

# KIỂM SOÁT KHÍ THẢI ĐỘNG CƠ

## Phần 1

# CÁC BIỆN PHÁP XỬ LÝ SAU CỬA THẢI

TS. Nguyễn Thế Lương - BM Động cơ đốt trong  
Viện Cơ khí động lực  
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

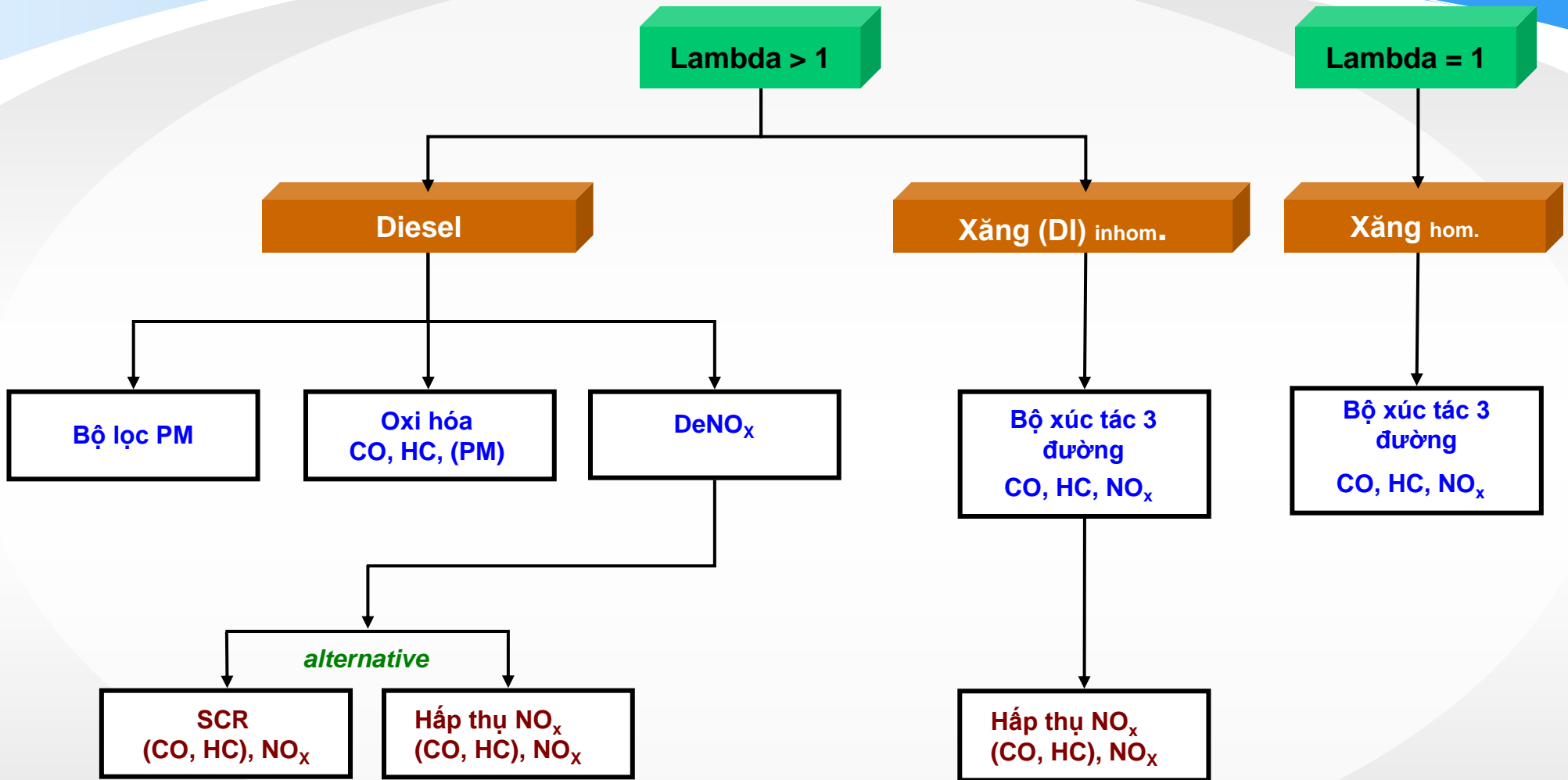
# Nội dung

**1** Tổng quan xử lý khí thải động cơ

**2** Xử lý khí thải động cơ xăng

**3** Xử lý khí thải động cơ diesel

# Tổng quan các biện pháp xử lý sau cửa thải



# Xử lý khí thải động cơ xăng và diesel

## ○ Mục đích

- Đáp ứng các giới hạn phát thải trong tương lai

## ○ Nhiệm vụ

- Oxi hóa CO và HC thành CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>O (diesel, xăng)
- Oxi hóa NO thành NO<sub>2</sub> (diesel, xăng với bộ hấp thụ NO<sub>x</sub>)
- Khử NO<sub>x</sub> thành N<sub>2</sub> (xăng)

## ○ Các biến thể

- Động cơ xăng: với  $\lambda = 1$  → bộ xúc tác 3 đường (TWC)
- Động cơ diesel, hỗn hợp nghèo ( $\lambda > 1$ ): → DOC, các HT khử NO<sub>x</sub>

## ○ Nhược điểm

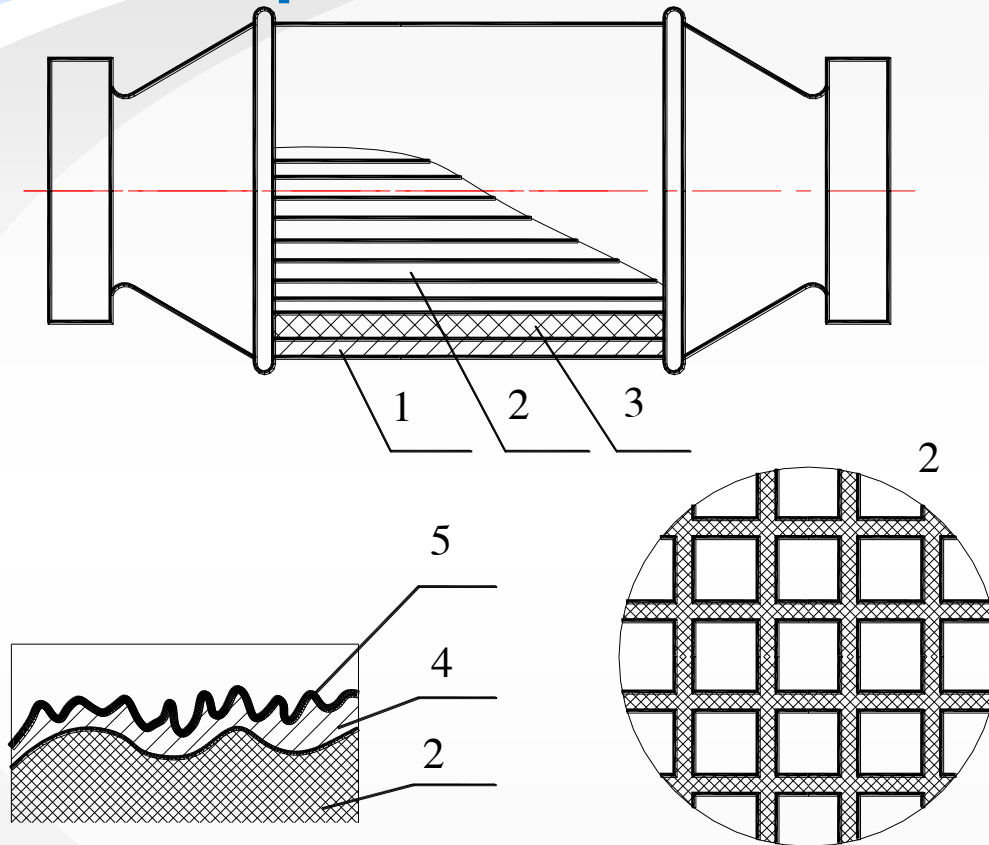
- Tiêu thụ nhiên liệu tăng (3 đến 5%)
- Các thiết bị phụ (hệ thống SCR)
- Yêu cầu nhiên liệu không lưu huỳnh (đã có ở Đức, Anh)
- Tăng giá thành

# Xử lý khí thải động cơ xăng và diesel

- Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)
- Bộ xử lý xúc tác oxi hóa (DOC)
- Các hệ thống khử  $\text{NO}_x$  (LNT, SCR)
- Bộ lọc hạt (PM)

# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ❖ Cấu tạo



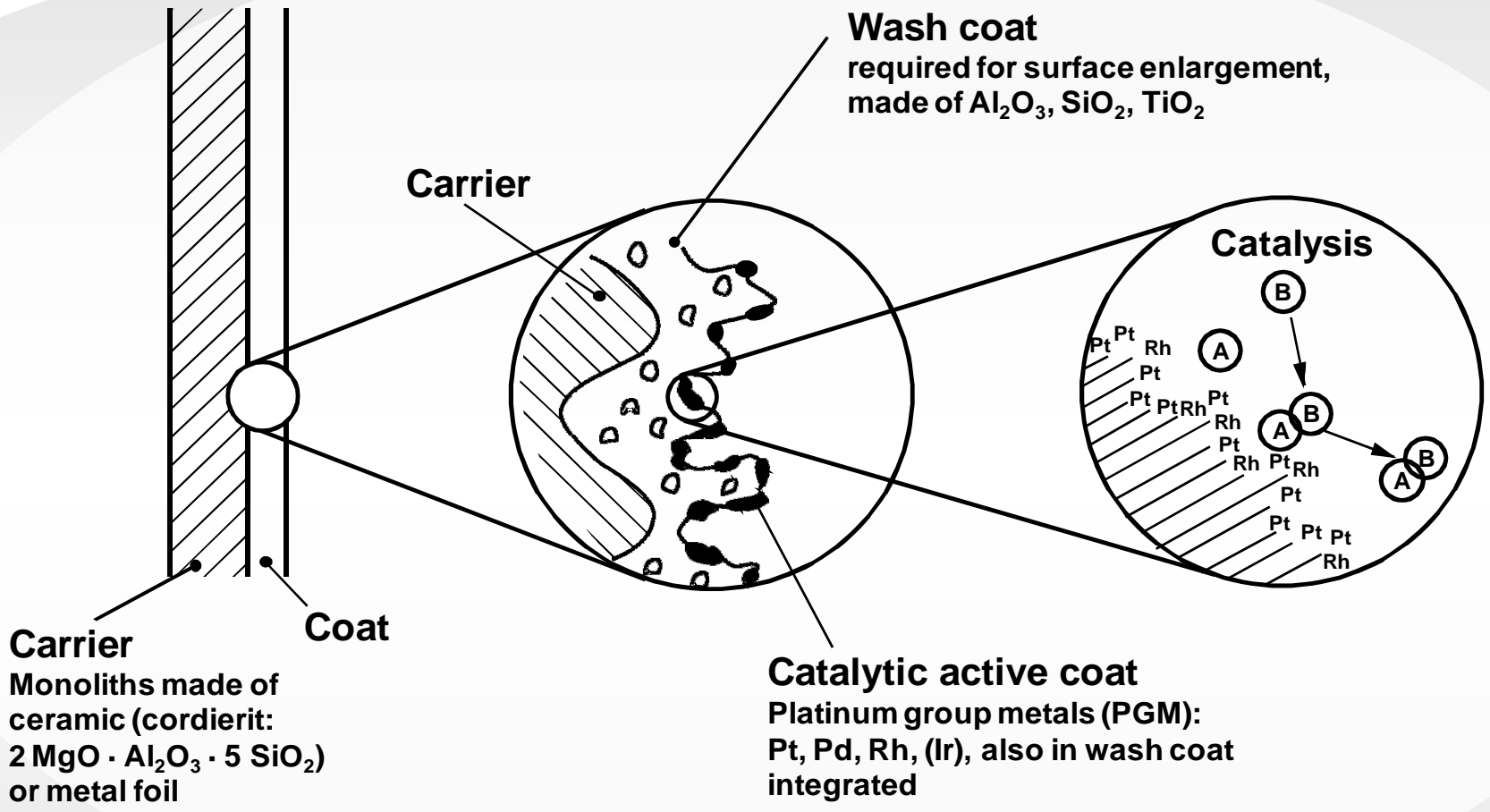
*Cấu tạo bộ xúc tác ba thành phần*

*1. vỏ; 2. lõi; 3. lớp đệm; 4. lớp vật liệu trung gian; 5. lớp xúc tác.*

- Lõi dạng gồm tổ ong và lõi bằng kim loại.
  - ❑ Gốm cordierite  $MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$
  - ❑ Lõi kim loại FeCrAl độ dày 0.04 – 0.05mm
- Vật liệu trung gian (Washcoat)
  - ❑  $Al_2O_3$  diện tích bề mặt lớn
  - ❑  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $SiO_2-Al_2O_3$ , zeolites,  $CeO_2$ ....
- Lớp xúc tác
  - ❑ Nhóm kim loại quý: Ru, Rh, Pd, Ir, Pt (Nhóm VIIIB)
  - ❑ Nhóm kim loại khác: Fe, Co, Ni (VIIIB), Cu, Ag (IB), V(VB), Cr, Mo (VIB)

# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

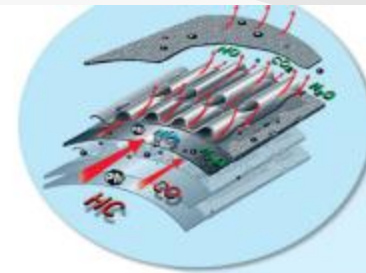
## ❖ Cấu tạo



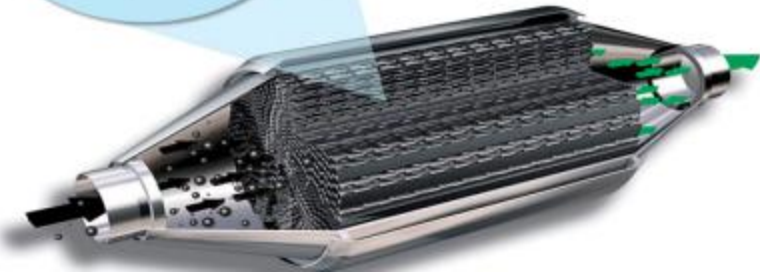
# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ➤ Kết cấu lõi

- ❖ Các lá thép phẳng/dập lượn sóng có độ dày từ 0,04 - 0,05 mm được xếp thành lớp.
- ❖ Dẫn nhiệt tốt → kích hoạt bộ xúc tác nhanh.
- ❖ Cuộn tròn thành hình chữ S hoặc hình tròn.
- ❖ Thường được chia thành 2 phần riêng biệt, giữa có một khoảng trống nhỏ.
- ❖ Lõi thép được phủ bằng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  có độ xốp cao và sau đó được thấm Pt/Pd và Rh.
- ❖ Diện tích tiết diện có ích của các rãnh dẫn khí thải lớn hơn khoảng  $10 \div 15\%$ .
- ❖ Độ bền cao hơn.
- ❖ Trở lực đối với dòng khí thải thấp.
- ❖ Công nghệ chế tạo lõi kim loại phức tạp hơn, khối lượng lớn hơn và giá thành đắt hơn 15%.



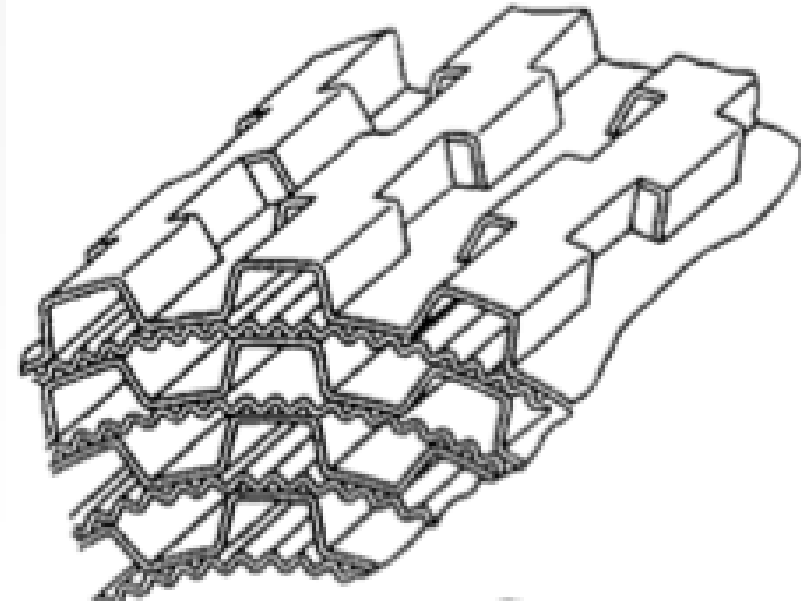
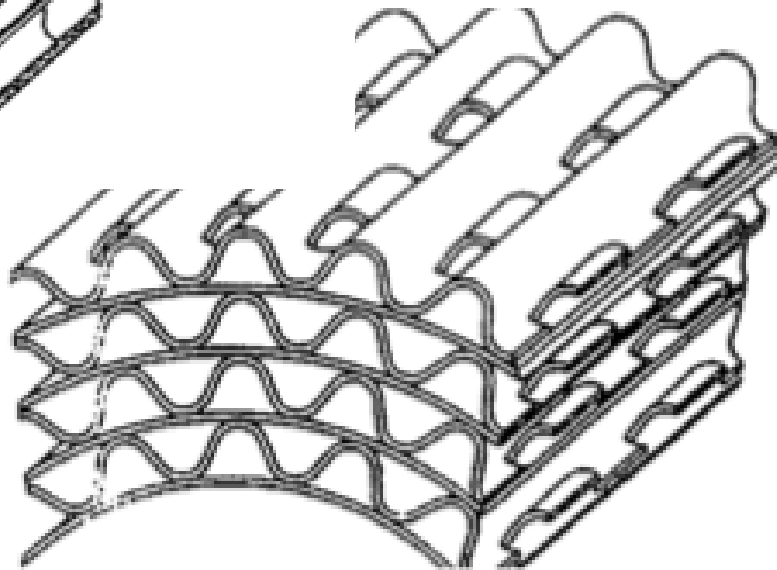
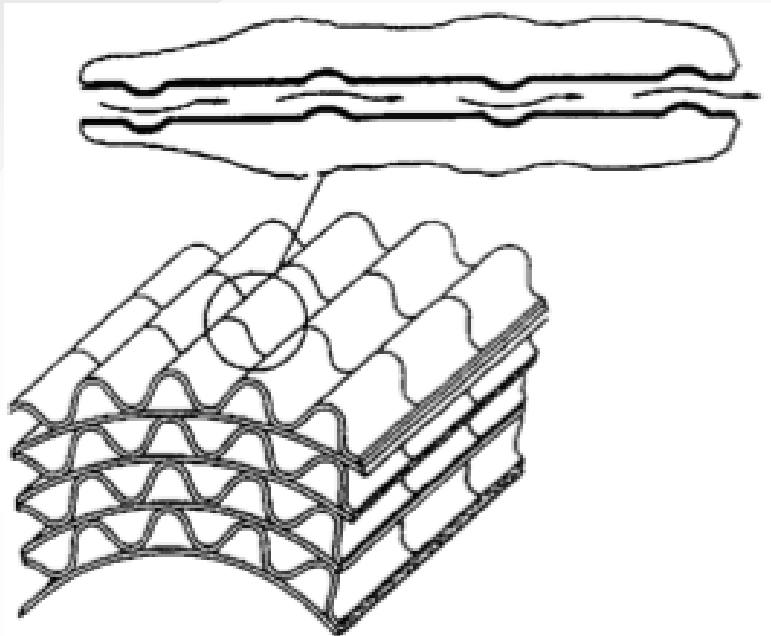
Lõi thép





# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

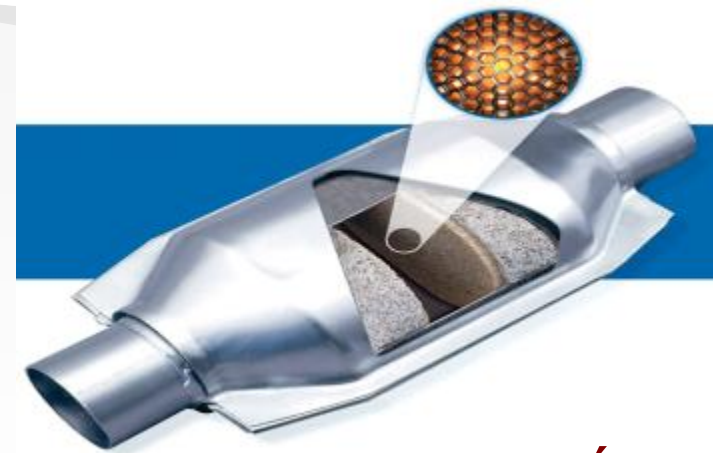
## ➤ Kết cấu lõi



# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ➤ Kết cấu lõi

- ❖ Gồm các lớp viên gốm hình cầu.
- ❖ Vật liệu: gốm chịu nhiệt độ cao (cordierite  $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ )
- ❖ Hệ số hấp thụ nhiệt thấp và nhiệt độ nóng chảy cao (khoảng  $1400^\circ\text{C}$ ).
- ❖ Đường kính viên gốm khoảng 2-3 mm được phủ bề mặt ngoài bằng ôxít nhôm  $\rightarrow$  nhiệt luyện ở nhiệt độ khoảng  $1000^\circ\text{C}$   $\rightarrow$  chống mòn và ma sát tốt, gọi là lớp nền.
- ❖ Vật liệu xúc tác (Pt, Pd và Rh) được thấm trực tiếp trên bề mặt của các viên gốm.



