KỸ THUẬT CHÁY

Giảng viên : **PGS TS Trần Gia Mỹ**
Viện KHCN Nhiệt - Lạnh
Đại học Bách khoa Hà Nội

Website : **http: /ihere.hut.edu.vn**

Giáo trình : **Trần Gia Mỹ**
Kỹ thuật cháy
Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật
Hà Nội, 2005

Nội dung thi : **Giải bài tập, được sử dụng tài liệu**

CÁC NỘI DUNG CƠ BẢN

Chương 1. Đại cương về buồng lửa

Chương 2. Nhiên liệu và quá trình cháy nhiên liệu

Chương 3. Kỹ thuật cháy nhiên liệu khí

Chương 4. Kỹ thuật cháy dầu

Chương 5. Kỹ thuật cháy than.

Chương 6. Một số bài toán kỹ thuật cháy.

Chương 1. ĐẠI CƯƠNG VỀ BUỒNG LỬA

1.1. Cháy - hình thức biến đổi năng lượng đầu tiên

Hóa năng → Nhiệt năng → Cơ năng → Điện năng

1982: 8410.106 tấn NLTC, trong đó

Than: 32% Nguyên tử: 1,5%

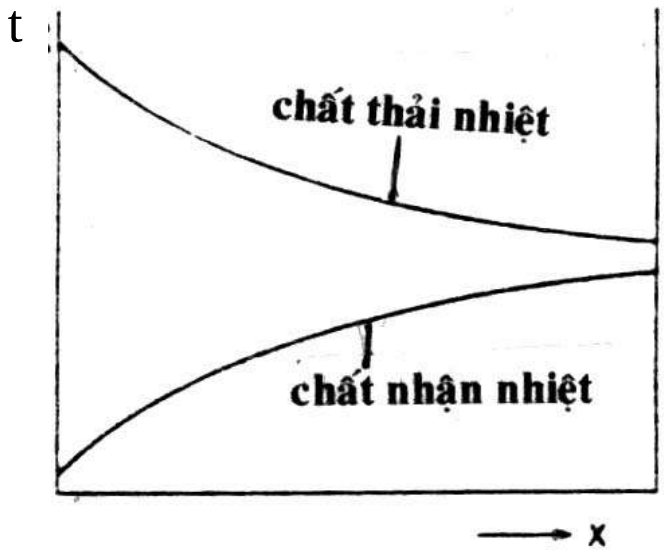
Dầu mỏ: 42,2% Thủy điện và khác: 2,4%

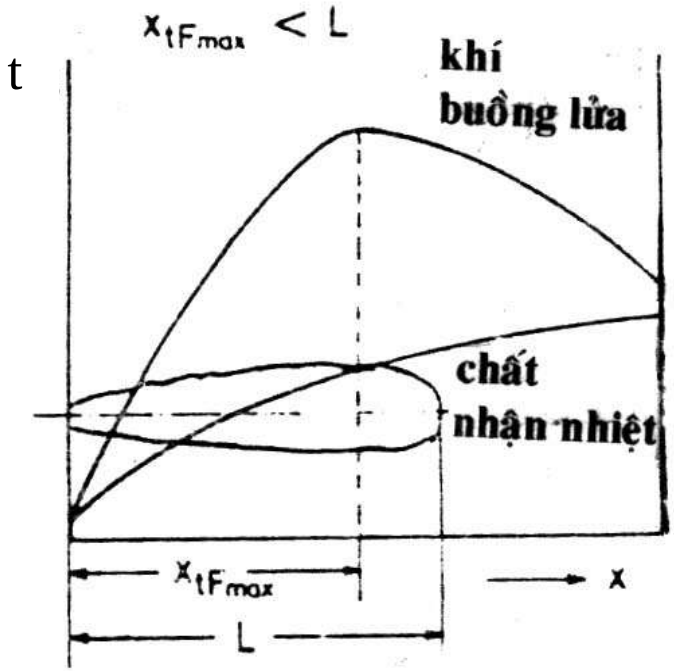
Khí đốt: 21,9%

Hiệu quả sử dụng: 20% → KTC vô cùng quan trọng

1.2. Buồng lửa - thiết bị TĐN với nguồn nhiệt bên trong

* Phân bố nhiệt độ trong TBTĐN





Phân bố nhiệt độ trong TBTĐN cùng chiều có và không có nguồn trong

- Điều chỉnh nhiệt độ thông qua điều chỉnh qt cháy (hình dáng, kích thước BL, tính chất nhiệt lý của tường BL, cách bố trí vật nung, chất tải nhiệt, loại và số lượng ngọn lửa, hình dáng ngọn lửa, độ cháy hết và độ đen, kết cấu vòi phun, tận dụng nhiệt thải và nung nóng sơ bộ không khí).

1.3. Các quá trình trong buồng lửa

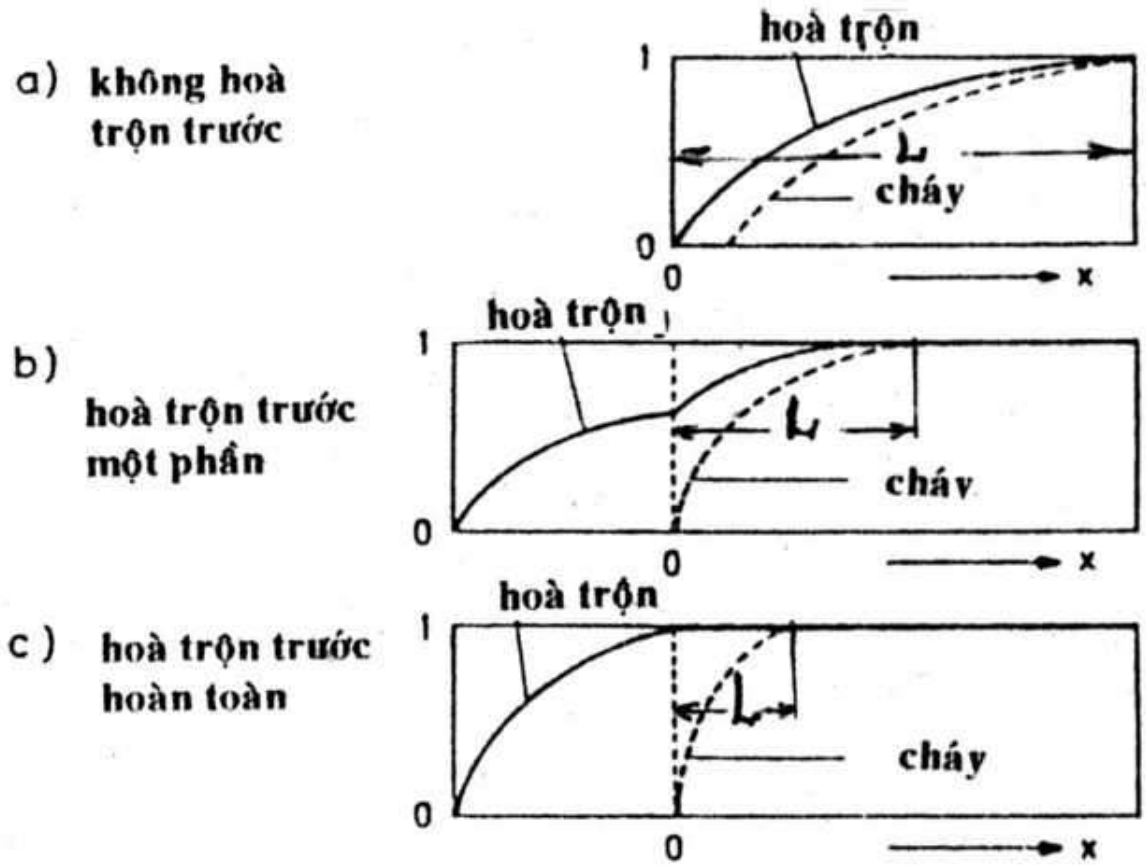
1. Hỗn hợp; 2. Nung nóng; 3. Phản ứng; 4. Truyền nhiệt

```
                    ---------------------
①  -----------| ---❶-❷-❸-❹---|---------
②  -----------| ---❶-❷-❸-------|---❹---
③  ------❷--|----❶(❷)❸-❹---|---------
④  ------❷--|----❶(❷)❸-------|---❹---
⑤  ------❶--| ---❷-❸------❹--|---------
⑥  ------❶--| ---❷-❸-----------|---❹---
                    ---------------------
```

Trước BL *Buồng lửa (BL)* *Sau BL*

Các phương thức tổ hợp các quá trình cơ bản trong buồng lửa

Phương án, thí dụ ②;
Quá trình, thí dụ ❹;
Cũng có thể xảy ra một phần ❷



Diễn biến quá trình hỗn hợp và cháy theo chiều chuyển động của dòng

x = 0: bắt đầu buồng lửa, L: chiều dài ngọn lửa

1.4. Cân bằng nhiệt và hiệu suất buồng lửa

$$Q_C = Q_N + Q_W + Q_A$$

$$Q_C = m_B(H_U + c_{PB}t_B) + m_K c_{PK} t_K + m_M c_{PM} t_M$$

$$Q_N = kF\Delta t_K$$

$$Q_W = k_W F_W \Delta t_W$$

$$Q_A = m_A C_{pA} t_A$$

Hiệu suất toàn phần: $\eta_{tp} = Q_N / Q_C$

Hiệu suất buồng lửa: $\eta_f = (Q_N + Q_W) / Q_C$

Chương 2

NHIÊN LIỆU VÀ QUÁ TRÌNH CHÁY NHIÊN LIỆU

2.1. Nhiên liệu, thành phần và tính chất

a. Thành phần của nhiên liệu

Ký hiệu	Các nguyên tố						
	C	H	O	N	S	A	W
h	*thành phần hữu cơ*						
c	*thành phần cháy*						
k	*thành phần khô*						
d	*thành phần dùng*						

- Các hệ số chuyển đổi thành phần.
- Nhiên liệu khí: ω (g/m^3 khí khô)

  Thể tích hơi nước trong 1 m^3 khí ẩm

  $H_2O^d = 100\,\omega / (803{,}6 + \omega)$ %

b. Nhiệt trị của nhiên liệu

- Định nghĩa.
- Nhiệt trị trên H_0 : $t_{spc} = t^o$ (25^oC), nước ngưng tụ.
- Nhiệt trị dưới H_u: hơi nước không ngưng tụ

$H_0 = H_u + rm_{H2O}$

Ở 25^oC: $r = 2442,5$ kJ/kg

- Xác định nhiệt trị:

H_0: bom calorimet

H_u: dựa vào H_0 và m_{H2O}

Công thức thực nghiệm:

* Rắn, lỏng (kJ/kg)

$H_o = 418,6.[81,3C + 297H + 15N + 45,6S - 23,5O]$

$H_u = 418,6.[81,3C + 243H + 15H + 45,6S - 23,5O - 6W]$

* Nhiên liệu khí, [kJ/m^3]

$Ho = 418,6 .\{30,2 [CO] + 30,5 [H_2] + 95 [CH_4] + 166 [C_2H_6]$
$+ 237 [C_3H_8] + 307 [C_4H_{10}]+377 [C_5H_{12}]$
$+150 [C_2H_4]+220 [C_3H_6] + 290 [C_4H_8] + 360 [C_5H_{10}]$
$+ 350 [C_6H_6] + 61 [H_2S]\}$

$Hu = 418,6 . \{30,2 [CO] + 25,8 [H_2] + 85,5 [CH_4] + 155 [C_2H_6]$
$+ 218 [C_3H_8] + 283 [C_4H_{10}]+349 [C_5H_{12}]$
$+141 [C_2H_4]+205 [C_3H_6] + 271 [C_4H_8] + 337 [C_5H_{10}]$
$+ 335 [C_6H_6] + 56 [H_2S]\}$

2.2. Nhiên liệu khí

a. Phân loại

* Theo nhiệt trị thấp (Ho < 9 MJ/m^3), nhiệt trị trung bình (9÷15), nhiệt trị cao (15÷23) và khí nguyên chất (> 23).

* Theo nguồn gốc:

Khí lò cao (3,5 MJ/m^3); khí lò sinh khí (5,0); khí lò hơi nước (11); khí lò cốc (17); khí ngưỡng (khí hóa có ngưỡng thang ở 400°C) (13,5-29); khí đô thị (khí lò cốc + khí ngưỡng) (19,5); khí thiên nhiên (35-45); khí lọc dầu (40-100).

b. Các tính chất

H_o, H_u, ρ, t_S xem giáo trình.

2.3. Nhiên liệu lỏng

- Thành phần và tính chất đặc trưng

EL (≡ DO), L, M, S (≡ FO), ES

Tính chất của hai loại dầu quan trọng nhất

Tính chất		Dầu EL	Dầu S
Khối lượng riêng ở 15°C	[kg/m^3]	860	≈ 940
Điểm lửa	[°C]	55	65
Độ nhớt động học	[mm^2/s]		
ở 20°C		max. 6	-
ở 50°C		-	max. 450
ở 100°C		-	max. 40
Hàm lượng lưu huỳnh	[%]	max. 0,8	max. 2,8
Hàm lượng nước	[%]	max. 0,1	max. 0,5
Chất không hòa tan	[%]	max. 0,05	max. 0,5
Nhiệt trị thấp H_u	[MJ/kg]	≥ 41,868	≥ 39,775
Độ tro	[%]	max. 0,01	max. 0,15

Nhiệt trị: 39,7 - 42,7 MJ/kg.

2.4. Nhiên liệu rắn

Độ ẩm, chất bốc, carbon cố định, tro

Nhiên liệu	C [%]	H [%]	O [%]	N [%]	S [%]
Than bùn	40 - 60	5 - 6	25 - 36	1	0,5 - 1
Than nâu	68 - 74	6	18 - 25	1	0,5 - 1
Than đá	84 - 92	3 - 5	2 - 9	1 - 1,5	1 - 1,5

- Độ ẩm (sấy ở 106°C)
- Tro (đốt mẫu ở 825 $\pm$ 25°C): Al_2O_3; SiO_2, CaO, MgO
- Chất bốc (nung không có không khí ở 900°C)

2.5. Phản ứng cháy

a. Cháy đồng thể

Hạt tích cực: H, O, OH, CH, CH_3

- Phản ứng xuất phát (sinh ra hạt tích cực từ hạt ổn định)
- Phản ứng dây chuyền (số hạt tích cực = const)
- Phản ứng phân nhánh (số hạt tích cực tăng)
- Phản ứng tái hợp (ngược lại phản ứng xuất phát).

16 bước phản ứng của CH_4

Phân rã CH_4

(1) $CH_4 + OH \rightleftharpoons CH_3 + H_2O$

(2) $CH_4 + H \rightleftharpoons CH_3 + H_2$ (khi dư nhiên liệu)

(3) $CH_4 + O \rightleftharpoons CH_3 + OH$ (chậm)

Các phản ứng formaldehyd

(4) $CH_3 + O_2 \rightleftharpoons H_2CO + OH$ (qua H_3COO)

(5) $H_2CO + OH \rightleftharpoons HCO + H_2O$

(6) $HCO + OH \rightleftharpoons CO + H_2O$

(7) $CH_3 + O \rightleftharpoons CO + \ldots$ *[thay (4)]*

Phân rã CO

(8) $CO + OH \rightleftharpoons CO_2 + H$

Phân nhánh

(9) $H + O_2 \rightleftharpoons OH + O$

(10) $O + H_2 \rightleftharpoons OH + H$

(11) $O + H_2O \rightleftharpoons OH + OH$

Phản ứng dây chuyền

(12) $H_2 + OH \rightleftharpoons H + H_2O$

Phản ứng tái hợp

(13) $H + H + M \rightleftharpoons H_2 + M$ (khi dư nhiên liệu)

(14) $O + O + M \rightleftharpoons O_2 + M$

(15) $H + O + M \rightleftharpoons OH + M$

Kết thúc

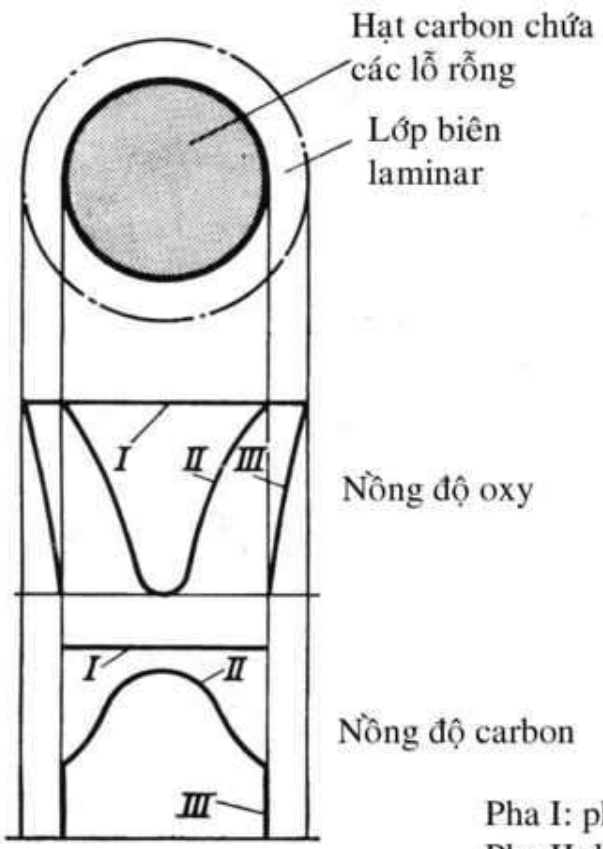
(16) $H + OH + M \rightleftharpoons H_2O + M$

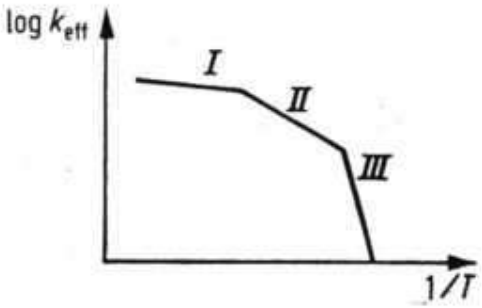
b. Cháy không đồng thể

$$C + O_2 \rightleftharpoons CO_2$$

$$C + CO_2 \rightleftharpoons 2CO \quad \text{(phản ứng Boudouard)}$$

$$C + H_2O \rightleftharpoons CO + H_2 \quad \text{(phản ứng khí nước)}$$





Sự phụ thuộc vào nhiệt độ trong đồ thị Arthenius

Diễn biến phản ứng khi hạt carbon cháy

Pha I: phản ứng hóa học quyết định vận tốc
Pha II: khuếch tán trong lỗ quyết định vận tốc
Pha III: khuếch tán qua lớp biên quyết định vận tốc

Pha I (t < 750°C)

$$k_{hq} = k_m \cdot M_C \text{ [1/thời gian]}$$

Trong đó:

k_{hq} - *vận tốc phản ứng hiệu quả*

k_m - *khả năng phản ứng tính theo gram cốc*

M_C - *khối lượng nhiên liệu theo đơn vị thể tích vùng phản ứng*

$$k_m = H \cdot \exp(-E/RT)$$

Trong đó:

H - thông số của tần số (thể tích theo khối lượng và thời gian)

E - năng lượng hoạt hoá

R - hằng số chất khí

Pha II (t = 750 - 900°C).

$$k_{hq} = \eta\ k_m.\ M_C$$

η - hiệu suất sử dụng

η =

ρ_s - khối lượng riêng giả định (quy về vật liệu rắn và lỗ).
D_{hq} - hệ số khuếch tán hiệu quả

Pha III (t > 900°C)

$$k_{hq} = F_{td}.\ D_{hq}/\delta$$

F_{td} - bề mặt tương đối của nhiên liệu quy về không gian phản ứng
δ - chiều dày màng biên

Đối với cả 3 pha:

$$k_{hq} =$$

Phương trình chuyển hóa của lớp nhiên liệu được dòng khí tích cực chuyển động qua với vận tốc u:

$$d(u \,.\, c_x) = -\, k_{hq}\, c_x\, d_x \qquad [\text{mol/s. cm}^2]$$

c_x - nồng độ nhiên liệu tại x

Khi không có sự thay đổi số mol khí, u không phụ thuộc vào c_x:

$$C_x / c_o = \exp(-k_{hq}.\, x/u) = \exp(-\, k_{hq}\, Z)$$

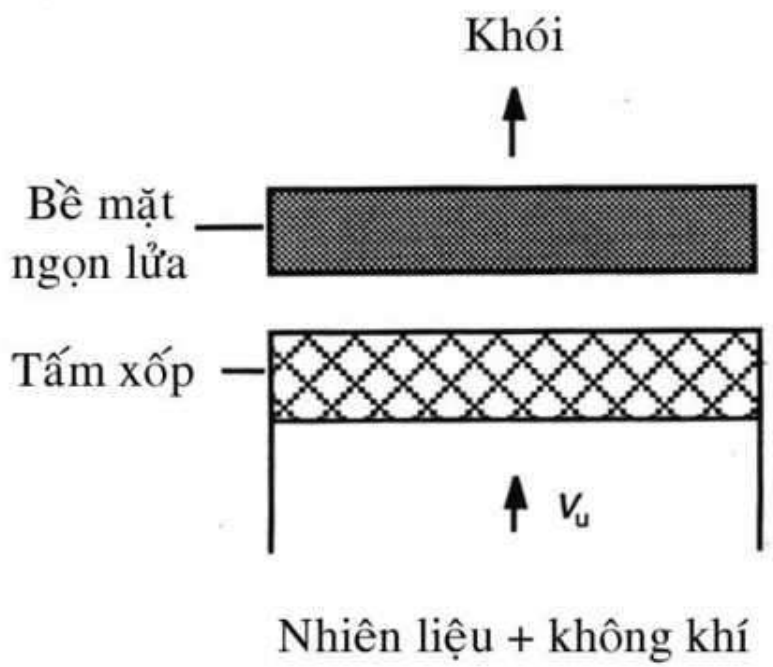
Z = x/u - thời gian lưu của khí ở trong đoạn từ 0 đến x

