

초임계 유체를 이용한 파라핀 고화체내 파라핀 분리

장진아, 유재룡, 강기주, 박광현
 경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 서천동
jina@khu.ac.kr

원자력은 현재 급격한 원유가격의 상승으로 인한 화력발전의 단가 상승과 기후협약의 감축대상인 온실가스를 배출하지 않기 때문에 청정에너지원으로서 각광받고 있다. 그러나 원자력은 오랜 시간동안 인간의 환경으로부터 조심스럽게 다루어져야 할 방사성 폐기물을 필연적으로 생산한다. 이러한 방사성 폐기물의 처리조건은 오랜 시간동안 지하수내 누출에 대해 안정성을 갖추어야 한다. 이러한 목적으로 원자력 발전소는 일반적으로 중·저준위 방사성 폐기물의 처리를 위해 고화 방법을 사용하며, 고화 방법은 시멘트 고화체와 파라핀 고화체 처리 방법이 있다. 이 고화체들은 약조건속에서도 견딜 수 있는 좋은 구조적인 견고함을 가져야 한다. 하지만 시멘트 고화체에 비해서 파라핀 고화체는 높은 침출율을 가지고 있다. 따라서, 상대적으로 낮은 견고성을 가진 파라핀 고화체를 영구처분에 사용하기에 문제가 있어 보인다. 영구처분을 위해서 파라핀 고화체에서 방사성 슬러지와 파라핀을 분리한 후 시멘트 고화체와 같은 다른 형태의 처분방식으로 처리해야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 초임계유체를 이용하여 파라핀 추출 연구를 수행하였다. 초임계유체는 기체의 높은 침투력과 액체의 높은 용해력을 가지고 있고 압력에 따라 용해도를 변화시킬 수 있어, 특정물질의 추출에 매우 적합하다.

먼저 초임계유체에서 파라핀의 용해도를 측정하였다. 실험 장비는 가압 펌프와 온도 조절이 가능한 추출 용기 및 물분율 변화를 위한 부피 조절 장치로 구성된다. 온도와 압력은 각각 200bar와 200℃까지 견딜 수 있도록 제작되었다. 작동 온도는 온도 조절기에 의해 조절된다. 파라핀의 용해도는 유체를 주입시킨 상태에서 용기내 압력과 부피를 변화시키면서 시각적인 관찰에 의해 측정되었다. 부피증가와 더불어 유체를 주입시키면서 온점을 연속적으로 관찰할 수 있고, 온점이상의 압력조건에서 단일상이 형성되어 이를 근거로 용해도를 측정할 수 있다.

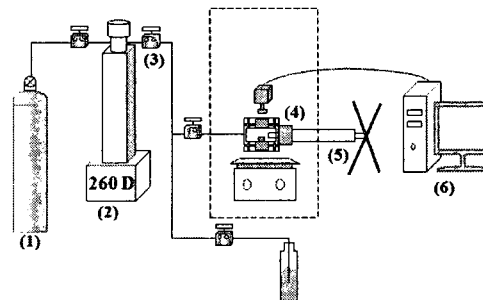


그림 1. 용해도 측정 장치 (1) 이산화탄소 탱크 (2) 가압펌프 (3) 밸브 (4) 고압 용기
 (5) 회전기 (6) 모니터

이산화탄소 내에서 파라핀의 용매비(단위질량의 물질을 용해시키는데 필요한 용매의 양)를 측정하였다. 이산화탄소는 파라핀에 대해 높은 용매비를 가지고 있는 것으로 나타났다. 압력이 증가함에 따라 파라핀의 용매비는 액체와 초임계 이산화탄소 모두 감소하였으나, 용매비가 1000이상인 것을 확인하였다. 동일 질량의 파라핀을 녹이기 위해 필요한 용매가 상대적으로 더 많이 필요하므로 추출 용매로서 이산화탄소가 적합하지 않은 것으로 판단된다.

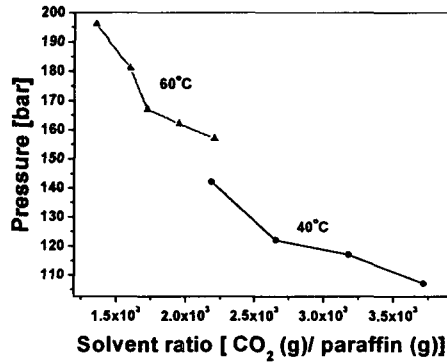


그림 2. 이산화 탄소내 파라핀의 용해도

더 좋은 용해도 조건을 찾기 위해 R22를 사용하여 실험을 하였다. 이산화탄소와 마찬가지로 40°C와 60°C에서 실험을 하였다. 파라핀은 40°C에서는 고체상태로 60°C에서는 액체 상태로 존재한다. 이러한 물리적인 상태는 용해도에 차이를 갖게 만든다. 60°C에서는 파라핀이 액체 상태이며 이 온도에서는 압력에 따른 용해도의 변화가 거의 없다. 그리고 40°C의 고체 상태에서는 보다 높은 압력이 요구되고 더 느리게 용해된다. 실험 결과 R22내에서의 파라핀은 이산화탄소 보다 더 낮은 용매비(50)를 가지는 것으로 확인되었다. 따라서, R22를 사용하면 효율적인 파라핀의 추출이 가능한 것으로 판단된다.

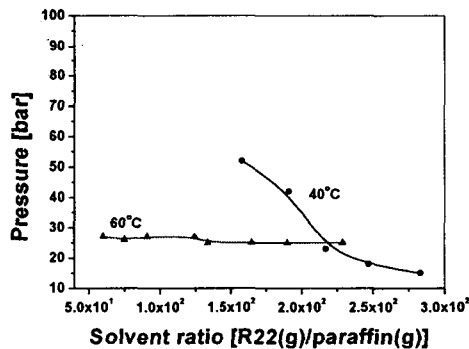


그림 3. R22내 파라핀의 용해도

이 결과를 바탕으로 R22를 이용하여 파라핀을 추출하였다. 이 추출 실험은 정적 추출과 동적 추출로 구성된다. 추출 용기의 부피는 125ml이고 온도는 60°C, R22의 밀도는 1.06g/ml이며 R22의 총량은 132.5g이다. 5g의 파라핀을 추출 용기에 넣고, 60°C로 가열하여 유지하였다. 150ml의 R22를 이용하여 추출하였을 때 0.6g의 파라핀이 남았다. 완전한 제거를 위해 용해도 조건을 만족시킬 수 있는 동적 추출이 필요하다. 따라서 330ml의 R22를 이용하여 추출 실험을 수행한 결과 모든 파라핀이 제거되었다.

본 연구에서는 파라핀 고화체 내 방사성 슬러지로부터 파라핀을 제거하기 위하여, 초임계 유체를 사용한 파라핀 추출의 가능성에 대한 연구를 수행하였다. 이산화탄소와 R22내에서의 파라핀 용해도를 측정 후, 실험 결과를 바탕으로 추출 실험을 수행한 결과 R22가 적합한 추출용매로 사용될 수 있으며, 파라핀 고화체에서 파라핀과 방사성 슬러지를 분리할 수 있음을 알 수 있다.