Lõi viên gốm

# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ➤ Kết cấu lõi

- ❖ Cấu trúc tổ ong, gồm rất nhiều rãnh nhỏ kích cỡ milimet xếp song song với dòng chảy của khí thải.
- ❖ Lõi gốm làm từ vật liệu chịu nhiệt cordierite
- ❖ Các rãnh nhỏ song song có tiết diện ngang hình tam giác hoặc hình vuông.
- ❖ Các rãnh dẫn khí thải được phủ một lớp ôxit nhôm ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) xốp, mỏng mô dày khoảng 0,02 mm.
- ❖ Lõi gốm được thấm các vật liệu xúc tác (Pt, Pd và Rh).

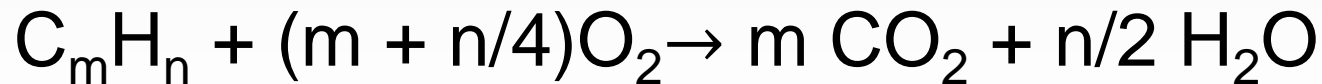
## Lõi gốm nguyên khối



# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ❖ Nguyên lý làm việc

- Quá trình oxy hóa gồm có:



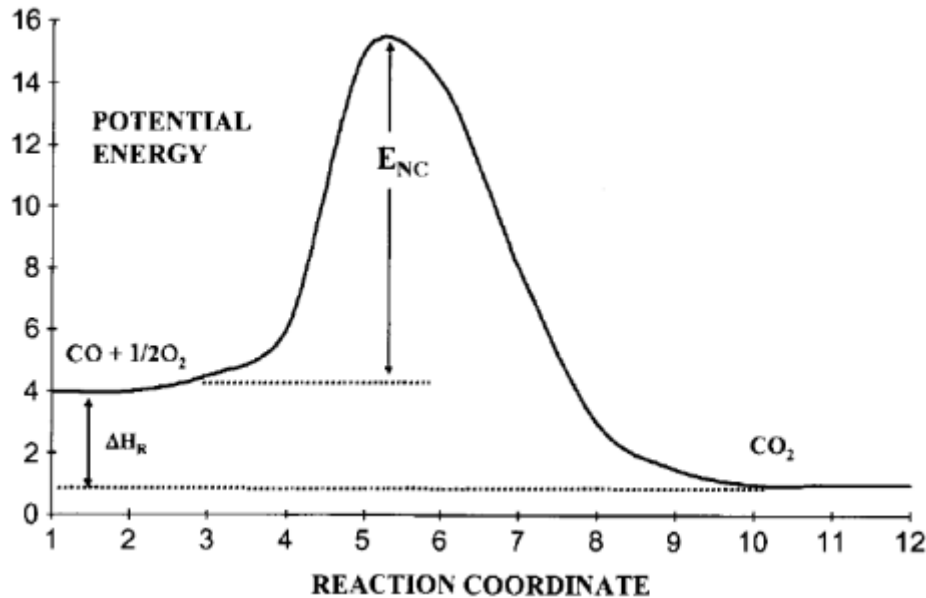
- Còn quá trình khử NO được thực hiện nhờ phản ứng với CO, HC:



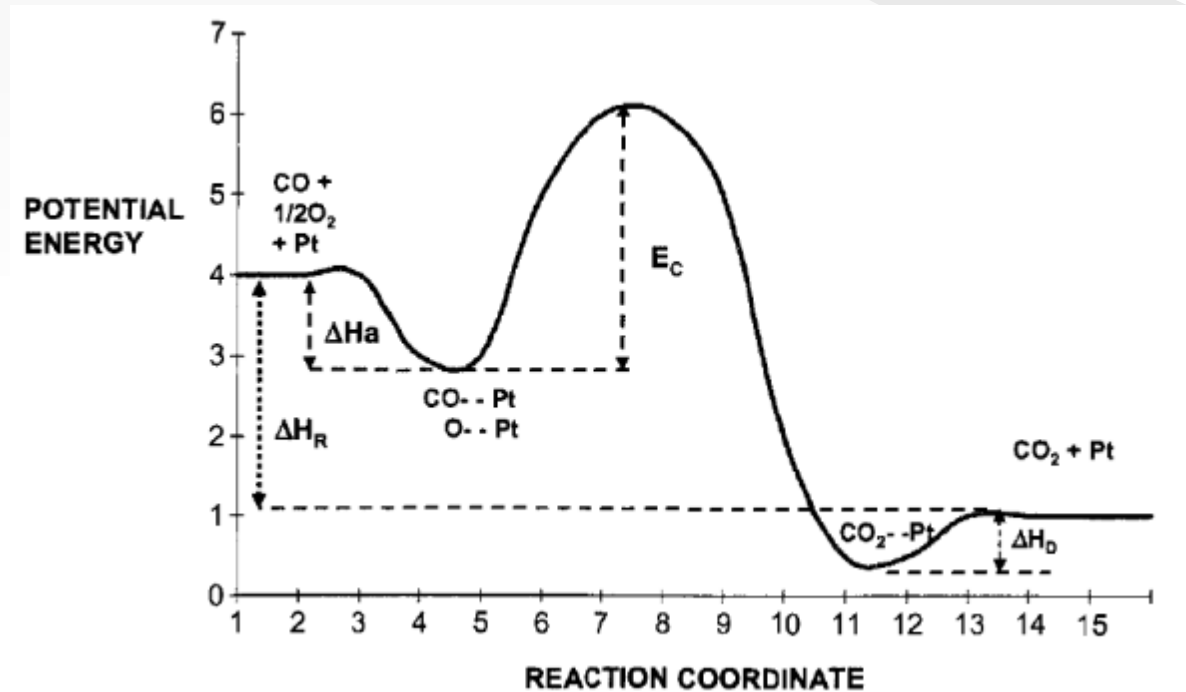
# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ❖ Nguyên lý làm việc

➤ Phản ứng không xúc tác



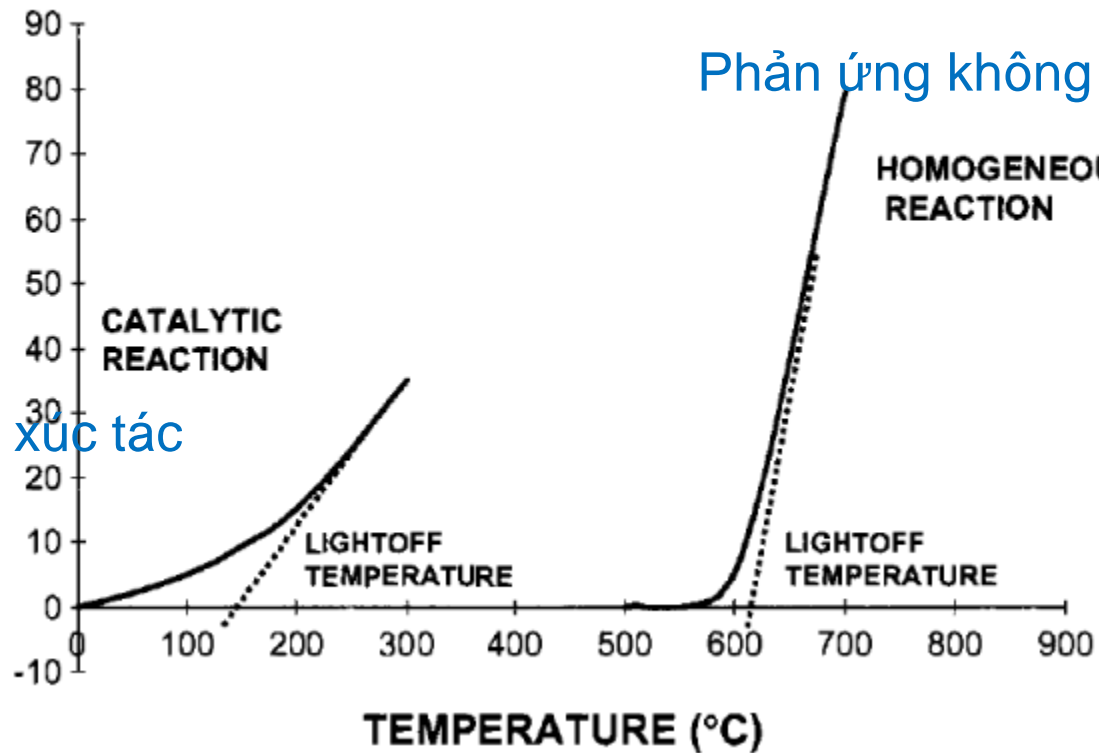
➤ Phản ứng có xúc tác



# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ❖ Nguyên lý làm việc

CO CONVERSION (%)



Phản ứng có xúc tác

Phản ứng không xúc tác

HOMOGENEOUS REACTION

CATALYTIC REACTION

LIGHTOFF TEMPERATURE

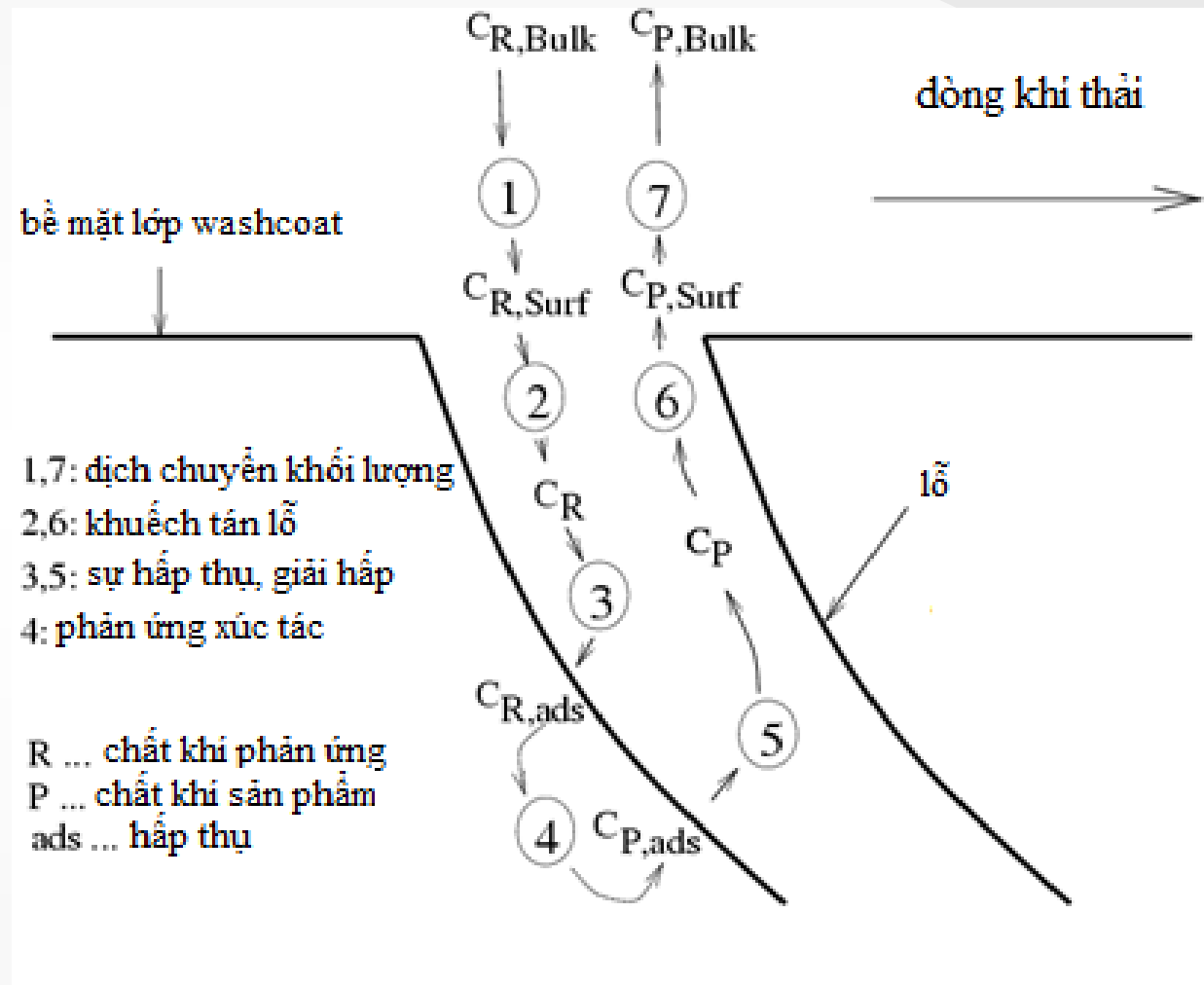
LIGHTOFF TEMPERATURE

TEMPERATURE (°C)

# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ❖ Cơ chế phản ứng

- Phân tán trên bề mặt xúc tác (hiện tượng vật lý)  $E_1 = 2-4$  Kcal/mole
- Phân tán vào lỗ rỗng của lớp trung gian,  $E_2 = 6-10$  Kcal/mole
- Phản ứng hóa học (hấp và giải hấp)  $E_3 > 10$  Kcal/mole

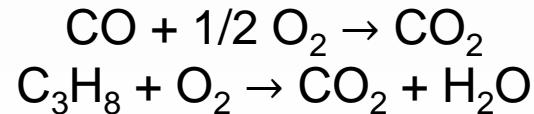


# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ❖ Cơ chế phản ứng

- Các phản ứng giữa các chất khí với chất khí trong bộ xúc tác

Phản ứng oxi hóa



Tốc độ của phản ứng ôxi hóa CO

$$r = \frac{\left[ K_1 \cdot e^{\frac{-E_1}{T_s}} \cdot y_{\text{CO}} \cdot y_{\text{O}_2} \right] \cdot \left[ 1 + K_2 \cdot e^{\frac{-E_2}{T_s}} \cdot y_{\text{CO}} + K_3 \cdot e^{\frac{-E_3}{T_s}} \cdot y_{\text{C}_3\text{H}_6} \right]^{-2}}{\left[ 1 + K_4 \cdot e^{\frac{-E_4}{T_s}} \cdot y_{\text{CO}}^2 \cdot y_{\text{C}_3\text{H}_6}^2 \right] \cdot \left[ 1 + K_5 \cdot e^{\frac{-E_5}{T_s}} \cdot y_{\text{NO}}^{0.7} \right] \cdot T_s}$$

Tốc độ của phản ứng ôxi hóa HC

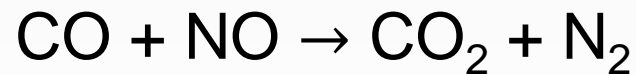
$$r = \frac{\left[ K_1 \cdot e^{\frac{-E_1}{T_s}} \cdot y_{\text{C}_3\text{H}_8} \cdot y_{\text{O}_2} \right] \cdot \left[ 1 + K_2 \cdot e^{\frac{-E_2}{T_s}} \cdot y_{\text{CO}} + K_3 \cdot e^{\frac{-E_3}{T_s}} \cdot y_{\text{C}_3\text{H}_6} \right]^{-2}}{\left[ 1 + K_4 \cdot e^{\frac{-E_4}{T_s}} \cdot y_{\text{CO}}^2 \cdot y_{\text{C}_3\text{H}_6}^2 \right] \cdot \left[ 1 + K_5 \cdot e^{\frac{-E_5}{T_s}} \cdot y_{\text{NO}}^{0.7} \right] \cdot T_s}$$



# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ❖ Cơ chế phản ứng

- ❑ Các phản ứng giữa các chất khí với chất khí trong bộ xúc tác
- Các phản ứng khử



Tốc độ của phản ứng khử

$$r = \frac{K_1 \cdot e^{\frac{-E_1}{T_s}} \cdot y_{\text{NO}}^{0.5} \cdot y_{\text{CO}}^3}{T_s^{-0.17} \cdot \left[ T_s + K_2 \cdot e^{\frac{-E_2}{T_s}} \cdot y_{\text{CO}} \right]^2}$$

E: là năng lượng hoạt hóa của phản ứng

K: là tần số va chạm

$T_s$ : là nhiệt độ phản ứng

$y_{\text{CO}}$ ,  $y_{\text{NO}}$ ,  $y_{\text{C}_3\text{H}_6}$ ,  $y_{\text{O}_2}$ ,  $y_{\text{C}_3\text{H}_8}$  là phần trăm thể tích các chất khí CO, NO, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>, O<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>

# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ❖ Cơ chế phản ứng

- ❑ Các phản ứng giữa các chất khí với chất xúc tác trong bộ xúc tác

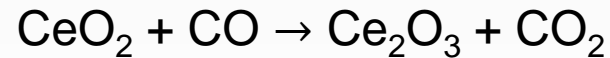
Phản ứng oxi hóa



Tốc độ phản ứng  $r = K \cdot e^{\frac{-E}{T}} \cdot y_{\text{O}_2} \cdot Z_{\text{Ce}_2\text{O}_3}$