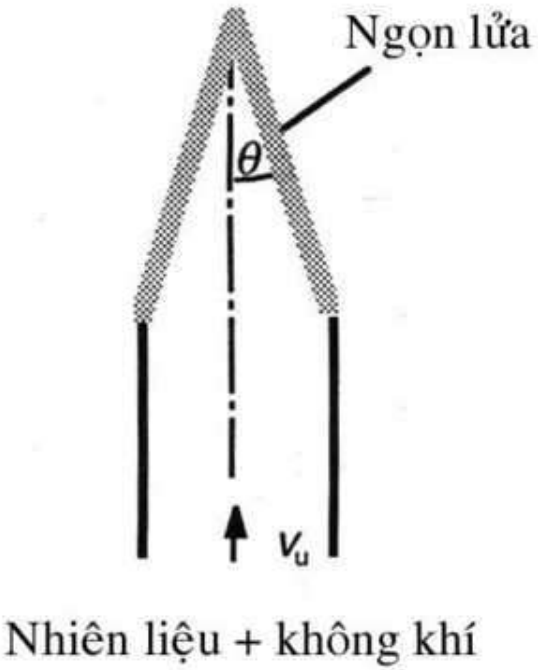
2.6. Ngọn lửa phun và các đặc trưng của ngọn lửa

a. Đại cương về ngọn lửa

b. Các loại ngọn lửa cơ bản

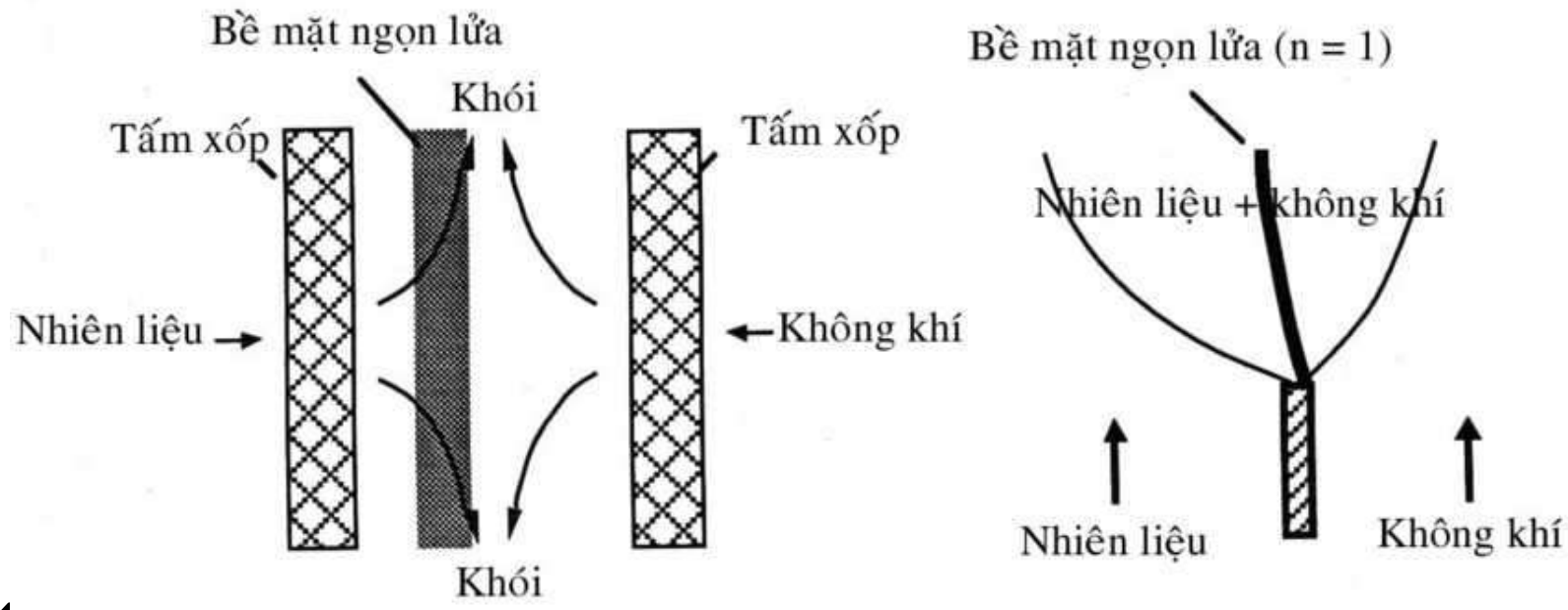
- Hỗn hợp trước chảy tầng





Ngọn lửa phẳng chảy tầng (trái)
và ngọn lửa Bunsen (phải)

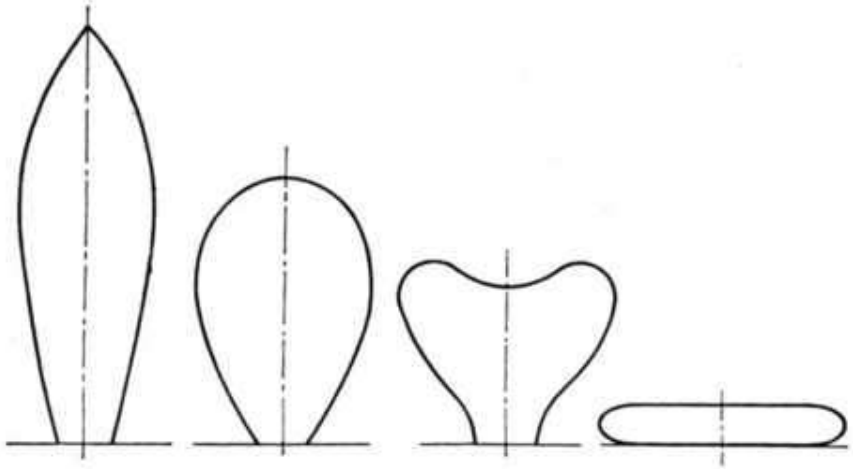
- Hỗn hợp trước chảy rối
- Hỗn hợp trước một phần chảy tầng
- Không hỗn hợp trước chảy tầng
- Không hỗn hợp trước chảy rối



Ngọn lửa không hỗn hợp trước ngược dòng (trái)

c. Các đặc trưng cơ bản của ngọn lửa

- Cấu trúc và chiều dài ngọn lửa
- Nhiệt độ ngọn lửa
- Khả năng bức xạ của ngọn lửa
- Độ ổn định của ngọn lửa



Mặt cắt dọc của các ngọn lửa

2.7. Tính cháy nhiên liệu

a. Nội dung và giả thiết tính toán

- Mục đích và nội dung tính toán (thiết kế, kiểm tra)

- Điều kiện tính toán

- Tiêu hao không khí lí thuyết và thực tế, hệ số không khí:

$$\lambda = l/l_{min}$$

b. Cháy nhiên liệu khí

- Tiêu hao oxy lý thuyết:

$$O_{min} = 0,5\,[CO] + 0,5\,[H_2] + (m + n/4)\,[C_mH_n] - [O_2],\ \ m^3/m^3$$

- Tiêu hao không khí lý thuyết

+ Không khí khô: $l_{min} = 4,762\ O_{min}$

+ Không khí ẩm:

Độ chứa hơi: $d = 0,622\ \varphi p_S/(p-\varphi p_S)$ kg/kg k

Thể tích hơi nước chứa trong $1m^3$ khí khô

$$d' = (29/18)d = 1,611\ d,\ m^3/m^3k$$

φ - độ ẩm tương đối của không khí

p_S- áp suất bão hoà của hơi nước ở nhiệt độ của không khí [Pa]

$l_{min,\ a} = (1 + 1,611\ d).\ l_{min},\ m^3/m^3$

Thành phần và thể tích sản phẩm cháy ở điều kiện tiêu chuẩn

Thành phần sản phẩm cháy khi $\lambda \geq 1$

Thành phần	v_i [m^3/m^3 nl]	Nguồn gốc từ
	[CO]	cháy CO
CO_2	[CO_2]	nhiên liệu
	$\sum$, [C_mH_n]	cháy hydrocarbon
	[H_2O]	cháy hydro
H_2O	$\sum$ (n/2) [C_mH_n]	cháy hydrocarbon
	1,611 d λ l_{min}	không khí
SO_2	[SO_2]	nhiên liệu
N_2	[N_2]	nhiên liệu
	0,79 λ l_{min}	không khí
O_2	0,21 (λ - 1) l_{min}	không khí thừa

$$v_{min} = CO + H_2 + (m + n/2)C_mH_n + 3{,}762O_{min} \quad m^3/m^3$$

$$v = v_{min} + (\lambda - 1)l_{min} \quad m^3/m^3$$

c. Tính cháy nhiên liệu rắn và lỏng

- Tiêu hao oxy lý thuyết

$$O_{min} = 22,4(C/12 + H/2 + S/32 - O/16) \quad m^3/kg$$

$$O_{min} = 1,867C + 11,2H + 0,7S - 0,7O$$

- Tiêu hao không khí lý thuyết - tương tự như cho nhiên liệu khí.
- Thành phần và thể tích sản phẩm cháy:

Thành phần sản phẩm cháy khi $\lambda \geq 1$

Thành phần	m_i, kmol/kg	v_i, m^3/kg	Nguồn gốc từ
CO_2	c/12	1,867 c	cháy các bon
SO_2	s/32	0,7 s	cháy lưu huỳnh
	h/2	11,2 h	cháy hydro
H_2O	w/18	1,244 w	nhiên liệu
	-	1,611 d, l_{min}	không khí
N_2	n/28	0,8 m	nhiên liệu
	-	0,79 l_{min}	không khí
O_2	-	0,21 (-1) l_{min}	không khí thừa

d. Nhiệt độ đọng sương

- Của hơi nước

$$\tau = t_s(p_h) = 3978{,}205/[23{,}462 - \ln(p_h)] - 233{,}394,\ ^oC$$

- Của hơi axit

$$t_s = \tau + (290{,}54 - 30{,}79p_{H2O+SO2})p^a_{SO2}$$

$$a = 0{,}0959 + 0{,}1430p_{H2O+SO2} - 0{,}1699p^2_{H2O+SO2}$$

e. Tính theo kết quả phân tích sản phẩm cháy:

$$\lambda = l/l_{min} = l/(l - 3{,}762 r_{O2} / r_{N2})$$

$$\lambda = 1+(r_{O2}/(0{,}21 - r_{O2}))v_{min}/l_{min}$$

Với nhiên liệu rắn, lỏng $v_{min}/l_{min} \approx 1$

$$\lambda = 0{,}21/(0{,}21 - r_{O2})$$

Theo CO_2:

$$\lambda = 1 + (r_{CO2max} / r_{CO2} - 1)\, v_{min}/l_{min}$$

Với nhiên liệu rắn:

$$\lambda \approx r_{CO2max}/r_{CO2}$$

- Lượng không khí và thể tích sản phẩm cháy:

+ Nhiên liệu rắn và lỏng

$$v = 1{,}867C/(r_{CO2} + r_{CO}) \quad m^3/kg$$

$$v_a = v\,(1 - r_{H2} + 1{,}244\,(9H + W))$$

$$d = (1{,}867\,Cr_{N2} / (r_{CO2} + r_{CO}) - 0{,}8N) / 0{,}79 \quad m^3/kg$$

+ Nhiên liệu khí:

$$v = (CO + CO_2 + \sum mC_mH_n) / (r_{CO2} + r_{CO} + \sum mC_mH_n)$$

$$l = (vr_{N2} - N_2) / 0{,}79$$

$$l_{min} = v((r_{N2} / 0{,}79) - (r_{O2} / 0{,}21) - N_2/0{,}79$$

$$v_{H2O} = H_2 + \sum n/2C_mH_n + H_2S - v(r_{H2} + \sum n/2\, r_{CmHn})$$

f. Tính nhiệt độ cháy:

- Nhiệt độ cháy lý thuyết:

$$lhk + h_{nl} + H_u = v_a h$$

$$h = c_p t$$

$$h = H_u / v_a + lh_k / v_a + h_{nl} / v_a = \sum r_i (at + bt^2/2)$$

$$h = r_i c_{pi}\Big|_0^t .t$$

$$t_{lt} = t_1 + (h - h_1) / (h_2 - h_1) . (t_2 - t_1)$$

- Nhiệt độ cháy thực: $t_{th} = \eta t_{lt}$

Chương 3. KỸ THUẬT CHÁY NHIÊN LIỆU KHÍ

3.1. Tính chất của hỗn hợp cháy

a. Giới hạn bắt lửa

Nguyên lý Le Chatelier:

$Z_{d,t} =$

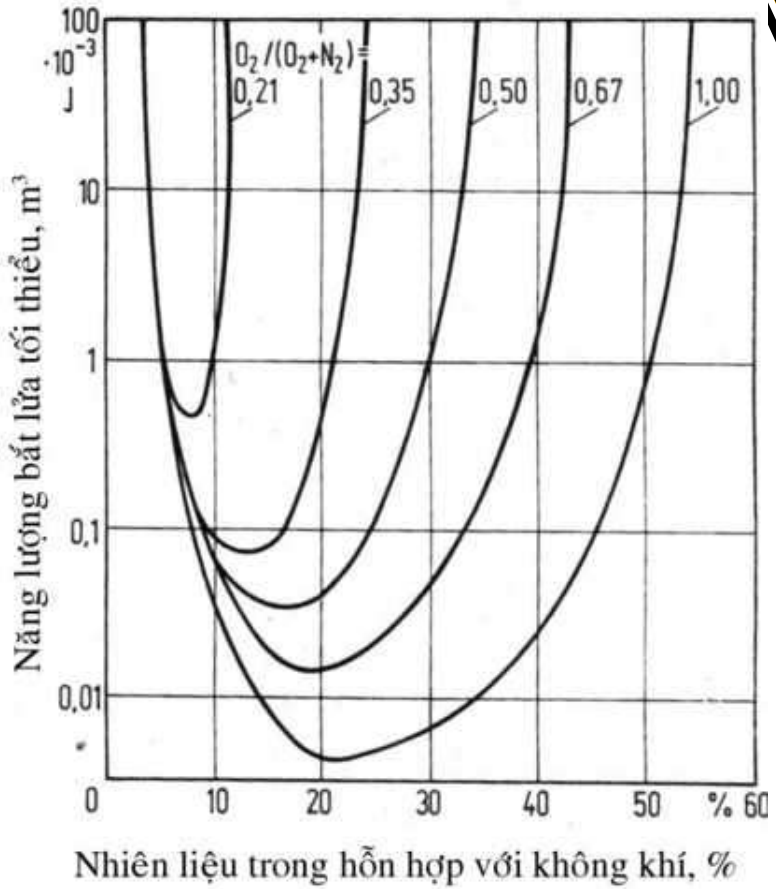
Giới hạn bắt lửa của một số khí

Khí	Giới hạn dưới Z_d	Giới hạn trên Z_t
Carbon monoxide	12,50	74,00
Hydrogen	4,00	75,00
Methane	5,00	15,00
Ethane	3,00	12,50
Propane	2,10	10,10
Butane	1,86	8,41
Ethylene	2,75	28,60
Propylene	2,00	11,10
Butylene	1,98	9,65
Acetylene	2,50	81,00
Hydrogen Sulphide	4,30	45,50
Formaldehyde	7,00	73,00

b. Nhiệt độ và năng lượng bắt lửa tối thiểu

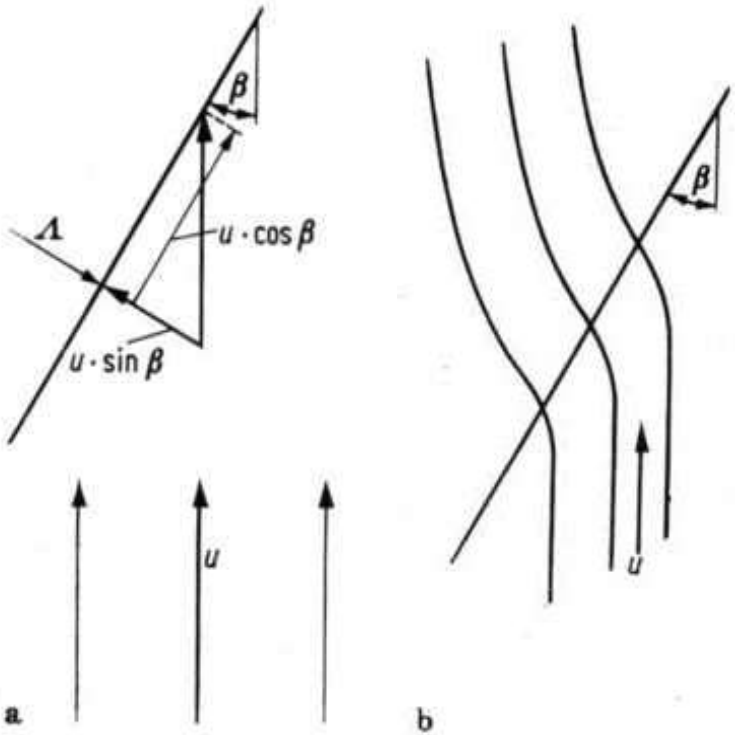
Khí	Nhiệt độ bắt lửa ^0C
H_2	560
CO	605
CH_4	610
C_2H_6	425
C_3H_8	470
n-C_5H_{12}	285
n-C_8H_{18}	210
C_6H_6	555

$$Q_{min} \sim C_p(a/\lambda)^3 (t_f - t_o)$$

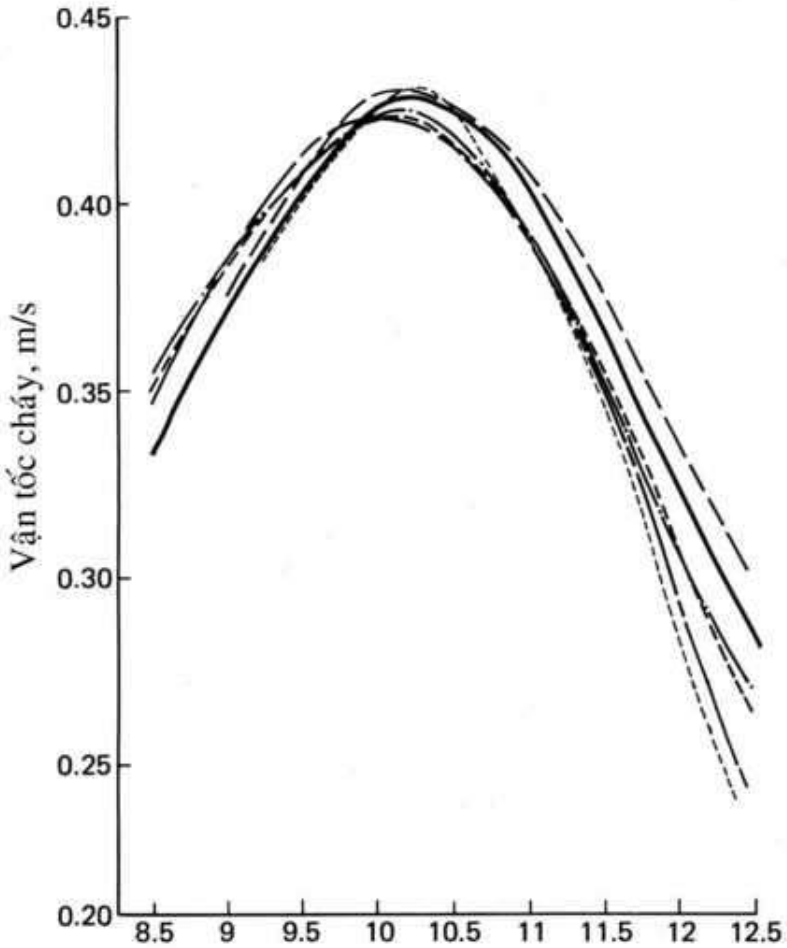


Năng lượng bắt lửa tối thiểu của hỗn hợp methan - không khí

c. Vận tốc cháy

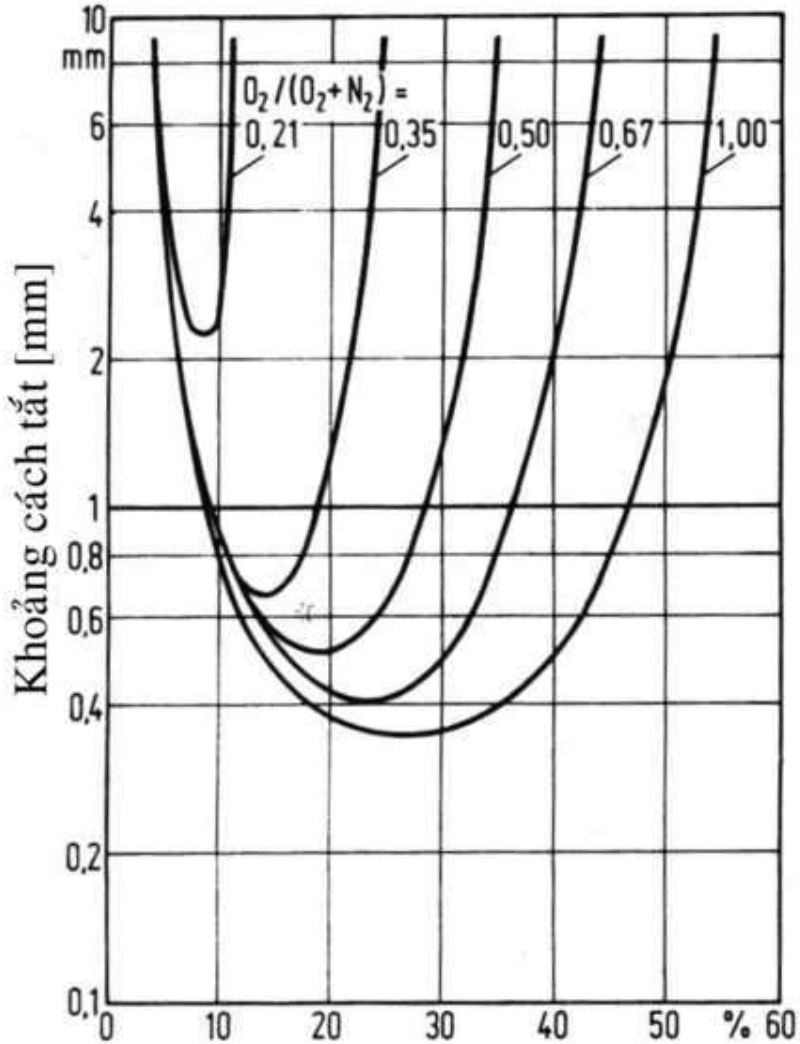


Vận tốc dòng và vận tốc cháy



Vận tốc cháy của hỗn hợp methan - không khí

d. Khoảng cách tắt

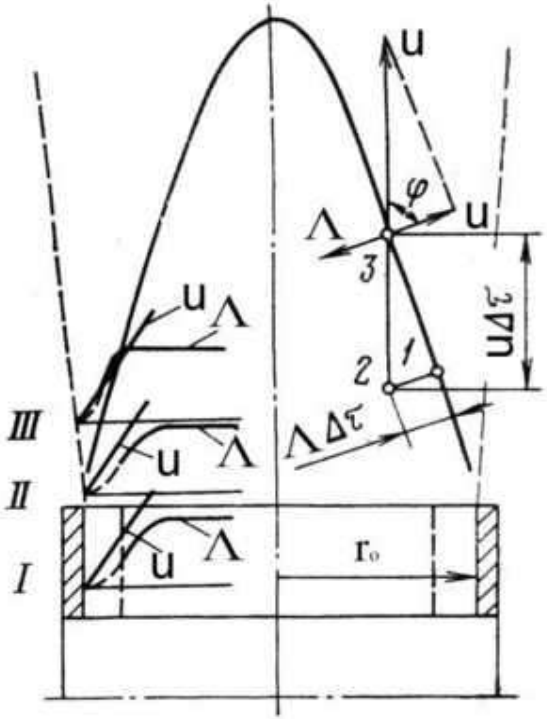


Khoảng cách tắt của methan

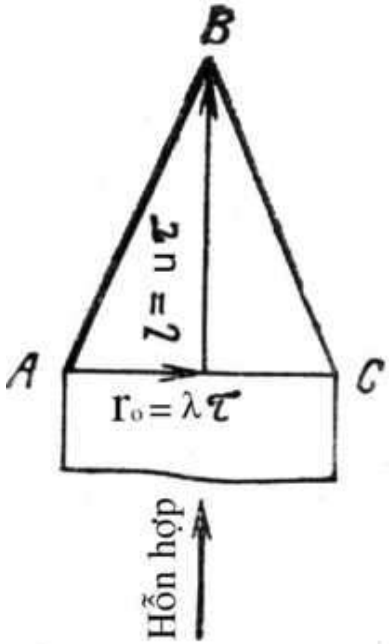
e. Chỉ số Wobbe W

3.2. Cháy động học

a. Cháy tầng



Sự phân bố vận tốc cháy và dòng cạnh miệng phun



Chiều dài ngọn lửa hỗn hợp trước cháy tầng

$\tau = r_o/\lambda$, $l = u\tau = ur_o/\lambda$

Ngọn lửa "tuột" vào mỏ đốt khi $(du/dr)_{r\to ro} = (d\lambda/dr)_{r\to ro}$

Khi chảy tầng: $u = u_o (1 - r^2/r_o^2)$

$(du/dr)_{r\to ro} = -2\, u_o/r_o$

$u_{tb} = 0{,}5u_o$ nên $(d\lambda/dr)_{r\to ro} = -4u_{tb} / r_o$ (= const)

