

Le proprietà attivanti del plasma non termico

A cura del dott. Francesco de Laurentiis // 09-01-2026

Il plasma atmosferico (non-termico) è una miscela di gas parzialmente ionizzato generato da una scarica elettrica. Le collisioni tra elettroni liberi e particelle più pesanti genera un'abbondanza di specie reattive (molecole eccitate sia nei livelli elettronici che vibrazionali, radicali, ioni e atomi).

Le applicazioni sulla superficie del pellame del plasma atmosferico hanno evidenziato come siano conseguibili una migliore bagnabilità, un incremento significativo delle adesioni sia della rifinitura, che degli effetti (*pattern*) ottenuti attraverso il processo di *foil transfer*.

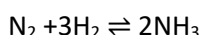
La modifica delle proprietà superficiali dei materiali (film plastici, compositi, pellame) non è il solo ambito di applicazione del plasma, sebbene sia uno dei più diffusi. Gli studi hanno riguardato anche l'utilizzo quale ausilio "energetico" per le reazioni chimiche. In tale contesto, l'azione del plasma si esplica nel rendere disponibili dell'ambiente di reazione specie eccitate o elettroni energetici, altrimenti assenti in un decorso classico della reazione, ovvero in reazioni guidate termicamente, che sono non selettive.

La natura non-termica dei plasmi li rende interessanti per l'uso in associazione con i sistemi catalitici tradizionali specialmente per l'attivazione di molecole non reattive.

In molti processi tecnologici, infatti, sono coinvolte reazioni che utilizzano specie reagenti che sono intrinsecamente non-reattive. Le severe condizioni di reazione richieste in talune trasformazioni sono correlate ai parametri cinetici e termodinamici associati all'attivazione dei reagenti ed alla massimizzazione delle rese di prodotti.

Ad esempio, la produzione di fertilizzanti a base ammoniacale richiede l'attivazione dei legami di molecole molto stabili come quello a triplo legame dell'azoto, nel processo Haber-Bosch di conversione in ammoniaca con idrogeno, processo che richiede condizioni molto severe ($T = 700\text{ }^{\circ}\text{K}$, $p = 100\div 200\text{ atm}$).

Nel caso della sintesi dell'ammoniaca,



la reazione, a basse temperature e pressioni, è cineticamente limitata dall'alta barriera di dissociazione dell'azoto su catalizzatori metallici convenzionali.

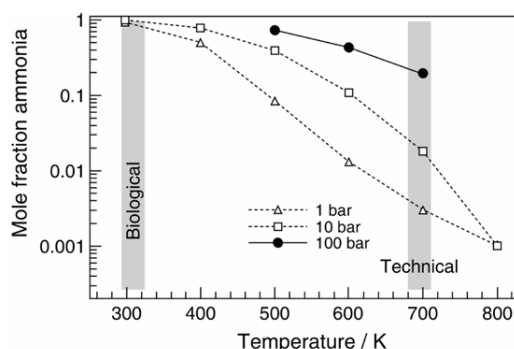


Fig. 1 Diagramma condizioni formazione ammoniaca (termica)

Vari tipi di plasmi sono stati sperimentati (a scarica a bassa pressione, a scarica a radiofrequenza e a microonde), ma l'orientamento prevalente da tempo è l'utilizzo del plasma *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) a pressione atmosferica.

Utilizzando tale tipo di plasma si è potuto ottenere la reazione sopra menzionata a temperature più blande ($T < 200\text{ }^{\circ}\text{C}$) e persino in assenza di catalizzatore.

Uno schema generale di reattore plasma-catalitico è il seguente

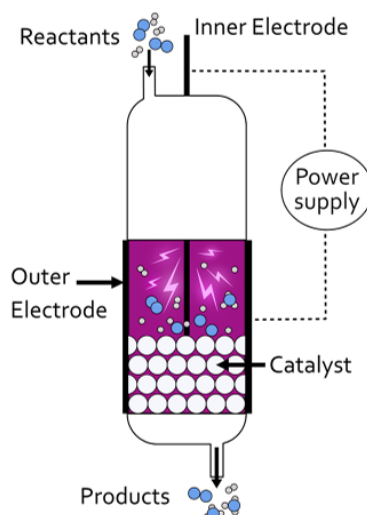


Fig.2 Rappresentazione schematica di un reattore DBD

L'efficienza di reazione è dipendente da vari fattori, come la geometria del sistema, ovvero la forma degli elettrodi, il tipo e la forma di distribuzione del catalizzatore eterogeneo. L'energia elettrica fornita nel processo viene espressa come *specific energy input* (SEI) o energia elettrica depositata per mole di gas

$$SEI = \frac{\text{plasma power}}{\text{flow rate}}$$

In applicazioni pratiche, la temperatura del gas di lavoro viene controllata attraverso un sorgente di energia termica esterna e, in sistemi di catalisi plasma-assistiti, la SEI e l'energia termica sono due variabili di controllo indipendenti e modulabili.

Utilizzo nel settore conciario

La catalisi plasma-assistita apre diversi campi di applicazione nel settore della modifica dei prodotti per concia e rifinitura.

L'applicazione di plasma-catalisi potrebbe rivelarsi una valida via di processamento di polimeri e biopolimeri, che risultano intrinsecamente stabili al fine di permettere la funzionalizzazione necessaria alla reazione con il collagene e questo senza l'ausilio di reagenti problematici o con prodotti collaterali non desiderati.

Un altro campo di applicazione potrebbe essere quello di funzione di *trigger* di reticolazione per reticolanti di tipo *embedded*, permettendo una soglia di attivazione indipendente dalle condizioni di lavorazione o ambientali. In quest'ultimo caso anche il DBD classico per attivazione superficiale, di cui SSIP dispone di impianto pilota, potrebbe essere idoneo all'utilizzo.

Referenze

[1] A. Bogaerts; G. Centi; V. Hessel; E. Rebrov "Perspective and emerging trends in plasma catalysis: facing the challenge of chemical production electrification" *ChemCatChem* 2025, 17, e202401938 Wiley-VCH GmbH

[2] *Schlögl, R. Handbook of Heterogeneous Catalysis, 2nd ed.; Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008; pp. 2501-2575*