Tốc độ phản ứng  $r = K \cdot e^{\frac{-E}{T}} \cdot y_{\text{O}_2} \cdot Z_{\text{Pt}}$

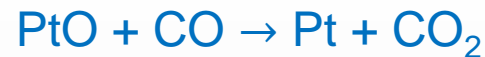


Tốc độ phản ứng

$$r = K \cdot e^{\frac{-E}{T}} \cdot y_{\text{CO}} \cdot Z_{\text{CeO}_2}$$

$$r = K \cdot e^{\frac{-E}{T}} \cdot y_{\text{C}_3\text{H}_8} \cdot Z_{\text{CeO}_2}$$

Phản ứng oxy hóa CO và HC



Tốc độ phản ứng

$$r = K \cdot e^{\frac{-E}{T}} \cdot y_{\text{CO}} \cdot Z_{\text{PtO}}$$

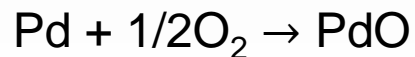
$$r = K \cdot e^{\frac{-E}{T}} \cdot y_{\text{C}_3\text{H}_8} \cdot Z_{\text{PtO}}$$

# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ❖ Cơ chế phản ứng

- Các phản ứng giữa các chất khí với chất xúc tác trong bộ xúc tác

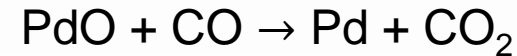
### Phản ứng oxi hóa



Tốc độ phản ứng

$$r = K \cdot e^{\frac{-E}{T}} \cdot y_{\text{O}_2} \cdot Z_{\text{Pd}}$$

### Phản ứng oxy hóa CO và HC



Tốc độ phản ứng

$$r = K \cdot e^{\frac{-E}{T}} \cdot y_{\text{CO}} \cdot Z_{\text{PtO}}$$

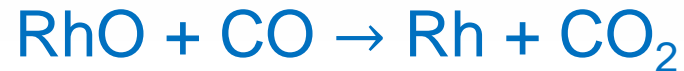
$$r = K \cdot e^{\frac{-E}{T}} \cdot y_{\text{CO}} \cdot Z_{\text{PdO}}$$

# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ❖ Cơ chế phản ứng

- ❑ Các phản ứng giữa các chất khí với chất xúc tác trong bộ xúc tác

Phản ứng khử  $\text{NO}_x$



Tốc độ phản ứng

$$r = K \cdot e^{\frac{-E}{T}} \cdot y_{\text{NO}} \cdot Z_{\text{Rh}}$$

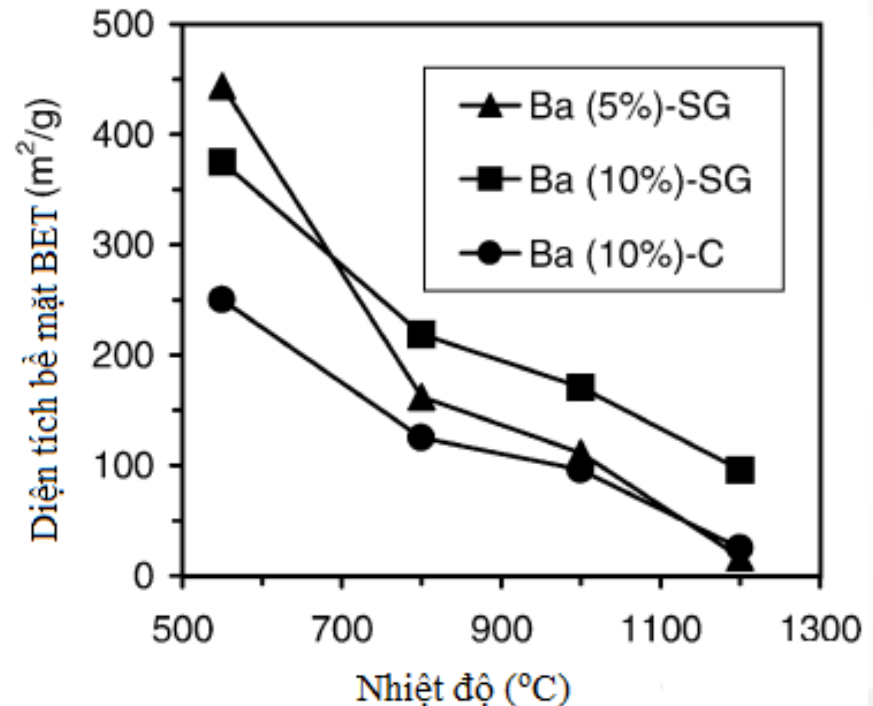
$$r = K \cdot e^{\frac{-E}{T}} \cdot y_{\text{CO}} \cdot Z_{\text{RhO}}$$

# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

❖ Thông số ảnh hưởng đến hiệu quả bộ xúc tác

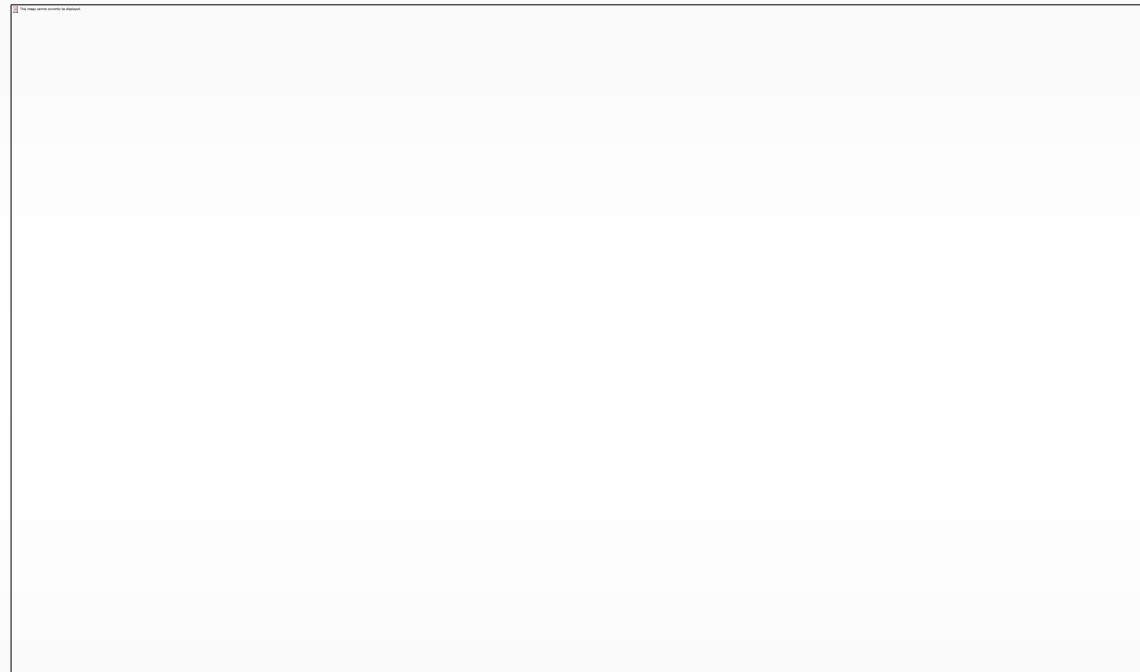
**Lớp washcoat: thông số đặc trưng diện tích bề mặt BET**

➤ Các chất phụ gia như BaO, CeO<sub>2</sub> ... Được ngâm, tẩm vào  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tăng độ bền cho bề mặt chất xúc tác, để có thể hoạt động ở nhiệt độ cao



# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

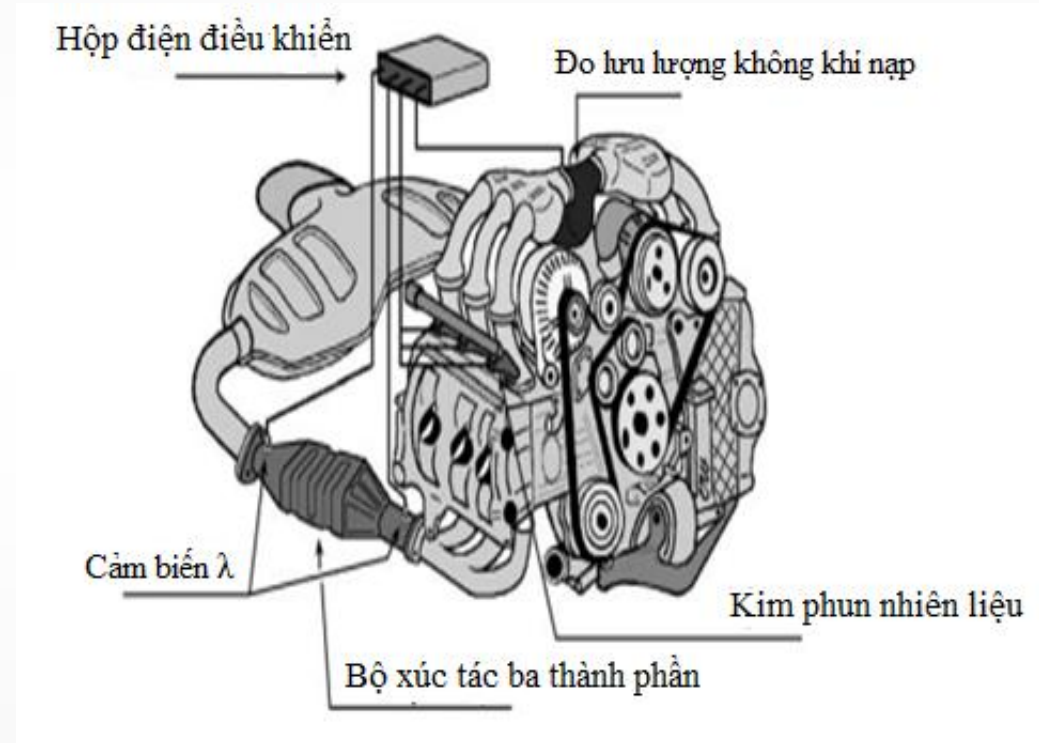
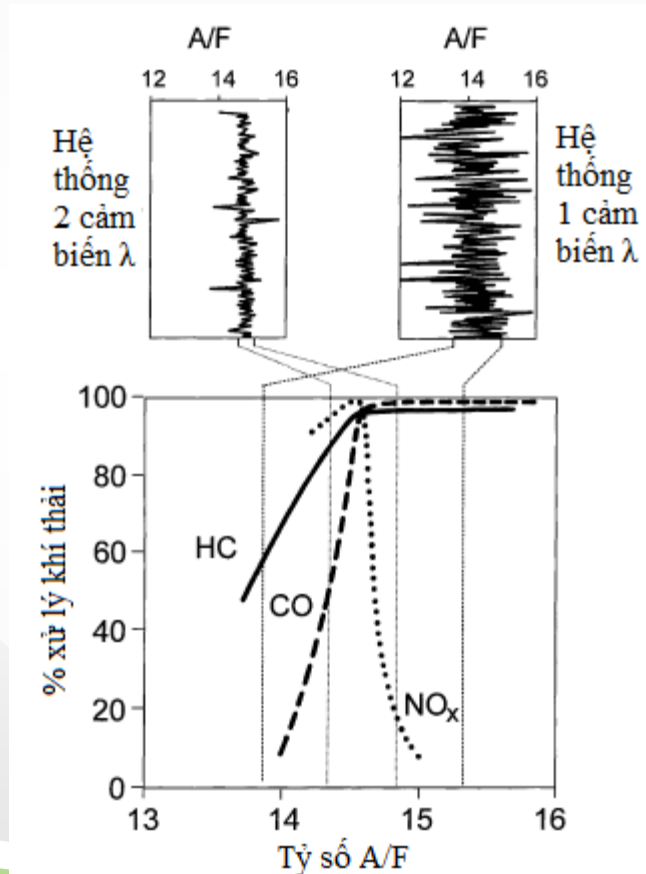
- ❖ Thông số ảnh hưởng đến hiệu quả bộ xúc tác
  - Hệ số dư lượng không khí lamda



The conversion efficiency (%) of a three-way catalyst as a function of A/F-ratio. The lambda window, an A/F-ratio of 14.6 corresponds to stoichiometric operation,  $\lambda = 1$   
(cf. Holmgren 1998)

# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

- ❖ Thông số ảnh hưởng đến hiệu quả bộ xúc tác
  - Hệ số dư lượng không khí lamda



# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ❖ Thông số ảnh hưởng đến hiệu quả bộ xúc tác

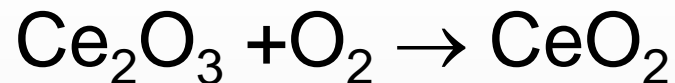
### ➤ Khả năng dự trữ và giải phóng oxy (OSC)

- CeO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> được sử dụng để tăng khả năng lưu trữ và giải phóng oxy

- Hỗn hợp đậm :



- Hỗn hợp nhạt :



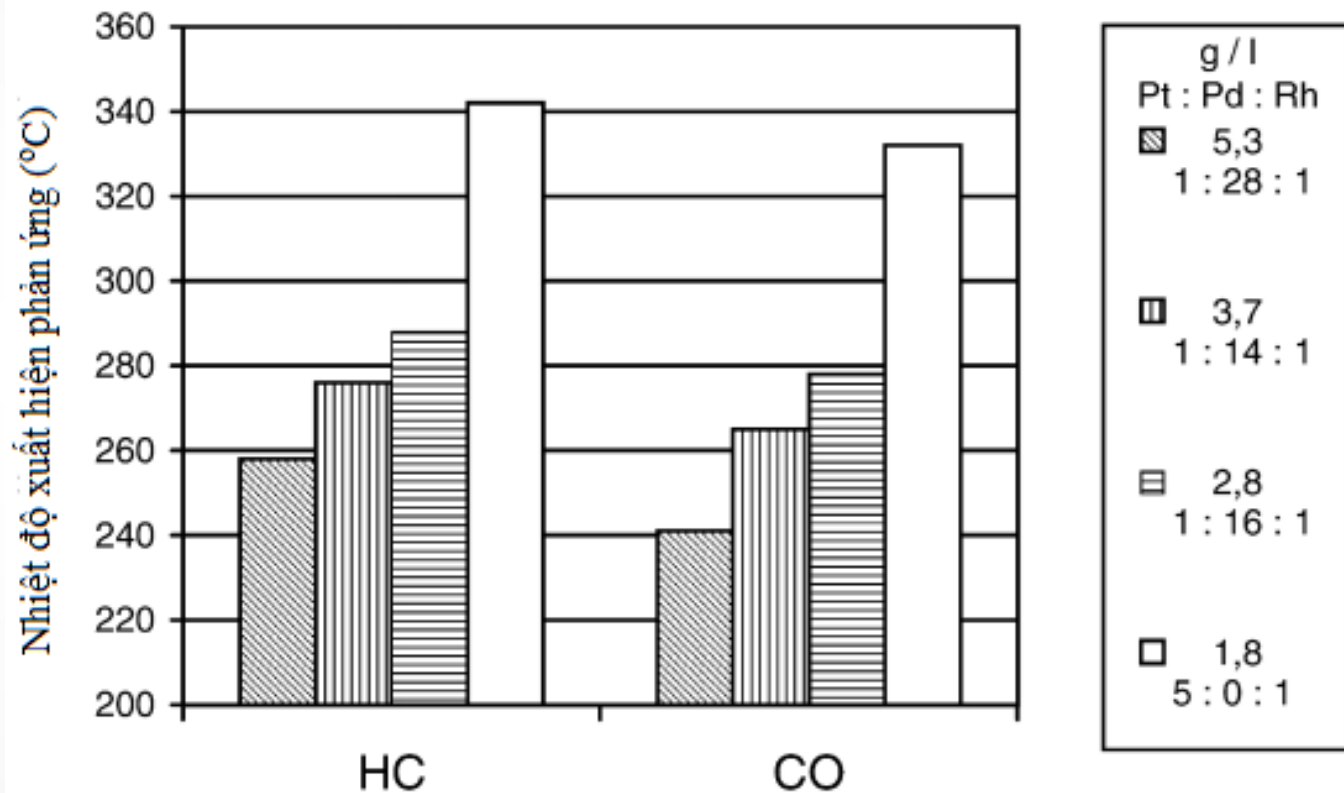


# Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)

## ❖ Thông số ảnh hưởng đến hiệu quả bộ xúc tác

### ➤ Thay đổi lượng kim loại quý

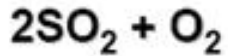
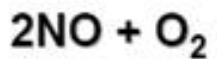
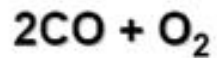
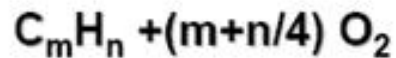
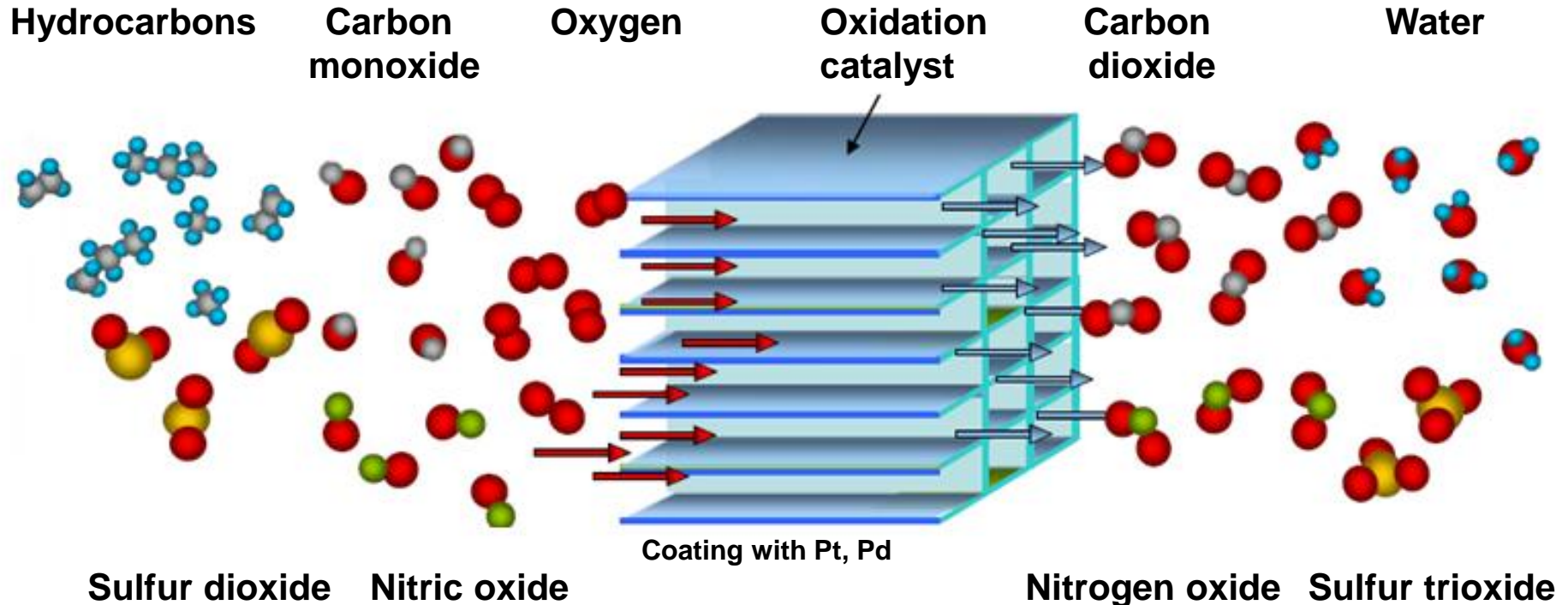
- Rh thúc đẩy sự khử NO
- Pt và Pd được lựa chọn để thúc đẩy các phản ứng oxy hóa