$r_o \uparrow \rightarrow u \uparrow$

λ lớn, giới hạn dưới của cháy ổn định theo vận tốc cao hơn.

b. Cháy rối

- Không gian kín
- Có sự khuếch tán của khí nóng từ ngoài vào

Cấu trúc đơn giản hóa của ngọn lửa

$l_{bl} = u.r_o / \lambda_T$

δ_T - chiều dày bề mặt ngọn lửa rối

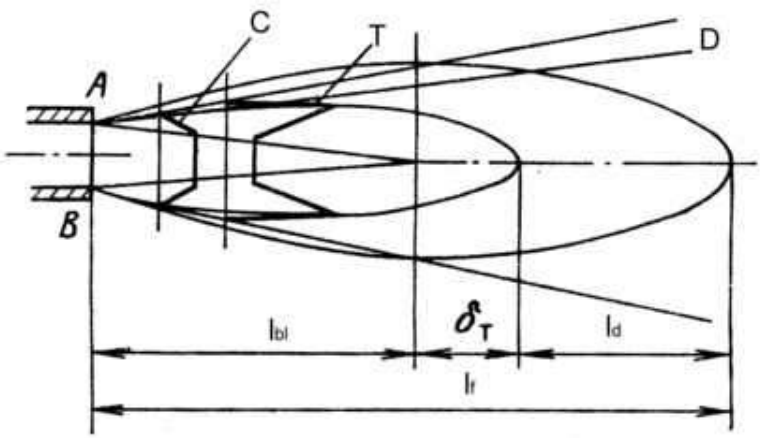
l_T - quãng đường hỗn hợp (khoảng cách mà các mol khí của lớp này dịch chuyển để thâm nhập vào một lớp khác)

$$\tau = l_t/2\lambda$$

$$\delta_T = l_T u' / 2\lambda$$

$$u_{tb} \uparrow \rightarrow u \uparrow \rightarrow \delta_T \uparrow$$

$$\lambda \rightarrow \delta_T \downarrow$$

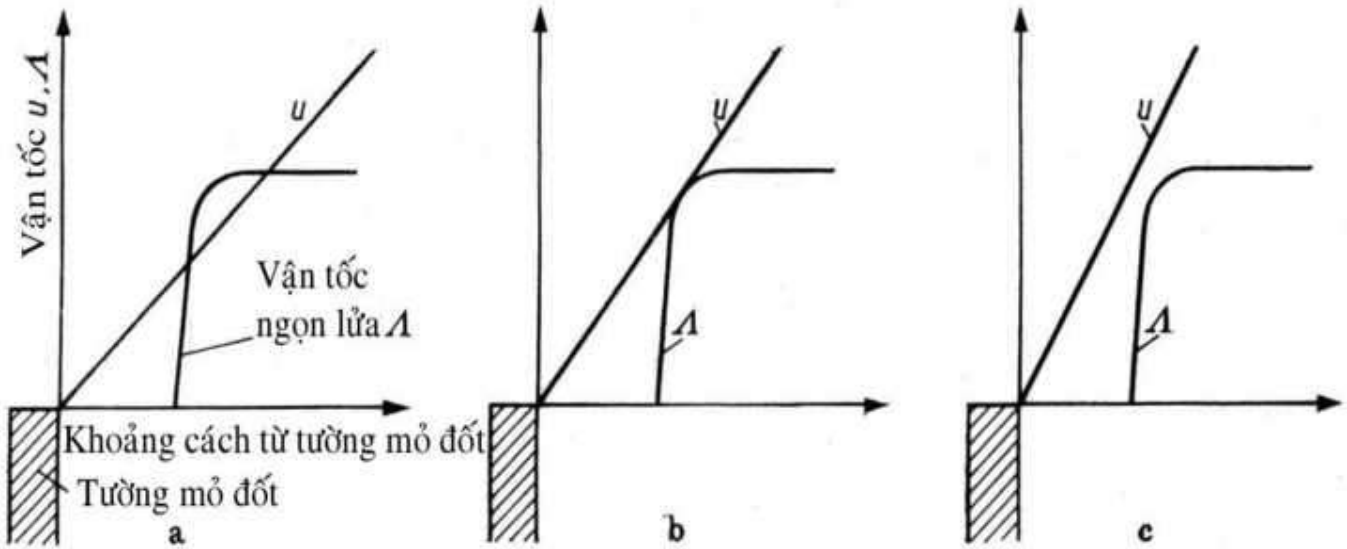


Sơ đồ ngọn lửa rối của hỗn hợp đồng nhất

c. Sự ổn định của ngọn lửa hỗn hợp trước

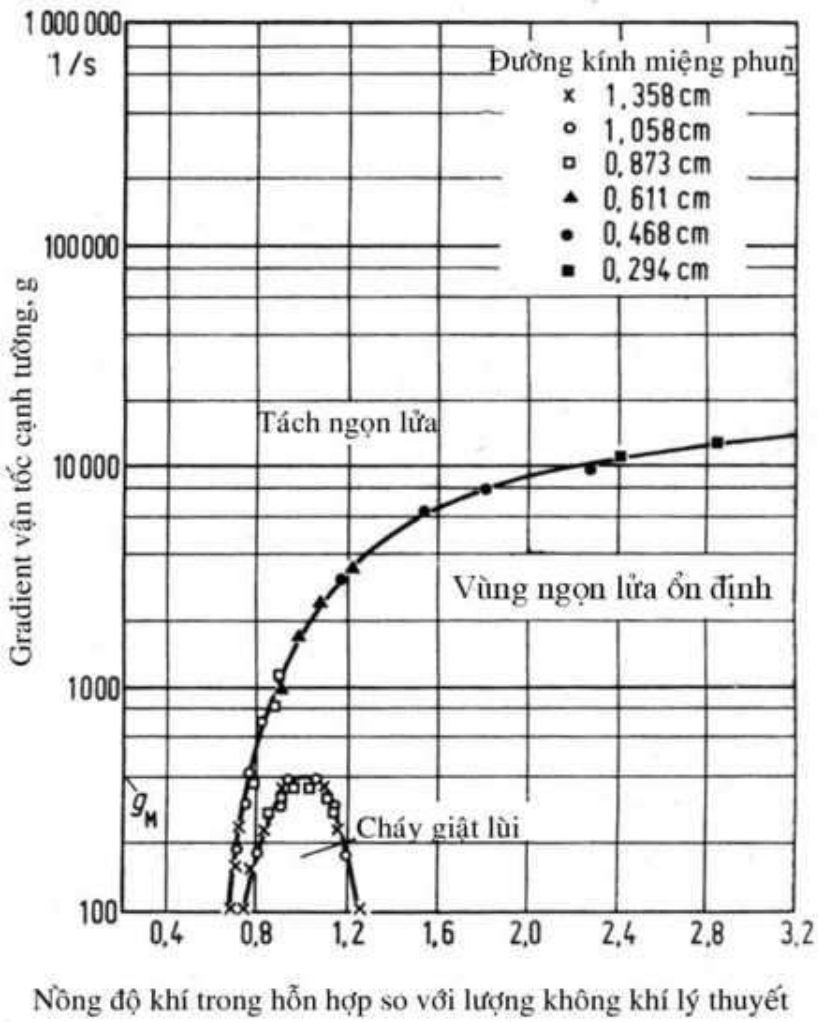
Gradient vận tốc biên g, nghĩa là độ dốc của đường tiếp tuyến với parabol vận tốc ở tường mỏ đốt.

- Chuyển động tầng: $g = 4u_{tb}/r_o$
- Chuyển động rối: $g = 0{,}023\ u_o/d_o\ Re^{0,8}$



Vận tốc dòng và ngọn lửa theo Lewis và Elbe

a. Cháy giật lùi; b. Cháy ổn định; c. Tách ngọn lửa



Giản đồ ổn định theo Lewis và Elbe cho methan

3.3. Cháy khuếch tán

a. Cháy tầng

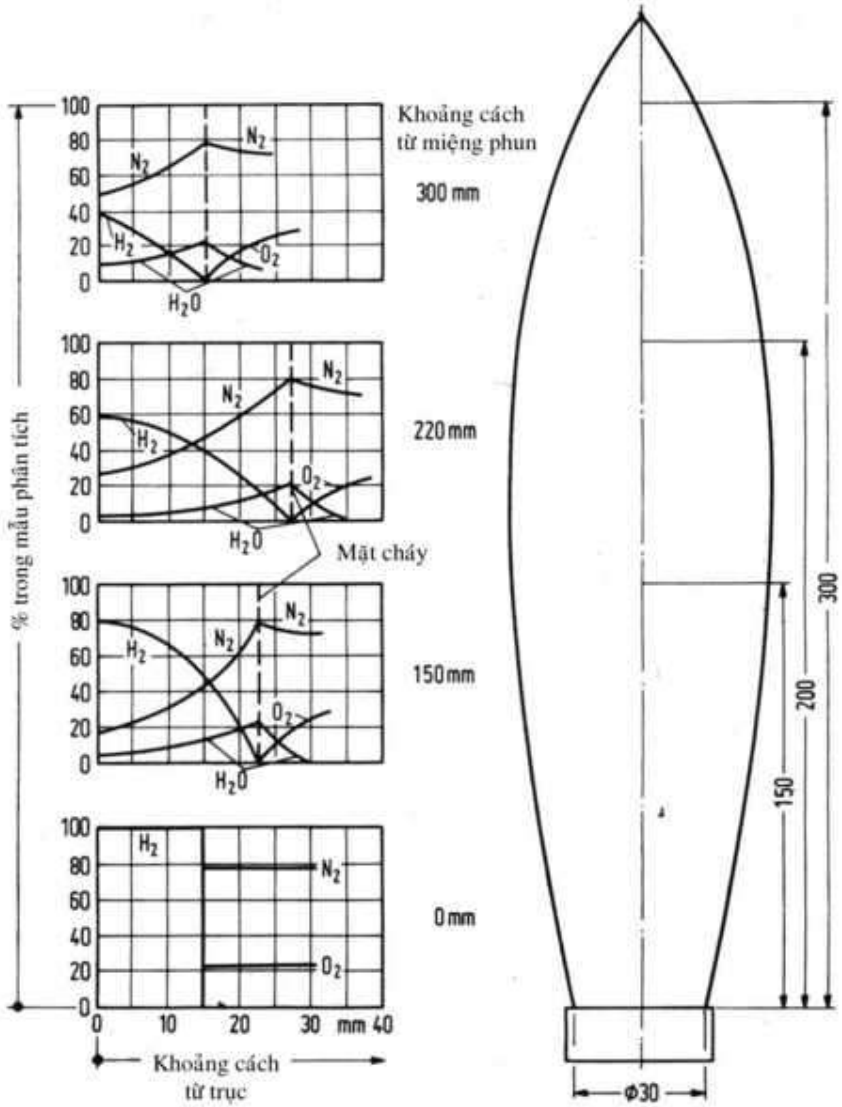
- Hình dáng ngọn lửa

- Chiều dài ngọn lửa

L

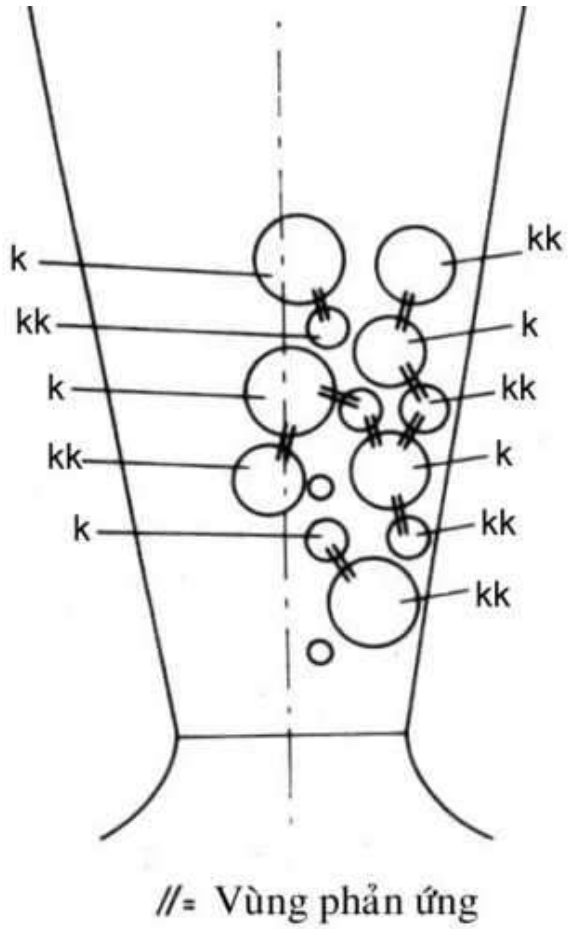
với các hydrocarbon C_mH_n:

L

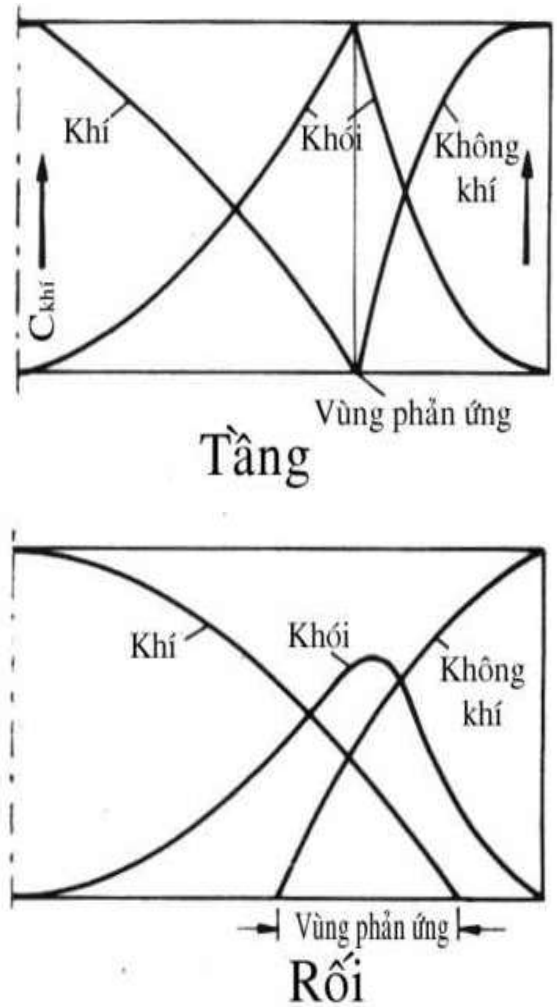


Diễn biến phản ứng trong ngọn lửa hydro tầng

b. Cháy khuếch tán rối



Các vùng phản ứng trong một ngọn lửa rối

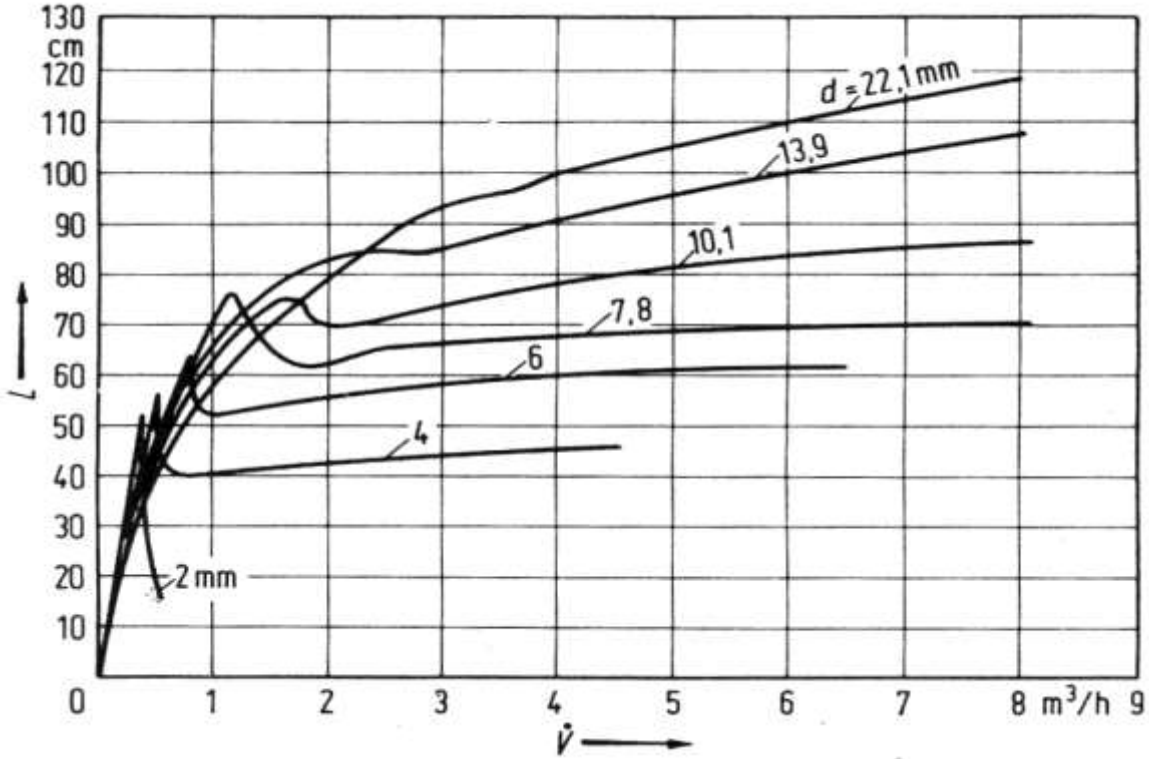


Sự phân bố nồng độ khi có phản ứng trong dòng tầng và rối

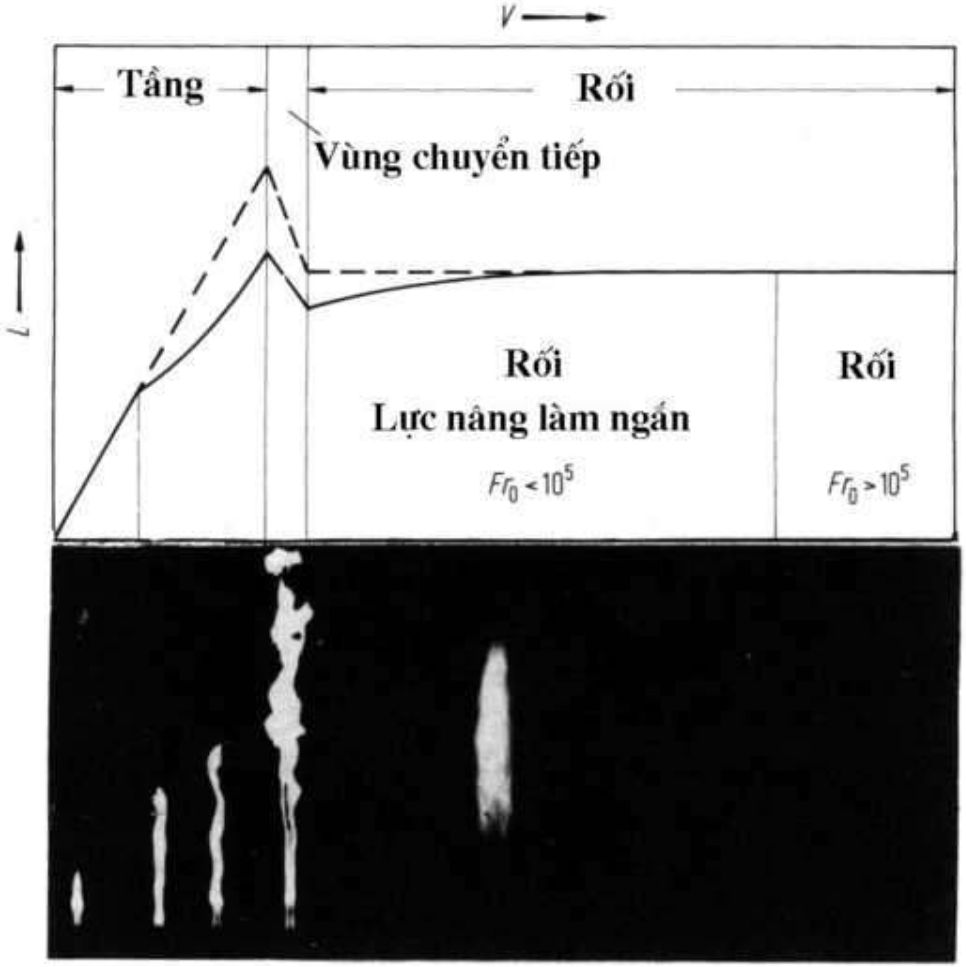
- Chiều dài ngọn lửa

L = 5,3 - chiều dài trung bình

$L_{th} \approx 1,3\ L$



Chiều dài ngọn lửa khí đô thị ở các vận tốc và đường kính miệng phun khác nhau



Sự phụ thuộc của chiều dài ngọn lửa vào vận tốc phun

$$Fr = u^2_{tbo}/d_o g$$

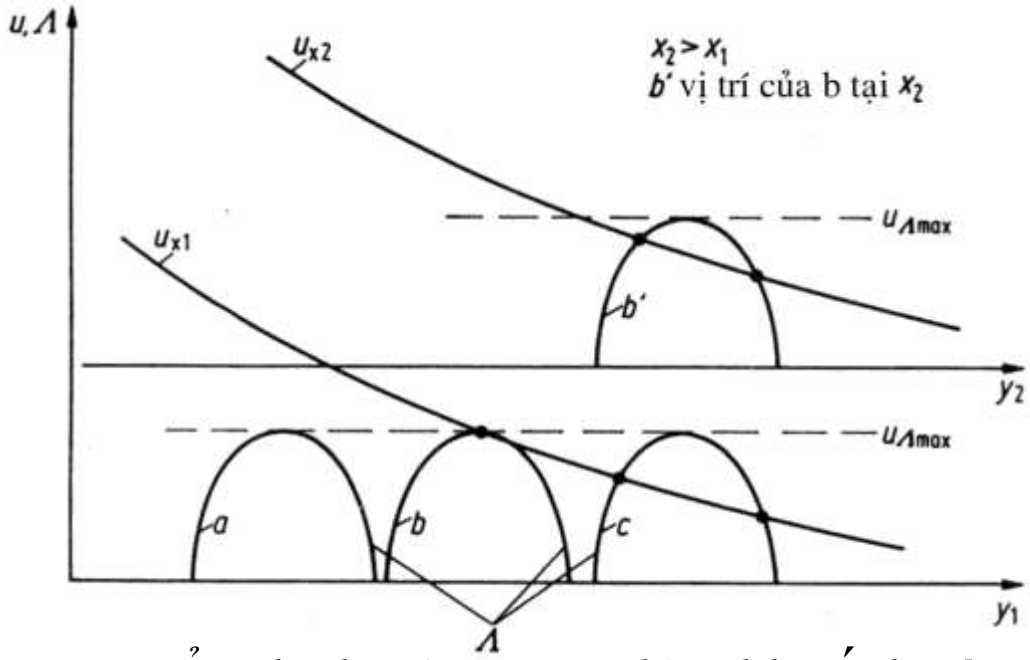
c. Sự ổn định ngọn lửa khuếch tán và vật giữ ngọn lửa

- Sự ổn định:

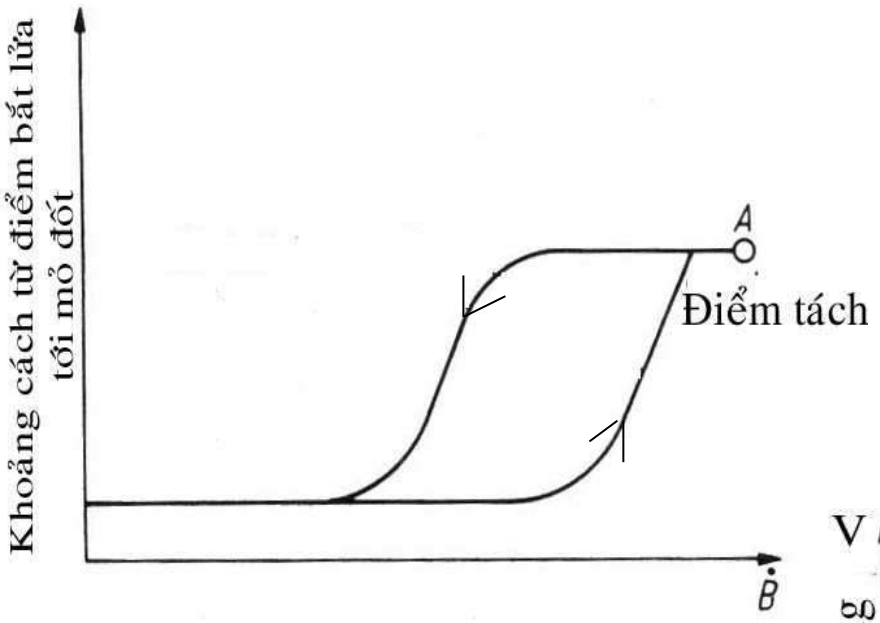
u = 30-50 m/s, trong buồng đốt tăng cường có thể đạt 200 m/s.

