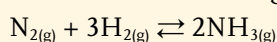


## Il processo Haber-Bosch: come sfruttare l'equilibrio mobile

Circa un secolo fa veniva messo in funzione il primo impianto pilota per la produzione industriale dell'ammoniaca presso l'industria chimico-farmaceutica tedesca BASF (Badische Anilin und Soda Fabrik).

La reazione di sintesi dell'ammoniaca a partire dalla fissazione dell'azoto atmosferico con l'idrogeno:



era considerata una reazione impossibile da utilizzare in un processo industriale. Per farla avvenire occorrono infatti alte temperature per rompere i forti legami delle molecole di azoto  $\text{N}_2$ ; la reazione è però esotermica e ad alte temperature l'equilibrio è spostato verso i reagenti. Le elevate temperature accelerano la reazione, ma rendono modesta la quantità di ammoniaca che si ottiene.

La ricerca e lo sviluppo di un metodo per produrre ammoniaca su scala industriale nacque in Germania dalla necessità di avere a disposizione grandi quantitativi di azoto nitrico per la fabbricazione di esplosivi. L'industria tedesca destinò ingenti mezzi e risorse verso lo studio di un metodo e di una tecnologia in grado di produrre ammoniaca, in modo da rendere la Germania indipendente dalle importazioni di salnitro dal Cile. Lo sviluppo della tecnologia di sintesi e di produzione su scala industriale dell'ammoniaca è un chiaro esempio di come, nella scienza e nella tecnica, si possano ottenere importanti risultati dalla sinergia tra ricerca e impresa.

Per più di dieci anni la Germania dell'imperatore Guglielmo II mise in campo grandi risorse umane, scienziati e tecnici, e fornì loro mezzi e strutture per effettuare ricerche e sperimentazioni di chimica applicata.

Un anno importante nella storia dell'industria chimica tedesca fu il 1903, quando Fritz Haber (1868-1934, Premio Nobel per la chimica 1918) iniziò a lavorare alla sintesi dell'ammoniaca. I primi risultati non furono incoraggianti, ma nel 1905 gli studi di termodinamica di Walther Hermann Nernst (1864-1941, Premio Nobel per la chimica 1920) aiutarono a comprendere i principi che riguardano l'equilibrio chimico e la linea di ricerca ebbe una svolta.

Nel 1908 si ebbe il primo brevetto di Haber, che, nel 1909, sintetizzò con successo l'ammoniaca nel suo laboratorio. Un anno dopo, grazie al lavoro ingegneristico di Karl Bosch (1874-1940, Premio Nobel per la chimica, in-

sieme con Friedrich Bergius, 1931), iniziò la produzione in un impianto pilota della BASF. Nel 1910 fu brevettato il processo Haber-Bosch per la sintesi dell'ammoniaca.

Fondamentale fu anche il lavoro sperimentale di Paul Alwin Mittasch (1869-1953), che permise di giungere alla formulazione del catalizzatore più efficiente per la sintesi. In pochi anni furono testate più di 2500 formule diverse, fino a quando un particolare campione di magnetite, un minerale a base di ferro, proveniente dalla Svezia si rivelò il più adatto allo scopo. Solo più tardi si comprese che erano le particolari impurità di alluminio e potassio presenti nel minerale a migliorarne le prestazioni.

Nel 1913 iniziò la produzione di ammoniaca sintetica su scala industriale.

Le ricerche nel campo della sintesi dell'ammoniaca hanno fruttato complessivamente quattro premi Nobel.

La reazione di sintesi dell'ammoniaca è una reazione d'equilibrio esotermica ( $\Delta H = -92 \text{ kJ/mol}$ ), dove tutte le sostanze sono presenti allo stato gassoso. Per ottenere una buona resa, cioè per fare in modo che l'equilibrio sia spostato verso destra, il metodo Haber-Bosch utilizza il principio dell'equilibrio mobile. In particolare la reazione viene fatta avvenire:

- ad alte concentrazioni di reagenti, in modo da aumentare la velocità della reazione diretta;
- in un recipiente in cui vi siano spruzzi d'acqua, in modo che l'ammoniaca formata si sciolga facilmente, sia eliminata dal recipiente di reazione e si sottragga all'equilibrio; la diminuzione della concentrazione di prodotto favorisce la reazione diretta;
- ad alte pressioni, perché tutti i componenti dell'equilibrio sono allo stato gassoso e il numero delle moli dei reagenti è doppio di quello del prodotto; il processo di sintesi dell'ammoniaca fece nascere la tecnologia delle alte pressioni;
- raffreddando il contenitore di reazione, in quanto la reazione è esotermica;
- in presenza di un catalizzatore di ferro attivato con ossidi di alluminio e potassio, per aumentare la velocità di reazione.