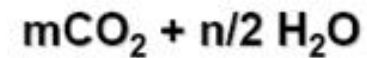
# Các biện pháp xử lý sau cửa thải

- Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)
- **Bộ xử lý xúc tác oxi hóa (DOC)**
- Các hệ thống khử  $\text{NO}_x$  (LNT, SCR)
- Bộ lọc hạt (PM)

# Nguyên lý làm việc của bộ xử lý xúc tác oxi hóa

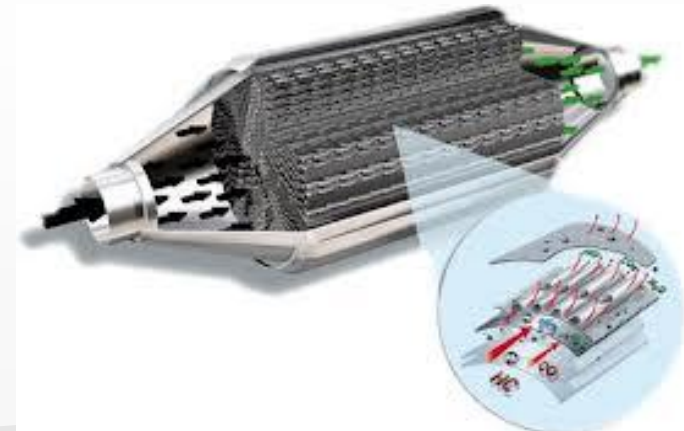
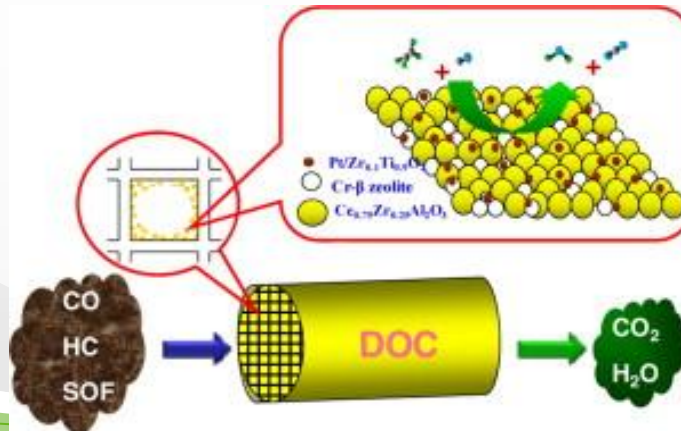


Chemical reaction

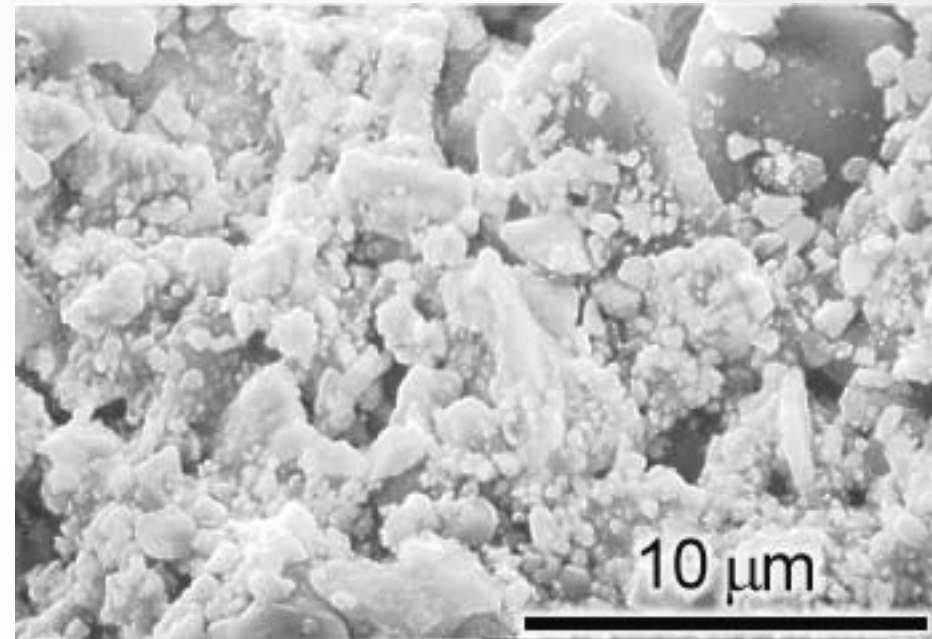
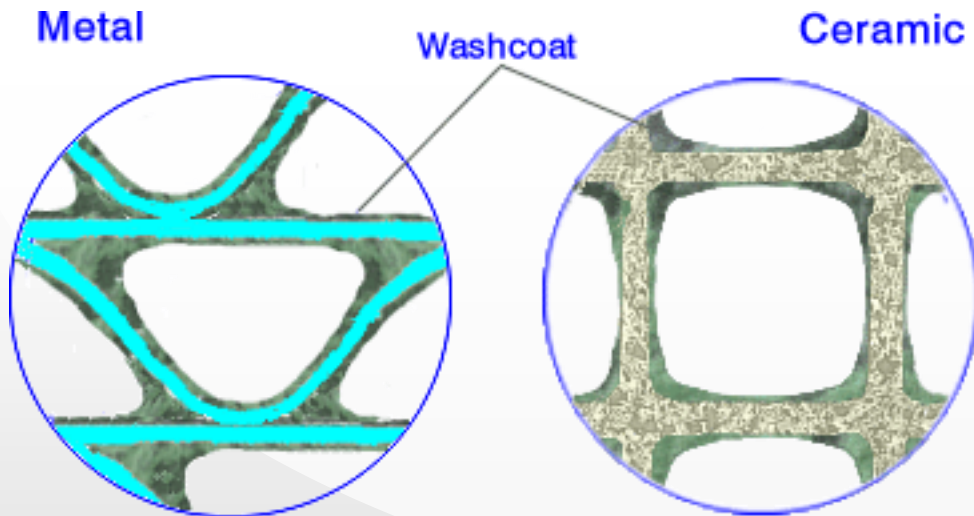


# Kết cấu bộ xử lý xúc tác oxi hóa (DOC)

- ❑ Lõi gốm hoặc kim loại với cấu trúc dạng tổ ong, đường kính ống khoảng 1mm.
- ❑ Lớp đệm ngăn cách lõi với vỏ bằng sợi vô cơ hoặc phoi thép.
- ❑ Bề mặt lõi tráng một lớp vật liệu trung gian  $Al_2O_3$  → tăng diện tích bề mặt.
- ❑ Chất xúc tác ôxi hóa (Pt, Pd) tráng lên trên lớp trung gian.
- ❑ Khi dùng DOC để giảm HC (qua đó giảm PM) → có thể dùng chất xúc tác là một số kim loại cơ bản (Ce, Fe, V, Cu...).
- ❑ Có thể sử dụng thêm zeolite trên bề mặt lớp trung gian để tăng hiệu suất chuyển đổi HC. Zeolite hấp thụ và giữ lại HC trên bề mặt lõi lọc khi nhiệt độ bộ DOC dưới  $250^\circ C$ . Khi nhiệt độ bộ DOC trên  $250^\circ C$ , zeolite nhả HC ra → các chất xúc tác làm việc → HC được ôxi hóa.



# Kết cấu bộ xử lý xúc tác oxi hóa (DOC)



Hình ảnh lớp phủ trên một bộ xúc tác DOC qua kính hiển vi điện tử (SEM)

# Các biện pháp xử lý sau cửa thải

- Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)
- Bộ xử lý xúc tác oxi hóa (DOC)
- **Các hệ thống khử  $\text{NO}_x$  (LNT, SCR)**
- Bộ lọc hạt (PM)

# Tổng quan về các hệ thống khử $\text{NO}_x$

- ❑ Giảm  $\text{NO}_x$  nhờ việc thêm vào các chất xúc tác khử.
- ❑ Nguyên tắc cơ bản: Oxi hóa trước - Khử sau (trước tiên NO oxi hóa thành  $\text{NO}_2$ , sau đó  $\text{NO}_2$  có thể bị khử thành  $\text{N}_2$  nhờ xúc tác phù hợp ở bước tiếp theo).
- ❑ Nhược điểm chính: cần có trang bị phụ trợ.

**Ứng dụng:** vùng  $\lambda > 1$  và động cơ diesel nhằm khử  $\text{NO}_x$  và có xét đến sự bù trừ  $\text{NO}_x$  - PM

**Nhiệm vụ:** Khử  $\text{NO}_x$  thành  $\text{N}_2$  bằng chất xúc tác khử thêm vào  
**Chú ý:** Oxi hóa NO thành  $\text{NO}_2$ , sau đó mới khử.

**Công nghệ:** SCR dùng urea (AdBlue®) (từ 2005 cho HDV ở EU)

NSR/LNT động cơ xăng: đã ứng dụng  
động cơ diesel: đang nghiên cứu thêm

HC-De $\text{NO}_x$ 

- không cần thêm hệ thống cung cấp
- tăng tiêu thụ nhiên liệu
- yêu cầu nhiên liệu ít lưu huỳnh
- hiệu suất chuyển đổi thấp: khoảng 20 - 40 %

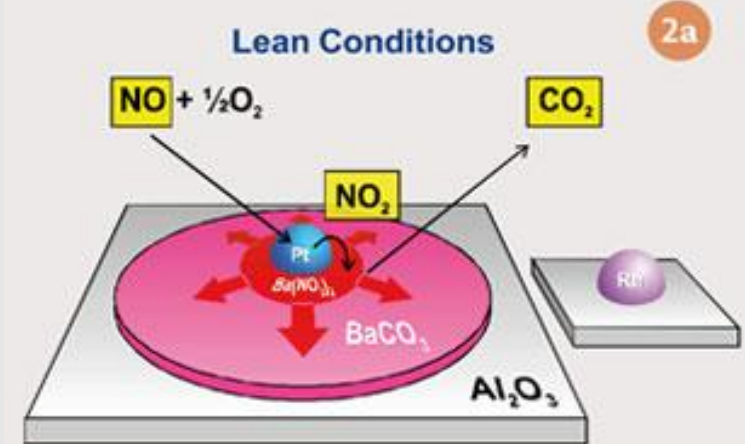
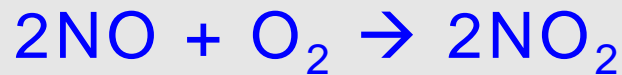
## (i) Bẫy $\text{NO}_x$ với hỗn hợp nghèo (LNT)

- ❑ Tên gọi: LNT-Lean  $\text{NO}_x$  Trap, NSR -  $\text{NO}_x$  Storage Reduction, NSC -  $\text{NO}_x$  Storage Catalyst.
- ❑ Dùng một oxit kim loại nhóm kiềm thổ (chẳng hạn  $\text{BaO}$ ) trộn với các chất xúc tác Pt và Rh → lớp hợp chất xúc tác này được tráng lên bề mặt lớp nền làm bằng oxit nhôm  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

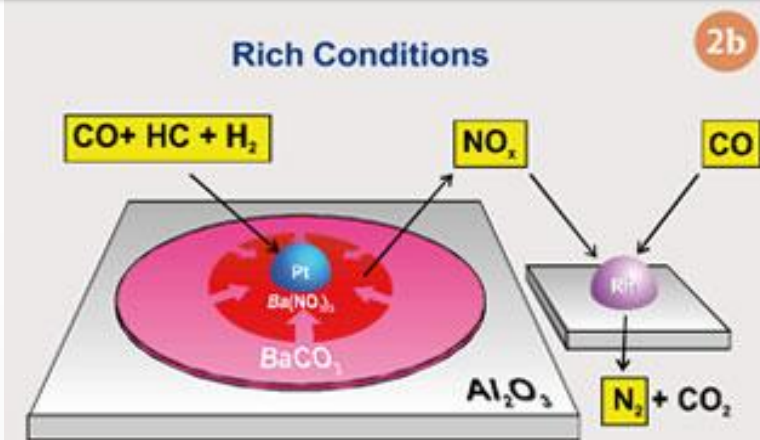


# Cơ chế hấp thụ và khử NO<sub>x</sub> trong bộ xử lý xúc tác LNT

- Hỗn hợp nghèo: các oxit kiềm thổ tác dụng và lưu giữ NO<sub>x</sub> ở dạng các muối nitrate.

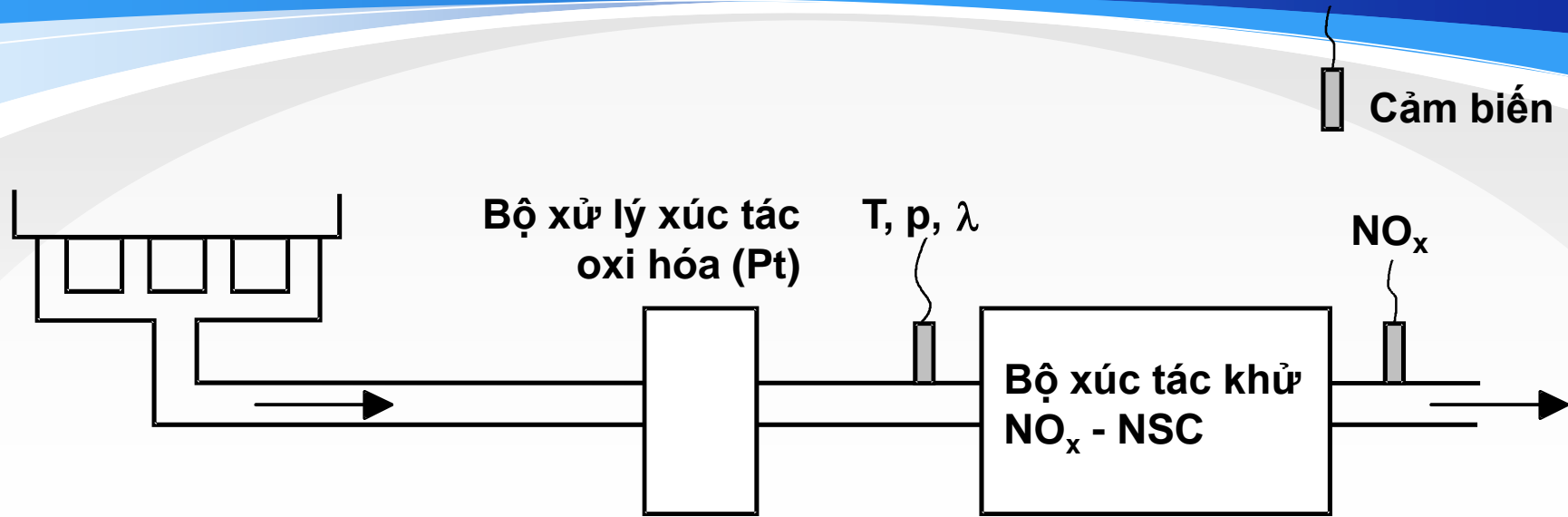


- Hỗn hợp giàu: khử và NO<sub>x</sub>.



- Các phản ứng diễn ra được nhờ các xúc tác trên bề mặt (Pt, Rh).
- Cứ sau 60-120 giây thì động cơ chạy ở chế độ giàu trong một vài giây.

# Sơ đồ hệ thống xử lý NO<sub>x</sub> kiểu hấp thụ trên động cơ diesel



	hấp thụ/trữ	nhả và khử	khử lưu huỳnh*)
λ	> 1	< 1	< 1
hiệt độ	220 °C < T < 500 °C	220 °C < T < 500 °C	T > 650 °C
thời gian	30... 300 s	2... 10 s	5 phút
phản ứng	$2 \text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ (Oxi-Cat) $2 \text{NO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{BaCO}_3 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2$	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 3 \text{CO} \rightarrow 2 \text{NO} + 2 \text{CO}_2 + \text{BaCO}_3$ $2 \text{NO} + \text{CO} \rightarrow 2 \text{CO}_2 + \text{N}_2$	

\*) sau khoảng 5000 km sẽ xuất hiện 10 ppm lưu huỳnh trong nhiên liệu

Source: Pischinger, St.

# Đánh giá hệ thống khử NO<sub>x</sub> kiểu hấp thụ (LNT, NSR, NSC)

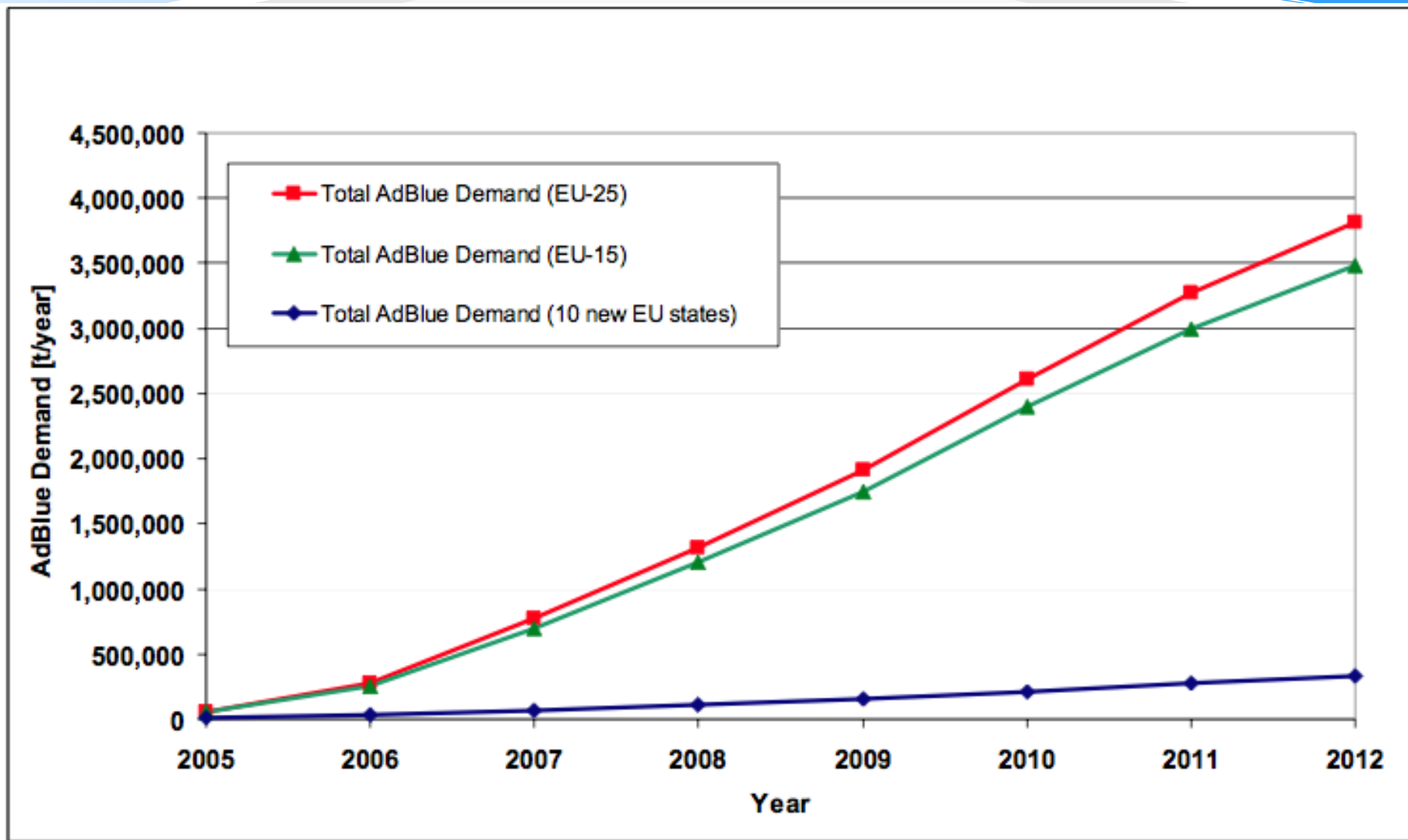
- Hiệu suất khử NO<sub>x</sub> có thể đạt 50 - 70 %
- Hiệu suất xử lý cao ngay cả khi nhiệt độ khí thải thấp
- Không cần bổ sung môi chất khử
- Giá thành đắt do dùng các kim loại quý, đặc biệt với HDV.
- Hiệu suất xử lý giảm khi nhiệt độ khí thải cao.
- Tiêu thụ nhiên liệu bổ sung khi tái sinh bộ xử lý.

