

Abbattimento VOC e sostanze odorigene tramite plasma

Ossidazione VOC mediante plasma

- Quali specie si generano nel plasma e come funziona la distruzione dei VOC?

Tipicamente i plasmi non termici (NTP) sono generati da un campo elettrico sufficientemente forte da creare un gas neutro che rilasciando elettroni genera radicali, particelle neutre, ioni, fotoni e UV capaci di innescare meccanismi efficaci nella distruzione dei VOC.

Dopo l'eccitazione, la ionizzazione e la dissociazione si generano specie chimicamente attive e reattive tipicamente a base ossigeno, quali radicali $\bullet\text{OH}$, radicali $\bullet\text{HO}_2$, radicali $\bullet\text{O}$ che sono in grado di attaccare le molecole di idrocarburi più o meno complessi provocando la conversione controllata in CO_2 e H_2O .

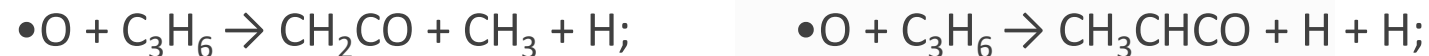
Meccanismi principali di abbattimento

Esistono tre percorsi principali per l'abbattimento tramite NTP, ovvero 1) impatti elettronici; 2) collisioni con ioni; 3) attacchi di radicali reattivi in fase gassosa (come radicali $\bullet\text{OH}$ e $\bullet\text{O}$). La combinazione di questi attacchi porta alla distruzione progressiva delle molecole organiche fino a generare CO_2 e H_2O .

I processi di ossidazione partono con la dissociazione delle molecole di ossigeno attraverso dissociazione elettronica e attacco dissociativo:



L'ossigeno atomico può quindi reagire velocemente con gli idrocarburi (che qui rappresentiamo per semplicità con il propilene, C_3H_6), passando attraverso la produzione intermedia di radicali metilici, idrogeno e radicali HO_2 :



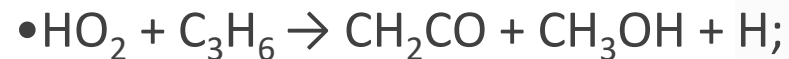
Si consideri inoltre che la contestuale presenza di ozono, generato nel plasma, va ad aggiungersi nei meccanismi di interazione con i VOC, intensificando la concentrazione e l'efficacia delle specie $\bullet\text{OH}$.

Meccanismi principali di abbattimento

Gli idrocarburi intermedi prodotti dalla iniziale distruzione del propilene reagiscono ulteriormente con l'ossigeno molecolare, producendo ulteriori radicali $\bullet\text{HO}_2$ secondo lo schema:



Questi radicali rientrano nel ciclo di reazioni esposto in precedenza potenziandone l'effetto.



nel plasma, va ad aggiungersi nei meccanismi di interazione con i VOC, intensificando la concentrazione e l'efficacia delle specie OH e $\bullet\text{HO}_2$.

Ossidazione sostanze odorogene

- Quali specie si generano nel plasma e come funziona la distruzione delle sostanze odorogene?

I meccanismi che portano alla distruzione delle sostanze odorogene sono molto simili a quelli già visti per la distruzione dei VOC. Infatti le specie chimicamente attive e reattive sono quelle già viste a base ossigeno, quali radicali $\bullet\text{OH}$, radicali $\bullet\text{HO}_2$, radicali $\bullet\text{O}$ che sono in grado di attaccare le molecole odorogene provocando la conversione controllata nei sottoprodotti di ossidazione.

Fra le sostanze odorogene ad impatto maggiore ci sono sicuramente i

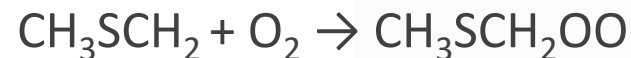
Nel caso della rimozione del solfuro dimetile (DMS), $\text{S}(\text{CH}_3)_2$, dai gas esausti degli scarichi industriali il processo comincia con l'ossidazione indotta dalle specie ossidanti generate nel plasma, in particolare $\bullet\text{OH}$.

