

Pracownia: Odpady przemysłowe i ich utylizacja

Instrukcja ćwiczenia nr 17

Oczyszczanie gazów odlotowych ze związków organicznych – adsorpcja na złożu zeolitowym

Opracowała dr inż. Jadwiga Skupińska
i dr Hanna Wilczura-Wachnik

Uniwersytet Warszawski Wydział Chemii
Zakład Dydaktyczny Technologii Chemicznej

Zjawisko adsorpcji gazów przez ciała stałe wykorzystywane jest w metodach oczyszczania powietrza od szeregu lat. Do najczęściej stosowanych adsorbentów należą węgiel aktywny, żel krzemionkowy, naturalne glinokrzemiany i zeolity (syntetyczne glinokrzemiany). Zastosowanie przemysłowe znalazły żel krzemionkowy, glinokrzemiany i zeolity na przykład do rozdzielania i osuszania gazów, natomiast węgiel aktywny wykorzystywany jest głównie do rekuperacji rozpuszczalników oraz jako wypełnienie w pochłaniaczach do ochrony dróg oddechowych i do usuwania z powietrza toksycznych substancji.

Adsorpcja jest zjawiskiem zachodzącym na powierzchni ciała stałego tzw. adsorbentu. Rzeczywista powierzchnia biorąca udział w procesie adsorpcji jest sumą powierzchni zewnętrznej ziaren adsorbentu i powierzchni wewnętrznej wszystkich jego szczelin. Powierzchnię właściwą adsorbentu wyraża się w m^2 na 1g ciała stałego i definiuje jako całkowitą powierzchnię biorącą udział w procesie adsorpcji. Materiały silnie porowate charakteryzują się powierzchnią właściwą rzędu kilkuset m^2/g . Dzięki tak bardzo rozwiniętej powierzchni mogą one pochłaniać ilości par rozpuszczalników i gazów wielokrotnie przewyższające objętość adsorbentu.

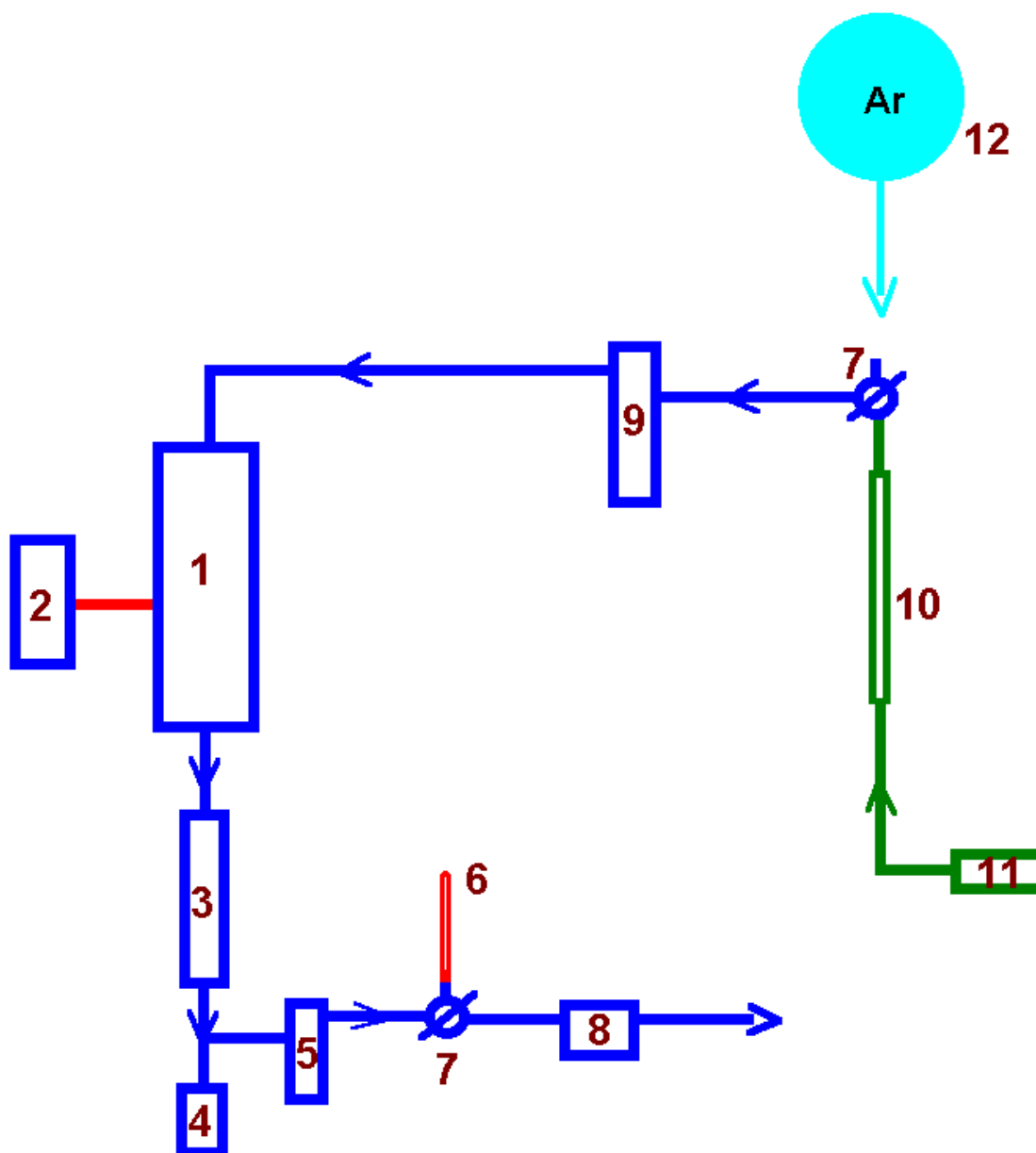
Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z adsorpcyjną metodą oczyszczania gazów z zanieczyszczeń związkami organicznymi. W ćwiczeniu wyznacza się chłonność dynamiczną złoża zeolitowego jako adsorbenta węglowodorów występujących w gazach odlotowych.