## (ii) Bộ xử lý xúc tác chọn lọc ( $\text{NO}_x$ - SCR)

- ❑  $\text{NO}_x$ -SCR (Selective Catalytic Reduction) là phương pháp khử liên tục  $\text{NO}_x$ .
- ❑ Dưới tác dụng của chất xúc tác (thường dùng  $\text{NH}_3$ )  $\text{NO}_x$  bị khử thành  $\text{N}_2$  và  $\text{H}_2\text{O}$ . Việc lưu trữ  $\text{NH}_3$  là rất khó khăn  $\rightarrow$  phải tạo ra  $\text{NH}_3$  từ phản ứng thủy phân urea.
- ❑ Urea tinh chất ở dạng bột  $\rightarrow$  khó đưa vào khí thải với lượng xác định được  $\rightarrow$  phải sử dụng urea dung dịch.
- ❑ Sản phẩm thương mại được dùng nhiều nhất: dung dịch AdBlue (32,5% urea).



# Ước tính nhu cầu sử dụng AdBlue ở EU (ACEA, 11.2004)

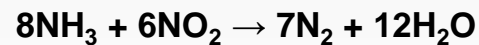
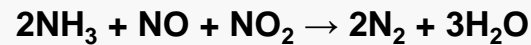


# Vật liệu lõi bộ xử lý xúc tác SCR

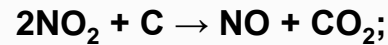
- ❑ Lõi: gồm coriedite hoặc kim loại chịu nhiệt với cấu trúc tổ ong, mật độ khoảng 50 lỗ/cm<sup>2</sup>.
- ❑ Bề mặt lõi: phủ một lớp vật liệu trung gian ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) để tăng diện tích phản ứng.
- ❑ Trên lớp vật liệu trung gian là lớp vật liệu xúc tác ( $\text{V}_2\text{O}_5$ /hợp kim zeolite).
- ❑ Vanadium: kích thước tương đối lớn, hiệu suất chuyển đổi thấp, không thể hoạt động ở nhiệt độ cao.
- ❑ Zeolite: hợp kim xúc tác được bảo vệ bởi lớp nền gốm, hiệu suất chuyển đổi tương đối cao, gồm các hợp kim của Cu và Fe → chịu được nhiệt độ cao.
  - ❖ Hợp kim Fe chiếm phần lớn trong zeolite, chịu nhiệt độ cao gần 600°C.
  - ❖ Hợp kim Cu có hiệu quả cao khi hoạt động ở nhiệt độ thấp 450°C.
  - ❖ Bố trí hợp kim Fe đặt trước hợp kim Cu → bộ xử lý SCR làm việc trong một dải nhiệt độ rộng.

# Cơ chế phản ứng trong hệ thống xử lý xúc tác chọn lọc (SCR)

## SCR-Catalyst (S)



Oxidation of particle:

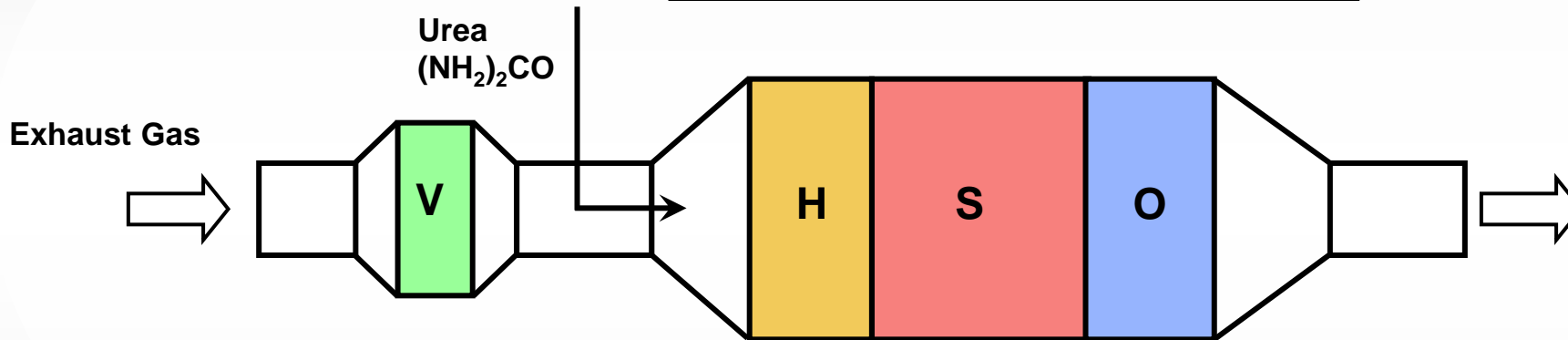


reaction:

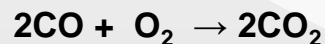
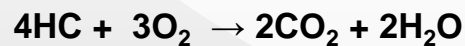
slow

fast (150... 300 ° C)

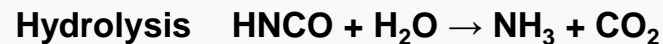
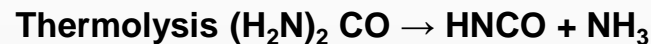
very slow



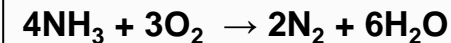
## Precatalytic Converter (V)



## Hydrolysis-Catalyst (H)



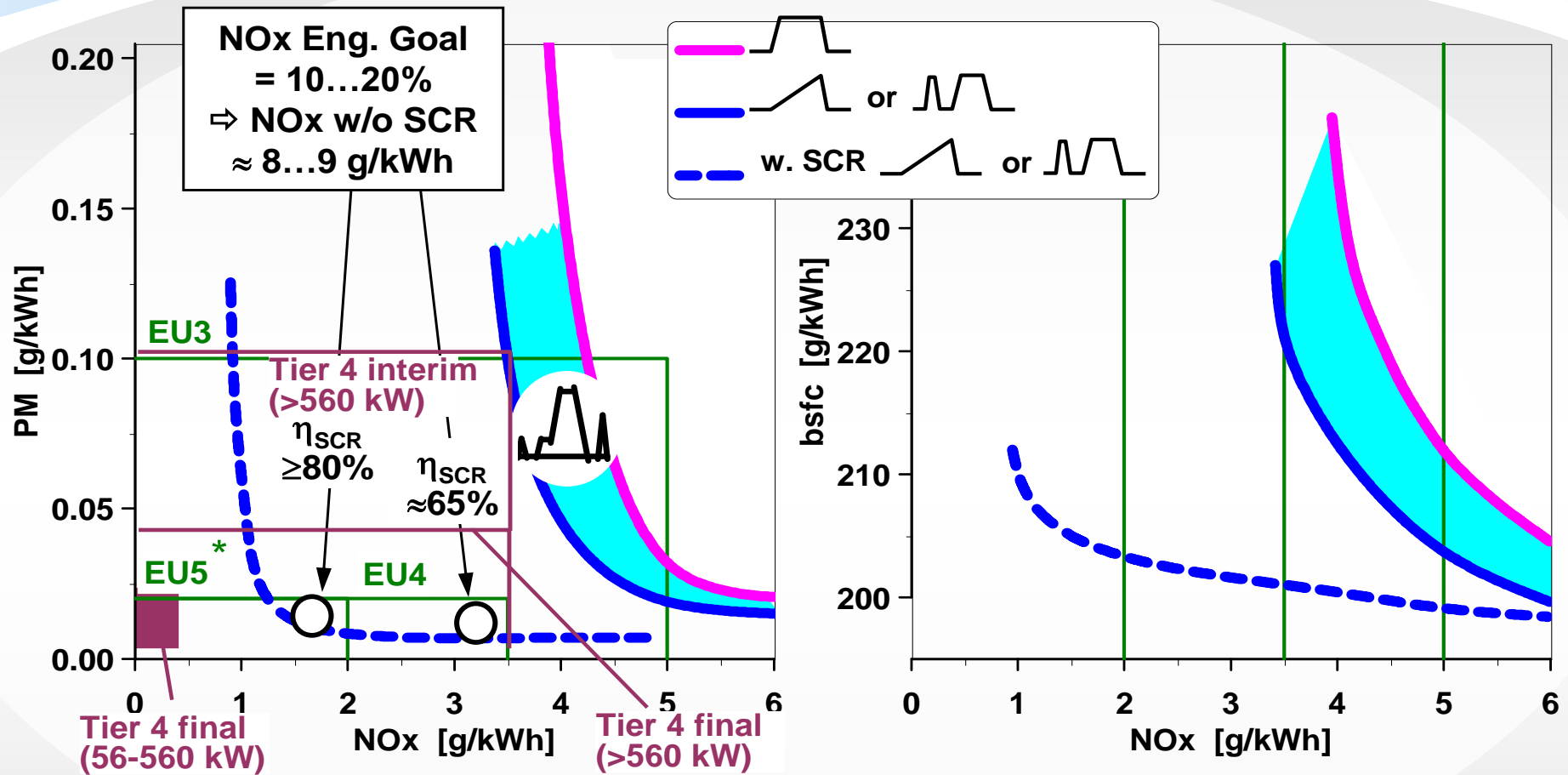
## NH3 - blocking Oxidation Converter (O)



at Permanent Load:



# Kết quả thử nghiệm ESC-Test với bộ xử lý SCR

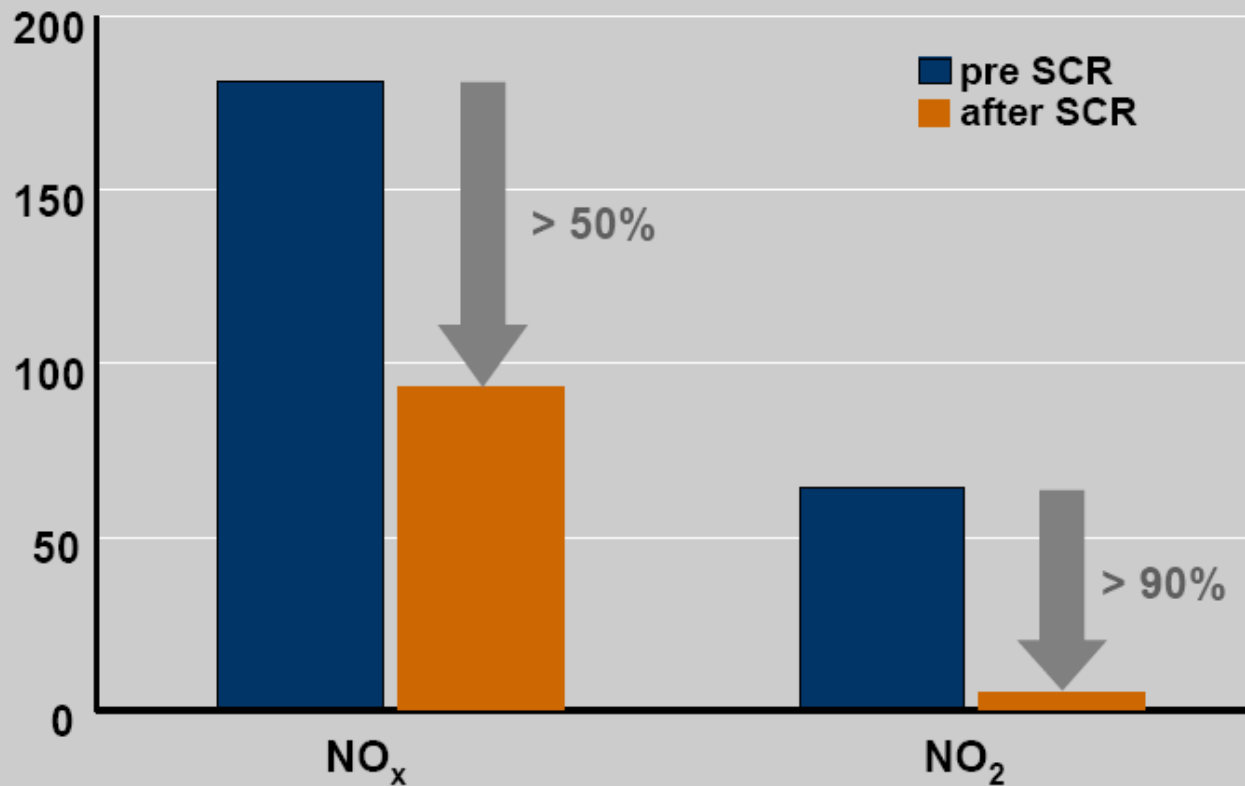


\* Euro 5 ≈ Tier 4 interim (130-560 kW)