λ_T = 1,5 m/s

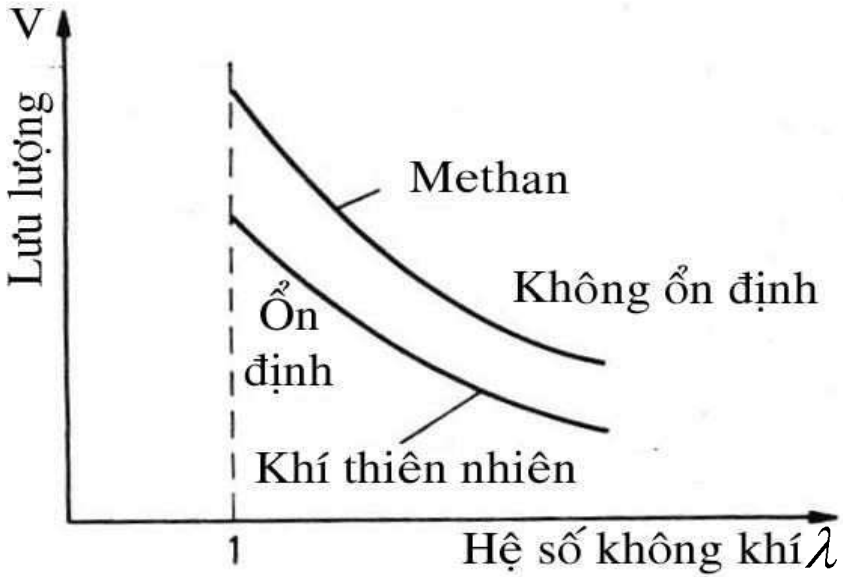
Vậy ổn định chỉ có thể có ở rìa của dòng phun



Sự ổn định của ngọn lửa khuếch tán

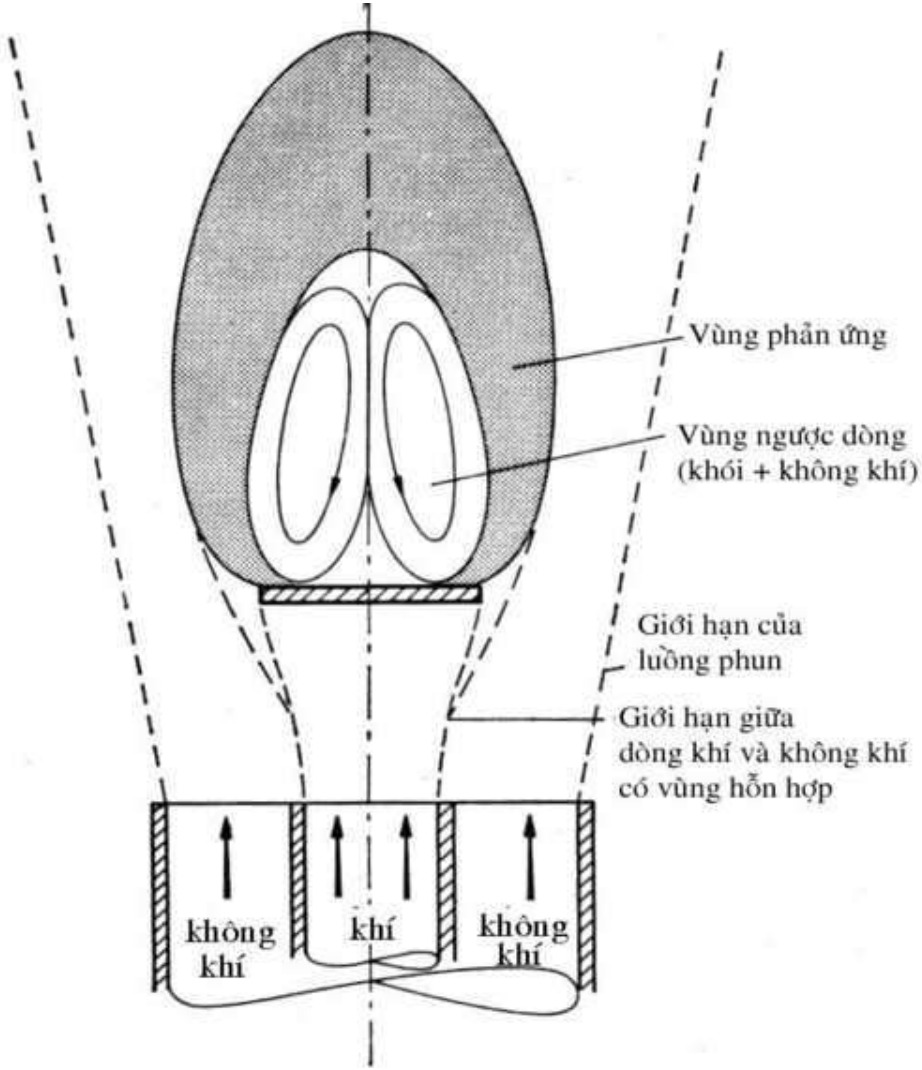


Vị trí điểm bắt lửa khi tăng và giảm lưu lượng khí

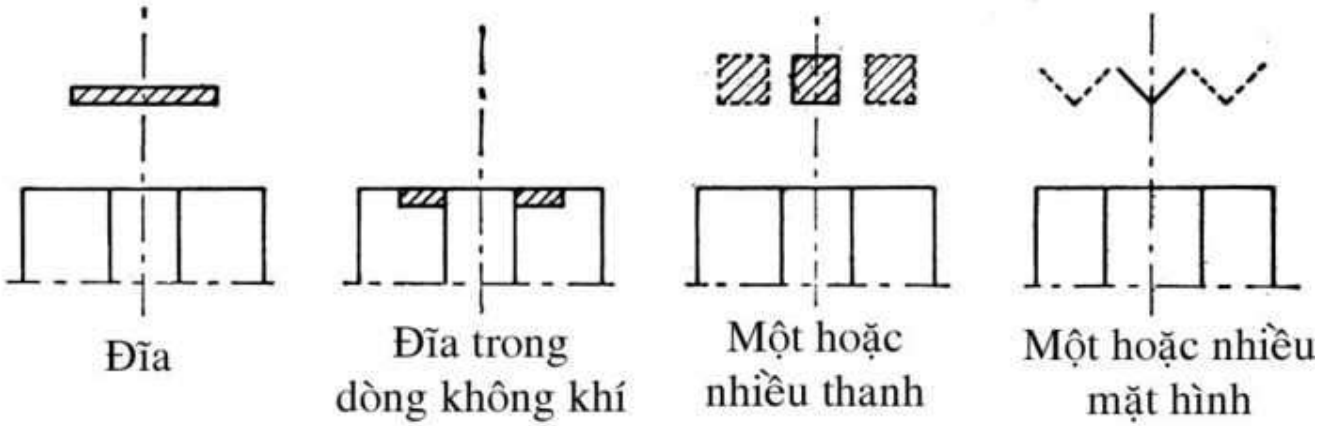


Đồ thị ổn định của một mỏ đốt với hai khí khác nhau

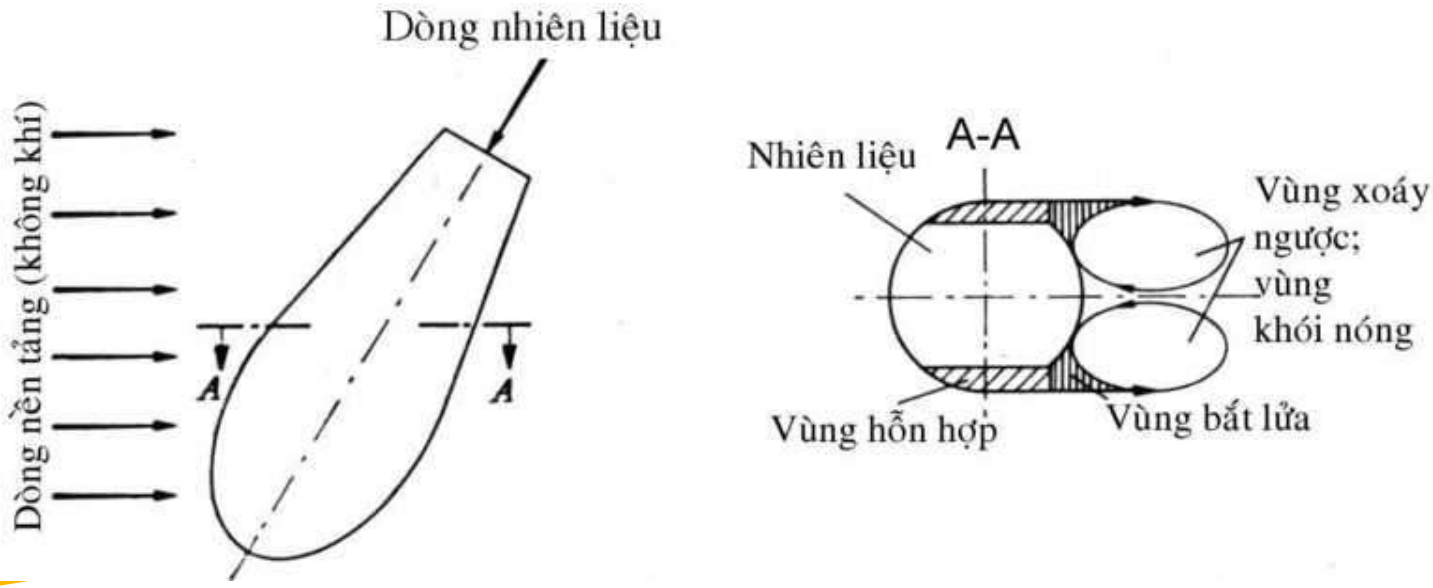
- Vật giữ ngọn lửa



Ổn định bằng vật giữ ngọn lửa



Hình dáng một số vật giữ ngọn lửa



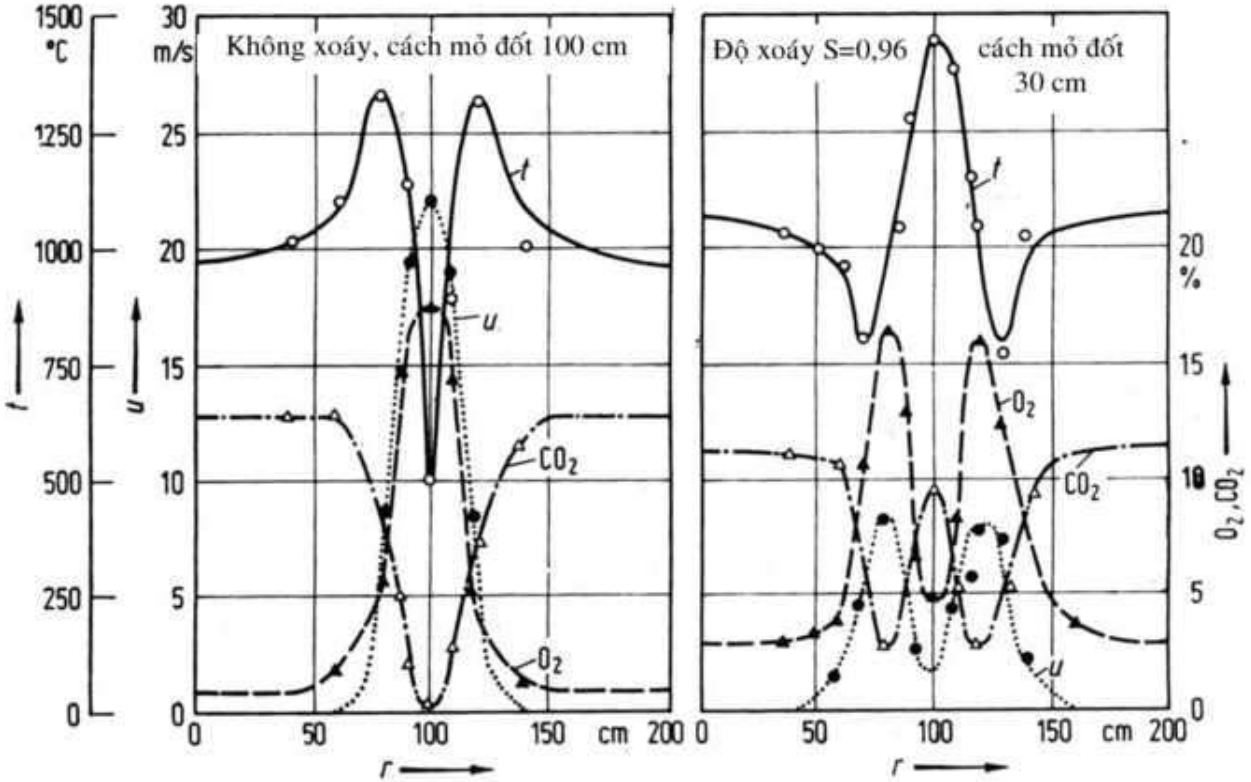
Ổn định bằng khí động học

3.4. Ngọn lửa xoáy

- Độ xoáy là tỷ số của moment xung quay và moment xung trục

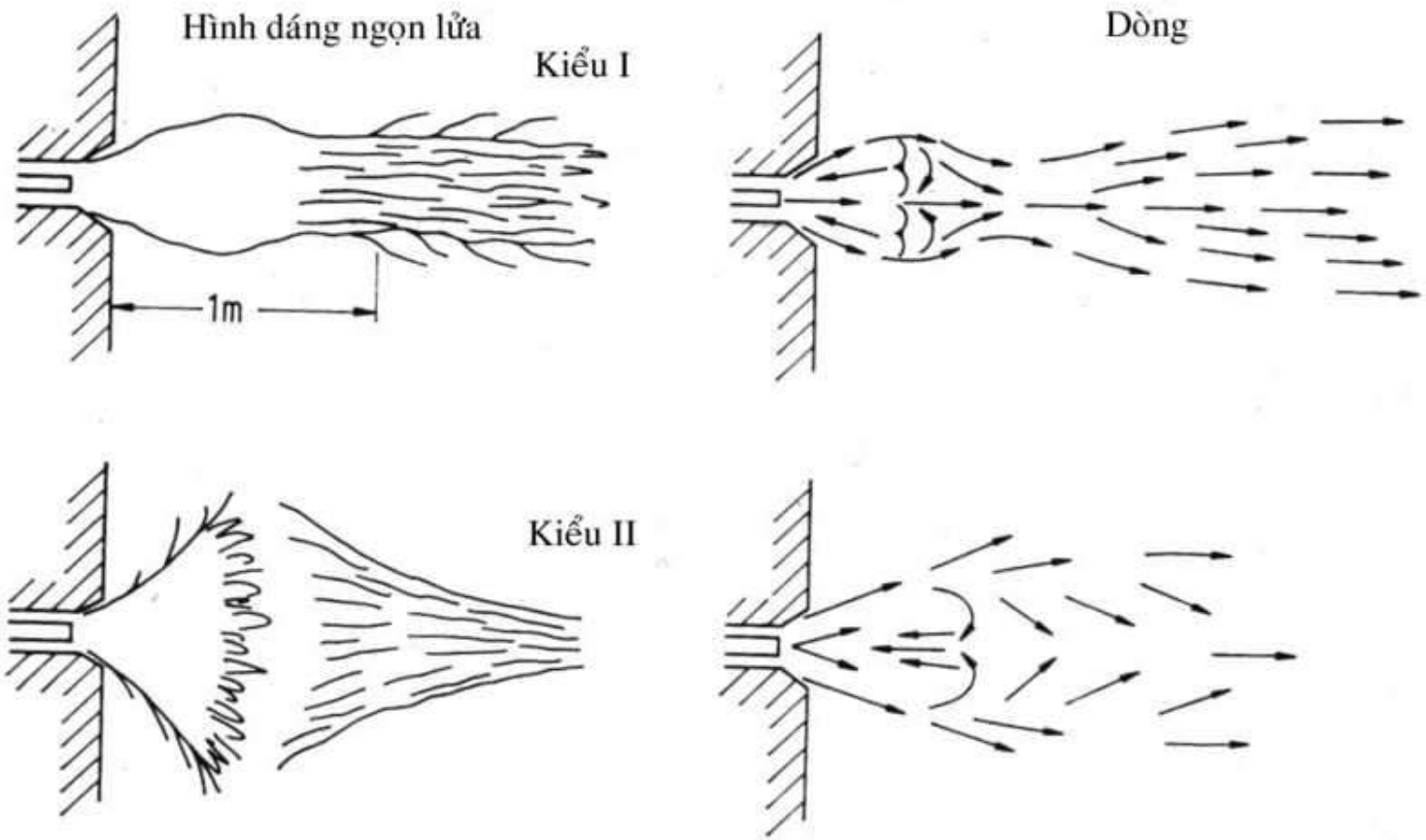
$$S = D_o/(I_o.d_o/2)$$

- Ngọn lửa của dòng khí xoáy



Phân bố nhiệt độ, vận tốc và nồng độ trong ngọn lửa theo bán kính, không xoáy và có xoáy