Przebieg ćwiczenia

Eksperyment wykonywany jest na zastawie, którego schemat przedstawia załączony rysunek. Adsorber (1) wypełniony jest określoną objętością: $10cm^3$ (7.70g) złoża zeolitu syntetycznego 13X.

Proces adsorpcji prowadzi się przepuszczając strumień powietrza zanieczyszczonego parami heksanu, lub innego węglowodoru przez warstwę adsorbentu aż do momentu przebicia złoża. Moment przebicia określa się przy pomocy reakcji barwnej stosując np. rurki wskaźnikowe **K-2** (6).

Nasycenie powietrza węglowodorem uzyskuje się przepuszczając strumień czystego powietrza przez ogrzaną do odpowiedniej temperatury płuczkę wypełnioną węglowodorem. Zawartość heksanu w strumieniu powietrza reguluje się poprzez zmianę temperatury płuczki i szybkości przepływu powietrza. W pierwszej fazie procesu, heksan jest całkowicie adsorbowany przez warstwę złoża. Do rurki wskaźnikowej **K-2** przechodzi wówczas powietrze oczyszczone z węglowodoru. Po pewnym czasie, gdy chłonność



adsorbenta zostaje przekroczone w strumieniu powietrza opuszczającym złożę pojawiają się pewne ilości heksanu. Jest to moment przebicia warstwy adsorbentu. Jego detekcja odbywa się poprzez stwierdzenie zmiany zabarwienia substancji wypełniającej rurkę K-2. Po stwierdzeniu przebicia złoża zamyka się dopływ strumienia zanieczyszczonego powietrza i przeprowadza proces odwrotny tzn. desorpcję węglowodoru.