# Kết quả thử nghiệm NEDC với bộ xử lý SCR

Nitrogen Oxides [mg/km] NEDC

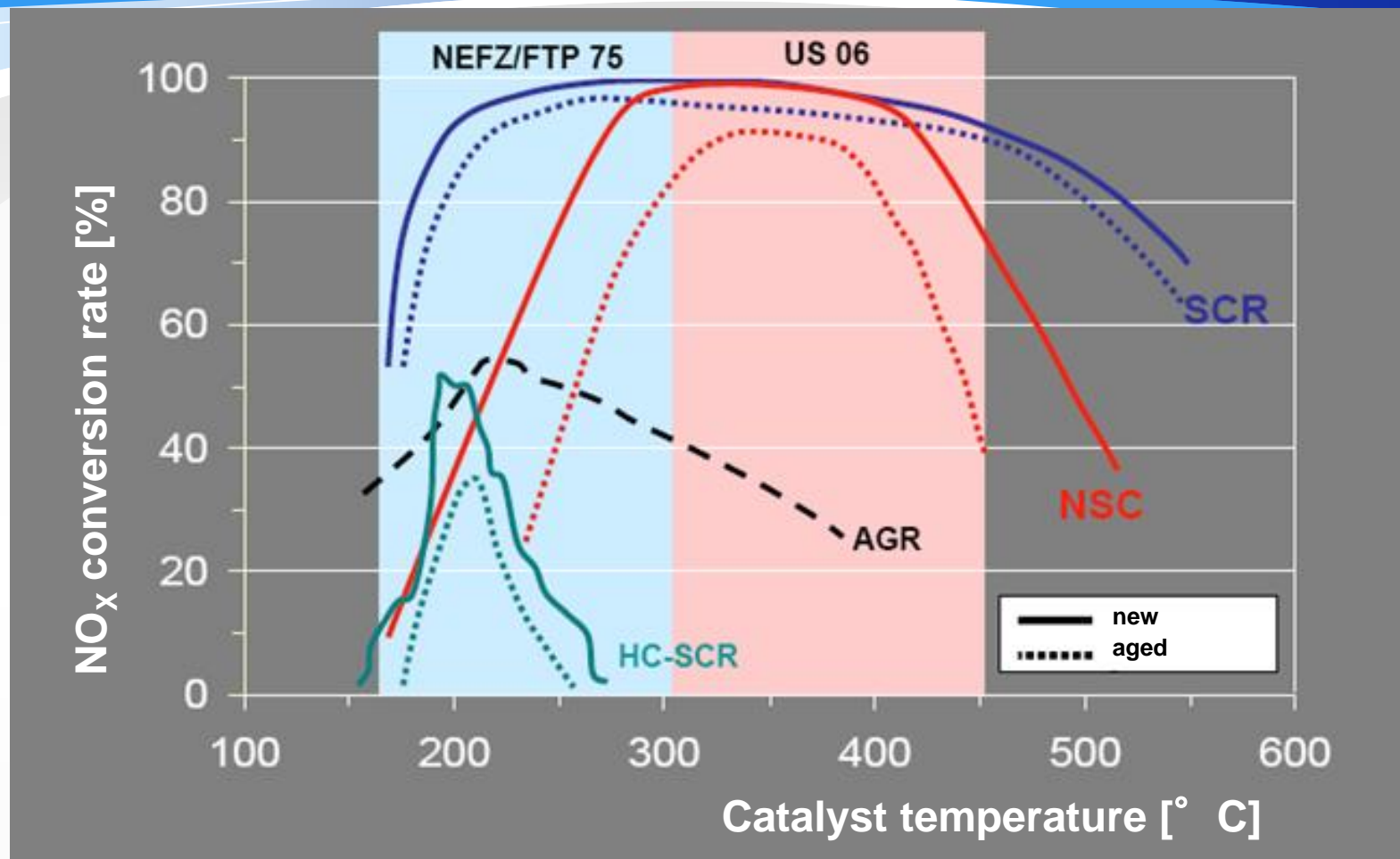


Golf  
2,0I 4V TDI

# Đánh giá bộ xử lý xúc tác chọn lọc (SCR)

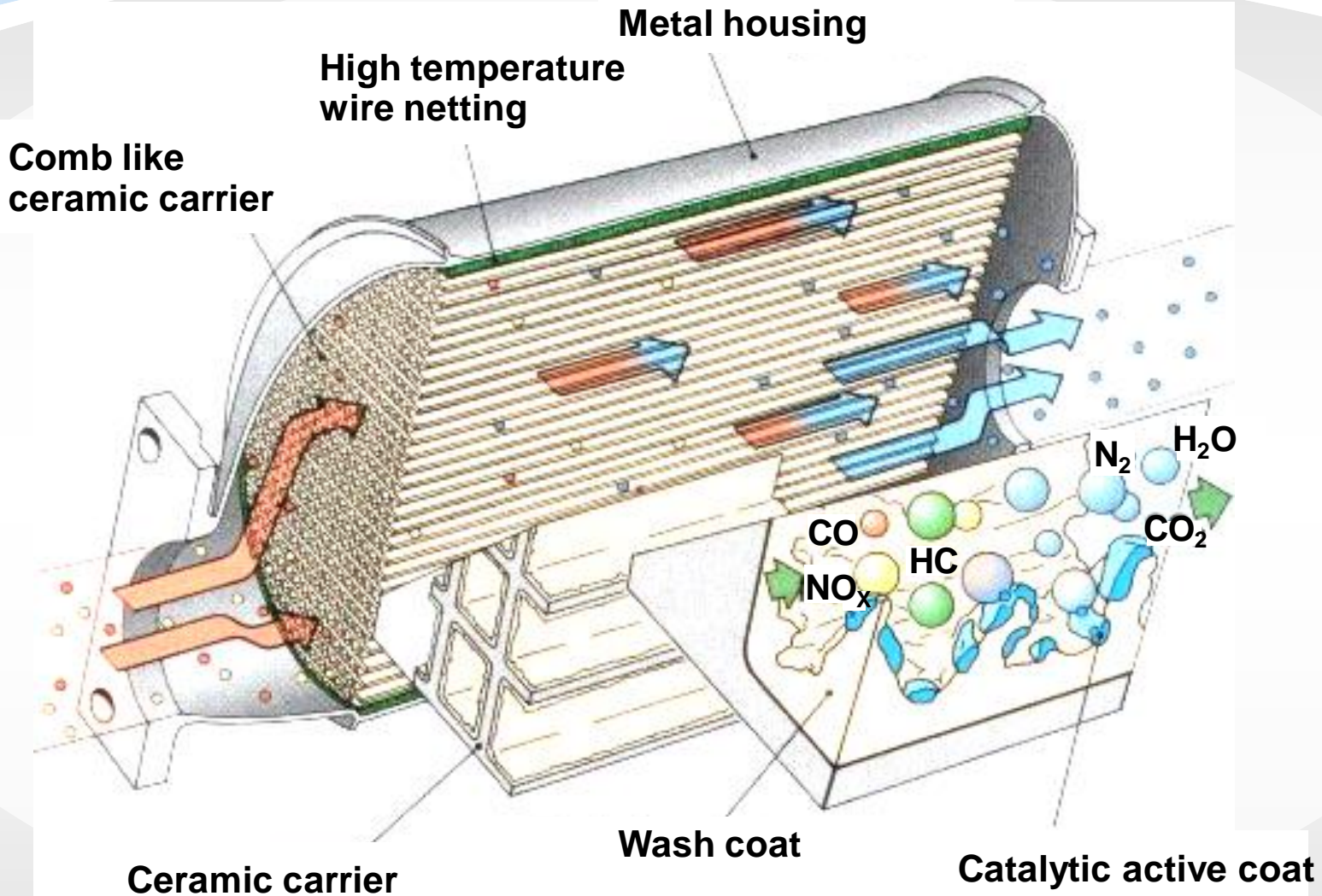
- Có thể đạt hiệu suất khử NOx tới 60 - 90 % trong thời gian dài.
- Hiệu suất xử lý cao ngay cả khi nhiệt độ khí thải cao.
- Có thể giảm tiêu thụ nhiên liệu đạt mức tiêu chuẩn EU4/5.
- Giá thành cạnh tranh khi dùng cho HDV.
- Phải bổ sung môi chất khử (AdBlue).
- Lắp đặt thêm hệ thống định lượng và phun môi chất khử.

# So sánh các bộ xử lý xúc tác khử NO<sub>x</sub>



- Bộ xử lý xúc tác SCR cho hiệu quả chuyển đổi cao nhất
- Hiệu quả thay đổi mạnh theo thời gian làm việc
- Ảnh hưởng của chất lượng nhiên liệu (hàm lượng lưu huỳnh)

# Bộ xử lý xúc tác lõi gốm dùng cho động cơ diesel



# Các biện pháp xử lý sau cửa thải

- Bộ xử lý xúc tác 3 đường (TWC)
- Bộ xử lý xúc tác oxi hóa (DOC)
- Các hệ thống khử  $\text{NO}_x$  (LNT, SCR)
- **Bộ lọc hạt (PM)**

# Các nguyên tắc lọc

## ○ Lọc bề mặt

- Kim loại thiêu kết
- Gốm thiêu kết
- Các hạt gốm xếp
- Giấy lọc / ni / bông

} lọc „kín“ với các phân tử luân phiên đóng

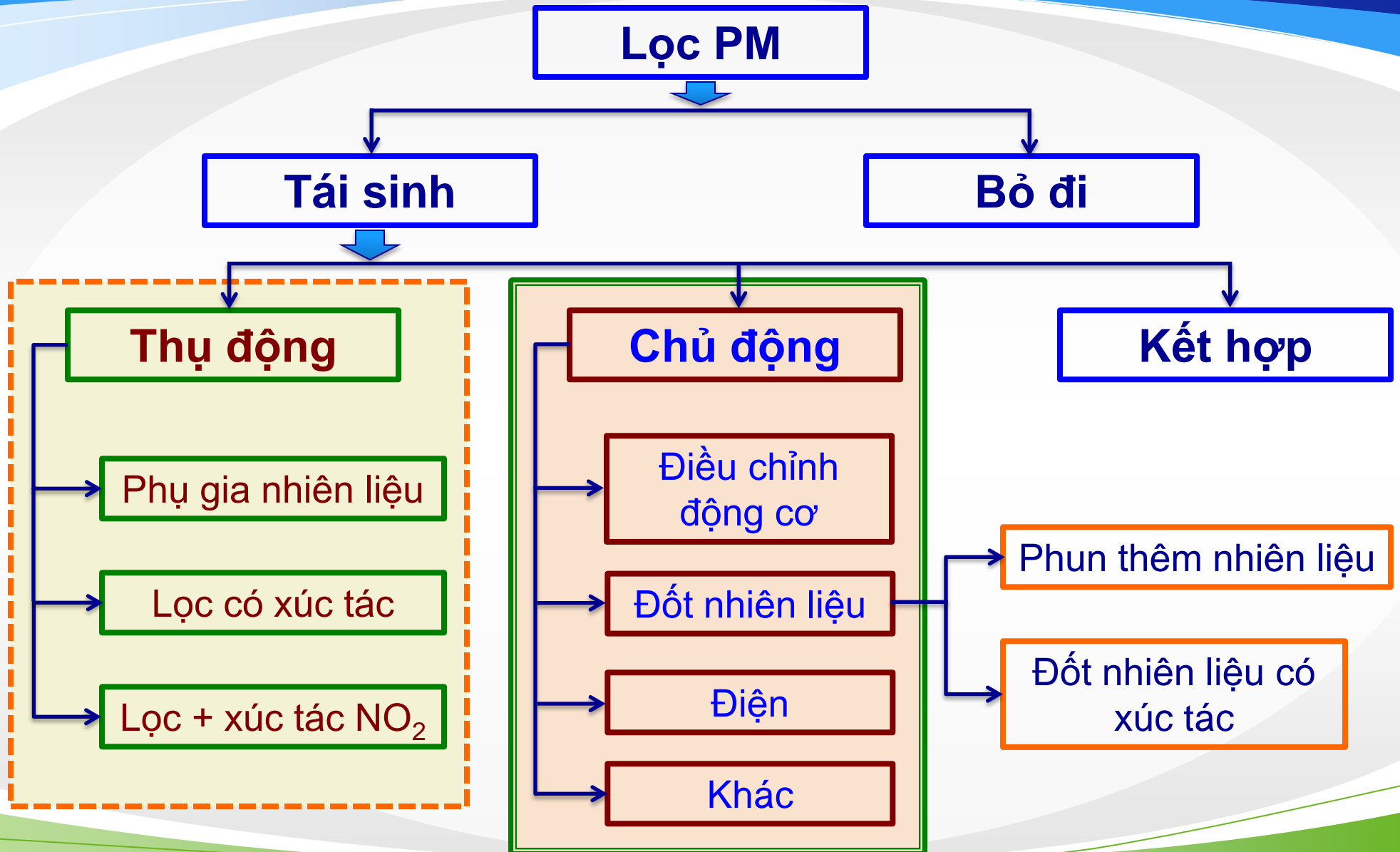
## ○ Nguyên tắc động lực học dòng chảy (lọc “hở”)

## ○ Nguyên tắc tĩnh điện

## ○ Nguyên tắc plasma

- Plasma nóng
- Plasma lạnh

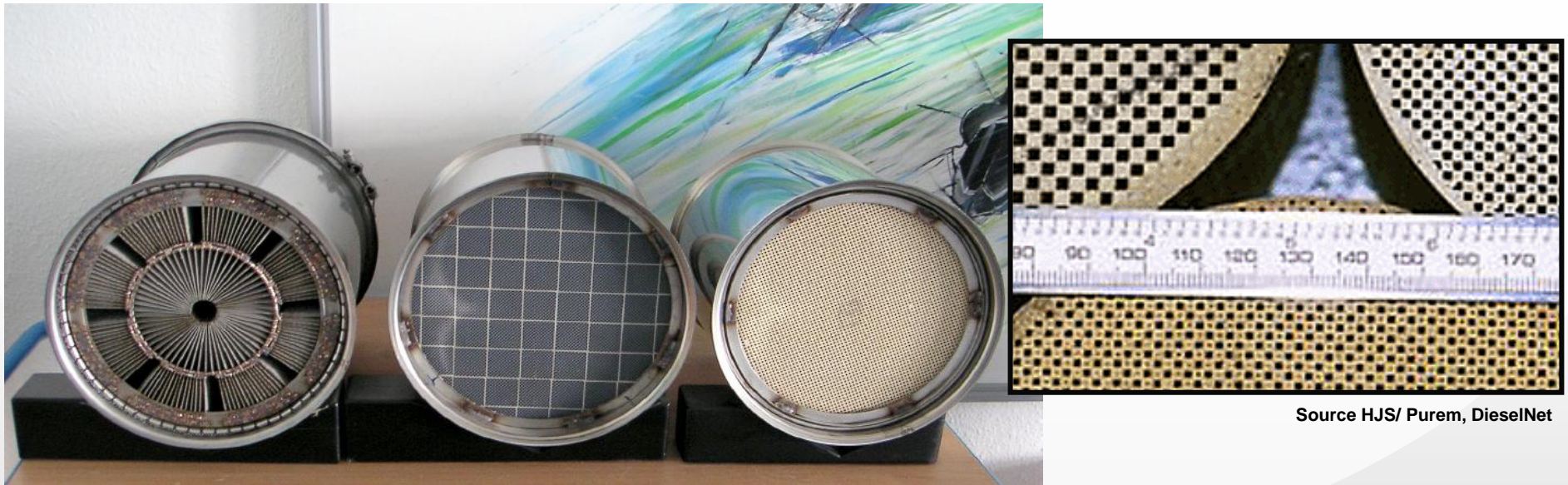
# Phân loại lọc PM theo phương pháp tái sinh lọc



# Kết cấu lõi bộ lọc hạt DPF - Diesel Particulate Filter (1)

## Lọc gồm nguyên khối

- Lọc nhờ các phần tử luân phiên đóng (bịt một đầu)
- Tổn thất áp suất thấp
- Hiệu quả cao khi tốc độ khí nhỏ
- Thường làm bằng cordierite hoặc SiC
- Chịu được ứng suất nhiệt



Source HJS/ Purem, DieselNet

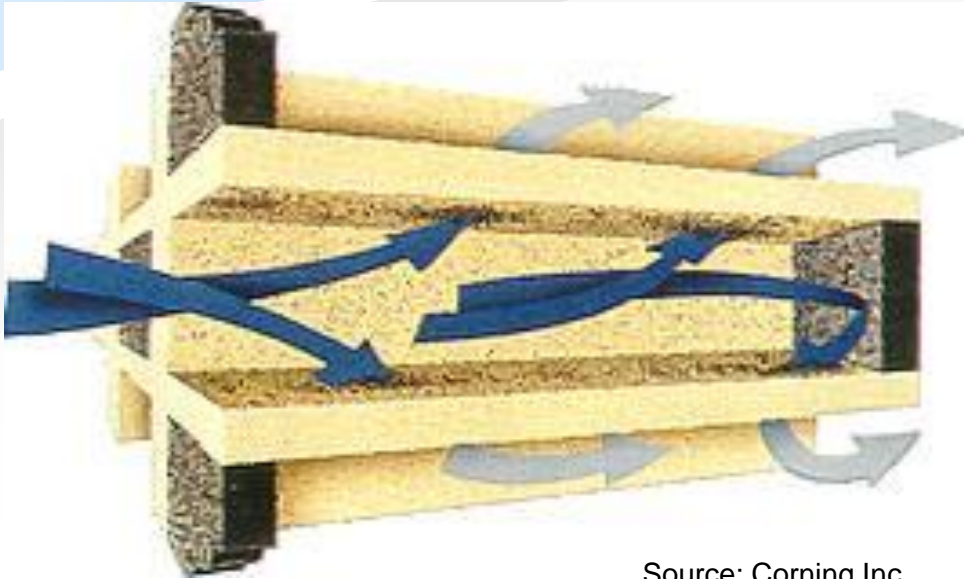
**SMF® Filter**

**SiC Filter**

**Cordierite Filter**



# Một số lõi lọc gốm nguyên khối



Source: Corning Inc.



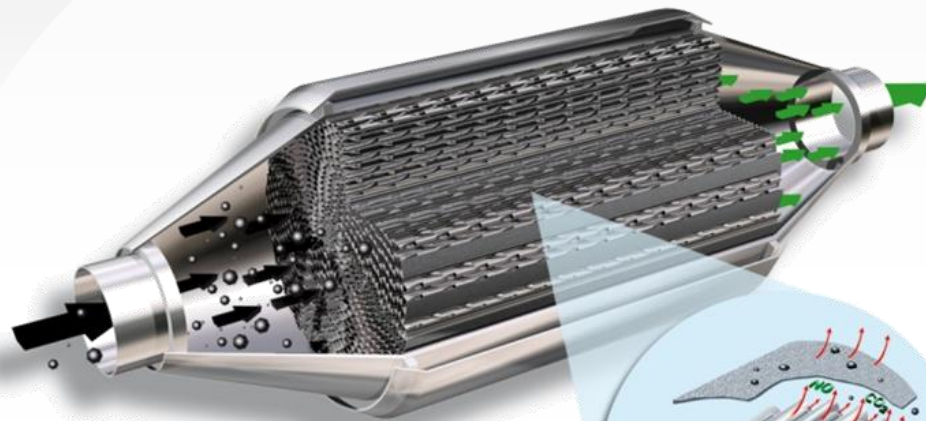
L: silicon carbide; R: cordierite  
(Source: NGK)

Vật liệu	Công thức	Nhà sản xuất chính
Cordierite	$2\text{MgO}-2\text{Al}_2\text{O}_3-5\text{SiO}_2$	Corning, NGK, Denso, Hitachi Metals
Silicon carbide	SiC	Ibiden, NGK, Saint-Gobain, LiqTech
Aluminum titanate	$\text{Al}_2\text{TiO}_5$	Corning

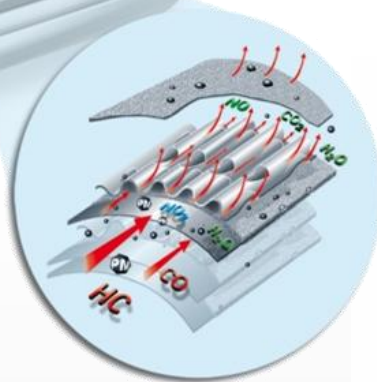
# Kết cấu lõi bộ lọc hạt DPF - Diesel Particulate Filter (2)

## ○ Lọc động lực học dòng chảy (Lọc “hở”)

- Một tấm kim loại mỏng cuốn lượn sóng và cắt lỗ để hướng dòng khí thải đi vào các ống liền kề.
- Bò hóng (PM) được giữ lại trên tấm kim loại thiêu kết.

