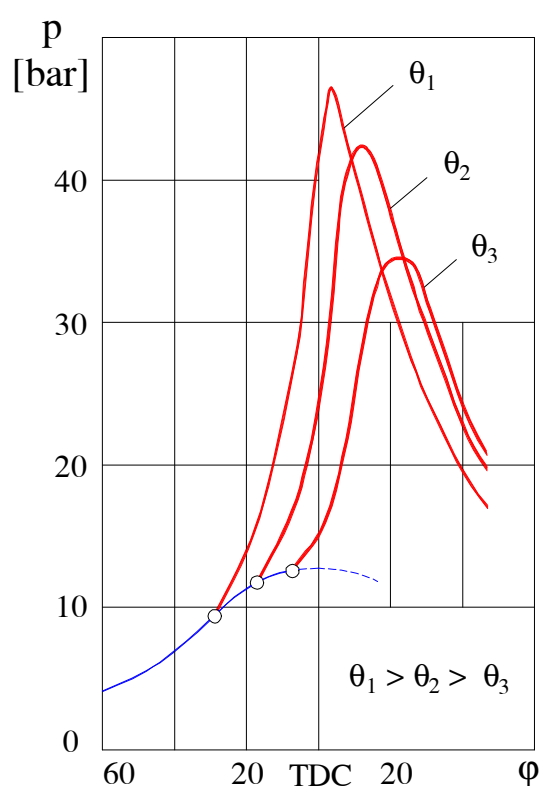
Về phương diện hiệu quả biến đổi năng lượng,  $g_e$  sẽ giảm mạnh theo chiều tăng của  $\lambda$  trong phạm vi  $\lambda < 1$  do lượng nhiên liệu cháy không hoàn toàn giảm. Trị số của hệ số dư lượng không khí ứng với suất tiêu hao nhiên liệu cực tiểu ( $\lambda_g$ ) tùy thuộc vào nhiều yếu tố, như : tải, tốc độ quay, giới hạn loãng có ích, v.v. Nếu tiếp tục làm loãng HHC ( $\lambda > \lambda_g$ ), suất tiêu thụ nhiên liệu sẽ tăng do tốc độ cháy giảm, quá trình cháy không ổn định .

- Khi khởi động động cơ nguội, cần phải cung cấp HHC có hệ số dư lượng không khí danh nghĩa rất nhỏ ( $\lambda < 0,3 - 0,4$ ) để có thể tạo ra được HHC có ích đủ đậm để có thể phát hoả trong điều kiện áp suất và nhiệt độ trong cylindre còn thấp.

- Khi động cơ hoạt động ở những chế độ tải nhỏ hoặc không tải, cần cung cấp cho động cơ HHC đậm ( $\lambda = 0,4 - 0,8$ ) để động cơ có thể chạy ổn định, vì ở những chế độ tải nói trên điều kiện hình thành HHC và đốt cháy nhiên liệu không thuận lợi.

- Ở những chế độ tải và tốc độ quay trung bình, cần tạo ra HHC hơi loãng ( $\lambda = 1,05 - 1,15$ ) để nhiên liệu cháy hoàn toàn.

- Muốn động cơ đạt được công suất lớn nhất, cần phải tạo ra HHC hơi đậm ( $\lambda = 0,85 - 0,90$ ) .



H. 5-19. ảnh hưởng của góc đánh lửa sớm đến đồ thị công của động cơ xăng

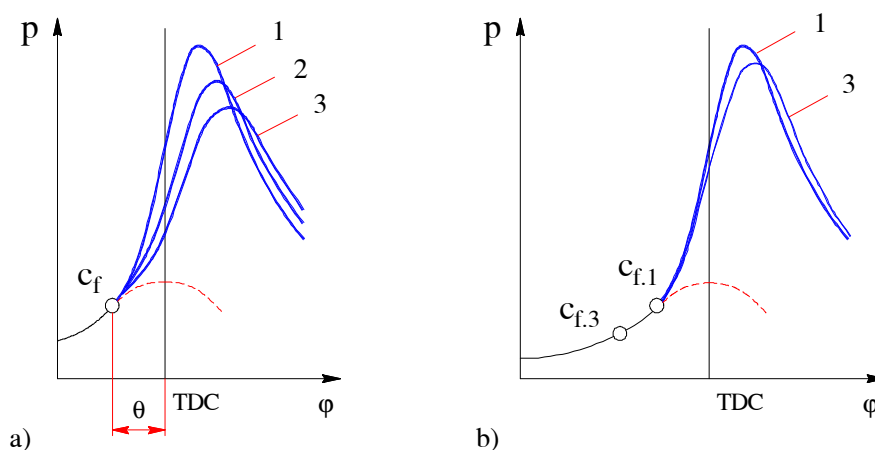
### 5) Góc đánh lửa sớm ( $\theta$ )

H. 5-19 thể hiện 3 đồ thị công của một động cơ ứng với 3 góc đánh lửa sớm khác nhau. Nếu góc đánh lửa sớm quá nhỏ ( thời điểm đánh lửa quá gần ĐCT ) thì thời gian cháy kéo dài do nhiên liệu cháy trong điều kiện chuyển động rời của MCT yếu dần, lượng nhiên liệu cháy rất tăng . Hậu quả là công suất của động cơ giảm, suất tiêu thụ nhiên liệu tăng, động cơ nóng hơn. Điểm có lợi trong trường hợp góc đánh lửa sớm nhỏ là động cơ làm việc " mềm " hơn do tốc độ tăng áp suất ( $w_{p,m}$ ) và áp suất cháy cực đại ( $p_z$ ) có trị số nhỏ. Ngược lại, nếu góc đánh lửa sớm quá lớn thì tác hại cũng tương tự như trường hợp cháy sớm .

Góc đánh lửa sớm ở động cơ xăng hiện đại thường xê dịch trong khoảng  $20 \div 35^\circ$  gqtk. Góc đánh lửa sớm được coi là tối ưu ( $\theta_{opt}$ ) khi tại đó những chỉ tiêu chất lượng quan trọng của động cơ ( công suất, hiệu suất, độ sạch của khí thải, v.v. ) đạt trị số cao nhất , đồng thời đảm bảo không có kích nổ. Góc đánh lửa sớm tối ưu phụ thuộc vào hàng loạt yếu tố, như : tốc độ quay, tải, tỷ số nén, v.v.