Da allora il processo di sintesi non ha subito variazio-

ni fondamentali. I reagenti sono sempre i medesimi, azoto e idrogeno, si opera a 500 °C, una temperatura solo di poco inferiore a quella originale (600 °C), e la pressione è diminuita da 300 a 150 bar. Anche il catalizzatore non è cambiato, mentre sono avvenuti grandi miglioramenti di tipo meccanico-ingegneristico nelle tecnologie industriali utilizzate (figura 1).

La produzione attuale di ammoniaca è di circa 150 milioni di tonnellate all'anno. L'85% dell'ammoniaca prodotta viene trasformata in fertilizzanti azotati, mentre il resto serve per produrre polimeri. La possibilità di avere a

disposizione grandi quantitativi di ammoniaca ha contribuito a diminuire il problema della fame nel mondo e ha innescato l'incremento demografico.

Per molti storici della scienza il processo Haber-Bosch per la sintesi dell'ammoniaca ha rappresentato uno degli avvenimenti scientifico-tecnologici più significativi e decisivi del secolo scorso. L'impatto che questa tecnologia ebbe sulla società fu talmente rilevante che la prestigiosa rivista scientifica «Nature» la indicò come la scoperta scientifica più importante del XX secolo e i suoi ideatori e realizzatori come i personaggi più influenti del Novecento.

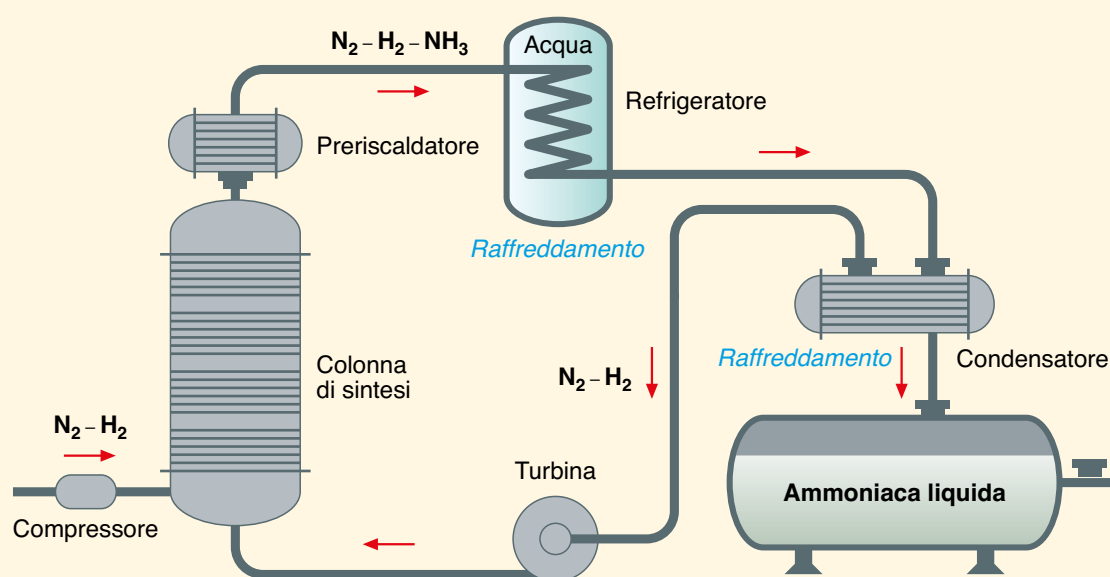


figura 1 Schema dell'impianto di sintesi dell'ammoniaca.