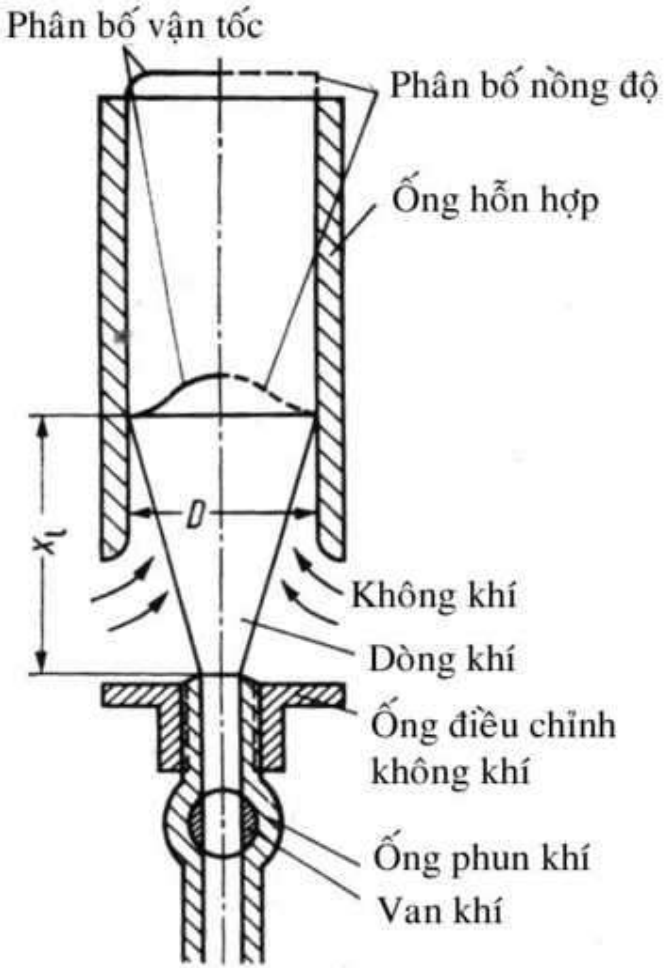
- Ngọn lửa của các dòng xoáy kép



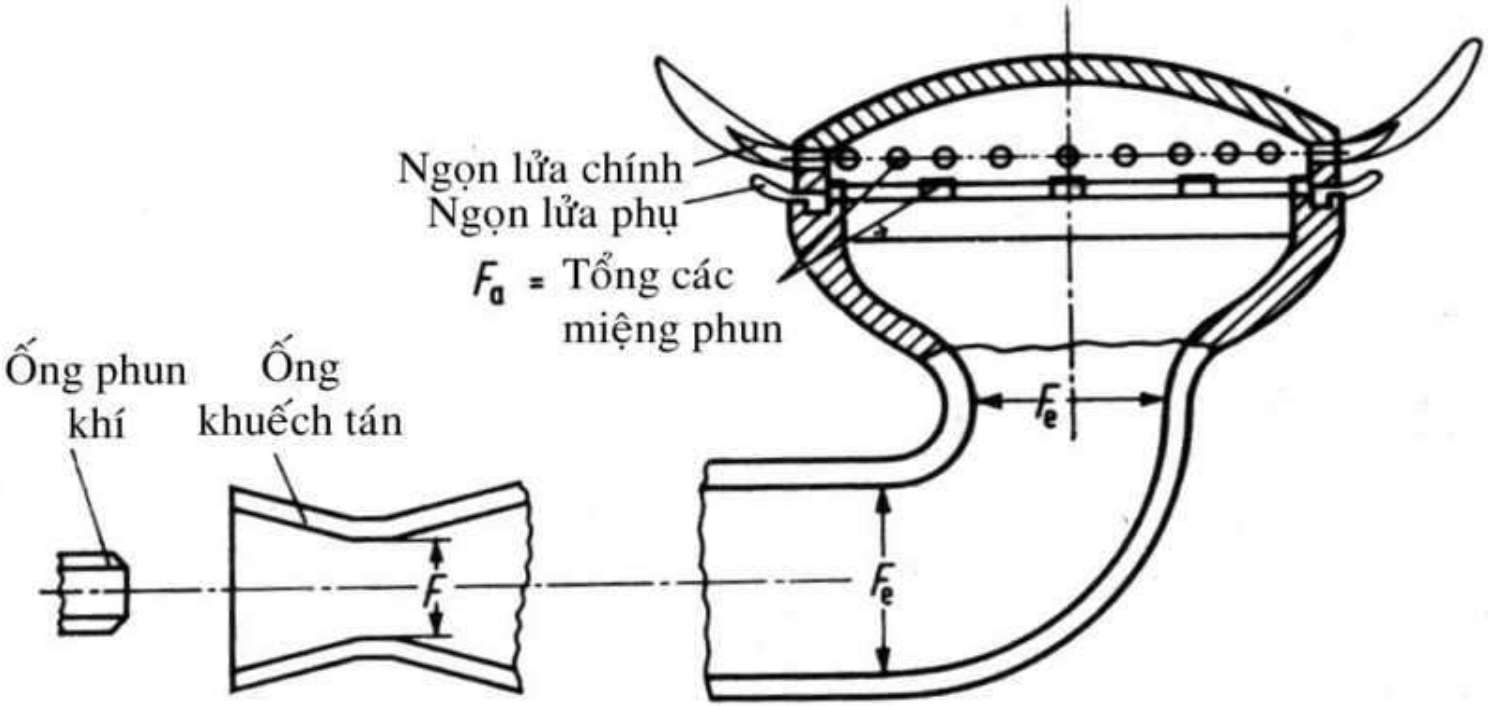
Mỏ đốt xoáy không khí, khí không xoáy

3.5. Mỏ đốt hỗn hợp trước

a. Injector

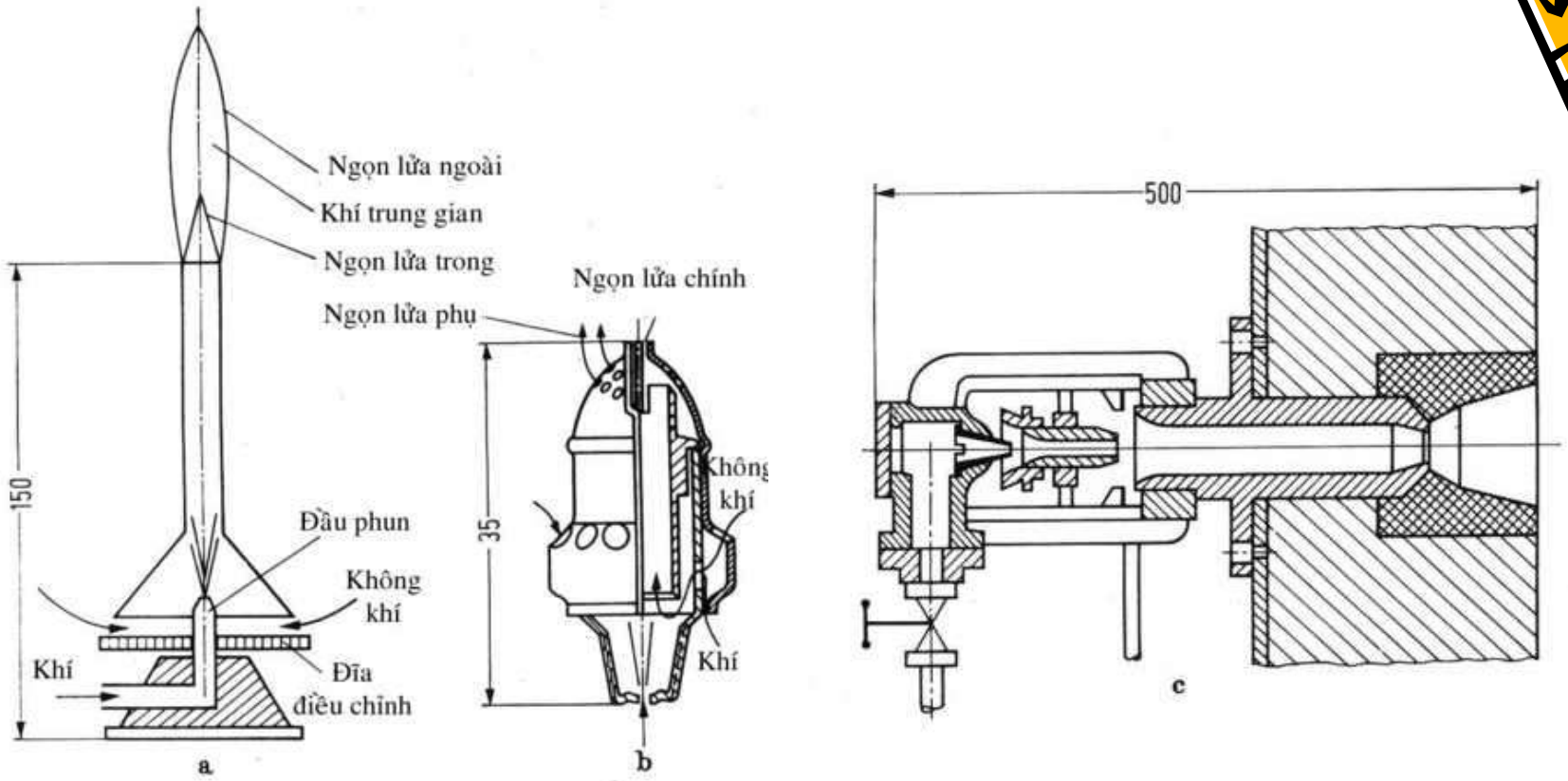


Mỏ đốt hỗn hợp trước với ống hỗn hợp hở

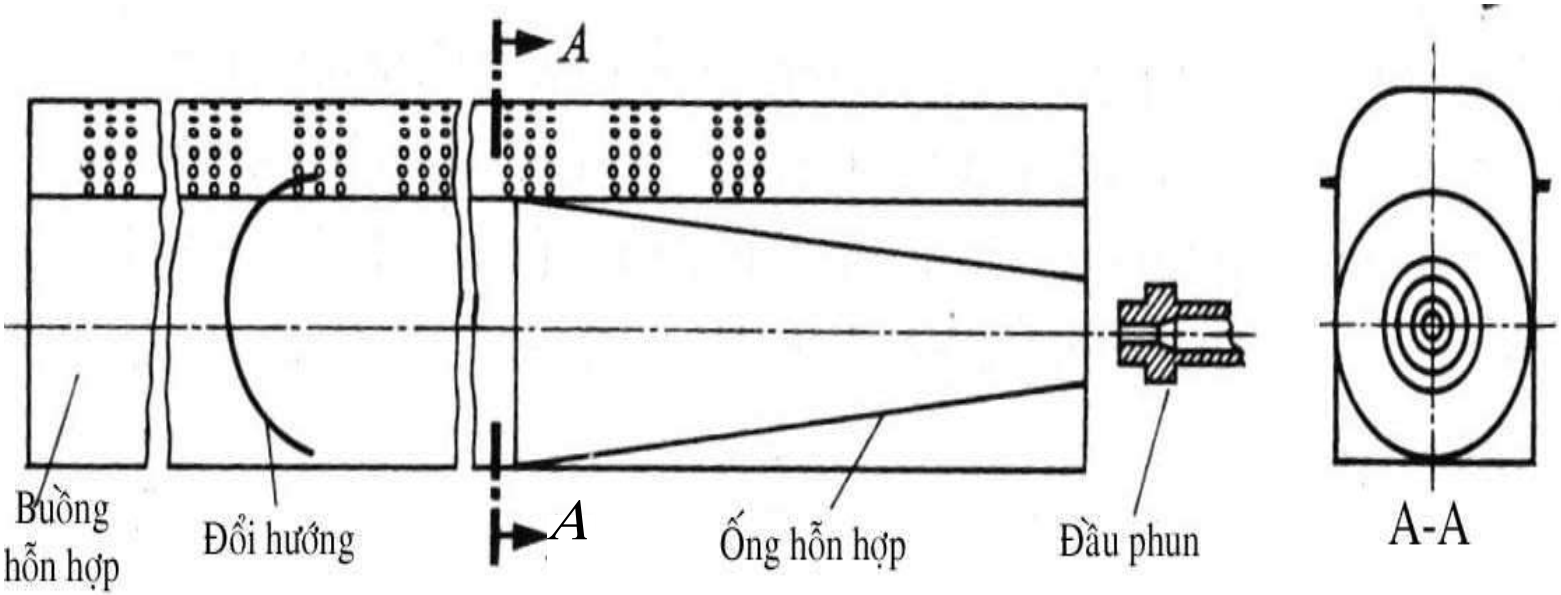


Mỏ đốt để đun nấu trong gia đình

b. Mỏ đốt đơn lẻ và mỏ đốt tập hợp

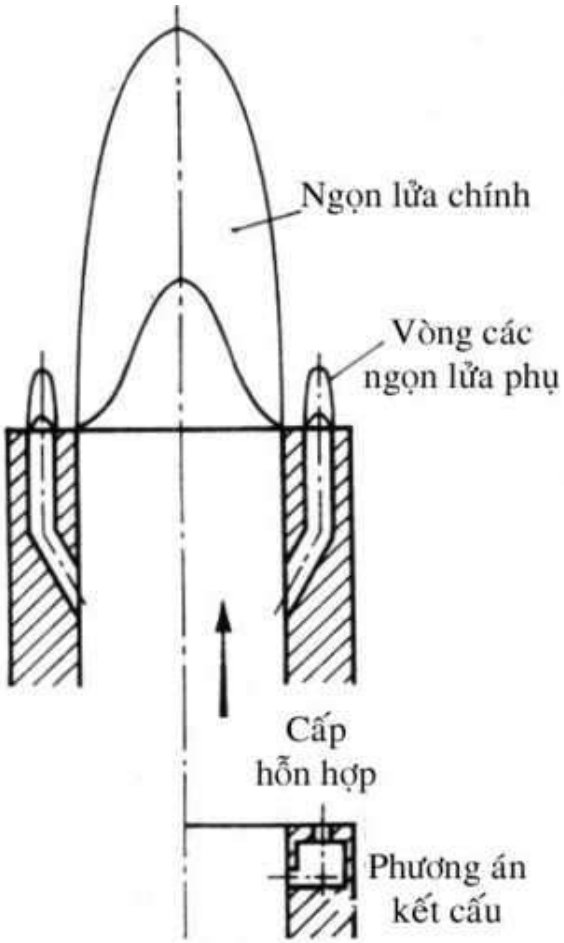


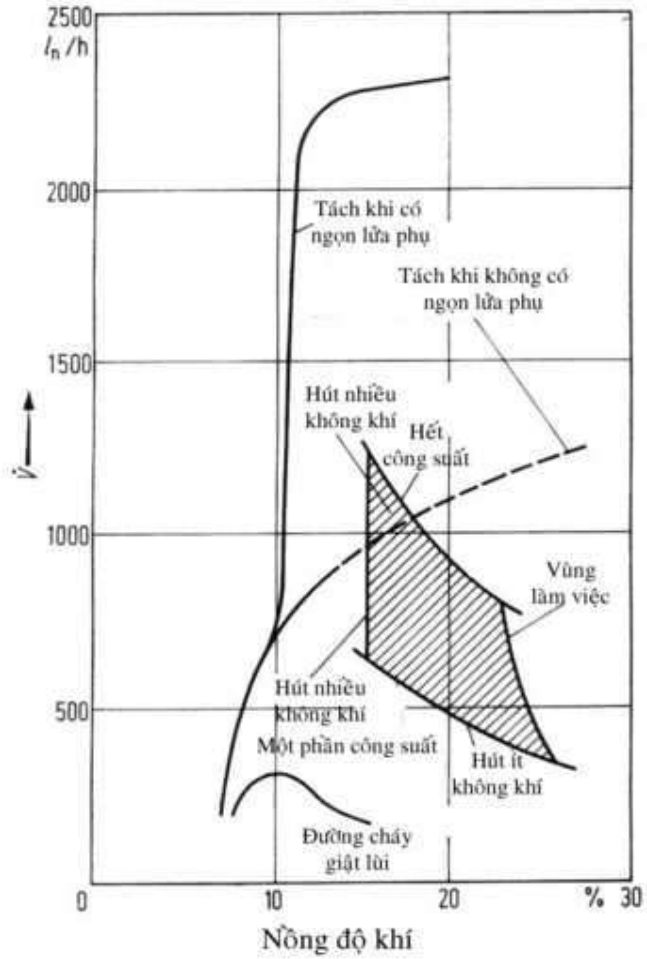
Mỏ đốt tự hút cháy tại một nơi



Mỏ đốt của một lò sưởi

c. Ngọn lửa phụ và vật giữ ngọn lửa

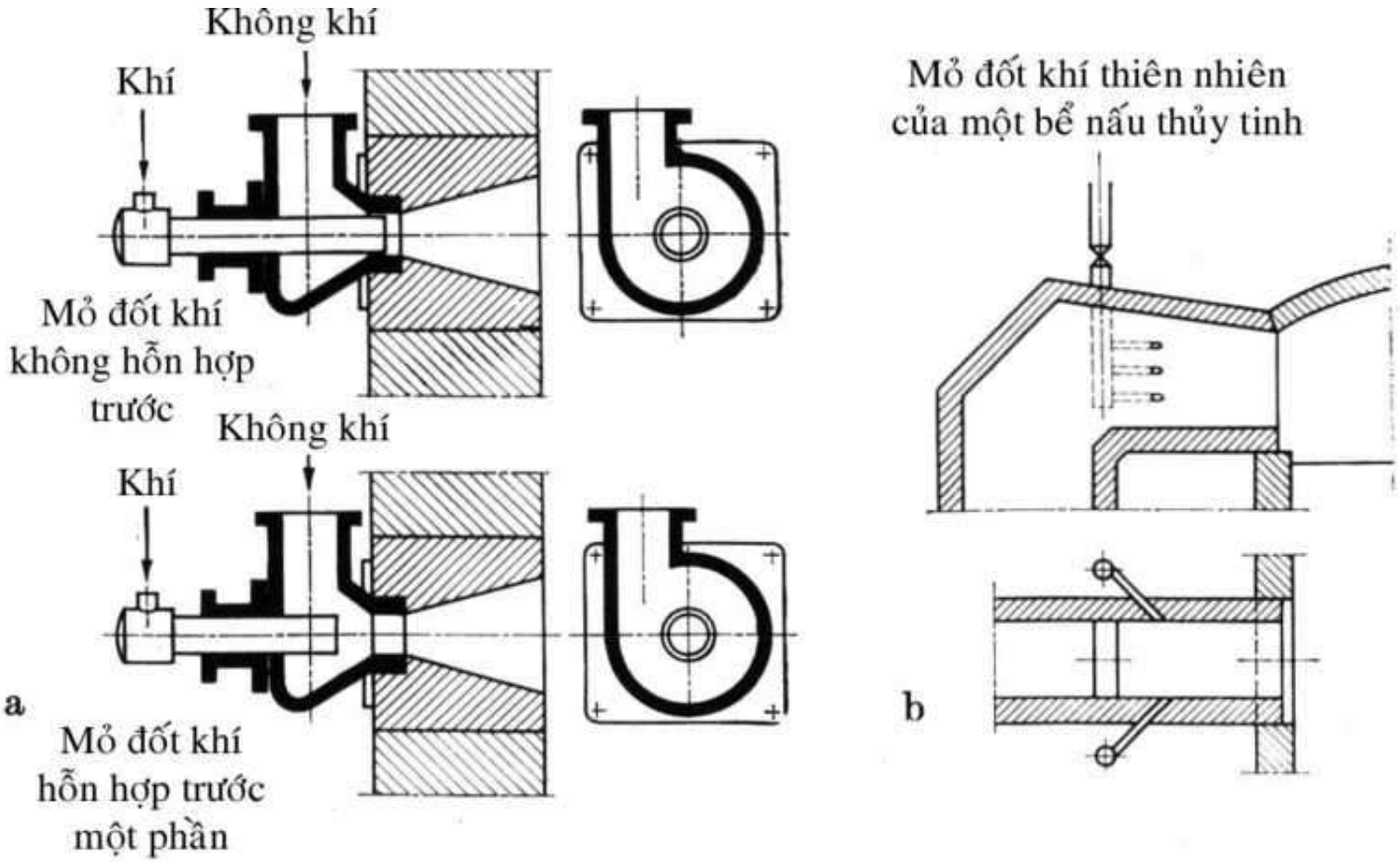




Mỏ đốt có ngọn lửa phụ

Đồ thị ổn định của một mỏ đốt bằng ngọn lửa phụ và vùng làm việc của mỏ đốt

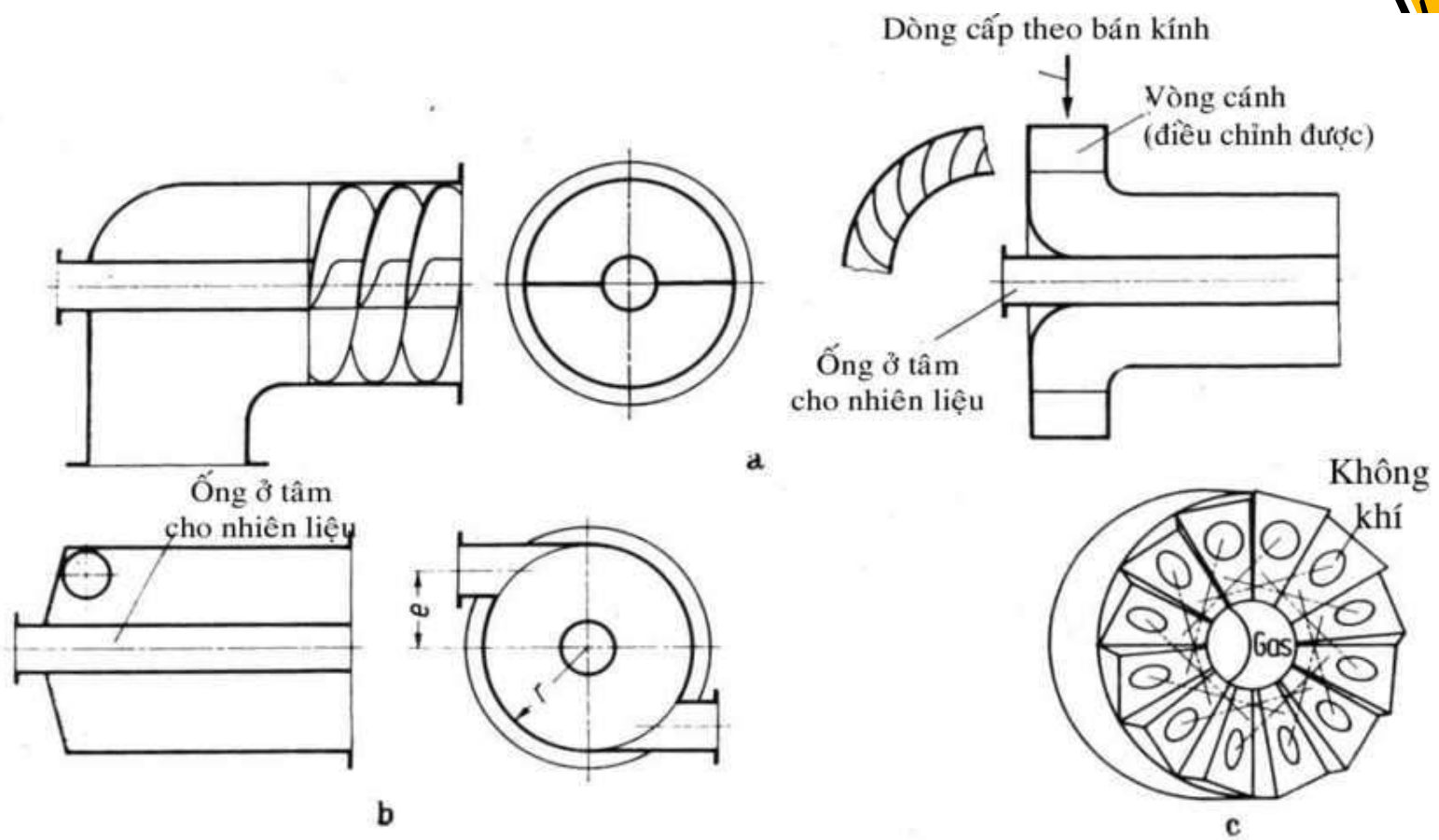
3.6. Mỏ đốt khuếch tán



Một số kết cấu điển hình

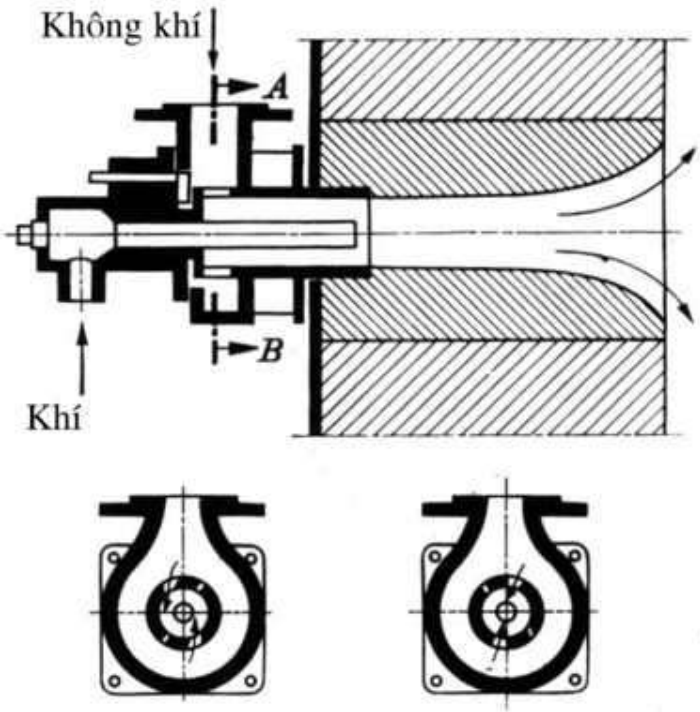
a) Mỏ đốt kim loại không và có hỗn hợp trước