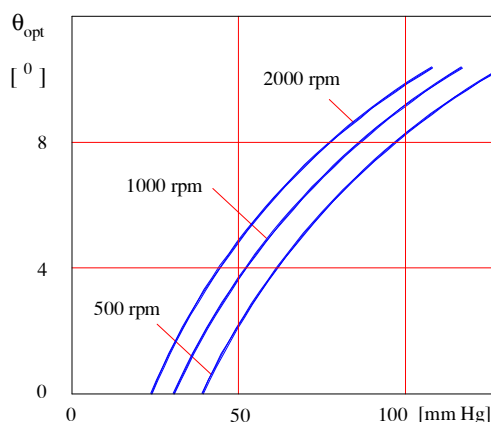
### 6) Tốc độ quay ( $n$ )

Tốc độ quay vừa có ảnh hưởng tốt vừa có ảnh hưởng xấu đến quá trình cháy ở động cơ xăng. Những ảnh hưởng tốt bao gồm : tăng tốc độ cháy do tăng cường độ vận động rời của MCCT, giảm khả năng xuất hiện kích nổ do vận tốc lan truyền ngọn lửa và hệ số khí sót tăng. Những ảnh hưởng xấu bao gồm : tăng lượng nhiên liệu cháy sót do góc chậm cháy tăng. Mức độ ảnh hưởng của tốc độ quay đến thời gian cháy ( $\tau_c$  - tính bằng giây) thường yếu hơn so với ảnh hưởng đến góc cháy ( $\varphi_c$  - tính bằng  $^\circ$  gqtk) . Tuy nhiên, nếu góc đánh lửa sớm ( $\theta$ ) và thành phần HHC ( $\lambda$ ) được điều chỉnh thích hợp với sự thay đổi của tốc độ quay thì đường áp suất cháy chỉ thay đổi rất ít khi tốc độ quay thay đổi ( H. 5-20b). Chính đặc điểm này đã cho phép chế tạo những động cơ xăng với tốc độ quay rất lớn mà vẫn đảm bảo hiệu suất nhiệt trong giới hạn có thể chấp nhận được.



H. 5-20. Ảnh hưởng của tốc độ quay đến đồ thị công chỉ thị của động cơ xăng  
1- 1000 rpm , 2- 2000 rpm , 3- 3000 rpm





H. 5-21. Quan hệ giữa tốc độ quay, tải và góc phun sớm tối ưu ở động cơ xăng

### 7) Tải của động cơ

Tải của động cơ xăng được điều chỉnh bằng cách thay đổi độ mở của bướm ga, qua đó thay đổi lượng và thành phần HHC đi vào xylanh. Tương tự như tốc độ quay, tải vừa có ảnh hưởng tốt vừa có ảnh hưởng xấu đến quá trình cháy. Khi tăng tải, áp suất và nhiệt độ của động cơ và của MCCT trong xylanh cao hơn, hệ số khí sót giảm. Điều này có ảnh hưởng tốt đến quá trình cháy vì nhiên liệu dễ phát hoả và cháy nhanh hơn. Tuy nhiên, khi lượng nhiên liệu chu trình tăng thì thời gian cần thiết để đốt cháy lượng nhiên liệu đó cũng phải nhiều hơn. Trong những điều kiện thực tế, ảnh hưởng tích cực của tải đến quá trình cháy ở động cơ xăng chiếm ưu thế hơn, cho nên có thể giảm góc đánh lửa sớm khi tăng tải.

### 4.5.4. YÊU CẦU ĐỐI VỚI QUÁ TRÌNH CHÁY Ở ĐỘNG CƠ XĂNG

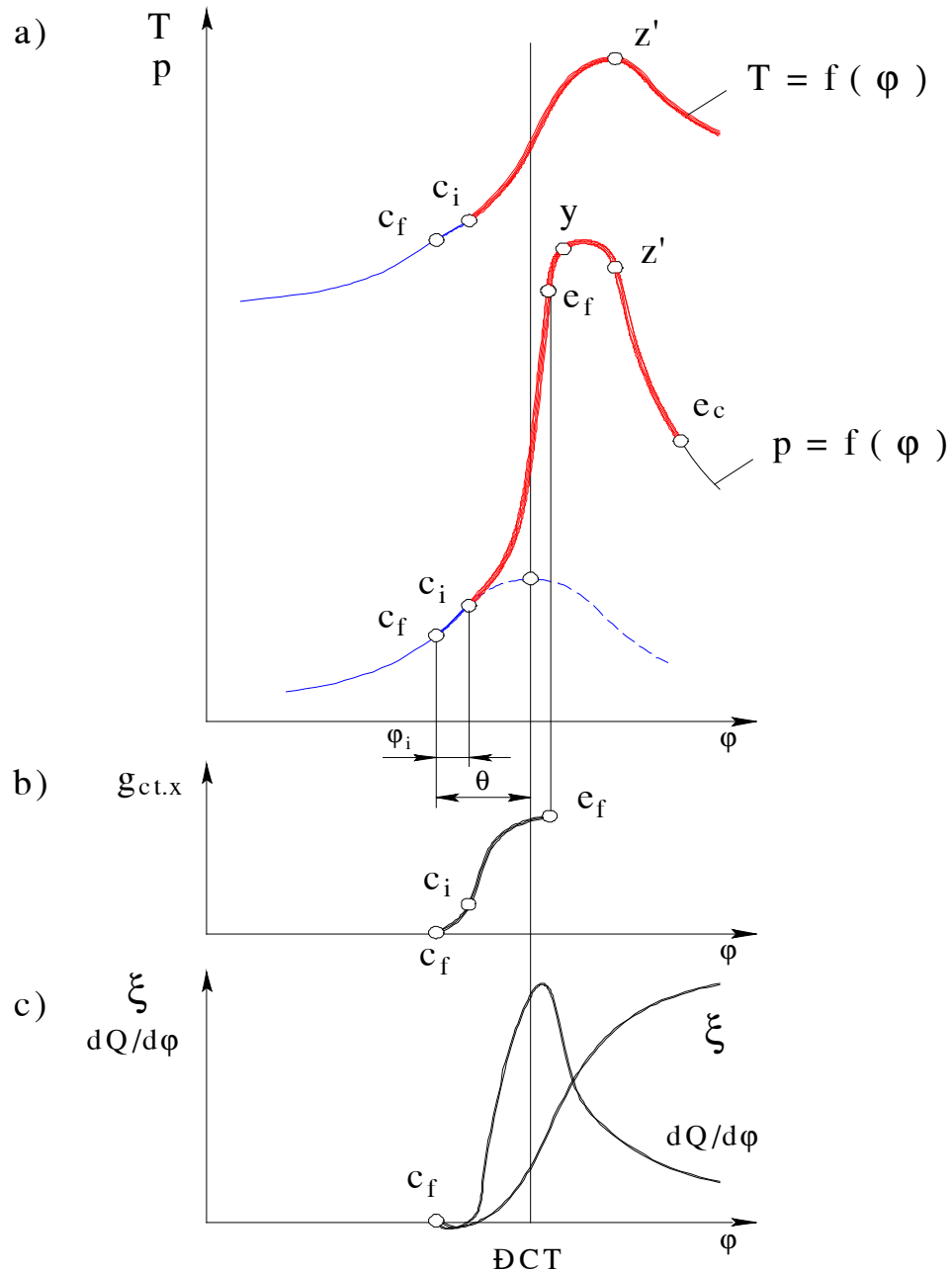
Quá trình cháy được coi là có chất lượng cao khi đáp ứng được 2 yêu cầu cơ bản sau đây :

- 1) Nhiên liệu phải cháy hoàn toàn, cháy nhanh và cháy gần ĐCT.
- 2) Tốc độ tăng áp suất trung bình ( $w_{p,m}$ ) và áp suất cháy cực đại ( $p_z$ ) có trị số vừa phải.

