

MARMITTA CATALITICA

Se nel motore a scoppio la combustione della benzina avvenisse in modo ideale, produrrebbe solo anidride carbonica (CO₂) e acqua (H₂O) secondo la reazione:



Dove con HC abbiamo indicato la benzina, un idrocarburo.

Purtroppo però la combustione reale che avviene nei cilindri del motore, è ben diversa e produce molecole inquinanti e velenose. Si verificano, infatti, due tipi di problemi:

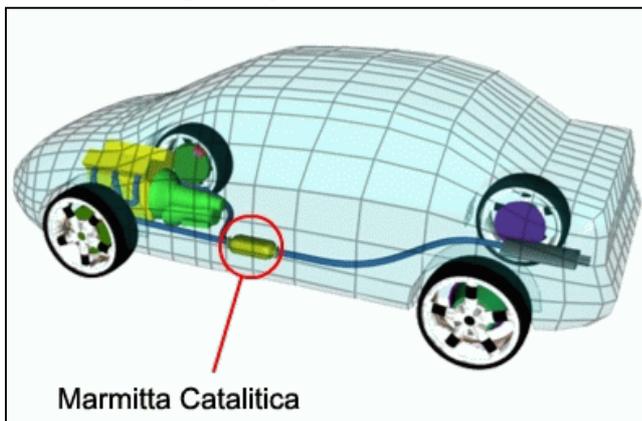
- 1) La combustione avviene in modo esplosivo è quindi è troppo rapida e non può completarsi. Nei gas di scarico, accanto ad H₂O e CO₂, ci sono anche i prodotti di una combustione incompleta: monossido di carbonio (CO) e idrocarburi parzialmente bruciati (HC_{par}).
- 2) Alle alte temperature e pressioni della camera di scoppio (2400 °C, 10 atm), l'ossigeno oltre a bruciare la benzina può bruciare anche l'azoto N₂ dell'aria formando piccole quantità di ossido di azoto NO. Questa reazione avviene ancora di più nei motori diesel dove si raggiungono temperature e pressioni maggiori.

Riassumendo, la reazione di **combustione reale**, che avviene nei motori a scoppio, oltre a produrre CO₂ e H₂O produce anche idrocarburi mal bruciati HC_{par} e monossido di carbonio CO che hanno reagito in modo incompleto con l'ossigeno O₂, inoltre produce ossido di azoto NO che invece si è ossidato troppo.



HC_{par}, CO e NO sono i principali inquinanti prodotti dai motori a scoppio e devono essere eliminati dai gas di scarico se vogliamo che il motore operi nel rispetto dell'ambiente.

Per risolvere questo problema, è stata introdotta la **marmitta catalitica**, un piccolo reattore chimico



incorporato nel sistema di scarico dell'automobile e posto tra il motore e la marmitta tradizionale, o silenziatore.

Contiene una struttura di ceramica a nido d'ape, rivestita di una pellicola sottile di metalli **catalizzatori** (che facilitano le reazioni chimiche) come il palladio Pd, il rodio Rh e il platino Pt.

Le **prime marmitte catalitiche** erano di tipo **ossidante**, cioè cercavano di completare la reazione di combustione che avviene in modo incompleto nella camera di scoppio. Per questo utilizzavano un metallo catalizzatore come il

palladio Pd che ha la proprietà di favorire la reazione tra idrocarburi e ossigeno facendola avvenire già a 300 °C, una temperatura molto più bassa di quella che si realizza in una fiamma o nei cilindri del motore.

La reazione in una **marmitta catalitica ossidante** è la seguente:



In questa marmitta i composti parzialmente ossidati, HC_{par} e CO, possono completare la reazione di combustione reagendo con l'ossigeno O₂ rimasto nei gas di scarico. Si formano CO₂ e H₂O, i prodotti della combustione ideale.

I motori equipaggiati con marmitta catalitica ossidante, però, non si possono definire puliti perché la **marmitta catalitica ossidante non è in grado di abbattere l'ossido di azoto**. Per eliminare l'ossido di azoto NO non bisogna ossidare (aggiungere ossigeno), ma bisogna piuttosto ridurre, cioè togliere ossigeno. Una marmitta catalitica efficiente dovrebbe quindi **ossidare HC_{par} e CO** e inoltre **ridurre NO**.

