

[8~11] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오. -2024.06

분자들이 만나 화학 반응을 진행하는 데 필요한 최소한의 운동 에너지를 활성화 에너지라 한다. 활성화 에너지가 작은 반응은, 반응의 활성화 에너지보다 큰 운동 에너지를 가진 분자들이 많아 반응이 빠르게 진행된다. 활성화 에너지를 조절하여 반응 속도에 변화를 주는 물질을 촉매라고 하며, 반응 속도를 빠르게 하는 능력을 촉매 활성이라 한다. 촉매는 촉매가 없을 때와는 활성화 에너지가 다른, 새로운 반응 경로를 제공한다. 화학 산업에서는 주로 고체 촉매가 이용되는데, 액체나 기체인 생성물을 촉매로부터 분리하는 별도의 공정이 필요 없기 때문이다. 고체 촉매는 대부분 활성 성분, 지지체, 중진제로 구성된다.

활성 성분은 그 표면에 반응물을 흡착시켜 촉매 활성을 제공하는 물질이다. 고체 촉매의 촉매 작용에서는 반응물이 먼저 활성 성분의 표면에 화학 흡착되고, 흡착된 반응물이 표면에서 반응하여 생성물로 변환된 후, 생성물이 표면에서 탈착되는 과정을 거쳐 반응이 완결된다. 금속은 다양한 물질들이 표면에 흡착될 수 있어 여러 반응에서 활성 성분으로 사용된다. 예를 들면, 암모니아를 합성할 때 철을 활성 성분으로 사용하는데, 이때 반응물인 수소와 질소가 철의 표면에 흡착되어 각각 원자 상태로 분리된다. 흡착된 반응물은 전자를 금속 표면의 원자와 공유하여 안정화된다. 반응물의 흡착 세기는 금속의 종류에 따라 달라진다. 이때 흡착 세기가 적절해야 한다. 흡착이 약하면 흡착량이 적어 촉매 활성이 낮으며, 흡착이 너무 강하면 흡착된 반응물이 지나치게 안정화되어 표면에서의 반응이 느려지므로 촉매 활성이 낮다. 일반적으로 고체 촉매에서는 반응에 관여하는 표면의 활성 성분 원자가 많을수록 반응물의 흡착이 많아 촉매 활성이 높아진다.

금속은 열적 안정성이 낮아, 화학 반응이 일어나는 고온에서 금속 원자들로 이루어진 작은 입자들이 서로 달라붙어 큰 입자를 이루게 되는데 이를 소결이라 한다. 입자가 소결되면 금속 활성 성분의 전체 표면적은 줄어든다. 이러한 문제를 해결하는 것이 지지체이다. 작은 금속 입자들을 표면적이 넓고 열적 안정성이 높은 지지체의 표면에 분산하면 소결로 인한 촉매 활성 저하가 억제된다. 따라서 소량의 금속으로도 ⑦ 금속을 활성 성분으로 사용하는 고체 촉매의 활성을 높일 수 있다.

중진제는 촉매에 소량 포함되어 활성을 조절한다. 활성 성분의 표면 구조를 변화시켜 소결을 억제하기도 하고, 활성 성분의 전자 밀도를 변화시켜 흡착 세기를 조절하기도 한다. 고체 촉매는 활성 성분이 반드시 있어야 하지만 경우에 따라 중진제나 지지체를 포함하지 않기도 한다.

8. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 촉매를 이용하면 화학 반응이 새로운 경로로 진행된다.
- ② 고체 촉매는 기체 생성물과 촉매의 분리 공정이 필요하다.
- ③ 고체 촉매에 의한 반응은 생성물의 탈착을 거쳐 완결된다.
- ④ 암모니아 합성에서 철 표면에 흡착된 수소는 전자를 철 원자와 공유한다.
- ⑤ 중진제나 지지체 없이 촉매 활성을 갖는 고체 촉매가 있다.

9. ⑦의 촉매 활성을 높이는 방법으로 가장 적절한 것은?

- ① 반응물을 흡착하는 금속 원자의 개수를 늘린다.
- ② 활성 성분의 소결을 촉진하는 중진제를 첨가한다.
- ③ 반응물의 반응 속도를 늦추는 지지체를 사용한다.
- ④ 반응에 대한 활성화 에너지를 크게 하는 금속을 사용한다.
- ⑤ 활성 성분의 금속 입자들을 뭉치게 하여 큰 입자로 만든다.

10. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보기>

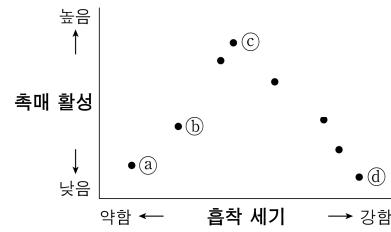
아세틸렌은 보통 선택적 수소화 공정을 통하여 에틸렌으로 변환된다. 이 공정에서 사용되는 고체 촉매는 팔라듐 금속 입자를 실리카 표면에 분산하여 만들며, 아세틸렌과 수소는 팔라듐 표면에 흡착되어 반응한다. 여기서 실리카는 표면적이 넓고 열적 안정성이 높다. 이때, 촉매에 규소를 소량 포함시키면 활성 성분의 표면 구조가 변화되어 고온에서 팔라듐의 소결이 억제된다. 또한 은을 소량 포함시키면 팔라듐의 전자 밀도가 높아지고 팔라듐 표면에 반응물이 흡착되는 세기가 조절되어 원하는 반응을 얻을 수 있다.

- ① 아세틸렌은 반응물에 해당한다.
- ② 팔라듐은 활성 성분에 해당한다.
- ③ 규소와 은은 모두 중진제에 해당한다.
- ④ 실리카는 낮은 온도에서 활성 성분을 소결한다.
- ⑤ 실리카는 촉매 활성 저하를 억제하는 기능을 한다.

11. 윗글을 바탕으로 할 때, <보기>의 금속 ⑧~⑪에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

<보기>

다음은 여러 가지 금속에 물질 ④가 흡착될 때의 흡착 세기와 ④의 화학 반응에서 각 금속의 촉매 활성을 나타낸다.
(단, 흡착에 영향을 주는 다른 요소는 고려하지 않음.)



- ① ④의 화학 반응은 ⑧보다 ⑪를 활성 성분으로 사용할 때 더 느리게 일어난다.
- ② ④는 ⑧보다 ⑪에 흡착될 때 흡착량이 더 적다.
- ③ ④는 ⑧보다 ⑪에 흡착될 때 안정화되는 정도가 더 크다.
- ④ ④는 ⑪보다 ⑫에 더 약하게 흡착된다.
- ⑤ ④의 화학 반응에서 촉매 활성만을 고려하면 가장 적합한 활성 성분은 ⑪이다.