Yêu cầu thứ nhất đảm bảo cho động cơ có hiệu suất nhiệt cao và sản phẩm cháy có ít các chất độc hại. Nếu nhiên liệu cháy hoàn toàn, không những lượng nhiệt toả ra để cung cấp cho MCCT là lớn nhất mà trong khí thải sẽ không có các thành phần độc hại như carbon monoxide (CO), carboxylic acids ( $C_nH_m.COOH$ ), ketones ( $C_nH_m.CO$ ), hydrocarbon ( $C_nH_m$ ), v.v. Nhiên liệu cháy càng nhanh và cháy càng gần ĐCT thì hiệu quả sinh ra cơ năng càng cao. Tuy nhiên, khi đó  $w_p$  và  $p_z$  sẽ có trị số lớn làm cho động cơ làm việc "cứng", phụ tải cơ học sẽ lớn.

## 5.5. QUÁ TRÌNH CHÁY Ở ĐỘNG CƠ DIESEL

### 5.5.1. DIỄN BIẾN VÀ CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG



H. 5-21. Các đồ thị mô tả quá trình cháy ở động cơ diesel

- a) Đồ thị công khai triển, b) Quy luật phun nhiên liệu dạng tích phân  
c) Quy luật phun nhiên liệu dạng vi phân và Hệ số toả nhiệt

$c_f$  - Thời điểm nhiên liệu bắt đầu được phun vào buồng đốt,  $c_i$  - Thời điểm nhiên liệu phát hoả,  $z$  - Thời điểm áp suất cháy đạt giá trị cực đại,  $z'$  - Thời điểm áp suất cháy cực đại bắt đầu giảm,  $e_f$  - Thời điểm kết thúc quá trình phun nhiên liệu,  $e_c$  - Thời điểm kết thúc quá trình cháy,  $\phi_i$  - Góc chậm cháy,  $\theta$  - Góc phun sớm nhiên liệu.

Căn cứ vào đặc điểm biến thiên của áp suất của MCCT trong xy lanh, có thể chia quá trình cháy ở động cơ diesel thành 4 giai đoạn (H. 5-21).

### Giai đoạn I - Giai đoạn chậm cháy

Giai đoạn chậm cháy kéo dài từ thời điểm nhiên liệu bắt đầu thực tế được phun vào buồng đốt (điểm  $c_f$ ) đến thời điểm nhiên liệu phát hoả (điểm  $c_i$ ). Trong giai đoạn này diễn ra hàng loạt quá trình lý hoá đối với nhiên liệu, như phá vỡ tia nhiên liệu thành những hạt nhỏ, sấy nóng và hoá hơi các hạt nhiên liệu bằng không khí nén trong buồng đốt, hoà trộn hơi nhiên liệu với không khí nén, sấy nóng hơi đến nhiệt độ tự phát hoả, các phản ứng tiền ngọn lửa và cuối cùng là hình thành các trung tâm cháy đầu tiên. Đường áp suất cháy trong giai đoạn chậm cháy hầu như trùng với đường nén do tốc độ toả nhiệt từ các phản ứng tiền ngọn lửa rất nhỏ, thậm chí nhiệt độ và áp suất trong xy lanh giảm chút ít khi nhiên liệu mới được phun vào buồng đốt do một phần nhiệt của MCCT tiêu hao để hoá hơi nhiên liệu.

Giai đoạn chậm cháy ở động cơ diesel kéo dài khoảng vài phần ngàn giây, dài hơn nhiều so với trường hợp động cơ xăng. Lượng nhiên liệu được phun vào buồng đốt trong giai đoạn chậm cháy  $g_1 = (30 \div 40) \% g_{ct}$ ; đôi khi  $g_1 = 100 \% g_{ct}$  ở một số loại động cơ diesel cao tốc.

### Giai đoạn II - Giai đoạn cháy không điều khiển

Giai đoạn II kéo dài từ thời điểm đường cháy tách khỏi đường nén (điểm  $c_i$ ) đến thời điểm áp suất cháy đạt đến trị số cực đại  $p_z$  (điểm  $z$ ). Trong giai đoạn này, lượng nhiên liệu đã được phun vào trong giai đoạn chậm cháy ( $g_1$ ) cùng với nhiên liệu được phun vào ở đầu giai đoạn II ( $g'_{II}$ ) bốc cháy mãnh liệt trong điều kiện nhiệt độ cao và nồng độ oxy lớn. Ngọn lửa từ các trung tâm cháy đầu tiên phát triển ra khắp không gian buồng đốt. Tốc độ toả nhiệt rất lớn trong điều kiện thể tích của không gian công tác nhỏ làm cho nhiệt độ và áp suất trong xy lanh tăng lên mãnh liệt. Đường áp suất rất dốc nên có thể coi giai đoạn II của quá trình cháy ở động cơ diesel tương ứng với quá trình cấp nhiệt đẳng tích của chu trình lý thuyết cấp nhiệt hỗn hợp (xem mục 2.2).

Các thông số đặc trưng cho giai đoạn cháy không điều khiển bao gồm : áp suất cháy cực đại ( $p_z$ ), tốc độ tăng áp suất trung bình ( $w_p$ ), tỷ số tăng áp suất  $\psi = p_z / p_c$ .

Trị số của  $p_z$ ,  $w_p$  và  $\psi$  phụ thuộc trước hết vào thời điểm phun nhiên liệu, quy luật tạo HHC và thời gian chậm cháy.

### Giai đoạn III - Giai đoạn cháy có điều khiển

Khác với động cơ xăng, trong quá trình cháy ở động cơ diesel có giai đoạn áp suất trong xy lanh được duy trì gần như không đổi (đoạn  $z - z'$ ), được gọi là giai đoạn cháy có điều khiển. Đặc điểm này là kết quả tác động đồng thời của 2 yếu tố : yếu tố

làm tăng áp suất do nhiên liệu tiếp tục cháy và yếu tố làm giảm áp suất do thể tích của không gian công tác tăng dần. Giai đoạn cháy có điều khiển dài hay ngắn phụ thuộc chủ yếu vào quy luật tạo HHC và tốc độ của động cơ. Ở động cơ thấp tốc, người ta thường kéo dài quá trình phun nhiên liệu để có thể đảm bảo lượng nhiên liệu phun vào buồng đốt trong giai đoạn chậm cháy là ít, do đó động cơ làm việc " mềm " hơn. Một phần lớn nhiên liệu sẽ cháy trong giai đoạn III nên áp suất cực đại được duy trì trong thời gian dài hơn. Ngược lại, để đảm bảo cho nhiên liệu ở động cơ cao tốc cháy gần ĐCT, thời gian phun nhiên liệu phải ngắn, phần lớn lượng nhiên liệu chu trình được phun vào buồng đốt trong giai đoạn chậm cháy và cháy ở đầu giai đoạn II. Bởi vậy hình dạng đồ thị công của động cơ diesel cao tốc không khác nhiều so với của động cơ xăng.

Vào cuối giai đoạn III, phần lớn lượng nhiên liệu chu trình đã cháy, cả áp suất và nhiệt độ trong xy lanh đều rất lớn, nồng độ oxy giảm đáng kể, nồng độ khí trơ ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , ...) tăng. Nếu chất lượng quá trình tạo HHC cháy không tốt, sẽ có khu vực trong buồng đốt tập trung nhiều nhiên liệu hoặc các hạt nhiên liệu chưa hoá hơi; lượng oxy còn lại khó tiếp xúc với các phân tử nhiên liệu. Trong điều kiện thiếu oxy, áp suất và nhiệt độ cao, các phân tử nhiên liệu sẽ bị phân huỷ thành C, H, ... làm cho khí thải có màu đen.