Meccanismi principali di abbattimento

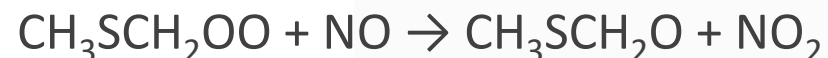
Il primo stadio delle reazioni è l'attacco da parte dei radicali OH secondo i possibili meccanismi:

- a) • OH + CH₃SCH₃ → CH₃S + CH₃OH;
- b) • OH + CH₃SCH₃ → H₂O + CH₃SCH₂•;

Il radicale CH₃S è il sottoprodotto intermedio nella dissociazione del DMS. Esso si forma direttamente dalla reazione a) o attraverso la trasformazione del radicale CH₃SCH₂• prodotto nella reazione b) nel corrispondente radicale perossido mediante attacco dell'ossigeno molecolare:



Il radicale perossido CH₃SCH₂OO• è quindi trasformato in radicale CH₃SCH₂O• mediante la reazione con NO secondo il meccanismo:



Ulteriori ossidazioni dell'intermedio di reazione CH₃S portano alla formazione di SO₂, CO₂, H₂O e conseguente scomparsa dell'odore.

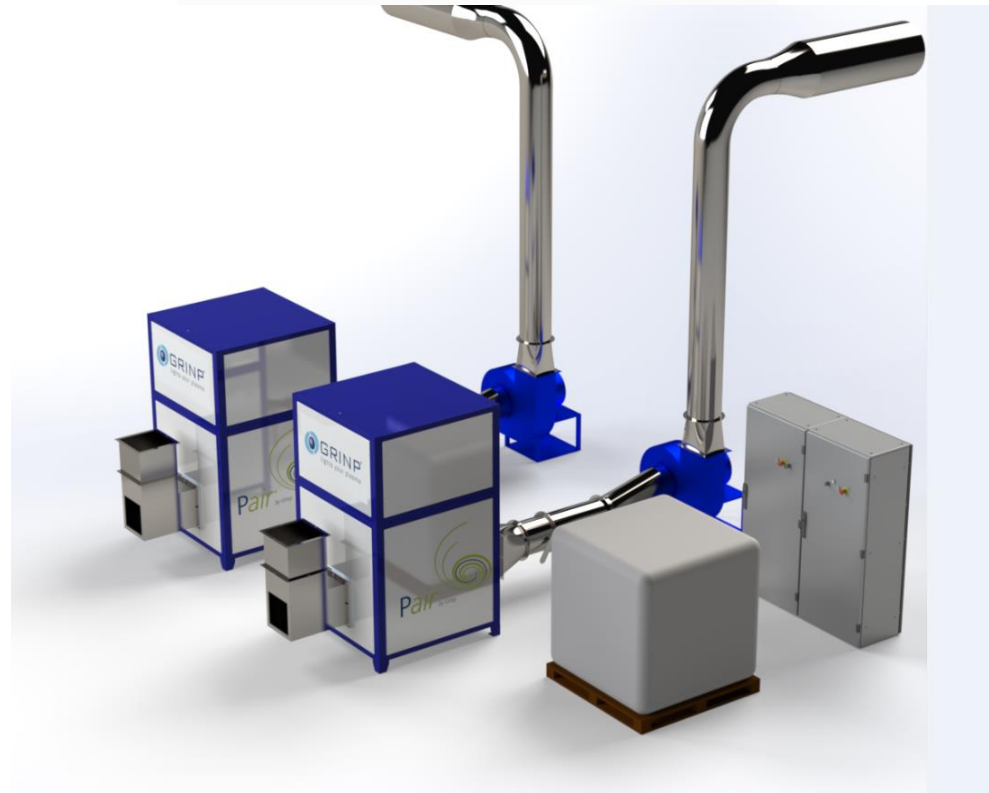
Potenziali di ossidazione specie generate

- **Radicale OH:** potenziale redox = 2,86 V (forte potere ossidante).
- **Ozono:** potenziale redox = 2,07 V (gas solubile in soluzione acquosa, solubilità diminuisce se T aumenta e se pH aumenta).
- **Perossido di idrogeno (H₂O₂):** potenziale redox = 1,78 V.
- **Ossigeno atomico:** potenziale redox = 2,42 V.

Tabella 1. Potenziale di ossidazione degli agenti ossidanti

Sostanza	Potenziale redox (V)
Fluoro	2,87
Idrossiradicale (OH \cdot)	2,86
Ione persolfato (S ₂ O ₈ ²⁻)	2,60
Ossigeno atomico (O)	2,42
Ozono (O₃)	2,07
Perossido di idrogeno (H ₂ O ₂)	1,78
Cloro (Cl)	1,36
Diossido di cloro (ClO ₂)	1,27
Molecola di ossigeno (O ₂)	1,23

Sistema plasma



Contatti

GRINP SRL

Via Antonio De Francisco 123, Settimo Torinese

f.parisi@grinp.com