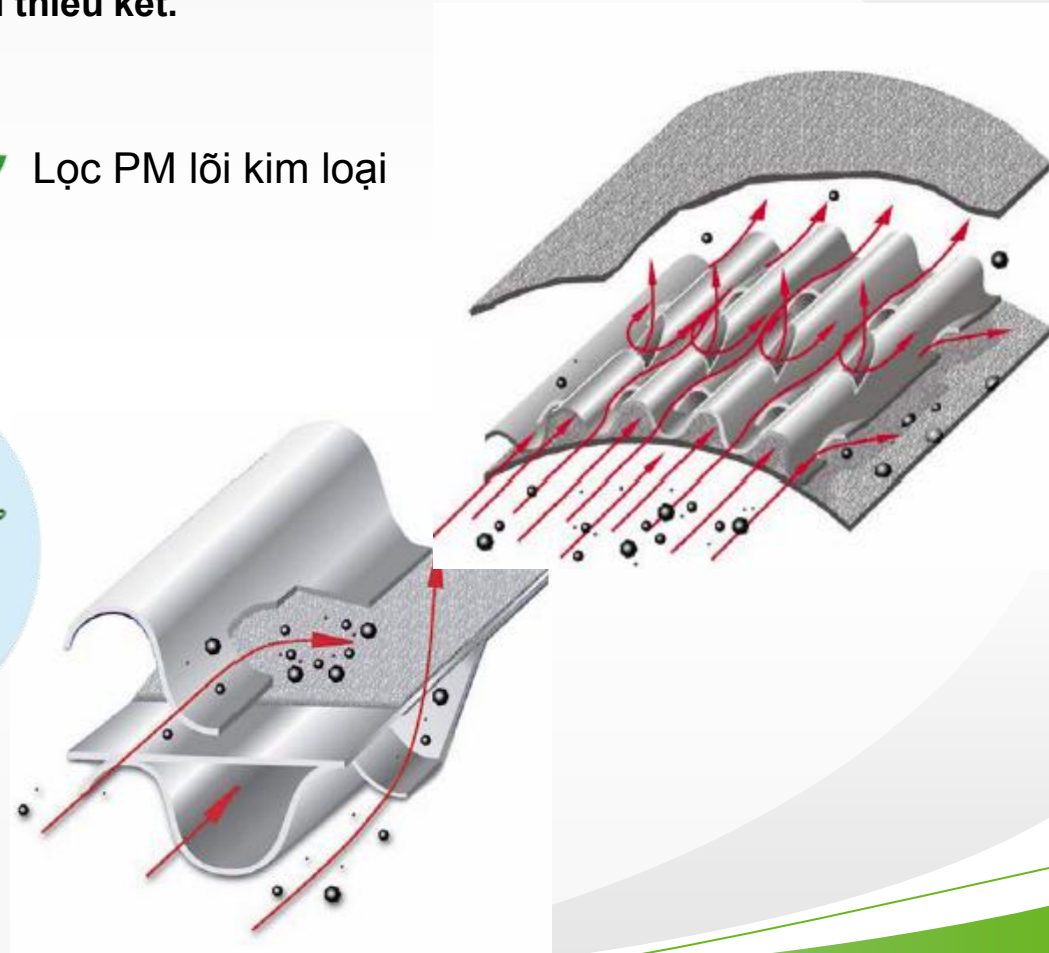


Lọc PM lõi kim loại

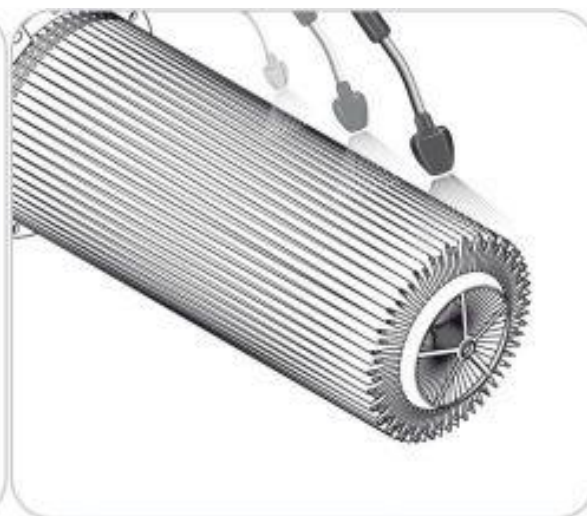
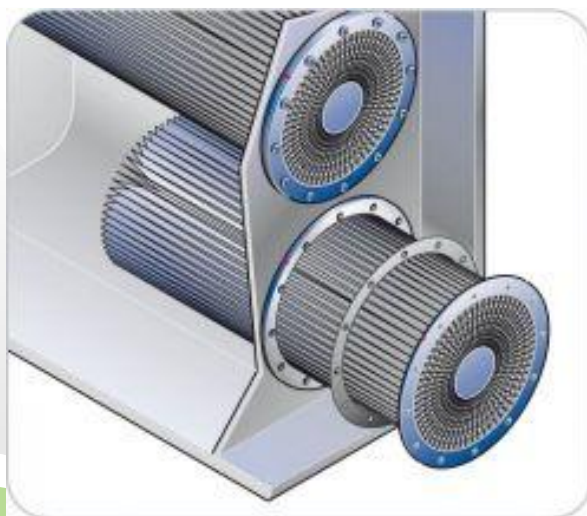
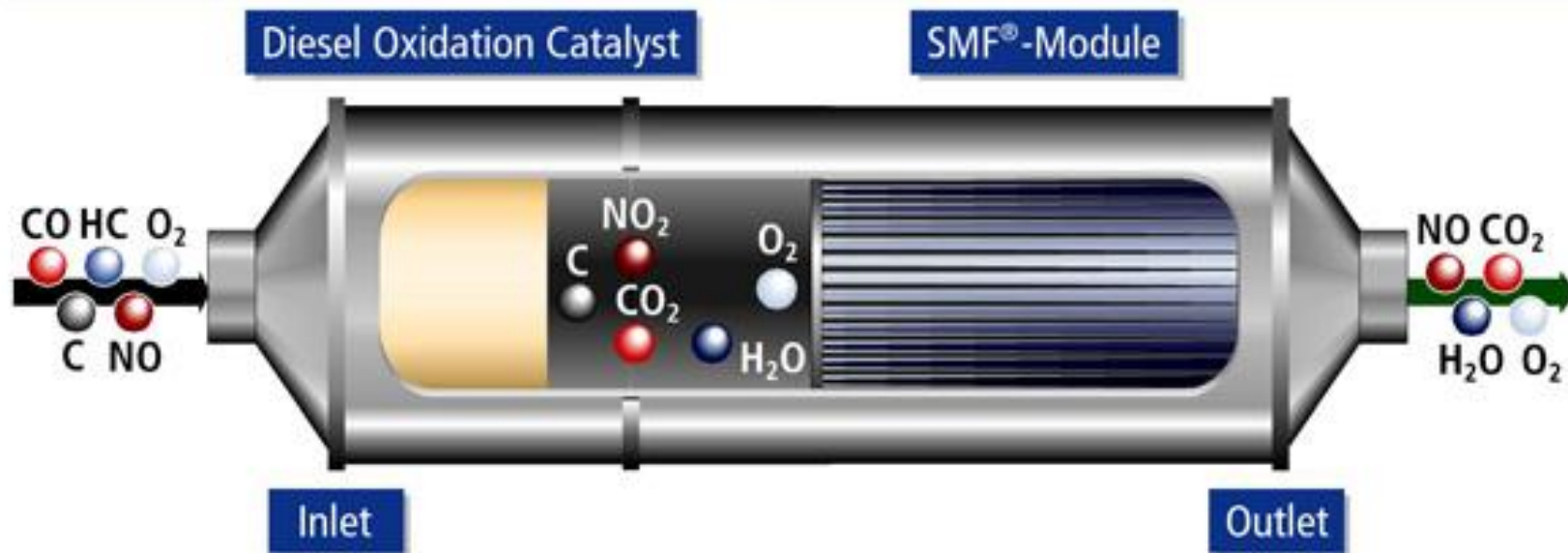


### Ưu điểm:

- lọc liên tục
- không cần bảo dưỡng
- tổn thất áp suất nhỏ
- hiệu quả cao với các hạt cỡ micro

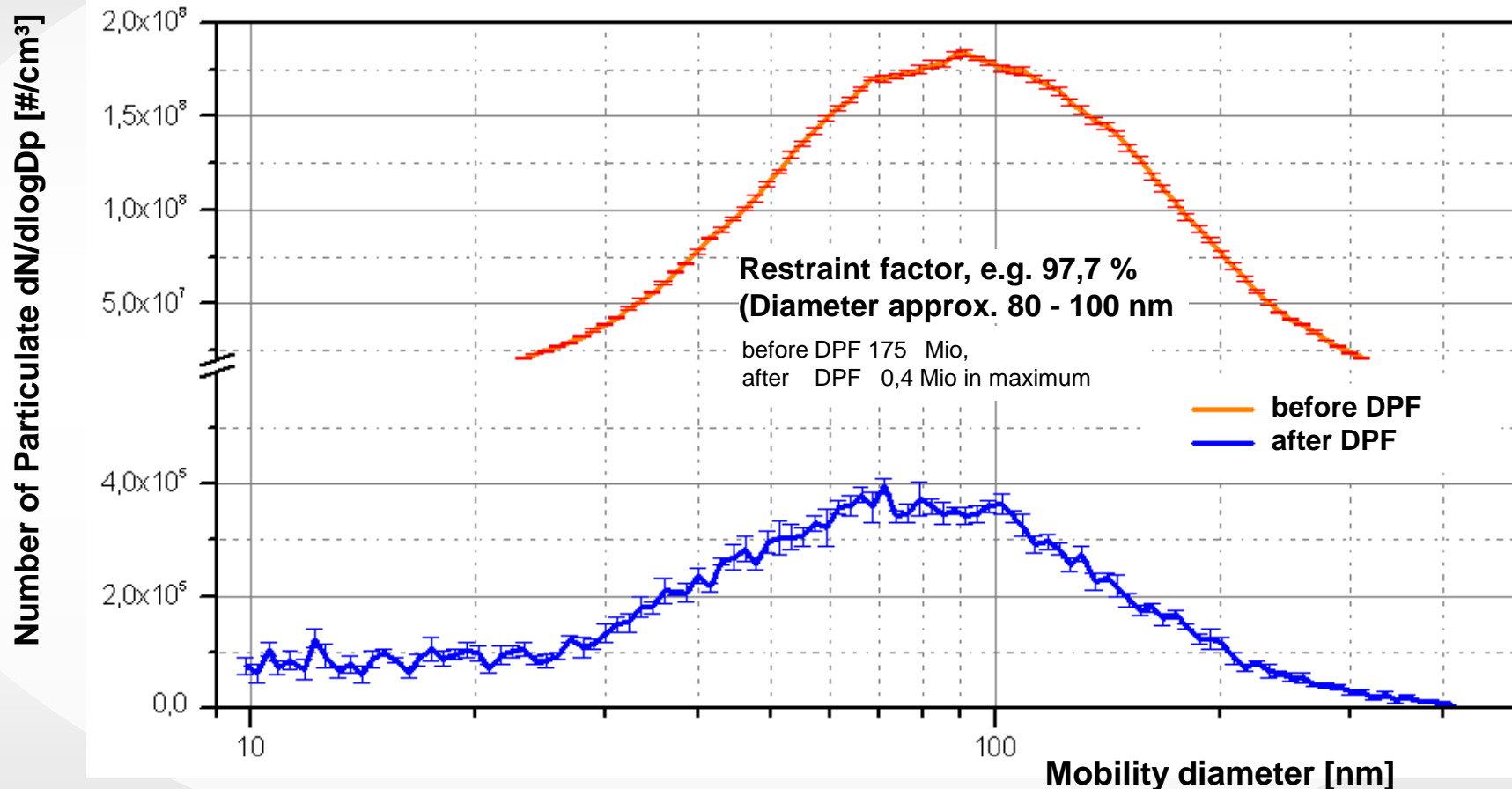


# Lõi lọc SMF (Sintered Metal Filter) của HJS

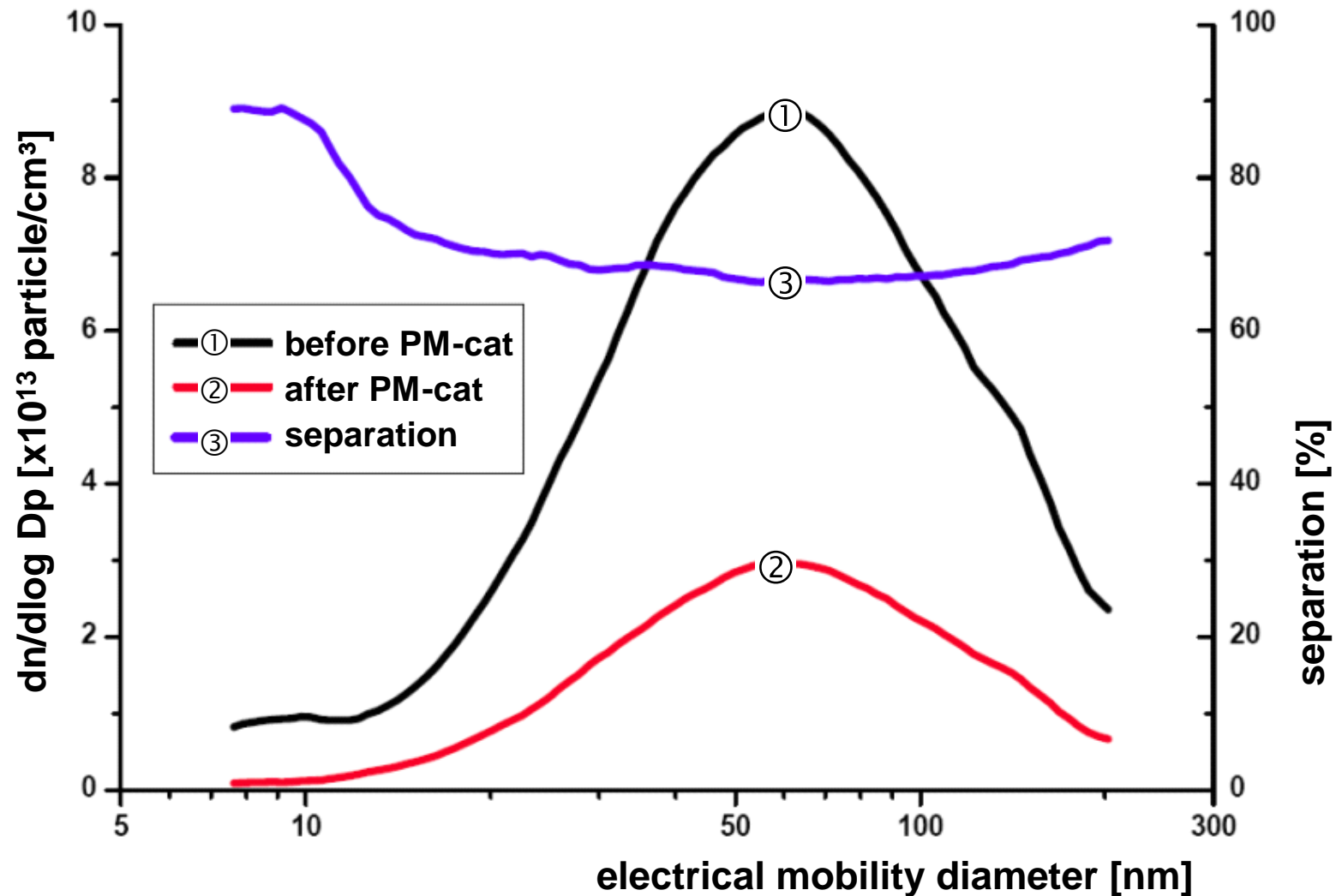


# Mật độ hạt PM trước và sau lọc DPF (phép đo SMPS)

Comparison: before DPF and after DPF  
engine test bench: 1,9 l TDI UI Engine (85 kW)



# Phân bố kích thước hạt (SMPS), D2066 LF với ESC-Test

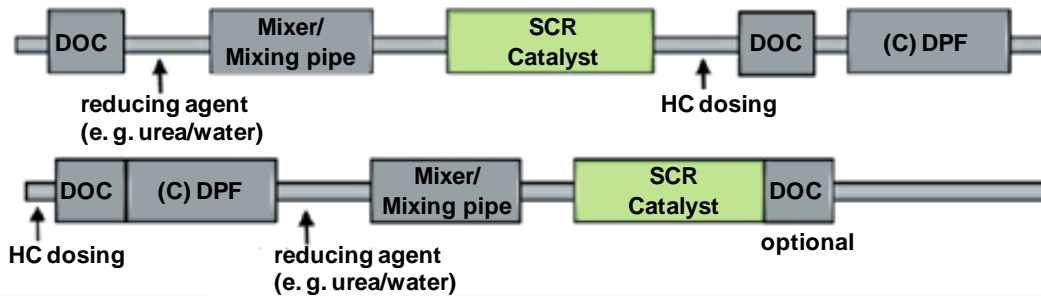




**Một số hệ thống xử lý khí thải tổng thể**

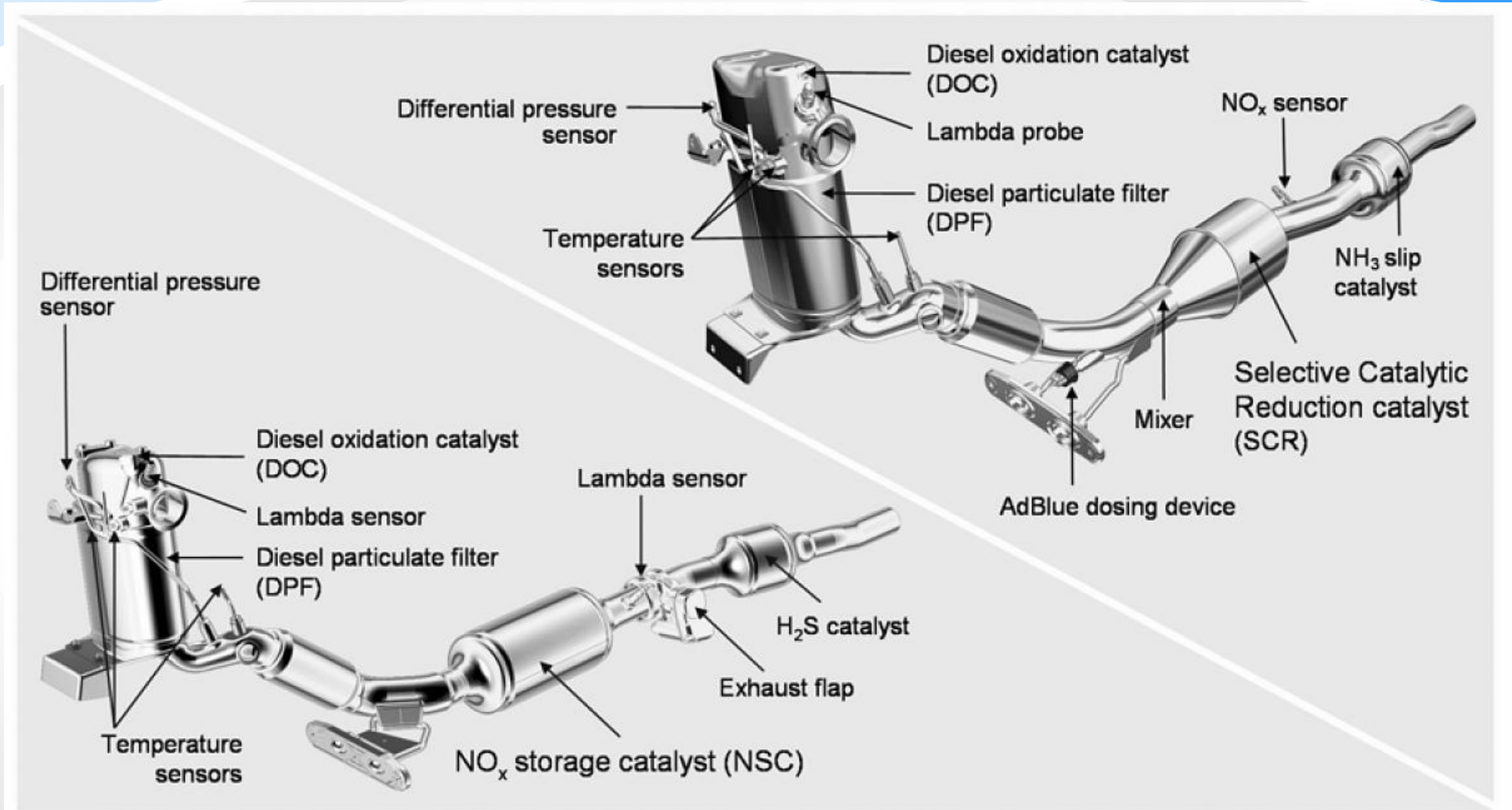
# Đánh giá sơ bộ 2 HT xử lý khí thải với cấu hình khác nhau

## Selective Catalytic Reduction (SCR)



	High temperature activity	Low temperature activity	Active DPF regeneration	Soot oxidation by NO <sub>2</sub>	Thermal aging	η NO <sub>x</sub> during DPF reg.	Package/complexity	Fuel consumption
Configuration 1 (DOC -> Mixer -> SCR -> DOC -> (C) DPF)	+	-	+	--	+	++	--	o/+
Configuration 2 (DOC -> (C) DPF -> Mixer -> SCR -> DOC)	+	--	+	+	o	-	-	-

