

Габер. Синтез аміаку

Черняєв Андрій

Група ІПС-32, курс 3, факультет кібернетики

andreych237@gmail.com

Вступ

Процес Габера—Боша, процес Габера — промисловий метод синтезу аміаку з азоту й водню під тиском (більше 100 атмосфер) та при нагріванні (400 - 500°C) в присутності каталізатора. Процес був розроблений німецькими вченими Фріцом Габером і Карлом Бошем. Суміш азоту і водню пропускається через нагрітий каталізатор під високим тиском. При цьому за рахунок високого тиску рівновага в реакції $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ зміщується в бік аміаку. Водень для отримання аміаку добувають з метану, обробляючи його водяною парою.

Властивості процесу Габера Важливою властивістю процесу Габер є його безвідходність. Реакція утворення аміаку з водню та азоту рівноважна та екзотермічна, тому при високих температурах, необхідних для досягнення прийнятної швидкості реакції рівновага зміщується у бік азоту та водню, і вихід аміаку за один прохід суміші газів через каталізатор у промислових умовах не перевищує 14-16%. Вихід аміаку (в об'ємних відсотках) за один прохід каталізатора при різних температурах та тиску має такі значення:

100ат	300ат	1000ат	1500ат	2000ат	3500ат	
-------	-------	--------	--------	--------	--------	--

400 °C	25,12	47,00	79,82	88,54	93,07	97,73
450 °C	16,43	35,82	69,69	84,07	89,83	97,18
500 °C	10,61	26,44	57,47	Нема даних		
550 °C	6,82	19,13	41,16			

Застосування каталізатора (пористе залізо з домішками Al_2O_3 та K_2O) дозволило прискорити досягнення рівноважного стану. Цікаво, що при пошуку каталізатора цю роль пробували понад 20 тисяч різних речовин.

Враховуючи всі наведені вище фактори, процес отримання аміаку проводять за наступних умов: температура 500°C , тиск 350 атмосфер, каталізатор. Вихід аміаку за таких умов становить близько 30

Незважаючи на те, що реакція синтезу аміаку екзотермічна, процес Габер дуже енергоємний: середня витрата електричної енергії на виробництво 1 т аміаку становить $3200 \text{ кВт} \cdot \text{год}$. Енергія витрачається на стиск та нагрівання суміші азоту та водню і частково розсіюється в тепло при охолодженні, необхідному для конденсації та відділення аміаку.

За оцінкою за 2010 рік індустрія азотовмісних добрив США використала 148 ПДж теплової енергії від спалювання палива, 13 ПДж електричної енергії та еквівалент енергії в 196 ПДж метану як джерела водню, виробивши при цьому 8,7 млн т аміаку. Таким чином, на виробництво 1 т аміаку було витрачено $4700 \text{ кВт} \cdot \text{г}$ теплової енергії, $415 \text{ кВт} \cdot \text{г}$ електричної енергії та $6300 \text{ кВт} \cdot \text{г}$ теплової енергії, запасеної у використаному метані. Однак ці значення витраченої енергії є оцінними, оскільки статистичні дані доступні лише для всієї індустрії загалом, а чи не для окремої установки з виробництва аміаку.

Цікаво, що біофіксація атмосферного азоту мікроорганізмами — ще енергоємніший процес: для фіксації 1 молекули азоту потрібно не менше 12 молекул АТФ, що еквівалентно $5000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ на тонну аміаку.

Література

- [1] Процес Габера — Боша
- [2] Процес Габера — Боша