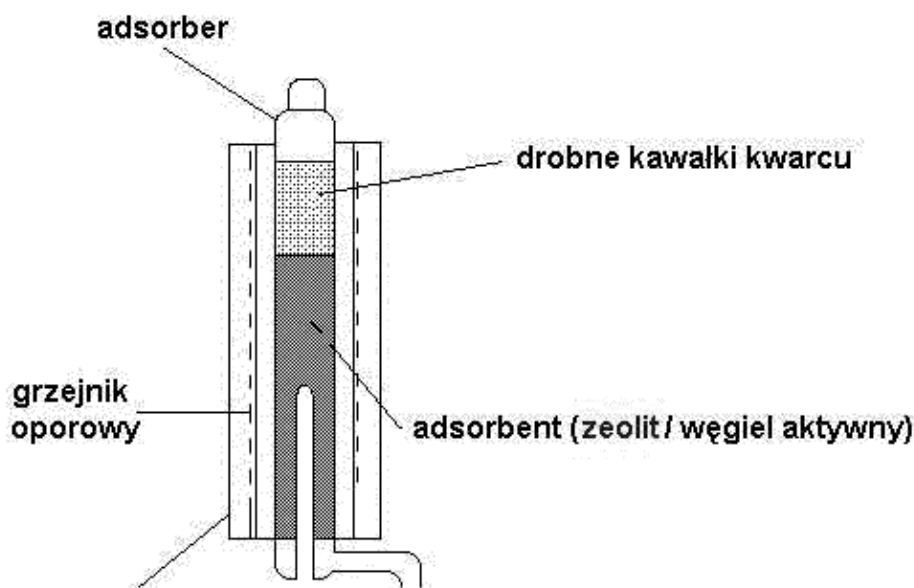
Proces desorpcji z zeolitu prowadzi się podnosząc temperaturę złoża do $\sim 320^{\circ}\text{C}$ i przepuszczając przez złożę strumień czystego powietrza. Strumień par opuszczających adsorbent kierowany jest do wymiennika ciepła (3) gdzie następuje ich kondensacja. Zdesorbowany węglowódor zbiera się w odbieralniku (4). Po zakończeniu desorpcji zawartość odbieralnika waży się i poddaje analizie metodą chromatografii gazowej.

Na zakończenie procesu desorpcji złoża zeolitowe przepłukuje się strumieniem czystego powietrza. Etap ten zamyka cykl pracy złoża, na który składają się kolejno: regeneracja – aktywacja – adsorpcja – desorpcja - regeneracja. Kolejny cykl pracy instalacji zawsze poprzedza przepłukanie złoża strumieniem gazu obojętnego.

Kolejność czynności:

Adsorpcja

1. Zważyć odbieralnik (4) i podłączyć do układu.
2. Napęlić płuczkę (9) węglowodorem, zważyć i podłączyć do układu.
3. Zamontować rurkę wskaźnikową **K-2** (6) w elemencie (7).
4. Rozpocząć przepuszczanie powietrza przez płuczkę (9) z węglowodorem ustalając szybkość przepływu powietrza przy pomocy rotametu (10).
5. Strumień powietrza zanieczyszczonego węglowodorem skierować na złoża.
6. Obserwować rurkę wskaźnikową **K-2**, sprawdzać czy nie następuje przebicie złoża.
7. Gdy nastąpi zmiana barwy substancji wypełniającej rurkę przerwać proces odcinając dopływ zanieczyszczonego powietrza.
8. Odłączyć płuczkę (9) z pozostałym węglowodorem i ponownie zważyć.



Desorpcja

1. Wymrażalnik (5) wypełnić suchym lodem (stały CO_2) z dodatkiem acetonu.
Czynności ta wymaga bezwzględnego stosowania okularów ochronnych!
2. Podnieść temperaturę złoża do $\sim 320^\circ\text{C}$ (2). Po ustaleniu temperatury przepłukiwać złoże strumieniem czystego powietrza do momentu usunięcia węglowodoru.
3. Produkty desorpcji zebrać w odbieralniku (4).
4. Przepłukać złoże gazem obojętnym.
5. Wyłączyć grzanie pieca.
6. Zważyć zawartość odbieralnika.
7. Produkt desorpcji zanalizować metodą chromatografii gazowej.

Po wykonaniu eksperymentu należy:

- obliczyć natężenie przepływu węglowodoru w mg/min.
- zbilansować proces.
- zinterpretować chromatogramy.
- określić ilość odzyskanego węglowodoru w %.
- wykonać opis ćwiczenia, który powinien zawierać cel i opis eksperymentu z podaniem ilości stosowanych substancji, schemat aparatury, spostrzeżenia, dyskusję uzyskanych wyników, oraz wnioski wraz z oceną przydatności metody do oczyszczania powietrza z zanieczyszczeń węglowodorami.