# Các hệ thống sử dụng SCR và NSC kết hợp DOC-DPF

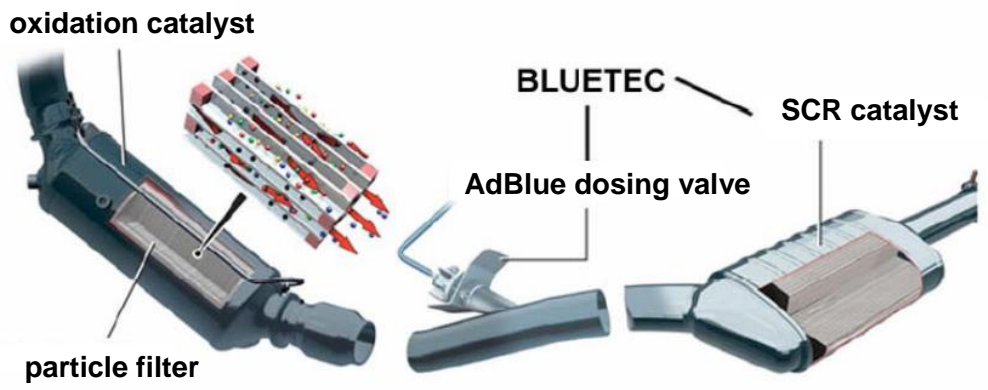
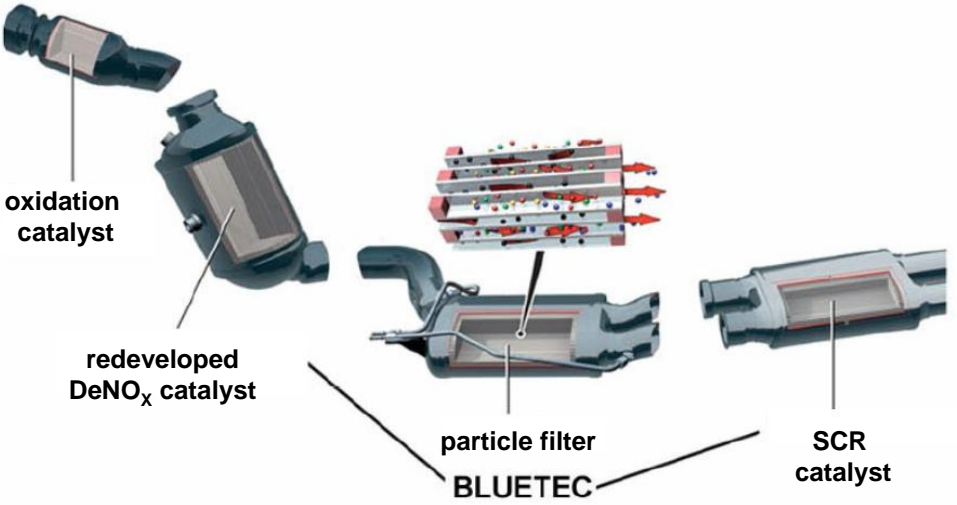




# Công nghệ BLUETEC (Daimler Chrysler AG)

redeveloped DeNO<sub>x</sub>- storage catalyst

AdBlue<sup>®</sup> injection



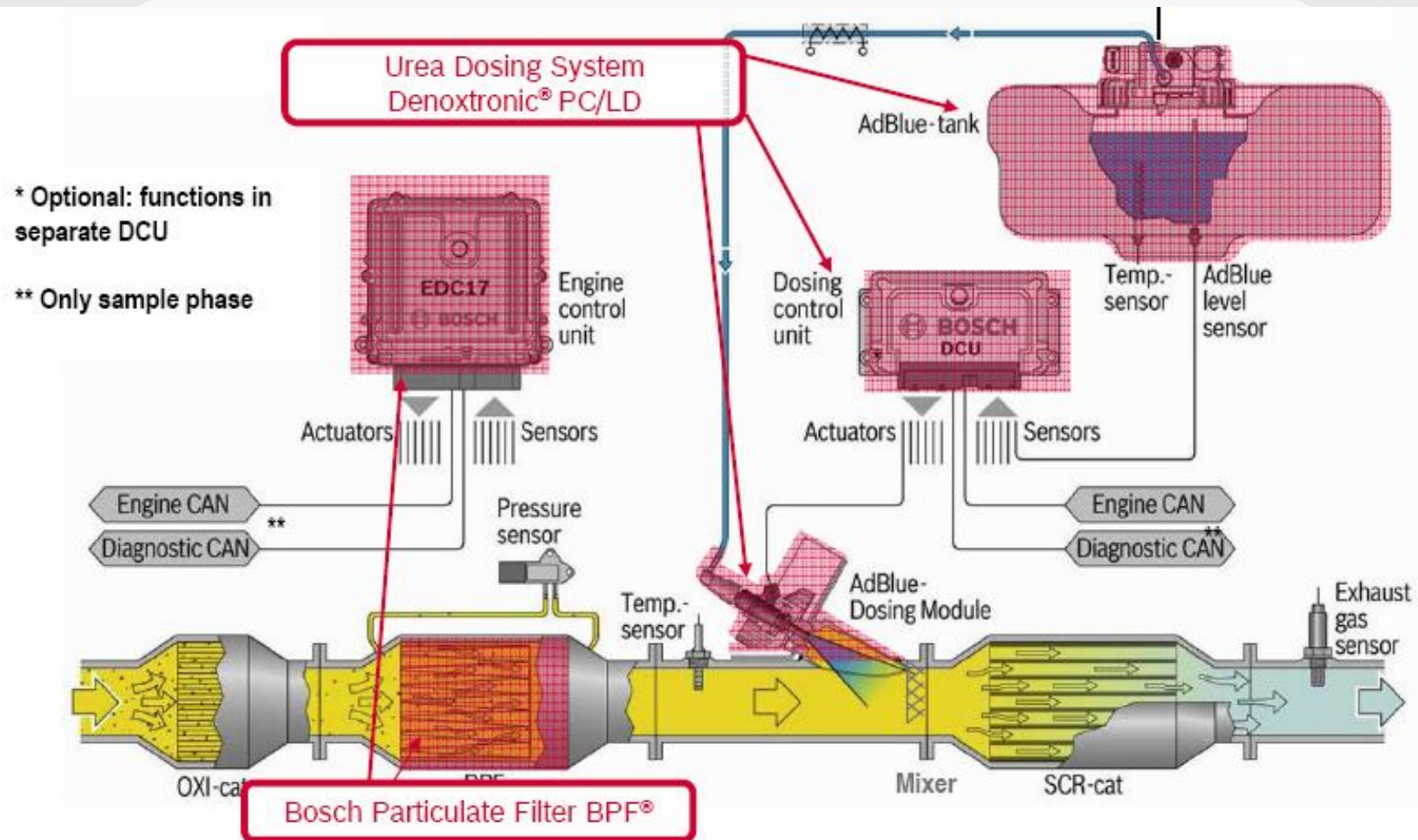
**Bluetec I**

**Bluetec II**

**Modular concept BLUETEC**

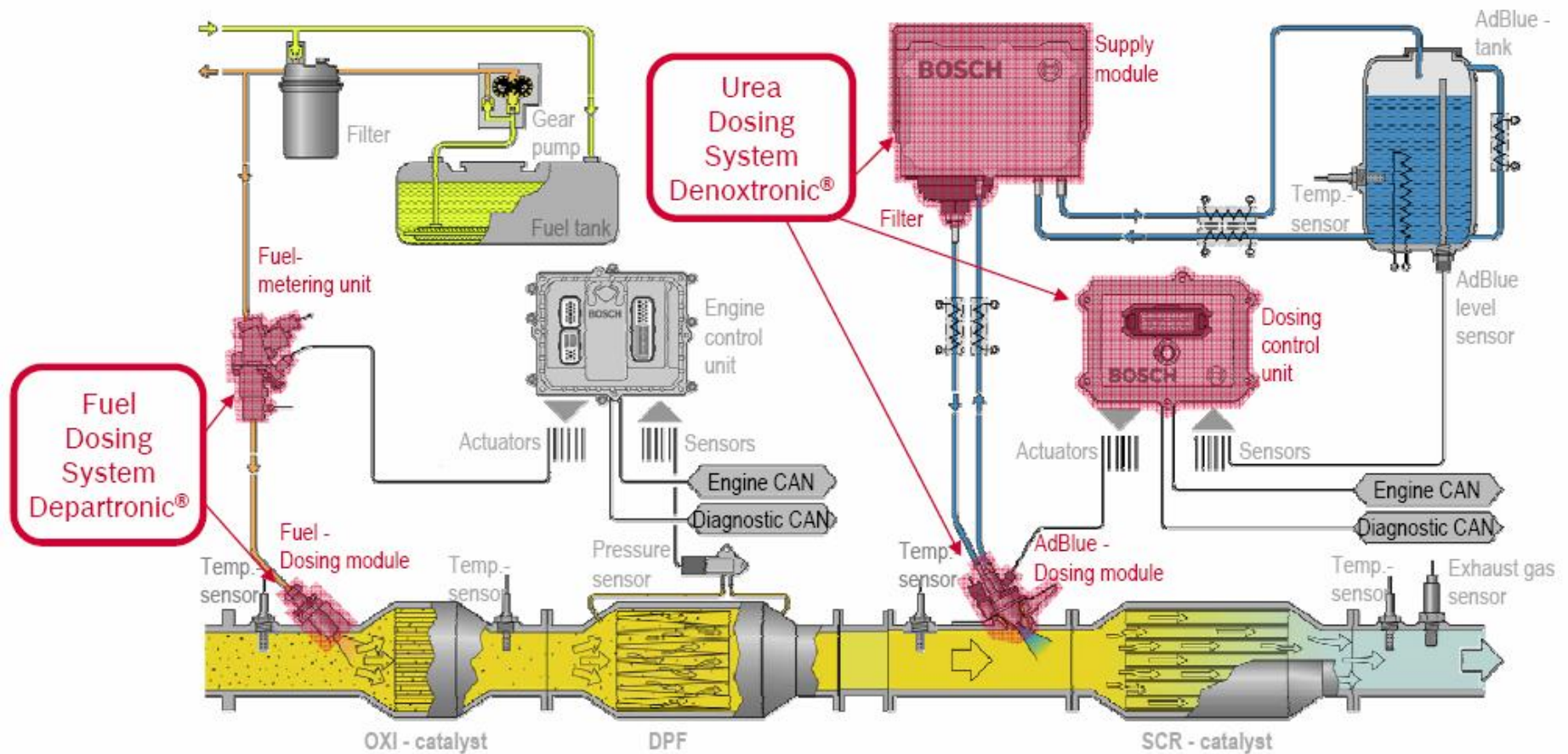
# Hệ thống xử lý khí thải của Bosch cho xe con và xe tải nhẹ

## EGT Products - Passenger Car/Light Duty

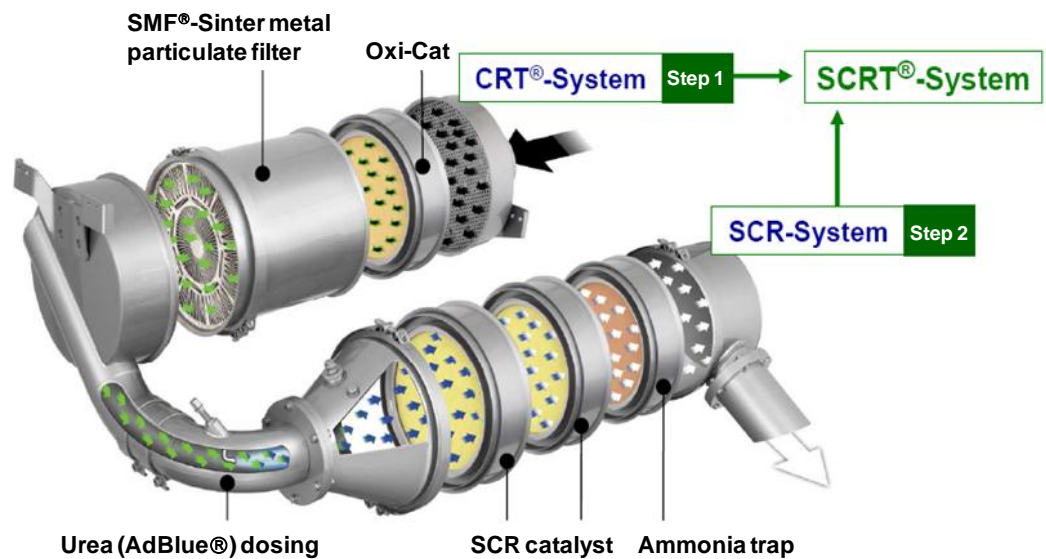


# Hệ thống xử lý khí thải của Bosch cho xe thương dụng

## EGT Products - Commercial Vehicles

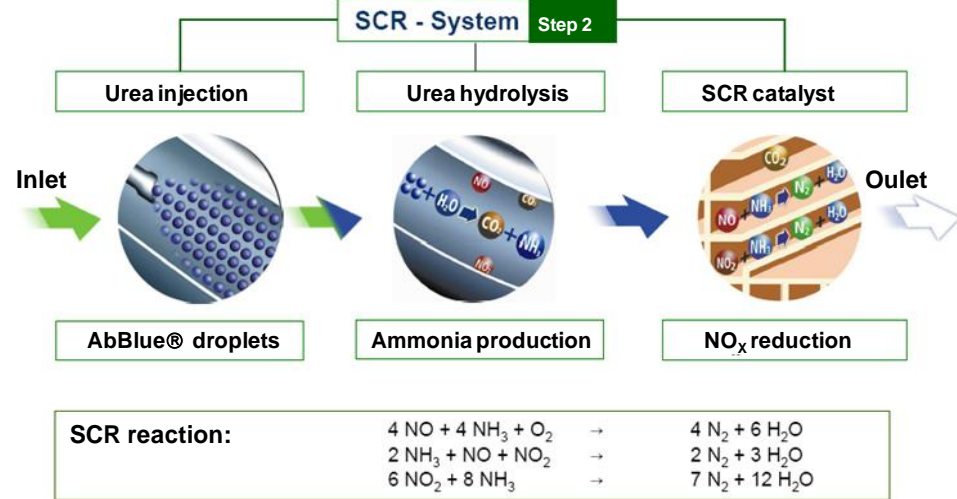
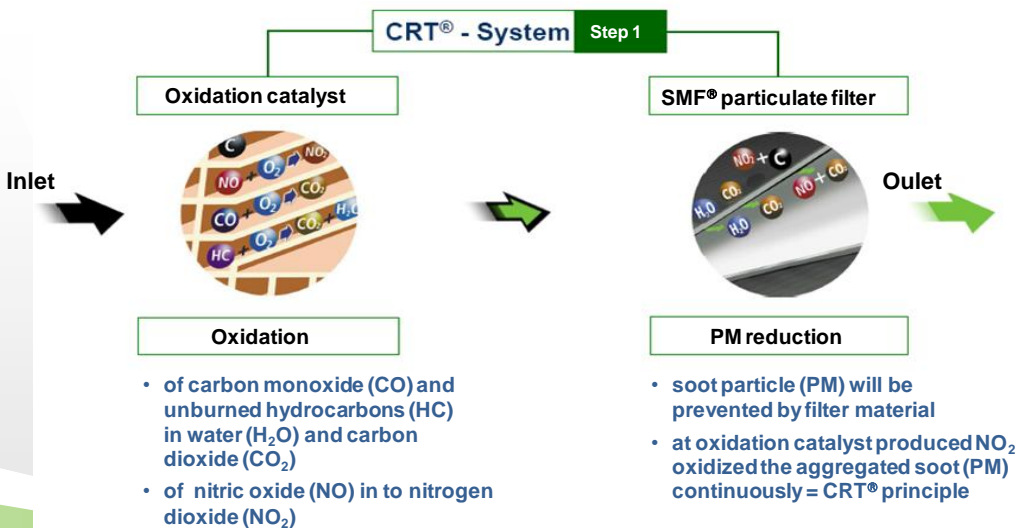


# Hệ thống xử lý khí thải SCRT<sup>®</sup> của HJS



## CRT – Continuously Regenerating Trap (JM Patent)

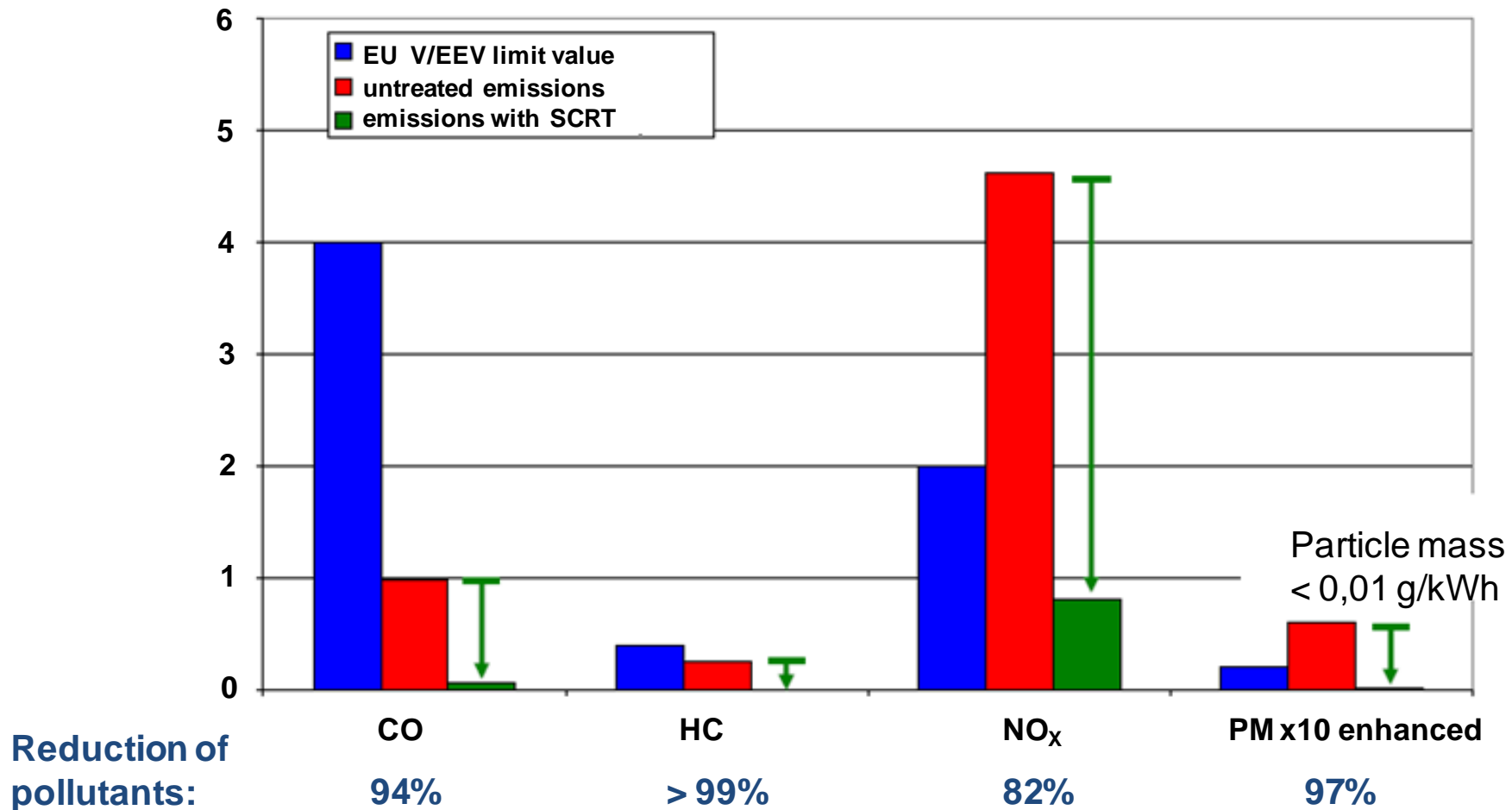
## SCR – Selective Catalytic Reduction



NO<sub>x</sub> reduction with ammonia (NH<sub>3</sub>) under oxidizing terms

# Thử nghiệm hệ thống SCRT® với CITARO G, OM 457 (EURO III)

## Phát thải theo ETC trên băng thử động cơ



# Thank You!

[Luong.nguyenthe@mail.hust.edu.vn](mailto:Luong.nguyenthe@mail.hust.edu.vn)