#### Giai đoạn VI - Giai đoạn cháy rớt

Hiện tượng cháy rớt ở động cơ diesel thường nghiêm trọng hơn ở động cơ xăng vì ở động cơ diesel rất khó tạo ra một HHC đồng nhất trong một thời gian rất ngắn. Vì vậy, mặc dù đã áp dụng nhiều biện pháp để hoá hơi và hoà trộn nhanh nhiên liệu với không khí trong buồng đốt, đối với động cơ diesel vẫn phải sử dụng hệ số dư lượng không khí khá lớn ( $\lambda = 1,3 \div 2,0$ ) để đảm bảo cho nhiên liệu cháy hoàn toàn.

Cháy rớt ở động cơ diesel cũng gây ra những tác hại như ở động cơ xăng. Nguyên nhân chính làm tăng cháy rớt ở động cơ diesel là góc phun sớm quá nhỏ, cấu trúc tia nhiên liệu không phù hợp, chuyển động rối của MCCT trong buồng đốt không đủ lớn, nhiên liệu có số cetane thấp.

## 5.5.2. NHỮNG YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUÁ TRÌNH CHÁY Ở ĐỘNG CƠ DIESEL

### 1) Tỷ số nén

Tăng tỷ số nén sẽ có ảnh hưởng tốt đến quá trình cháy về phương diện nhiệt động học vì nhiệt độ và áp suất tại thời điểm phun nhiên liệu ( $T_{cf}$ ,  $p_{cf}$ ) sẽ tăng, thời gian chậm cháy ( $\tau_i$ ) giảm. Tuy nhiên, tăng tỷ số nén sẽ làm tăng áp suất cháy cực đại, do đó các chi tiết chịu lực sẽ phải có kích thước lớn hơn. Tiêu chí đầu tiên để chọn tỷ số nén cho động cơ diesel là đảm bảo khởi động được động cơ ở mọi điều kiện khai thác.

### 2) Cấu hình của buồng đốt

Cấu hình của buồng đốt là một trong những yếu tố có ảnh hưởng trực tiếp nhất đến diễn biến và chất lượng của quá trình cháy và kéo theo nó là hàng loạt chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật của động cơ, như: suất tiêu thụ nhiên liệu, áp suất chỉ thị trung bình, tốc độ tăng áp suất và áp suất cháy cực đại, độ độc hại của khí thải, tính năng khởi động của động cơ, v.v. Do đặc điểm quá trình tạo HHC và phát hoả nhiên liệu, buồng đốt của động cơ diesel thường có cấu hình phức tạp hơn nhiều so với ở động cơ xăng. Mọi cố gắng hoàn thiện buồng đốt ở động cơ diesel tập trung trước hết vào vấn đề rút ngắn giai đoạn chậm cháy, hoá hơi nhanh và hoà trộn hơi nhiên liệu với không khí trong buồng đốt theo một quy luật phù hợp với đặc điểm tổ chức quá trình cháy và tính năng kỹ thuật của động cơ.

### 3) Tính chất lý hoá của nhiên liệu

Các tính chất lý hoá của nhiên liệu có ảnh hưởng trực tiếp đến diễn biến quá trình cháy ở động cơ diesel bao gồm: tính tự bốc cháy, độ nhớt và tính hoá hơi.

Hiện nay, tính tự bốc cháy của nhiên liệu thường được định lượng bằng số cetane (Cetane Number - CN). Nhiên liệu có CN càng lớn thì thời gian chậm cháy ( $\tau_i$ ) càng ngắn. Nếu các điều kiện khác nhau mà  $\tau_i$  ngắn thì lượng nhiên liệu cháy ở đầu giai đoạn cháy không điều khiển sẽ ít hơn, thời gian cháy toàn bộ lượng nhiên liệu phun vào buồng đốt cũng ngắn hơn. Kết quả là không những động cơ làm việc mềm hơn mà các chỉ tiêu khác (ví dụ: công suất, hiệu suất, độ độc khí thải, v.v.) cũng được cải thiện. Điều này đặc biệt có ý nghĩa đối với động cơ cao tốc, ở đó thời gian dành cho quá trình tạo HHC và cháy rất ngắn. Như vậy, từ góc độ quá trình cháy, nhiên liệu diesel có CN càng lớn càng tốt. Động cơ diesel có tốc độ quay càng cao thì yêu cầu nhiên liệu phải có CN càng lớn.

Độ nhớt và tính hoá hơi của nhiên liệu có liên quan trực tiếp đến tốc độ hình thành HHC, từ đó ảnh hưởng đến diễn biến quá trình cháy. Tuy nhiên trong thực tế, động cơ diesel có thể chạy được bằng các loại nhiên liệu có độ nhớt và tính hoá hơi rất

khác nhau, bao gồm từ xăng đến dầu nặng. Sở dĩ như vậy là vì có nhiều biện pháp khác để đảm bảo tốc độ tạo HHC trong trường hợp nhiên liệu có độ nhớt cao và tính hoá hơi kém, như : sấy nóng nhiên liệu, phun nhiên liệu thành những hạt nhỏ hơn, tạo chuyển động rối trong buồng đốt mạnh hơn , sử dụng các chất phụ gia giảm sức căng bề mặt ,v.v.

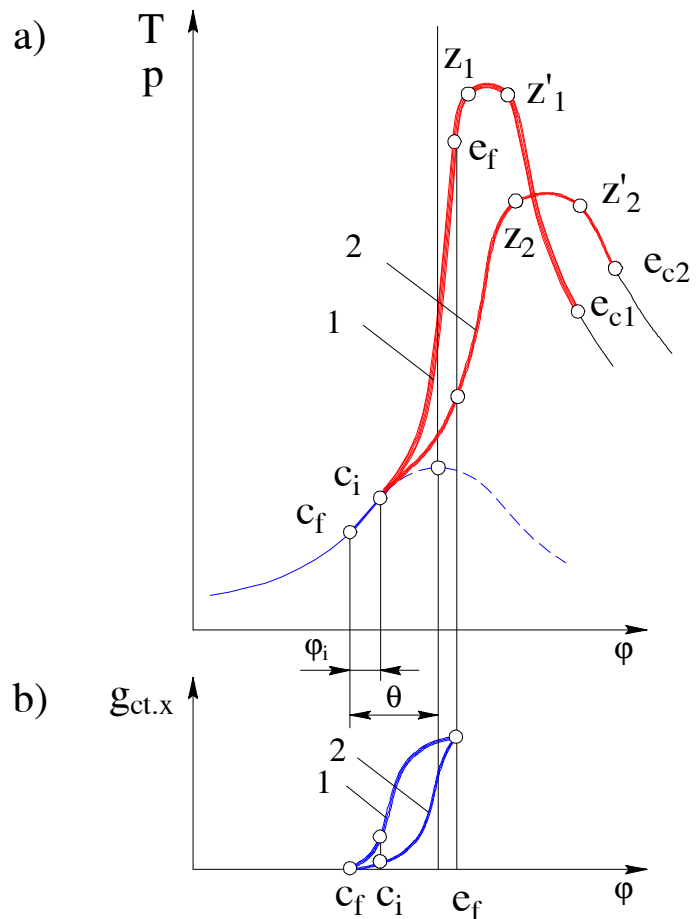
#### 4) Cấu trúc của các tia nhiên liệu , quy luật phun nhiên liệu và quy luật tạo HHC