b) Mỏ đốt được xây bằng tường

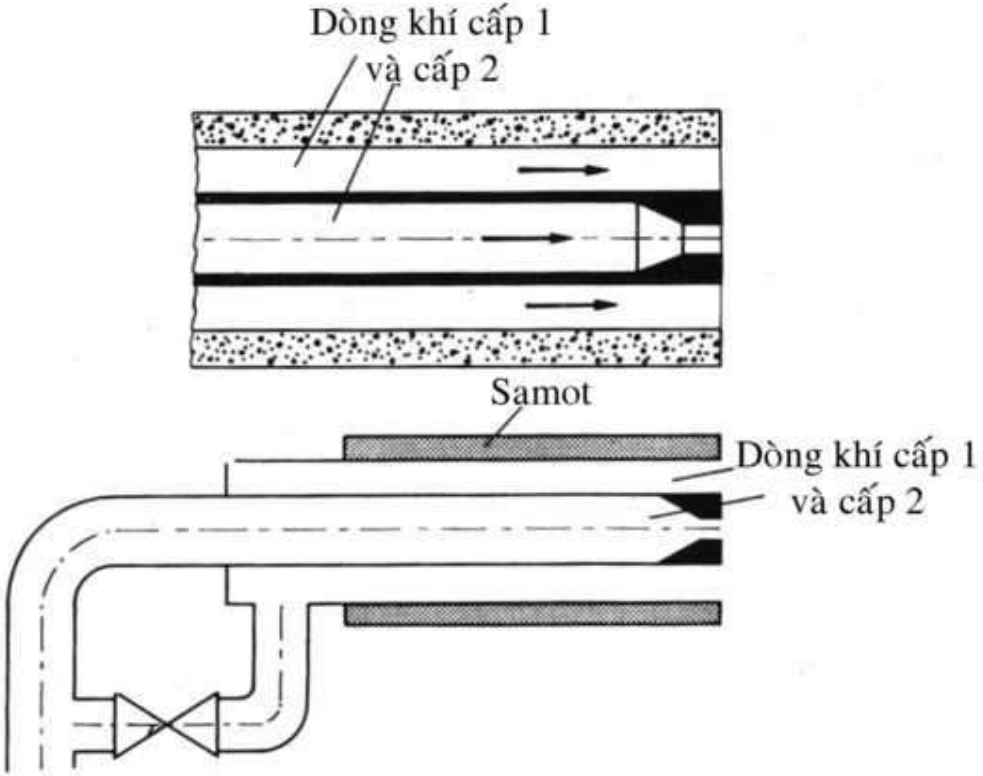


Thiết bị tạo xoáy

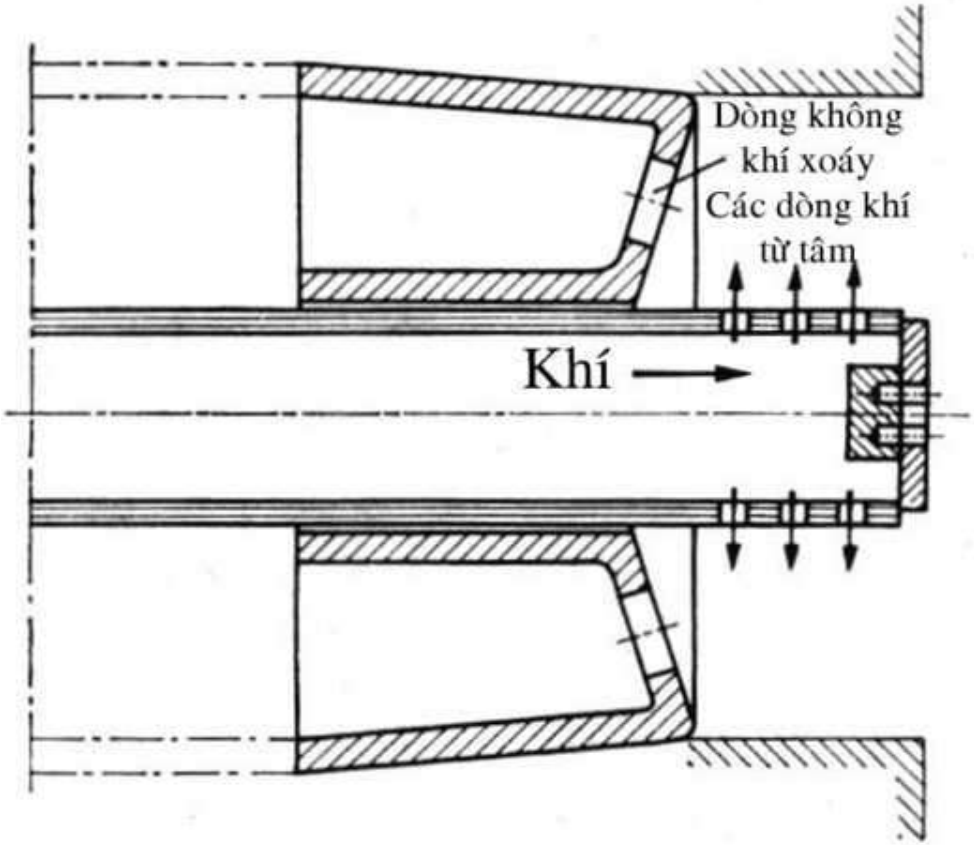
a) Cánh dẫn hướng - hướng trục và hướng bán kính
b) Cấp tiếp tuyến vào mỏ đốt; c) Cấp tiếp tuyến vào buồng đốt



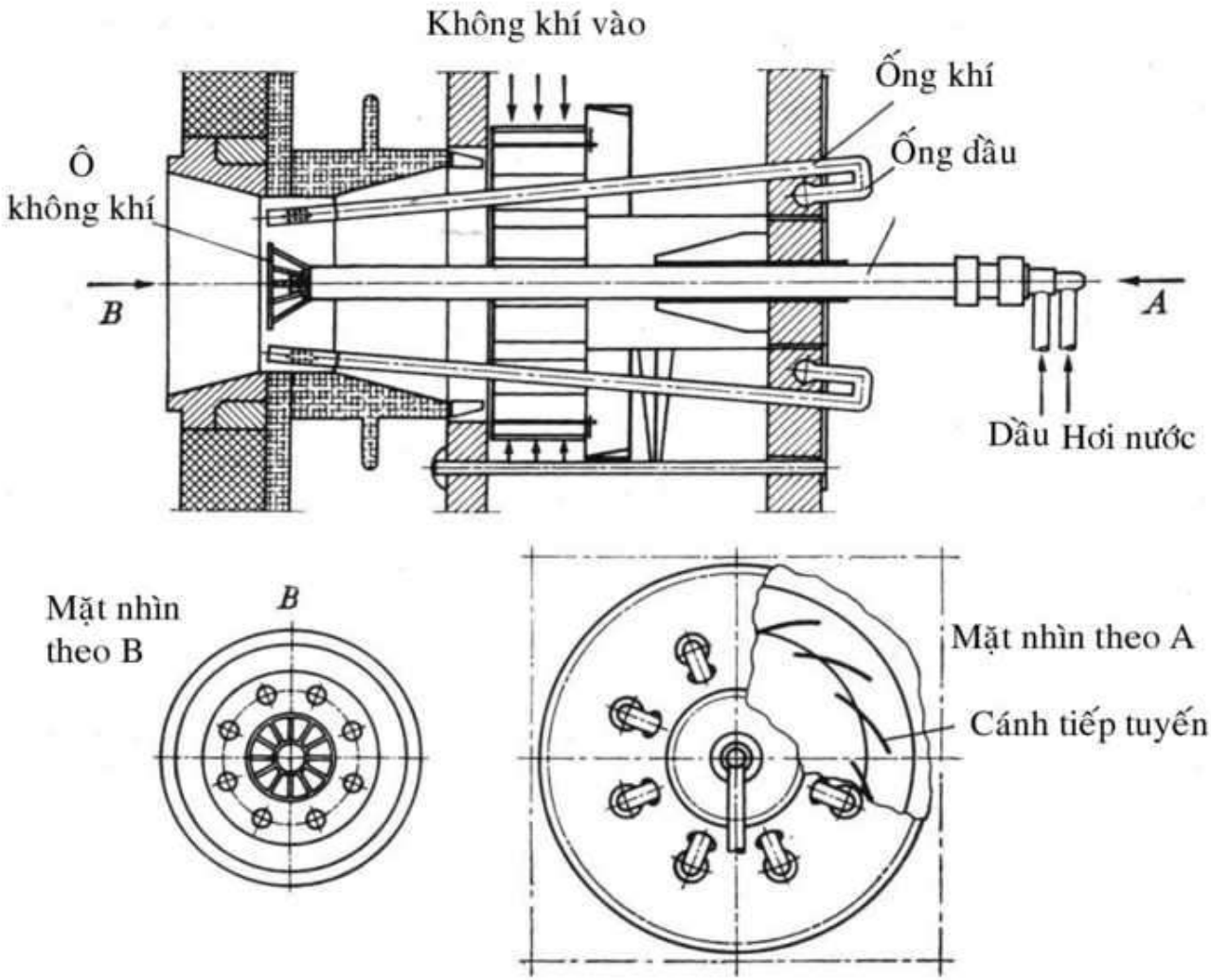
Mỏ đốt để tạo bức xạ tường



Mỏ đốt với hai dòng khí đồng trục để thay thế chiều dài ngọn lửa



Mỏ đốt với các dòng khí từ tâm



Mỏ đốt không khí xoáy với các dòng khí riêng lẻ

Chương 4. KỸ THUẬT CHÁY DẦU

4.1. Các bước dẫn tới cháy một giọt

1- Biến bụi thành các giọt

2- Hỗn hợp giọt + không khí

3- Nung nóng giọt

4- Giọt bay hơi

5- Hỗn hợp bắt lửa

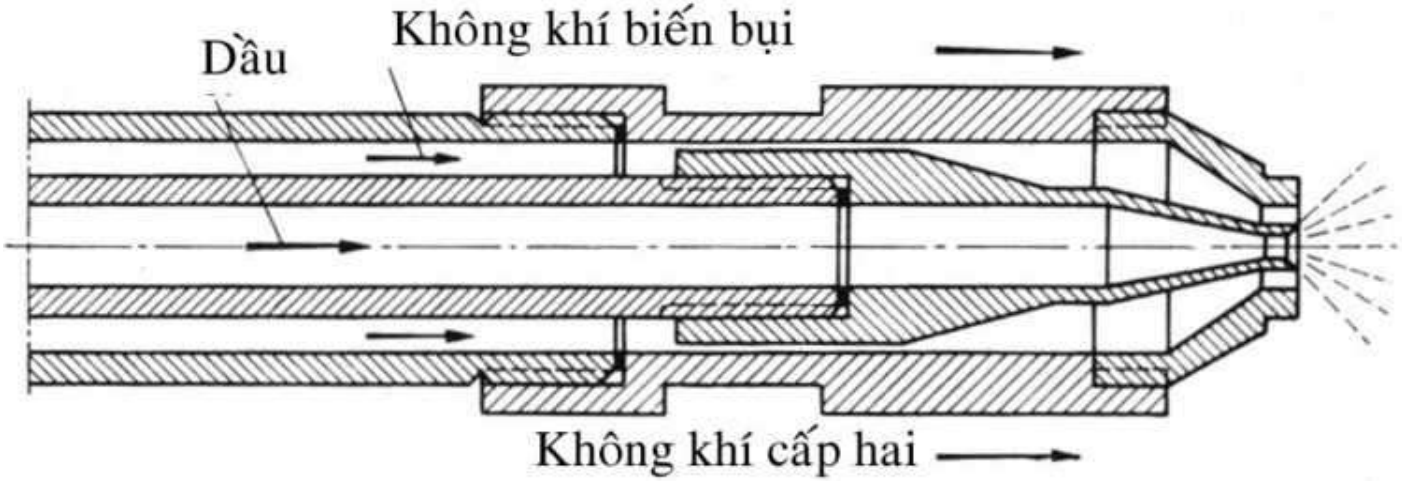
6- Hỗn hợp cháy

7- Hình thành muội

8- Cháy muội

4.2. Biến bụi dầu

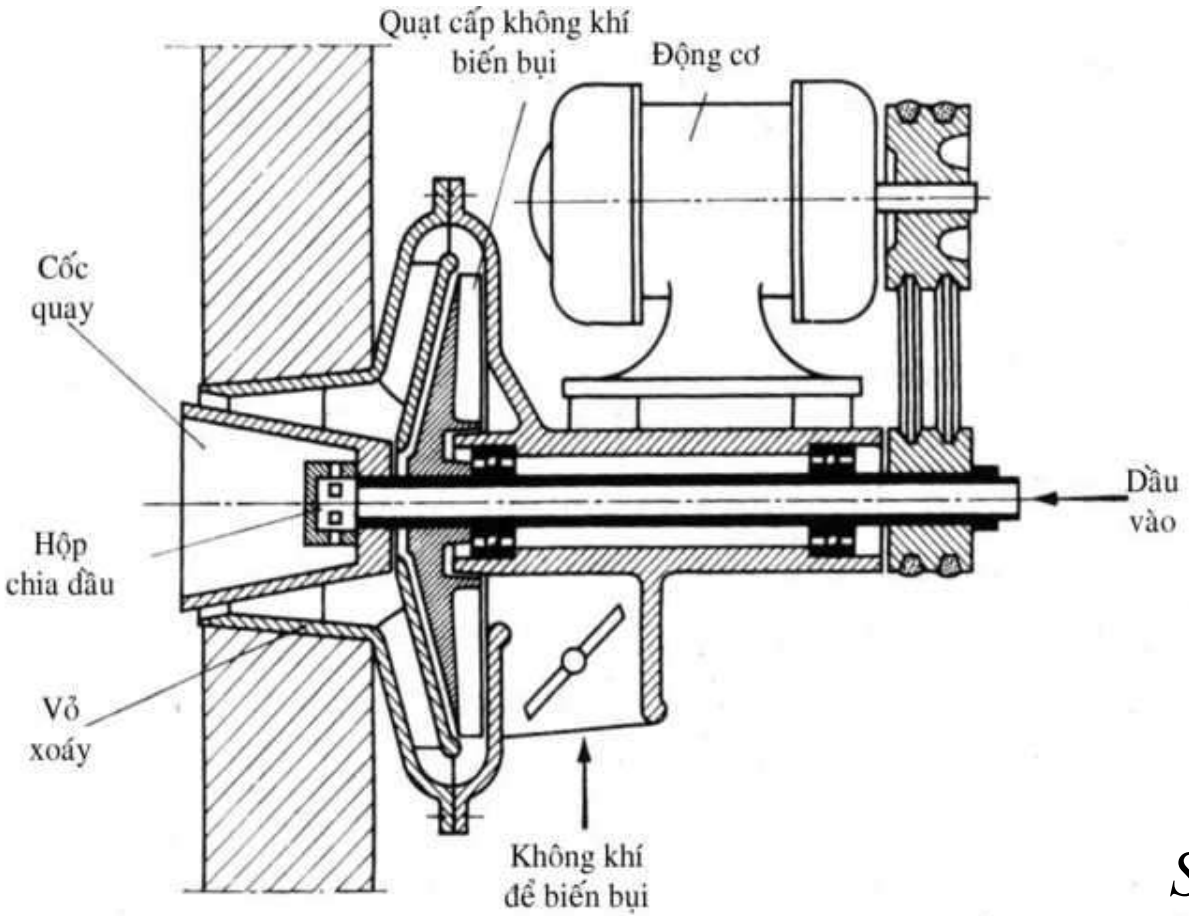
a. Thiết bị biến bụi không xoáy

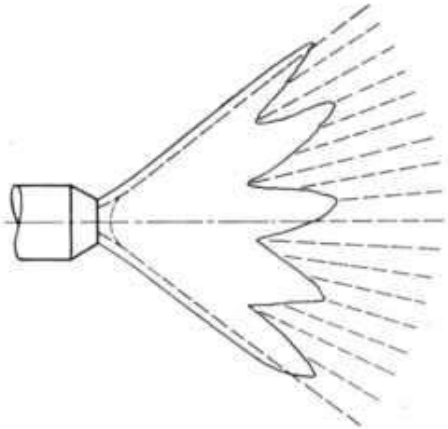


Các mức biến bụi

Tên gọi chất biến bụi	Áp suất, bar	Không khí biến bụi	Khối lượng chất biến bụi kg/kg nhiên liệu	Lưu lượng dầu kg/h
Thấp áp không khí	0,02-0,08	0,3-1	4-14	đến 100
Trung áp không khí	0,2-0,7	0,03-0,06	0,4-0,8	đến 300
Cao áp không khí	1-4	0,01-0,03	0,14-0,4	50-5000
Cao áp hơi nước	2-6	-	0,2-0,6	50-5000

b. Thiết bị biến bụi xoáy



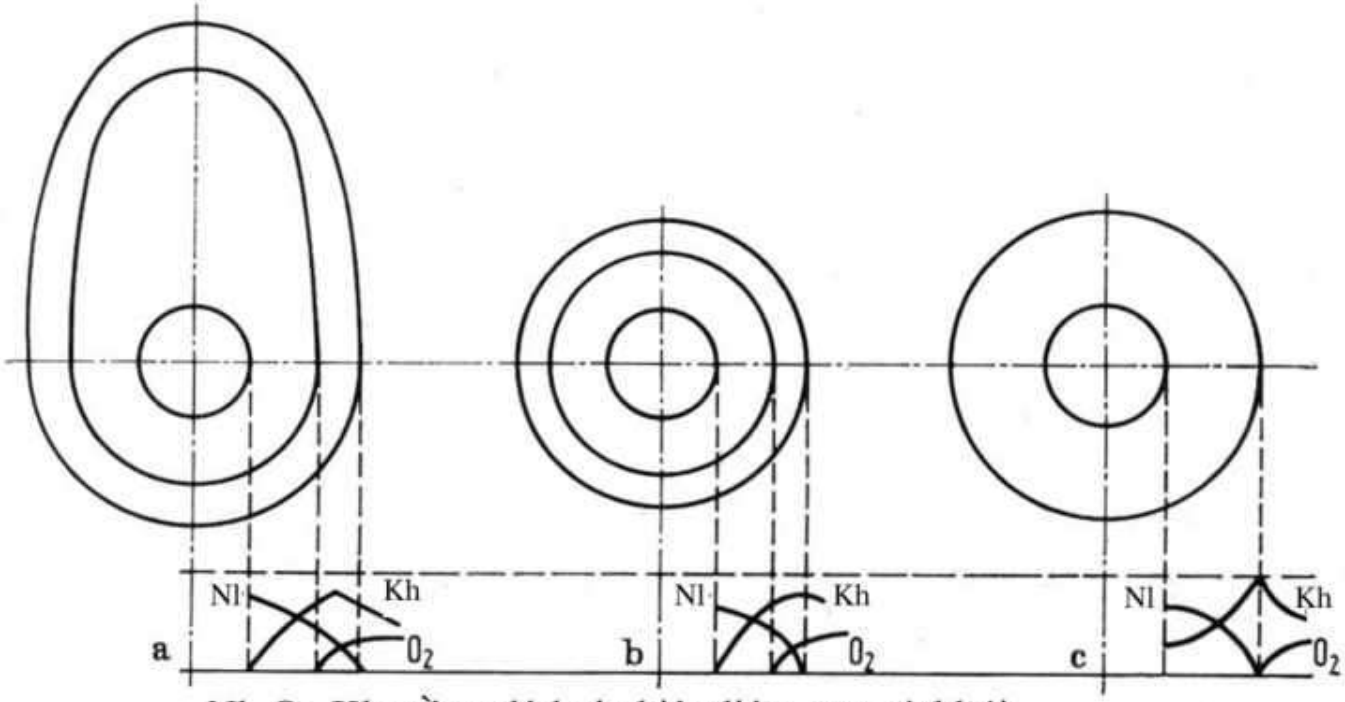


Thiết bị biến bụi quang

Sự phân rã của màng dầu từ buồng xoáy của thiết bị biến bụi áp suất

4.3. Các quá trình cháy

a. Cháy các giọt riêng biệt



Nl, O_2, Kh: nồng độ hơi nhiên liệu, oxy và khói

Vùng phản ứng quanh một giọt dầu cháy

a. Dạng thực, b. Mô hình hình cầu, c. Mô hình hình cầu đơn giản

$$d_o^2 - d^2 = k\,(z - z_o)$$

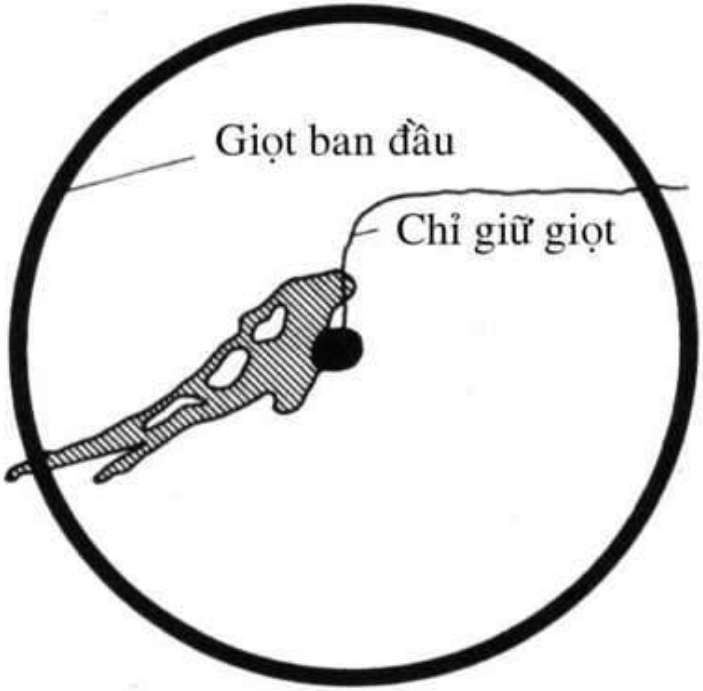
b. Cháy trong đám sương

Thời gian cháy của giọt và đám sương

Đường kính giọt (mm)	Thời gian cháy của giọt riêng lẻ (ms)	Thời gian cháy của đám sương (ms)
1	500 đến 1000	1000 đến 2000
0,5	125 đến 250	250 đến 500
0,1	5 đến 10	10 đến 20
0,05	1,25 đến 2,5	2,5 đến 5