Le moderne marmitte catalitiche sono dette **trivalenti** perché riescono ad eliminare tutti e tre gli inquinanti dai fumi di scarico: HC_{par}, CO e NO. Sono realizzate unendo nella stessa struttura due catalizzatori uno riducente e l'altro ossidante.

Il **catalizzatore riducente** è a base di rodio Rh e favorisce la decomposizione dell'ossido di azoto NO in N₂ e O₂ secondo la seguente **reazione di riduzione di NO**:

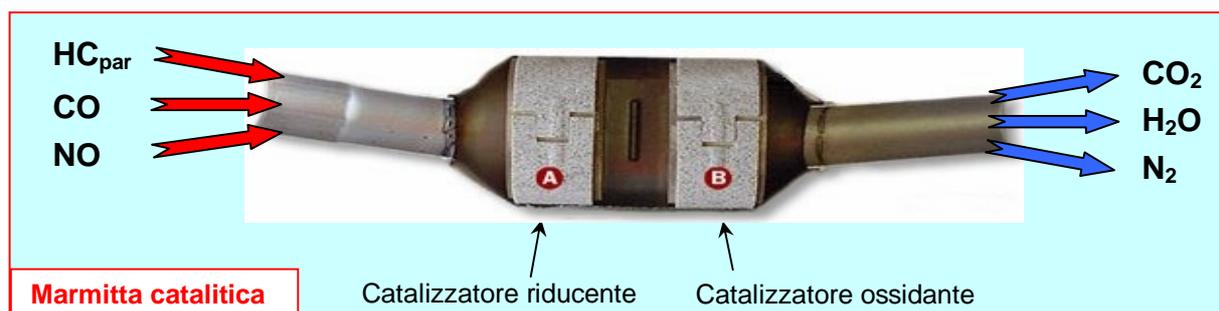


L'ossido di azoto NO non è una molecola molto stabile e a temperature comprese tra 300 e 900 °C può essere trasformato in N₂ e O₂ che risultano più stabili.

A valle di quello riducente, si pone il **catalizzatore ossidante** che utilizza l'ossigeno, ancora presente nei gas di scarico, per completare la combustione dei composti non completamente ossidati, HC_{par} e CO, secondo la reazione:



In questo modo si sono eliminati dai gas di scarico i tre principali inquinanti.



Il rapporto ideale aria/benzina per ottenere una combustione completa è **14,7/1** ed è chiamato **rapporto stechiometrico**. Una carburazione più magra (con meno benzina) non è accettabile perché comporta una certa perdita di potenza del motore. Una carburazione più grassa non è accettabile perché mancherebbe l'ossigeno O₂ necessario al catalizzatore ossidante per abbattere HC_{par} e CO. Appare evidente, quindi, che, per avere la massima efficienza del motore e della marmitta catalitica, è indispensabile che la carburazione sia attentamente controllata: né troppo grassa, né troppo magra, ma esatta, **stechiometrica**. In queste condizioni la marmitta catalitica raggiunge la sua massima efficienza abbattendo il 90% degli inquinanti.

Dato però che la carburazione può essere influenzata dalla pressione atmosferica e dall'umidità dell'aria, per mantenerla ideale bisogna continuamente correggerla. Per questo si utilizza l'**iniezione elettronica** cioè una centralina elettronica che regola la quantità di aria e carburante immessa nei cilindri in base al segnale fornito dalla **sonda lambda**, un sensore del livello di O₂ nei gas di scarico, situato in entrata al convertitore catalitico.

La marmitta catalitica è un reattore chimico piuttosto delicato che non sopporta grandi sbalzi termici né la presenza di alcuni "veleni" come piombo Pb e zolfo S e che, per funzionare correttamente, richiede una temperatura di esercizio compresa tra 300°C e 900°C. Per questo, quando il motore parte a freddo, la marmitta catalitica non entra in funzione immediatamente, ma è inefficiente per qualche minuto fino a quando la sua temperatura non raggiunge i **300 °C**. Questo è chiamato **tempo di light-off** o di accensione della marmitta.