- Cấu trúc của các tia nhiên liệu (xem mục 1.3.6.4) có ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình tạo HHC. Trong trường hợp tạo HHC kiểu thể tích thuần túy, cấu trúc các tia nhiên liệu có vai trò quyết định trong việc đảm bảo nhiên liệu hoá hơi, hoà trộn nhanh hơi nhiên liệu với không khí trong buồng đốt. Nếu các tia nhiên liệu quá ngắn, hạt nhiên liệu lớn thì tốc độ tạo HHC sẽ thấp, lượng nhiên liệu cháy sót , thậm chí cháy không hoàn toàn sẽ nhiều. Các tia nhiên liệu quá dài sẽ làm cho một phần nhiên liệu bám trên vách buồng đốt và kéo theo là hàng loạt hậu quả như cháy sót, cháy không hoàn toàn, phá huỷ màng dầu bôi trơn trên thành xy lanh,v.v. Trong các trường hợp khác, ảnh hưởng của cấu trúc tia nhiên liệu có mức độ khác nhau tùy thuộc vào phương pháp tạo HHC. Ví dụ trong trường hợp sử dụng buồng đốt kiểu M hoặc buồng đốt ngăn cách (xem chương 5), chất lượng HHC chủ yếu do buồng đốt quyết định , cấu trúc của các tia nhiên liệu chỉ giữ vai trò thứ yếu.

- Quy luật phun nhiên liệu là khái niệm bao hàm thời gian phun nhiên liệu và quy luật phân bố tốc độ phun (xem mục 1.3.6.4). Quy luật tạo HHC là khái niệm bao hàm thời gian tạo HHC và quy luật phân bố tốc độ tạo HHC. Quy luật tạo HHC mới là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến diễn biến quá trình cháy. Với phương pháp tạo HHC kiểu thể tích thông dụng (toàn bộ lượng nhiên liệu chu trình được phun trực tiếp vào buồng đốt và hoà trộn ngay với toàn bộ khối không khí có trong buồng đốt ) thì quy luật phun nhiên liệu quyết định quy luật tạo HHC. Với một số phương pháp tạo HHC khác (ví dụ : tạo HHC kiểu bề mặt bằng buồng đốt kiểu M, bằng buồng đốt ngăn cách ,v.v.), quy luật phun nhiên liệu và quy luật tạo HHC rất khác nhau. Có thể tất cả lượng nhiên liệu chu trình được phun vào buồng đốt trong một thời gian rất ngắn, nhưng sự hoá hơi nhiên liệu và hoà trộn hơi đó với không khí để bốc cháy lại được điều chỉnh theo một quy luật khác.

Với những điều kiện khác như nhau (ví dụ : cùng một loại nhiên liệu, lượng nhiên liệu chu trình -  $g_{ct}$ , góc phun sớm -  $\theta$  ,v.v.) nhưng có thể thu được những đồ thị công khác nhau nếu thay đổi quy luật tạo HHC. H. 5-22. thể hiện ảnh hưởng của quy luật phun nhiên liệu đến diễn biến quá trình cháy trong trường hợp áp dụng phương pháp tạo HHC kiểu thể tích, trong đó có thể coi quy luật tạo HHC trùng với quy luật phun nhiên liệu.

H. 5-22. Ảnh hưởng của quy luật phun nhiên liệu đến đồ thị công chỉ thị của động cơ diesel



Với quy luật phun 1 (H. 5-22b), lượng nhiên liệu được phun vào buồng đốt trong giai đoạn chậm cháy lớn hơn ( $g_{1.1} > g_{1.2}$ ) sẽ dẫn đến tốc độ tăng áp suất ( $w_p$ ) và áp suất cháy cực đại ( $p_z$ ) lớn hơn (đồ thị công 1). Kết quả là động cơ làm việc cứng hơn, nhưng công do MCCT sinh ra sẽ lớn hơn. Với quy luật phun 2, động cơ sẽ làm việc mềm hơn do lượng nhiên liệu cháy trong giai đoạn 2 ít hơn dẫn đến  $w_p$  và  $p_z$  nhỏ hơn, nhưng công suất và hiệu suất của động cơ sẽ giảm do lượng nhiên liệu cháy ít hơn.

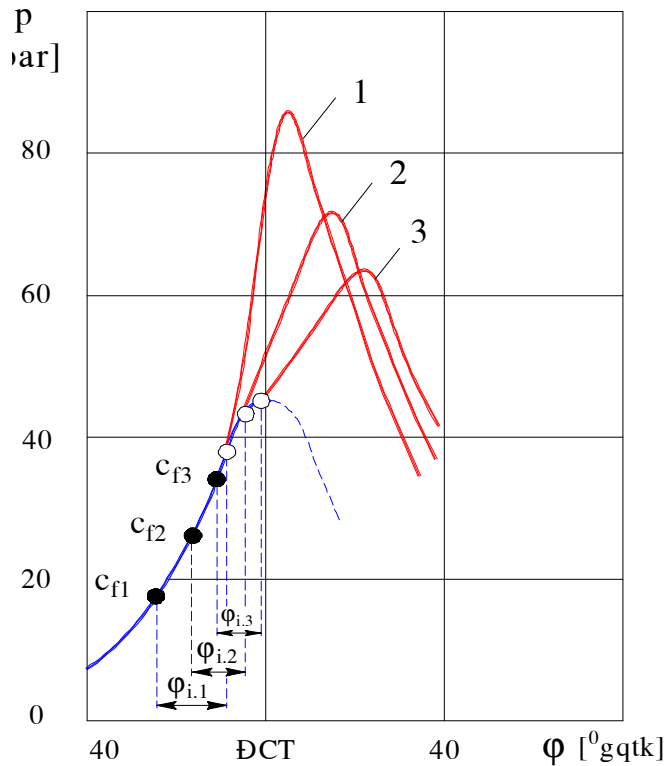
### 5) Góc phun sớm nhiên liệu ( $\theta$ )

Tương tự như ở động cơ xăng, nhiên liệu ở động cơ diesel cũng phải được phát hoả trước khi piston tới ĐCT để quá trình cháy diễn ra xung quanh ĐCT. Góc quay trục khuỷu tính từ thời điểm nhiên liệu bắt đầu được phun vào buồng đốt đến thời điểm piston tới ĐCT được gọi là **góc phun sớm** ( $\theta$ ). H. 5-23 thể hiện ảnh hưởng của góc phun sớm đến đặc điểm biến thiên áp suất cháy, công suất và tiêu thụ nhiên liệu ở động cơ diesel.