c. Diễn biến của quá trình hỗn hợp và phản ứng

Những điểm giống và khác khí



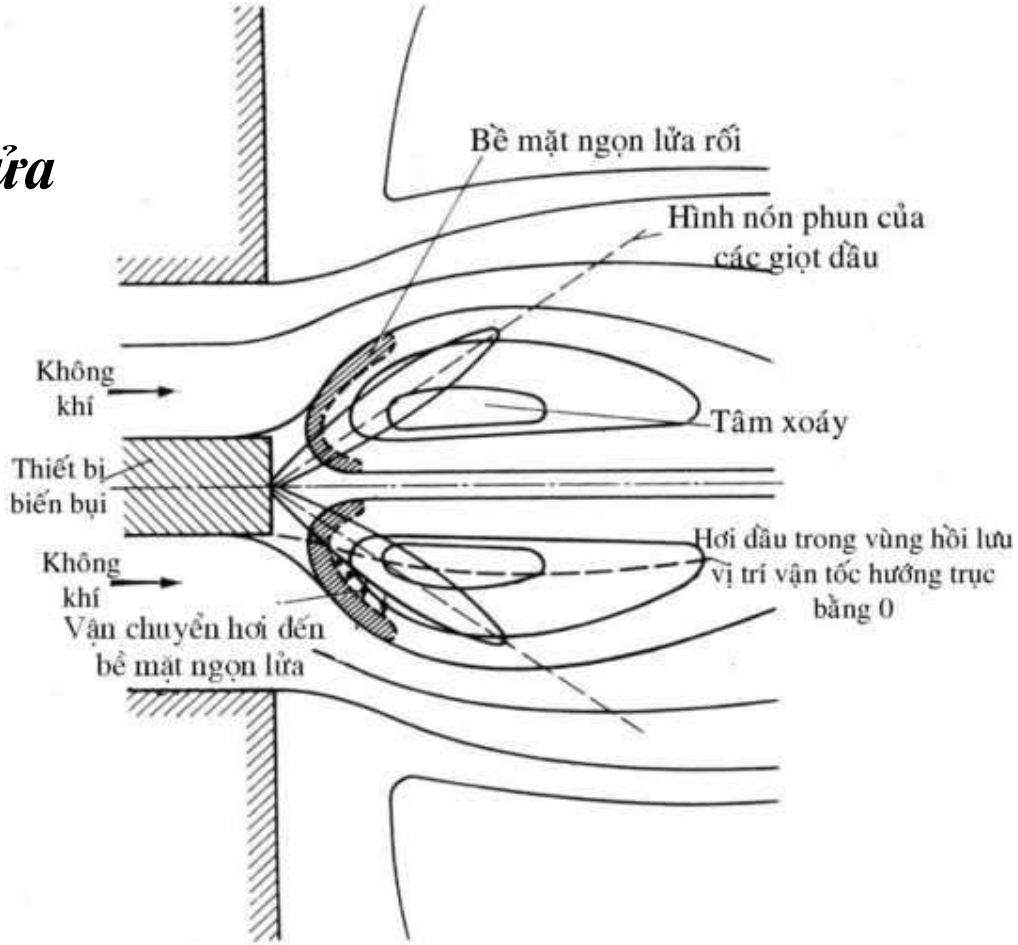
Mạch carbon

4.4. Ngọn lửa dầu

a. Hình dáng và chiều dài ngọn lửa

L =

b. Ổn định ngọn lửa

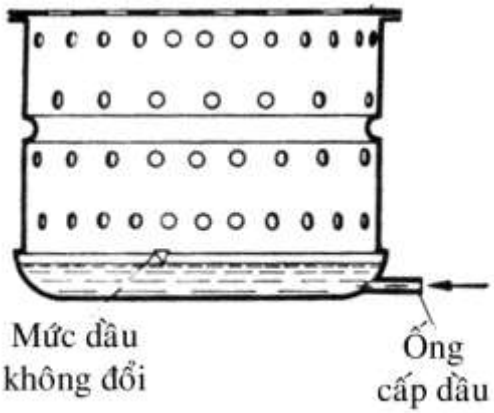


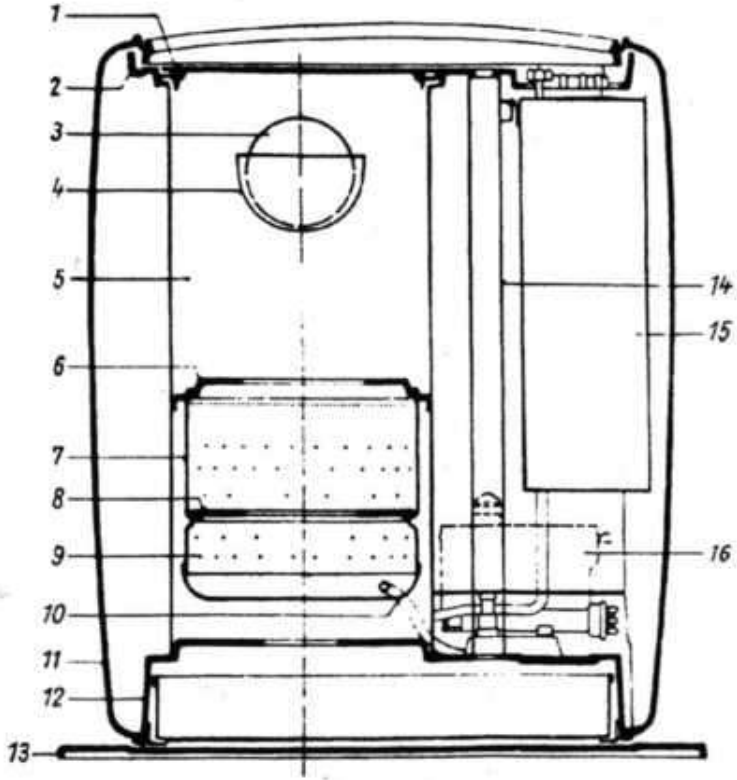
Ổn định ngọn lửa bằng cách phun dầu vào vùng hồi lưu

4.5. Mỏ đốt dầu

a. Mỏ đốt hóa hơi

a)



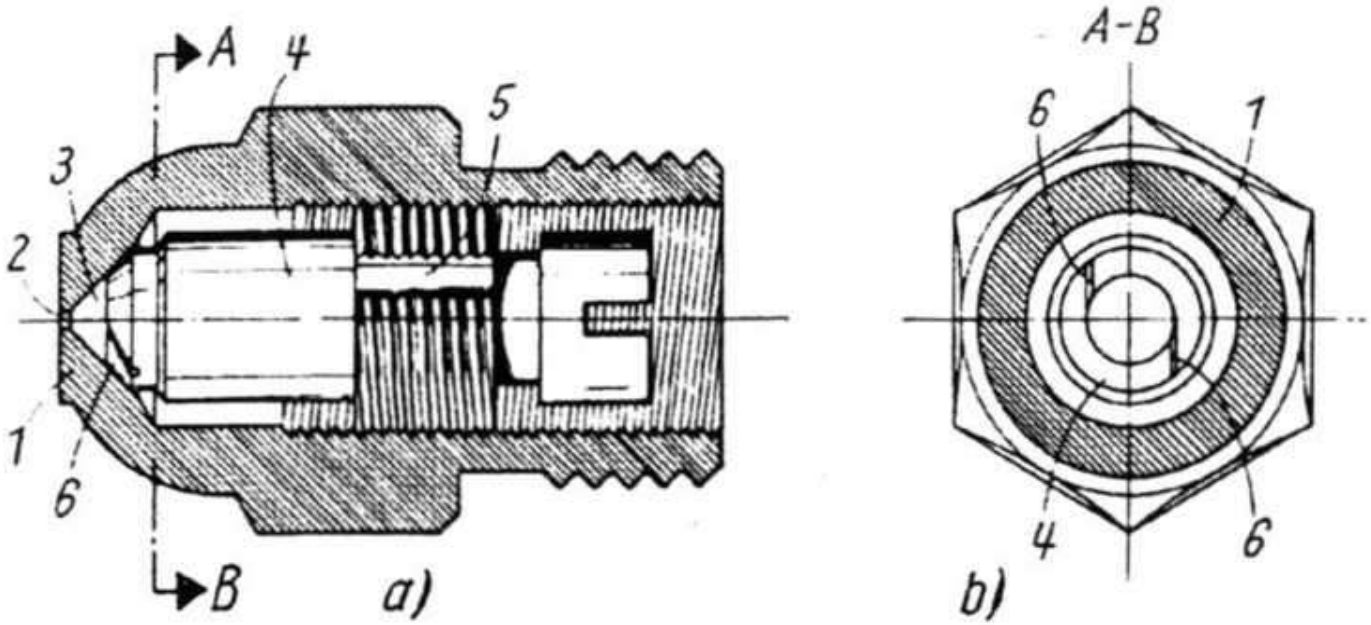


1. Tấm đun nấu
2. Khung
3. Đỡ ống
4. Đổi hướng khói
5. Buồng đốt
6- 8. Vòng mỏ đốt
7. Mỏ đốt
9. Miệng cấp không khí
10. Ống cấp dầu
11.Vỏ lò
12. Đế
13. Tấm lót sàn
14. Tấm ngăn bức xạ
15. Tank chứa dầu
16. Điều chỉnh phao

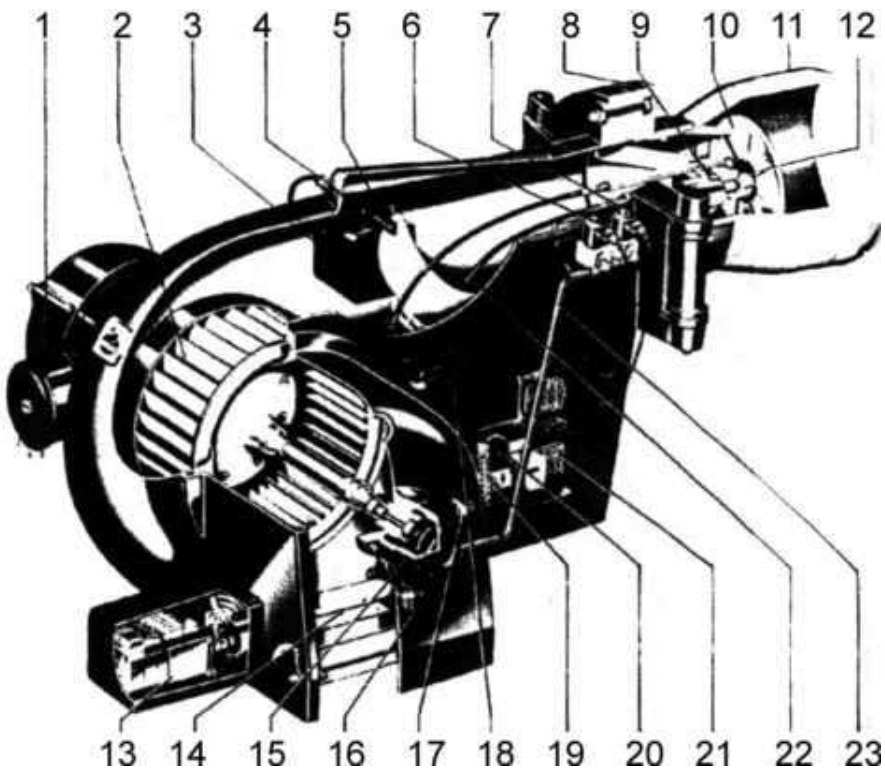
Lò dầu được trang bị mỏ đốt hoá hơi

b. Mỏ đốt biến bụi

- Biến bụi bằng dầu



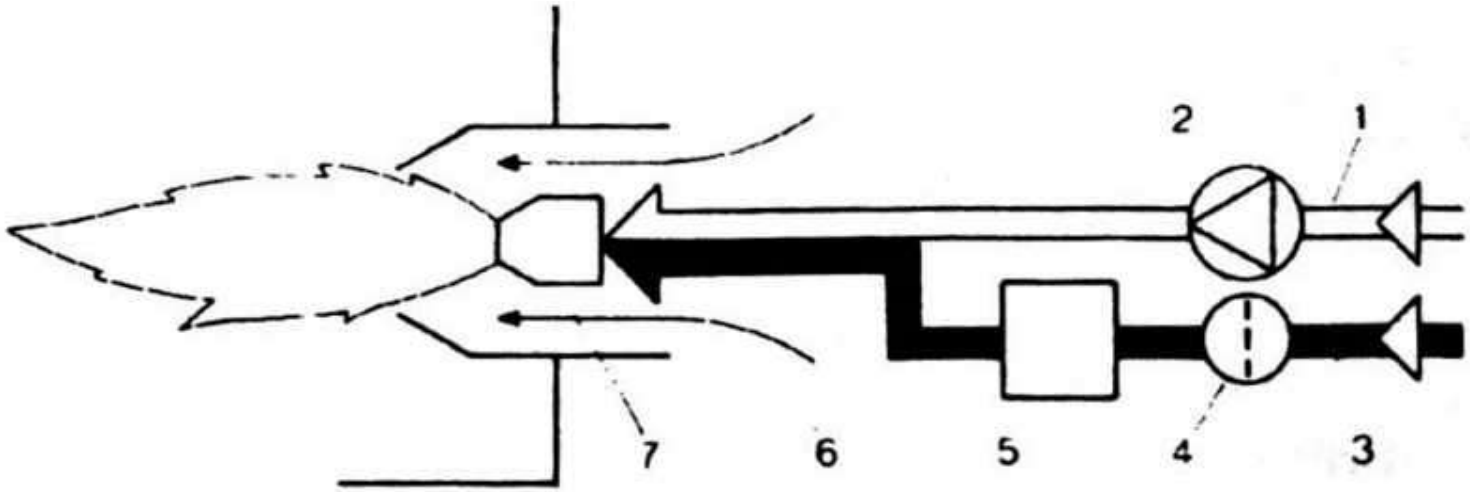
Mặt cắt của một đầu phun



Các bộ phận chủ yếu của mỏ đốt một khối biến bụi bằng áp suất dầu (Weishaupt, CHLB Đức)

1. *Động cơ*
2. *Bánh quạt*
3. *Thiết bị điều khiển*
4. *Kính quan sát*
5. *Thiết bị theo dõi ngọn lửa*
6. *Van từ cho đầu phun 1*
7. *Van từ*
8. *Bích đổi hướng*
9. *Điện cực đánh lửa mồi*
10. *Đĩa chắn*
11. *Ống lửa*
12. *Các miệng phun*
13. *Động cơ điều chỉnh lượng kh. khí*
14. *Van không khí*
15. *Bơm dầu*
16. *Hồi dầu*
17. *Hút dầu*
18. *Biến thế đánh lửa mồi*
19. *Má cấp điện*
20. *Công tắc điện*
21. *Cầu chì động cơ*
22. *Cáp mồi*
23. *Ống dẫn dầu*

- Biến bụi bằng không khí



1. Ống dẫn dầu

2. Bơm dầu

3. Ống dẫn nước

4. Filter nước

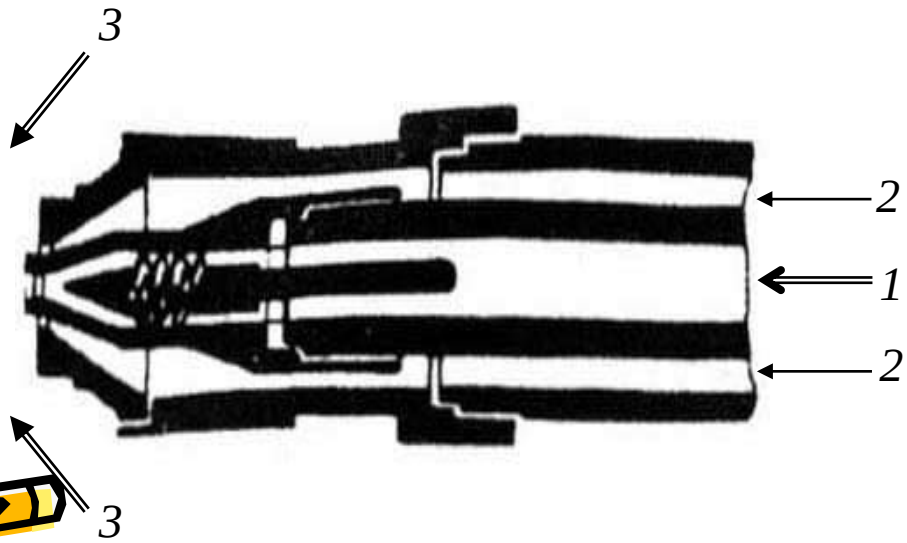
5. Định lượng nước

6. Ống mỏ đốt

7. Mỏ phun

Các loại mỏ đốt biến bụi bằng không khí

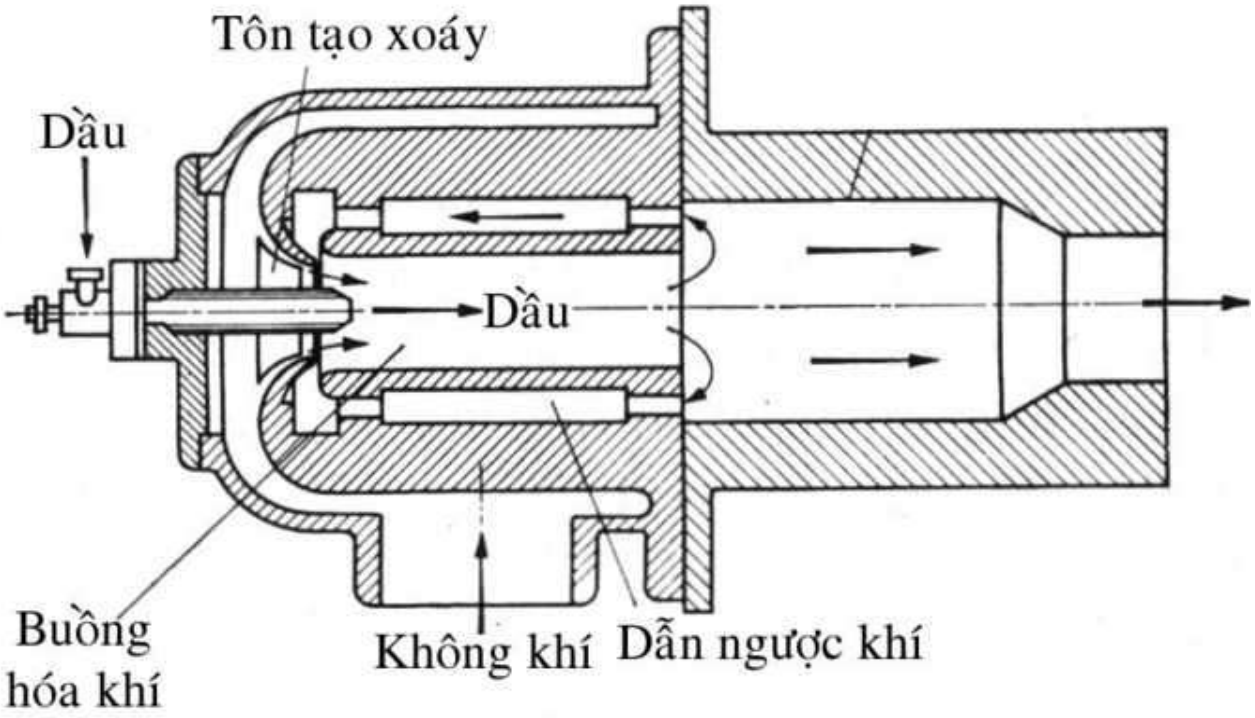
Các biến bụi	Áp suất không khí	Tỷ lệ không khí biến bụi
Thấp áp	15 ÷ 100 mbar	25 ÷ 100%
Trung áp	0,1 ÷ 1,0 bar	3 ÷ 5%
Cao áp	> 1 bar	2 ÷ 3%



1. Dầu vào
2. Không khí biến bụi
3. Không khí cháy

Mỏ đốt biến bụi bằng không khí cao áp

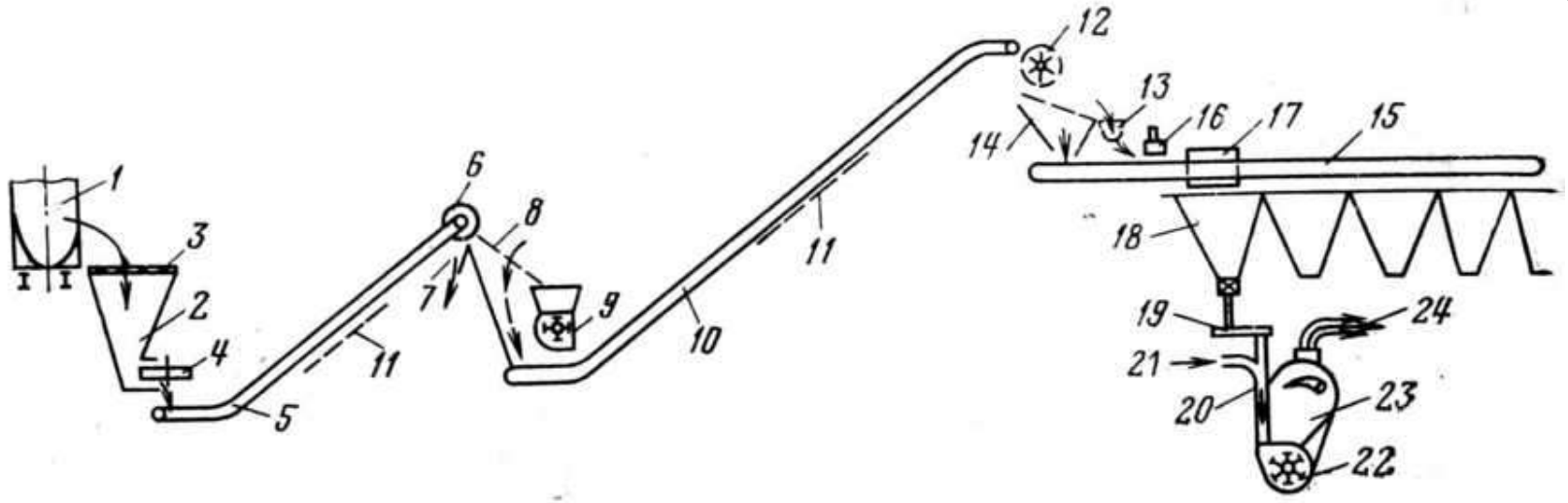
c. Mỏ đốt hoá khí



Mỏ đốt hoá khí có dẫn ngược khói nóng

Chương 5. KỸ THUẬT CHÁY THAN

5.1. Chuẩn bị than



Sơ đồ công nghệ của hệ thống thiết bị chuẩn bị than bụi

1- Toa tàu chứa than; 2- Bunket kho than; 3- Lưới; 4 Máy cấp nhiên liệu thô; 5- Băng tải; 6- Nam châm tách kiểu puli; 7- Thải các cục sắt; 8- Sàng; 9- Máy đập;10- Băng tải; 11- Nung bằng hơi; 12- Thu gom mẩu gỗ; 13- Thải mẩu gỗ;14- Cấp nhiên liệu thô lên băng chuyền; 15- Của xưởng lò hơi; 16- Nam châm treo; 17- Xe phân phối than; 18- Bunker nhiên liệu thô của lò hơi; 19- Máy cấp nhiên liệu thô; 20- Đoạn ống thẳng đứng được sấy của máy nghiền; 21- Cấp không khí nóng tới máy nghiền; 22- Máy nghiền; 23- Khoang tách; 24- Ống dẫn than bụi

5.2. Các tính chất vật lý của than bụi

a. Độ mịn và đặc tính hạt

b. Khối lượng riêng của than bụi

$\rho_đ = G/V_\Sigma$; $\rho_a = G/V_a$; $\rho_t = G/V_r$

$V_\Sigma = V_r + V_l + V_{kk}$; $V_a = V_r + V_l$

G - khối lượng bụi, kg

V_Σ - tổng thể tích của mẫu bụi, m3

V_r - thể tích pha rắn của bụi, m3

V_l - tổng thể tích các lỗ bên trong hạt, m3

V_{kk} - thể tích khoảng không giữa các hạt, m3

$\rho_đ < \rho_a < \rho_t$

$\rho_đ = 500 - 900$ kg/m^3

c. Bề mặt của than bụi

Stb =

Z - số hạt bụi trong 1 kg bụi

ρ_a - khối lượng riêng ảo, kg/m^3

x - kích thước hạt

Với than antraxit: R_{90} = 7% có s_{tb} = 2000 m^2/kg

d. Độ ẩm của than bụi

e. Tính nổ của bụi

x < 0,2 mm (than bùn, phiến); < 0,15mm (than nâu);

< 0,12 mm (than đá) dễ nổ nhất.