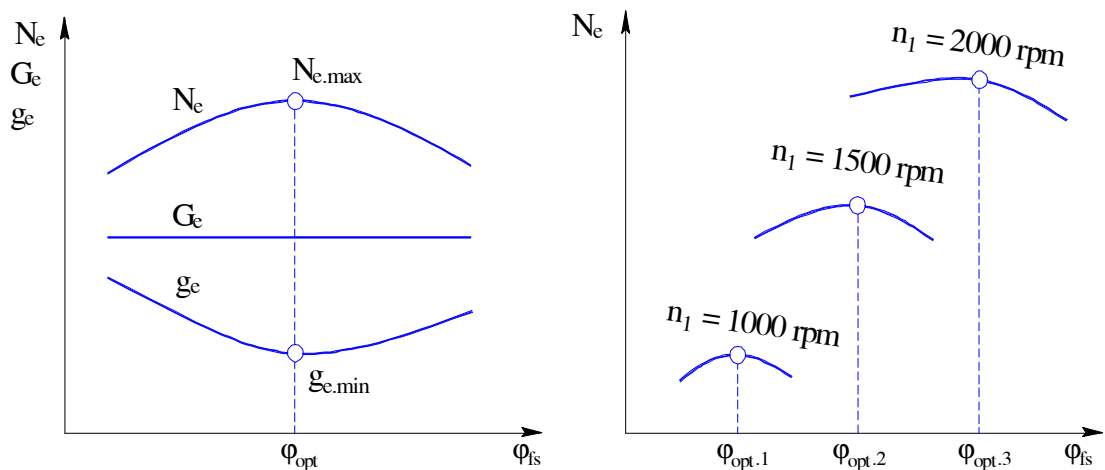
Nếu  $\theta$  quá lớn, nhiên liệu được phun vào buồng đốt khi áp suất và nhiệt độ của không khí nén vẫn còn thấp, quá trình chuẩn bị cho nhiên liệu phát hoả diễn ra chậm.

Kết quả là tại thời điểm phát hoả, trong buồng đốt đã tập trung một phần lớn lượng nhiên liệu chu trình ( $g_1$  lớn). Lượng nhiên liệu này sẽ bốc cháy mãnh liệt trong điều kiện nồng độ oxy lớn và thể tích của không gian công tác nhỏ, áp suất cháy cực đại ( $p_z$ ) và tốc độ tăng áp suất ( $w_p$ ) sẽ lớn và động cơ làm việc " cứng " (đường 1).

Nếu  $\theta$  quá nhỏ, động cơ làm việc " mềm " hơn nhưng công suất và hiệu suất của động cơ sẽ giảm do lượng nhiên liệu cháy rất nhiều hơn.



H. 5-23. Ảnh hưởng của góc phun sớm nhiên liệu đến một số thông số công tác của động cơ diesel



H. 5-24. Quan hệ giữa góc phun sớm tối ưu ( $\theta_{opt}$ ) với công suất ( $N_e$ ), lượng tiêu thụ nhiên liệu giờ ( $G_e$ ), suất tiêu thụ nhiên liệu ( $g_e$ ) và tốc độ quay của động cơ ( $n$ ).



Trị số góc phun sớm tối ưu ( $\theta_{opt}$ ) phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, như : cấu hình buồng đốt, tỷ số nén, loại nhiên liệu, chế độ làm việc của động cơ , v.v. Đối với một loại động cơ cụ thể,  $\theta_{opt}$  được lựa chọn bằng con đường thực nghiệm và được nhà chế tạo quy định trong tài liệu hướng dẫn khai thác kỹ thuật động cơ. Những loại động cơ có chế độ làm việc thường xuyên thay đổi trong phạm vi rộng thường được trang bị thiết bị tự động điều chỉnh góc phun sớm để đảm bảo  $\theta_{opt}$  trên cơ sở xử lý các thông số công tác của động cơ như tốc độ quay, tải, nhiệt độ và áp suất khí nạp, v.v.

#### 6) Tốc độ quay của động cơ ( n )

Tốc độ quay ảnh hưởng đến quá trình cháy theo hai chiều trái ngược nhau. Tốc độ quay tăng sẽ làm tăng chất lượng phun nhiên liệu và tăng cường độ chuyển động rối của MCCT, điều đó có ảnh hưởng tốt đến quá trình cháy. Tuy nhiên, tốc độ quay càng cao thì góc cháy càng lớn. Nếu tốc độ tạo HHC không thoả đáng thì lượng nhiên liệu cháy hết sẽ tăng nhanh. Chính vì vậy, để nâng cao tốc độ quay của động cơ diesel, người ta phải áp dụng các biện pháp nhằm tăng tốc quá trình tạo HHC, phát hoả và cháy, ví dụ : sử dụng nhiên liệu có số cetane cao, hệ thống phun nhiên liệu kiểu bơm cao áp-vòi phun liên hợp với áp suất phun rất lớn (tới 1500 bar) để phun nhiên liệu thành hạt rất nhỏ, buồng đốt ngăn cách để tạo hiệu ứng nhiệt, hiệu ứng phun thứ cấp và chuyển động rối rất mạnh của MCCT, v.v.

#### 7) Tải của động cơ

Tải của động cơ cũng ảnh hưởng đến quá trình cháy theo hai chiều hướng ngược nhau. Ở những chế độ tải lớn hơn, nhiệt độ và áp suất trong xy lanh cao hơn sẽ có tác dụng tăng tốc độ cháy. Tuy nhiên, để đốt cháy hoàn toàn lượng nhiên liệu chu trình lớn hơn cần phải có nhiều thời gian hơn. Khác với động cơ xăng, mức độ tăng tốc độ cháy thường không bù đắp hết mức độ tăng thời gian cháy nên ở động cơ diesel thường phải tăng góc phun sớm khi tăng tải để đảm bảo yêu cầu cháy gần ĐCT.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Tất Tiến  
**Nguyên lý động cơ đốt trong**  
NXB Giáo dục – 2000
2. Quách Đình Liên, Nguyễn Văn Nhận  
**Động cơ đốt trong tàu cá - Phần I**  
NXB Nông nghiệp – 1992
3. PGS. TS. Nguyễn Văn Nhận  
**Động cơ đốt trong**  
Bài giảng - Nhà trang - 2004
4. Hoàng Xuân Quốc  
**Hệ thống phun xăng điện tử dùng trên xe du lịch**  
NXB Khoa học và Kỹ thuật - Hà nội 1996
5. V. Arkhangelski, M. Khovakh, et all  
**Motor vehicle engine**  
Mir Publishers - Moscow 1979
6. Hồ Tấn Chấn, Nguyễn Đức Phú  
**Kết cấu và tính toán ĐCĐT . Tập 1, 2, 3**  
NXB Giáo dục – 1996

# CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM NGUYÊN LÝ ĐCĐT

## 1. Động Cơ Đốt Trong (ĐCĐT) là ...

- a) loại động cơ có chức năng biến đổi nhiệt năng thành cơ năng, chạy bằng xăng, dầu diesel, mazout, v.v.
- b) loại máy có chức năng biến đổi nhiệt được sinh ra trong quá trình đốt cháy nhiên liệu thành cơ năng.
- c) loại động cơ nhiệt chạy bằng nhiên liệu được đốt cháy bên trong không gian công tác của động cơ.
- d) Cả 3 định nghĩa trên đều đúng.

## 2. Động cơ diesel là một loại ĐCĐT có đặc điểm cơ bản như sau :

- a) chạy bằng các loại nhiên liệu như : dầu diesel, dầu cặn, mazout, v.v. được đốt cháy bên trong không gian công tác của xylanh .
- b) dùng vòi phun để phun nhiên liệu lỏng vào không gian công tác của động cơ, không dùng bộ chế hoà khí .
- c) nhiên liệu tự phát hoả khi được phun vào không gian công tác chứa không khí được nén đến áp suất và nhiệt độ đủ cao .
- d) Cả 3 định nghĩa trên đều đúng.

## 3. Động cơ xăng là ...

- a) loại động cơ đốt trong chạy bằng nhiên liệu được phát hoả cưỡng bức bằng tia lửa được tạo ra bằng nguồn nhiệt bên ngoài .
- b) loại động cơ nhiệt chạy bằng nhiên liệu được phát hoả bằng tia lửa và cháy bên trong không gian công tác của động cơ .
- c) loại động cơ đốt trong mà hỗn hợp cháy có thể hình thành từ bên ngoài không gian công tác của xylanh .
- d) Cả 3 định nghĩa trên đều đúng.

## 4. Động cơ 4 kỳ là loại ĐCĐT ...

- a) có 4 hành trình của piston, đó là : Nạp, Nén, Nổ, Xả.
- b) có 1 lần sinh công sau mỗi 2 vòng quay của trục khuỷu.
- c) không đòi hỏi phải pha nhót vào nhiên liệu để bôi trơn xylanh.
- d) Cả 3 định nghĩa trên đều đúng.

## 5. Động cơ 2 kỳ là loại ĐCĐT ...

- a) hoạt động theo kiểu chu kỳ, trong đó mỗi chu trình công tác được hoàn thành sau 1 vòng quay của trục khuỷu.
- b) có đặc điểm cơ bản về nguyên lý hoạt động như sau : cứ 2 hành trình của piston thì có 1 lần sinh công.

- c) có các quá trình Nạp, Nén, Nổ, Dẫn nở, Xả được hoàn thành sau 1 vòng quay của trục khuỷu.
- d) Cả 3 định nghĩa trên đều đúng.

#### **6. Động cơ xăng 2 kỳ là loại ĐCĐT ...**

- a) chạy bằng nhiên liệu được phát hoả bằng tia lửa và có chu trình công tác được hoàn thành sau 2 hành trình của piston
- b) có đặc điểm : hỗn hợp cháy được hình thành bằng carburetor, nhiên liệu được pha thêm nhớt để bôi trơn động cơ .
- c) có chức năng biến đổi nhiệt năng thành cơ năng, chạy bằng nhiên liệu được phát hoả bên trong không gian công tác của động cơ .
- d) Cả 3 định nghĩa trên đều đúng.

#### **7. Động cơ xăng 4 kỳ là ...**

- a) loại động cơ đốt trong chạy bằng nhiên liệu được phát hoả bằng tia lửa và có chu trình công tác được hoàn thành sau 4 hành trình của piston
- b) loại động cơ đốt trong 4 kỳ có đặc điểm : hỗn hợp cháy có thể được hình thành từ bên ngoài không gian công tác và được phát hoả bằng tia lửa.
- c) loại động cơ nhiệt có đặc điểm : chạy bằng nhiên liệu được phát hoả bằng tia lửa và cháy bên trong không gian công tác của động cơ, chu trình công tác được hoàn thành sau 2 vòng quay của trục khuỷu .
- d) Cả 3 định nghĩa trên đều đúng.

#### **8. Động cơ 4 kỳ được sử dụng phổ biến hơn động cơ 2 kỳ, vì :**

- a) động cơ 4 kỳ có tuổi thọ cao hơn so với động cơ 2 kỳ.
- b) động cơ 4 kỳ tiêu hao ít nhiên liệu hơn so với động cơ 2 kỳ.
- c) không đòi hỏi phải pha dầu bôi trơn vào nhiên liệu cho động cơ 4 kỳ.
- d) Cả 3 nhận định trên đều chưa chính xác.

#### **9. Nếu có tốc độ quay như nhau thì động cơ 4 kỳ có tuổi thọ cao hơn động cơ 2 kỳ vì :**

- a) động cơ 4 kỳ có công suất nhỏ hơn.
- b) động cơ 4 kỳ có cường độ làm việc thấp hơn .
- c) động cơ 4 kỳ được bôi trơn tốt hơn.
- d) Cả 3 nhận định trên đều chưa chính xác.

**10. Động cơ diesel được sử dụng trên tàu thủy phổ biến hơn động cơ xăng vì**

- a) động cơ diesel có công suất lớn hơn.
- b) giá dầu diesel thấp hơn so với xăng.
- c) dầu diesel khó gây hoả hoạn hơn xăng.
- d) Cả 3 nhận định trên đều đúng.

**11. Xecmăng khí của ĐCĐT có các chức năng cơ bản sau đây :**

- a) ngăn không cho khí từ buồng đốt lọt xuống cacte.
- b) ngăn không cho dầu bôi trơn từ cacte lọt lên buồng đốt.
- c) hạn chế piston tiếp xúc trực tiếp với xylanh.
- d) Cả 3 chức năng trên.

**12. Xecmăng dầu của ĐCĐT có chức năng cơ bản sau đây :**

- a) hạn chế khí từ buồng đốt lọt xuống cacte.
- b) hạn chế khí từ cacte lọt lên buồng đốt.
- c) hạn chế dầu bôi trơn lọt lên buồng đốt.
- d) Cả 3 chức năng trên.

**13. Trong trường hợp động cơ được làm mát trực tiếp bằng nước biển, nhiệt độ của nước làm mát khi ra khỏi động cơ bằng :**

- a)  $50 \div 55$  °C.
- b)  $60 \div 65$  °C.
- c)  $70 \div 75$  °C.
- d)  $80 \div 85$  °C.

**14. So với hệ thống làm mát gián tiếp (2 vòng nước ngọt-nước biển), hệ thống làm mát trực tiếp bằng nước biển của động cơ diesel tàu thủy có những ưu điểm sau đây :**

- a) Kết cấu đơn giản hơn do chỉ có 1 vòng tuần hoàn của nước làm mát.
- b) Động cơ hiệu suất cao hơn do tổn thất nhiệt cho nước làm mát ít hơn.
- c) Hiện tượng kích nổ ít xảy ra hơn do nhiệt độ thành xylanh thấp hơn.
- d) Cả 3 ưu điểm kể trên.

**15. Trước khi khởi động động cơ diesel sau khi sửa chữa hệ thống nhiên liệu cần phải "xả E" (xả khí trong hệ thống nhiên liệu) nhằm mục đích :**

- a) để động cơ đạt công suất và tốc độ quay định mức.
- b) để bơm cao áp và vòi phun không bị kẹt bởi tạp chất.
- c) đảm bảo phun đủ số lượng nhiên liệu cần thiết vào buồng đốt.
- d) Cả 3 mục đích trên.

**16. Nếu điều chỉnh lượng nhiên liệu cấp vào các xy lanh không đều nhau thì**

- a) suất tiêu thụ nhiên liệu của động cơ tăng.
- b) một số xy lanh của động cơ sẽ bị quá tải.
- c) động cơ không đạt công suất danh nghĩa.
- d) Cả 3 nhận định trên đều chưa chính xác.

**17. Tốc độ quay danh nghĩa ( $n_n$ ) của ĐCĐT là ...**

- a) tốc độ quay do nhà chế tạo quy định sử dụng.
- b) tốc độ quay lớn nhất mà động cơ không bị quá tải.
- c) tốc độ quay, ở đó động cơ phát ra công suất danh nghĩa.
- d) Cả 3 định nghĩa trên đều chưa chính xác.