Để nổ không xảy ra, nồng độ oxy tương ứng < 16; 18; 19%

Nồng độ dễ nổ của nhiên liệu

Loại nh.liệu	C_{min}, kg/m^3	p_{max}, kg/m^3	C_{max}, kg/m^3	p_{max}, MP_a
Than đá	0,32 - 0,47	1,2 – 2,0	3 - 4	0,13 - 0,17
Than nâu	0,21 - 0,25	1,7 – 2,0	5 - 6	0,31 - 0,33
Than bùn	0,16 - 0,18	1,0 – 2,0	13 - 16	0,31 - 0,33

f. Tính vận chuyển của than bụi

Nồng độ bụi: C = 0,5 ÷ 1 kg/kg kk - 30 - 35 kg/kg kk

áp suất không khí: 0,5 - 1 MPa.

5.3. Những đặc điểm của sự cháy than

a. Sự thay đổi của than khi nung, tách khí

t = 400-500°C than mềm dần bắt đầu thoát khí cho đến t = 900°C.

Chất bốc: 40-50% CH_4, ngoài ra có CO, H_2, CO_2, N_2.

Độ rỗng của coke: 40 - 55%, các lỗ bé hơn 6 μm ≈ 4 ÷ 23%, các lỗ lớn hơn 6 μm ≈ 27 ÷ 51%.

b. Sấy và vai trò của hơi nước

c. Cháy đồng thể và cháy không đồng thể

- Đồng thể: chất bộc.

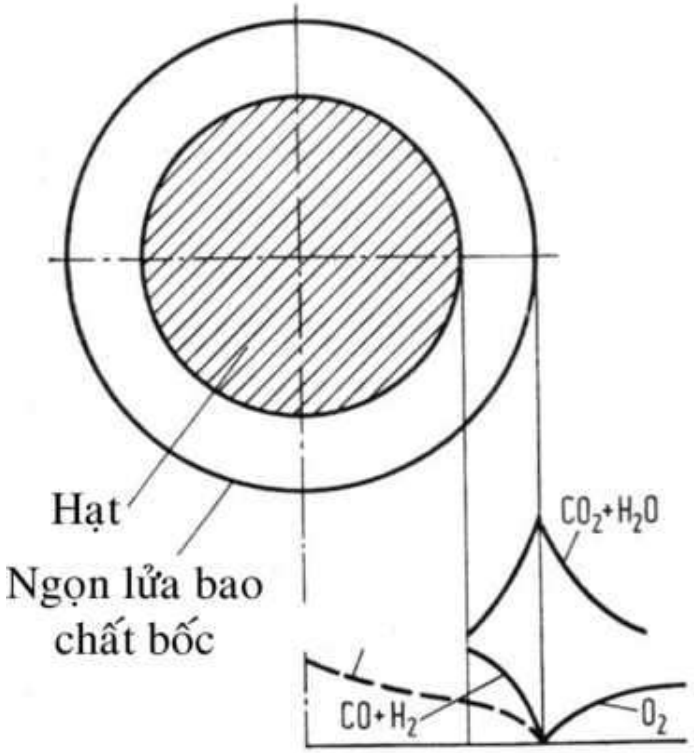
- Dị thể:

$$2C + O_2 = 2CO$$

$$C + CO_2 = 2CO$$

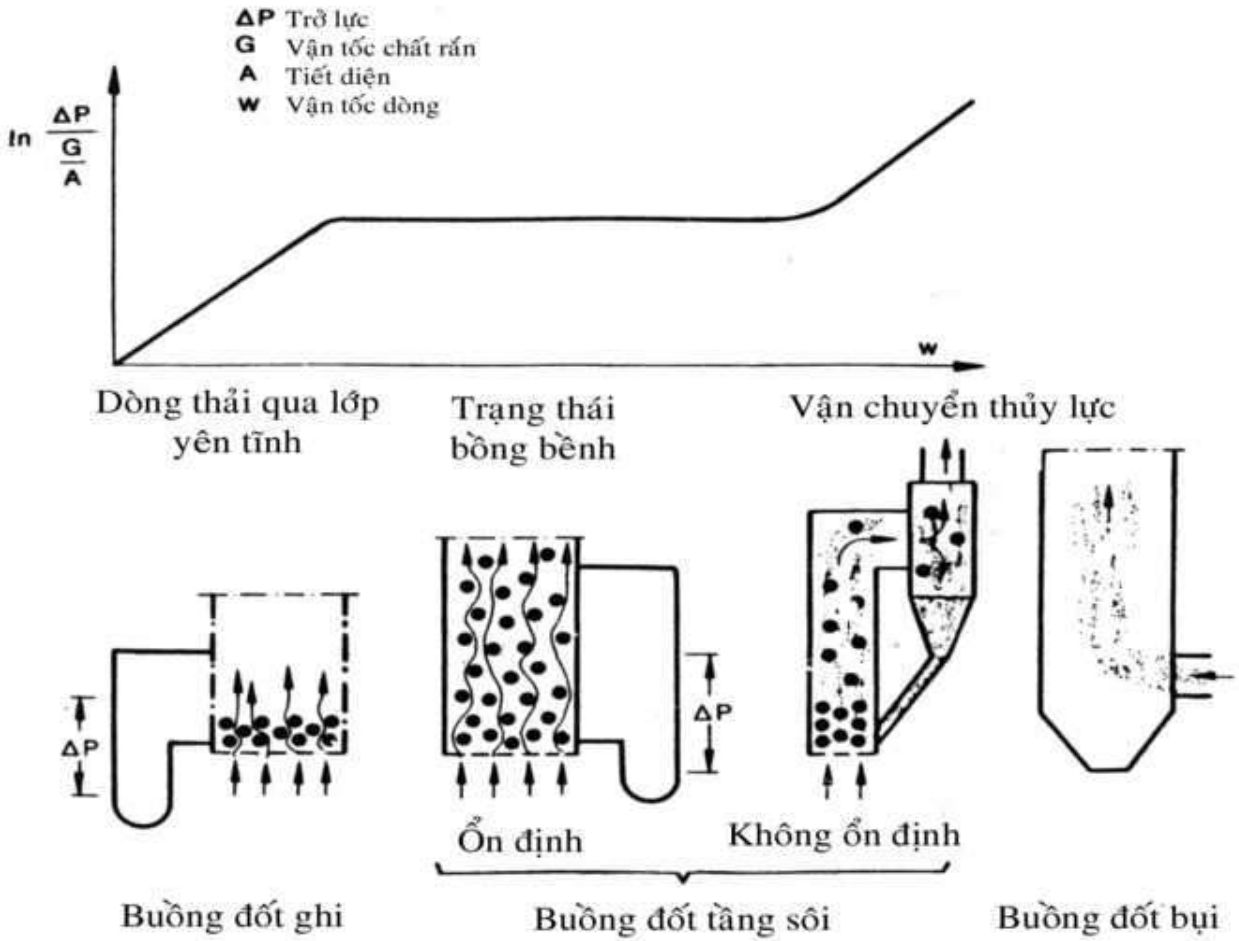
$$C + H_2O = CO + H_2$$

d. Vai trò của tro



Sơ đồ mô hình viên bi

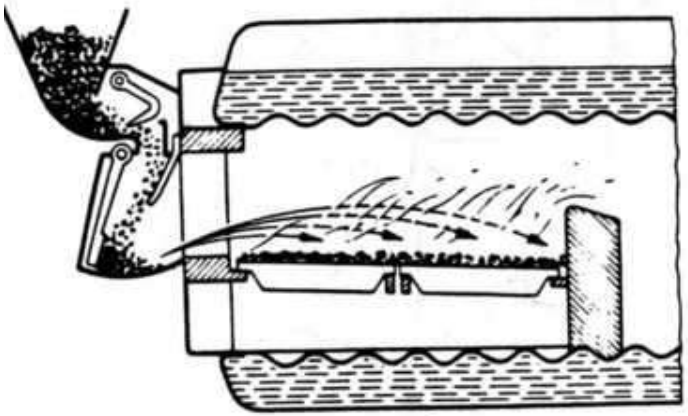
5.4. Cháy than bụi



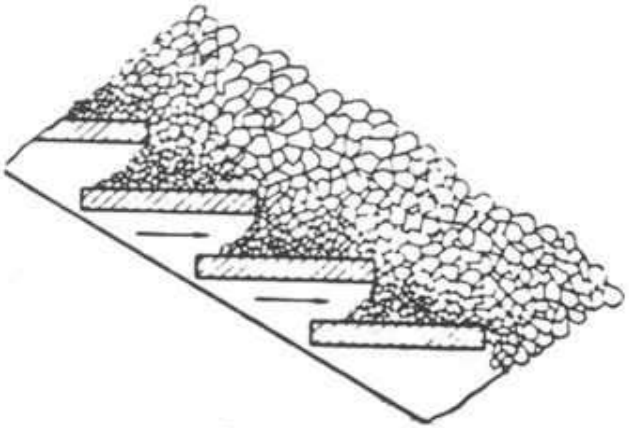
Trạng thái của một lớp và các dạng buồng đốt

a. Buồng đốt lớp chặt

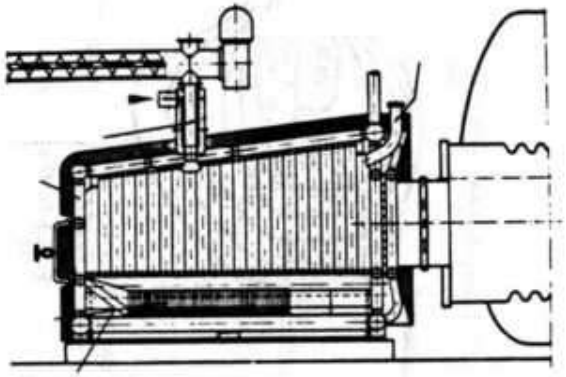
- Các loại buồng đốt lớp chặt



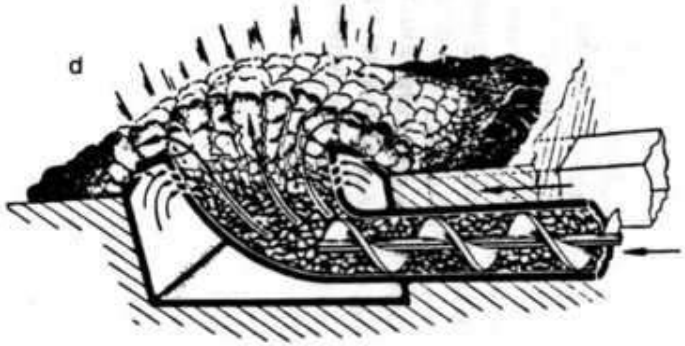
Buồng hất



Buồng đốt bậc thang

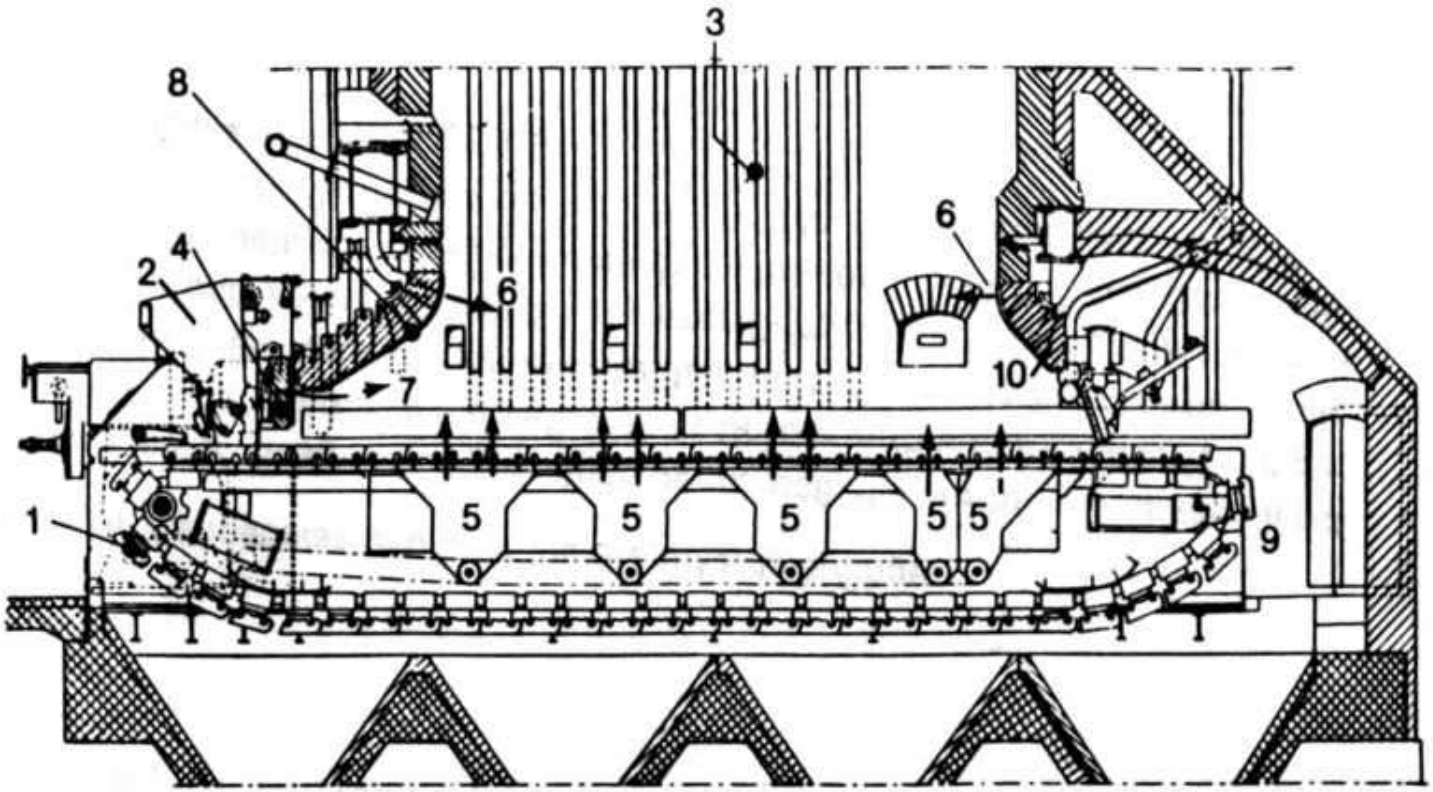


Buồng cấp than bằng không khí xoáy



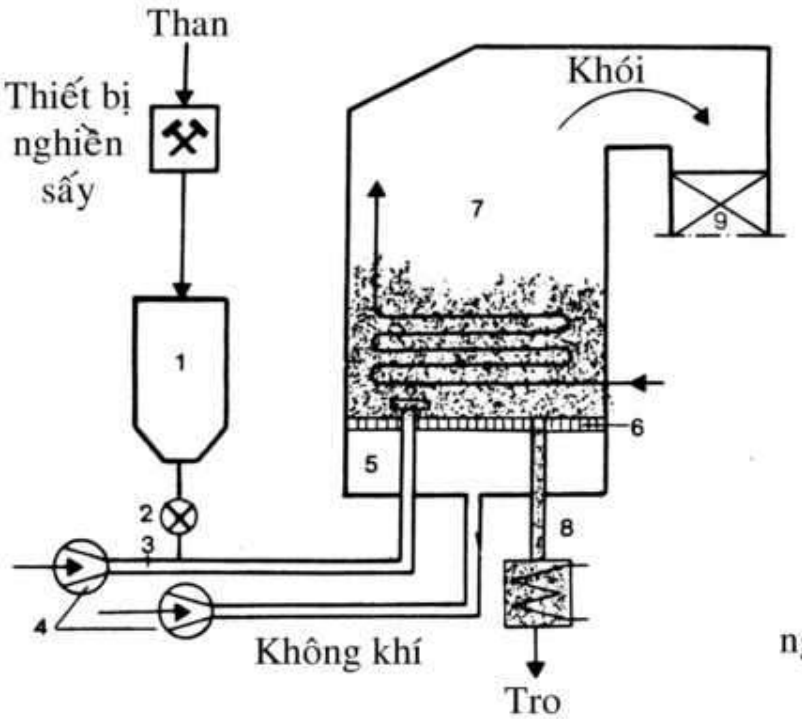
Buồng cấp than từ dưới lên

- Buồng đốt ghi xích



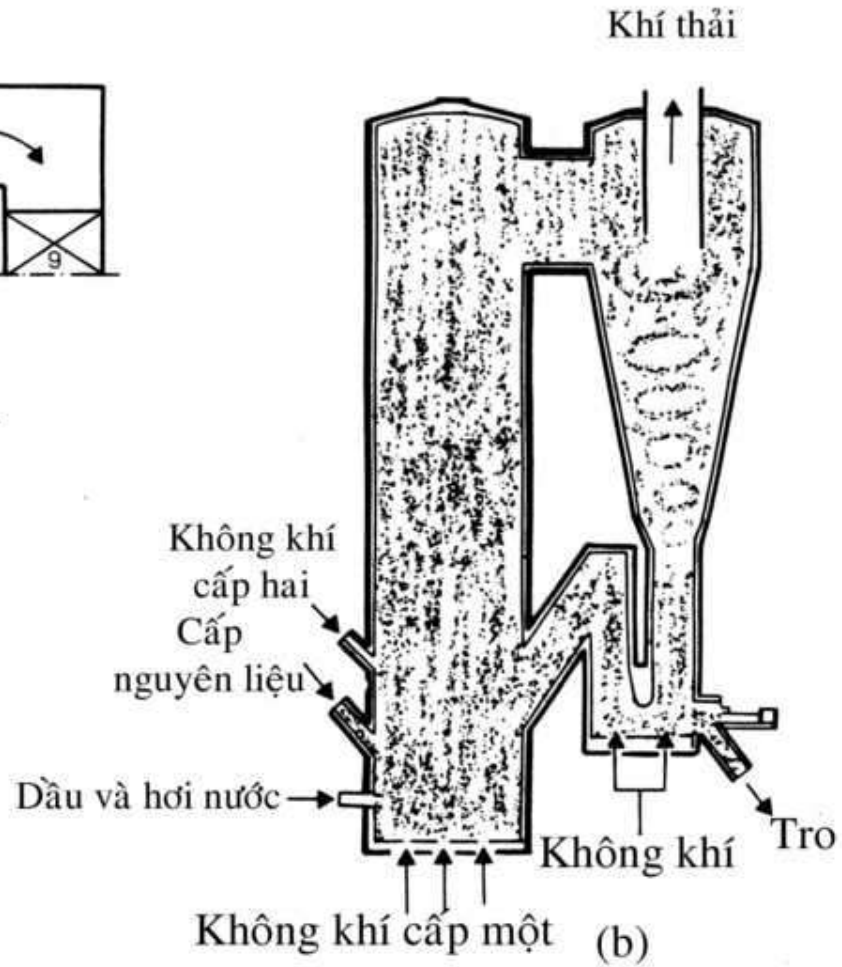
1. Ghi xích; 2. Phễu chứa than; 3. Buồng đốt
4. Cữ chiều cao lớp than; 5. Không khí cấp một
6. Không khí cấp hai; 7. Không khí cấp ba;
8. Tường mồi lửa; 9. Thải tro; 10. Tường hậu

b. Buồng đốt tầng sôi



(a)

a. Lớp sôi ổn định

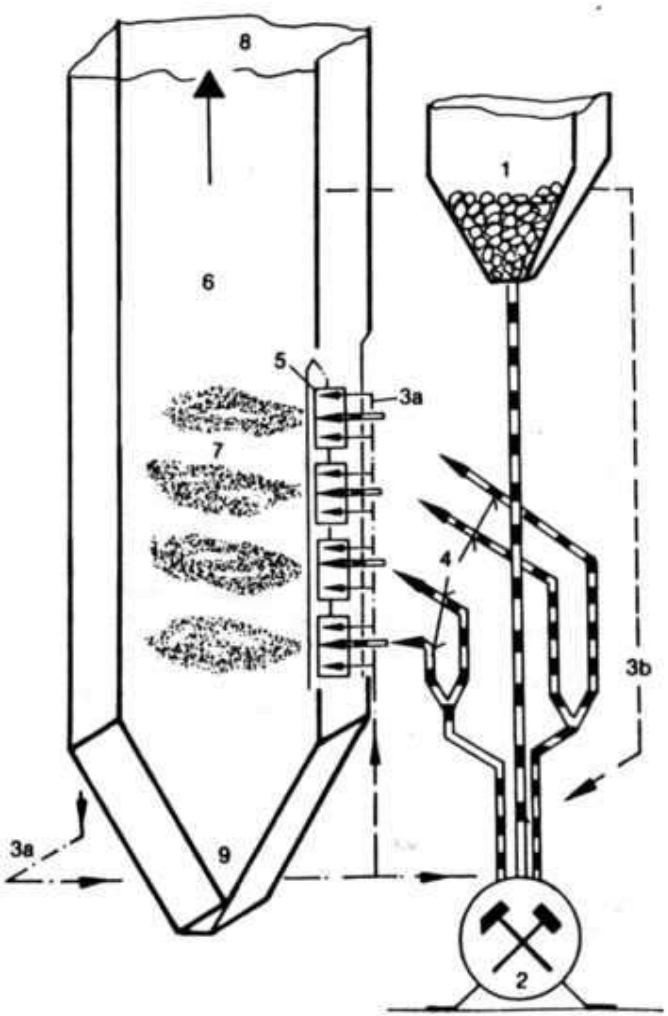


(b)

b. Lớp sôi tuần hoàn

1- Bunker than; 2- Máy cấp; 3- Đường ống; 4- Quạt; 5- Buồng không khí; 6- Ghi; 7- Buồng đốt; 8- Thải tro; 9- Bề mặt làm

c. Buồng đốt than bụi



Sơ đồ buồng đốt than bụi thải xỉ khô

1. Bunker than; 2. Máy nghiền; 3a. Cấp k.khí; 3b. Cấp khói; 4. Hỗn hợp bụi khí; 5. Mỏ đốt bụi; 6. Buồng đốt; 7. Ngọn lửa bụi; 8. Lối khỏi buồng đốt; 9. Phễu tro.