**18. Tốc độ quay danh nghĩa ( $n_n$ ) của ĐCĐT được dùng làm căn cứ để :**

- a) lựa chọn tốc độ quay sử dụng .
- b) xác định công suất danh nghĩa.
- c) tính toán, thiết kế động cơ.
- d) Cả 3 ý nghĩa trên.

**19. Công suất danh nghĩa ( $N_{en}$ ) của ĐCĐT là :**

- a) công suất có ích lớn nhất mà động cơ có thể phát ra một cách liên tục trong những điều kiện quy ước.
- b) công suất lớn nhất mà động cơ có thể phát ra mà không bị quá tải trong những điều kiện quy ước.
- c) công suất có ích lớn nhất mà động cơ có thể phát ra một cách liên tục mà không bị quá tải .
- d) Cả 3 định nghĩa trên đều đúng.

**20. Hai động cơ diesel (A và B) có cùng số xy lanh ( $i$ ), cùng số kỳ ( $z$ ), cùng dung tích công tác của xy lanh ( $V_s$ ) và cùng áp suất có ích trung bình ( $p_e$ ). Động cơ A có tốc độ quay danh nghĩa lớn hơn ( $n_{nA} > n_{nB}$ ). Công suất danh nghĩa của động cơ A sẽ lớn hơn ( $N_{enA} > N_{enB}$ ), vì :**

- a) Trong mỗi lần phun, vòi phun của A phun nhiều nhiên liệu hơn.
- b) Nhiên liệu trong A cháy nhanh hơn và hoàn toàn hơn.
- c) Lượng nhiên liệu cháy trong một đơn vị thời gian ở A nhiều hơn.
- d) Cả 3 nhận định trên đều đúng.

**21. Áp suất chỉ thị trung bình ( $p_i$ ) của ĐCĐT là ...**

- a) tỷ số giữa Công được sinh ra trong một chu trình và Dung tích công tác của xylanh.
- b) áp suất trung bình của MCCT, nếu tác dụng lên piston thì sinh ra một công bằng Công chỉ thị.
- c) đại lượng thể hiện Công chỉ thị của chu trình ứng với 1 đơn vị Dung tích công tác của xylanh.
- d) Cả 3 định nghĩa trên đều chưa chính xác.

**22. Áp suất chỉ thị trung bình của động cơ A là  $p_{iA} = 8 \text{ bar}$ , của động cơ B là  $p_{iB} = 6 \text{ bar}$ . Điều đó có nghĩa là :**

- a) Công chỉ thị ứng với 1  $\text{cm}^3$  Dung tích công tác của xylanh của A lớn hơn.
- b) Áp suất của MCCT trong xylanh của động cơ A lớn hơn so với động cơ B.
- c) Công sinh ra trong một chu trình công tác ở động cơ A lớn hơn so với động cơ B.
- d) Cả 3 nhận định trên đều đúng.

**23. Căn cứ vào Áp suất chỉ thị trung bình ( $p_i$ ) có thể đánh giá :**

- a) Hiệu quả sử dụng Dung tích công tác của động cơ.
- b) Công chỉ thị của động cơ ứng với một đơn vị Dung tích công tác của xylanh.
- c) Tải của động cơ, Phụ tải nhiệt, Phụ tải cơ, Cường độ làm việc.
- d) Cả 3 ý nghĩa trên.

**24. Đối với động cơ xăng 2 kỳ, người ta thường pha dầu bôi trơn vào xăng nhằm mục đích :**

- a) làm cho hỗn hợp cháy có thành phần tối ưu để bốc cháy nhanh hơn.
- b) bôi trơn các bên mặt tiếp xúc trực tiếp với hỗn hợp cháy.
- c) làm tăng hiệu suất của động cơ do xăng cháy hoàn toàn hơn.
- d) Cả 3 mục đích trên.

**25. Trong một số trường hợp, người ta xịt xăng vào đường ống nạp của động cơ diesel để khắc phục tình trạng khó khởi động, vì :**

- a) xăng có tính tự bốc cháy cao hơn dầu diesel.
- b) xăng bay hơi nhanh hơn làm cho hỗn hợp cháy đậm hơn.
- c) xăng làm cho dầu diesel loãng hơn nên dễ cháy hơn.
- d) Cả 3 nhận định trên đều đúng.

**26. Động tác "kéo E" ở xe máy khi khởi động động cơ nhằm mục đích :**

- a) hạn chế lượng không khí đi qua họng của bộ chế hoà khí.
- b) tăng lượng xăng phun vào đường ống nạp của động cơ.
- c) làm cho hỗn hợp cháy đậm hơn nhờ xăng bay hơi nhiều hơn.
- d) Cả 3 nhận định trên đều đúng.

**27. Nếu Góc phun sớm nhiên liệu được điều chỉnh nhỏ hơn so với giá trị tối ưu thì công suất và hiệu suất của động cơ sẽ giảm, động cơ nóng hơn, vì :**

- a) nhiên liệu được phun vào buồng đốt khi piston đã tới gần ĐCT hơn, áp suất và nhiệt độ trong xy lanh lúc đó cao hơn.
- b) nhiên liệu được phun vào buồng đốt muộn hơn nên chất lượng phun giảm, nhiên liệu cháy không hoàn toàn.
- c) nhiên liệu được phun vào buồng đốt muộn hơn nên nhiệt truyền cho môi chất làm mát và theo khí thải nhiều hơn.
- d) Cả 3 nhận định trên đều đúng.

**28. Động cơ có buồng đốt ngăn cách thường có vòi phun 1 lỗ với áp suất phun thấp ; ngược lại, động cơ có buồng đốt thống nhất thường có vòi phun nhiều lỗ với áp suất phun cao, vì :**

- a) động cơ với buồng đốt thống nhất là loại có công suất lớn hơn nên cần vòi phun nhiều lỗ để đảm bảo cấp đủ nhiên liệu.
- b) động cơ với buồng đốt ngăn cách là loại có công suất nhỏ hơn nên chỉ cần vòi phun 1 lỗ mà vẫn đảm bảo cung cấp đủ nhiên liệu.
- c) không cần thiết phải trang bị vòi phun nhiều lỗ với áp suất phun cao cho động cơ có buồng đốt ngăn cách.
- d) Cả 3 nhận định trên đều đúng.

**29. Trong trường hợp động cơ diesel khó khởi động do xecmăng quá mòn, người ta có thể xịt dầu bôi trơn vào buồng đốt nhằm :**

- a) làm tăng nhiệt độ của khí cuối quá trình nén .
- b) làm kín khe hở giữa piston-xecmăng-xy lanh.
- c) làm tăng áp suất của khí cuối quá trình nén.
- d) Cả 3 mục đích trên.

**30. Cho đến nay, hệ thống phun nhiên liệu cổ điển chỉ được trang bị cho động cơ diesel có  $n_n < 3.000$  rpm, vì với  $n_n > 3000$  rpm thì :**

- b) hệ thống phun nhiên liệu cổ điển làm việc không an toàn.
- c) chất lượng định thời và chất lượng định lượng không đảm bảo.
- d) cấu trúc vĩ mô và vi mô của các tia nhiên liệu bị phá vỡ.
- e) Vì cả 3 lý do trên.





