

이산사건기반 파이로 핵물질흐름분석 모델 (PyroFlow v1.0)

이효직, 김기호, 김호동

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

hyojik@kaeri.re.kr

1. 서론

파이로공정(Pyroprocess)은 많은 단위공정으로 이루어져 있고, 단위공정의 입/출력 핵물질 양을 알기 위해서는 물질수지(mass balance) 정보가 필수적이다. 한국원자력연구원에서는 파이로공정의 물질수지를 구하기 위해 현재까지 실험결과로부터 또는 앞으로 예측될 수 있는 단위공정의 목표량으로부터 물질수지를 구하고 있으며, 계속적으로 물질수지를 수정, 업데이트하고 있다. 그러나, 현재까지 개발된 물질수지는 정적 물질수지(static mass balance)여서 공정의 운전흐름에 따른 물질수지 변화, 즉, 공정의 입력 및 출력 물질 양의 변화를 한눈에 알기 어렵다. 정적 물질수지를 통하여 파이로공정의 개략적인 물질흐름을 이해할 수 있고, 특정 배치 후 물질수지 계산시 근거 자료로 사용할 수 있으나 시간이나 운전흐름에 따른 물질수지 변화를 동적으로 계산할 수 없다는 단점이 있다. 이러한 점에 착안하여 기존의 정적물질수지를 시간이나 운전흐름의 변화에 따라 동적물질수지로 계산해낼 수 있는 핵물질흐름분석 모델을 개발하게 되었다[1].

2. 동적물질수지

정적 물질수지의 단점을 개선하기 위하여 운전흐름에 따라 실시간(real time)으로 물질수지를 구할 수 있는 방안을 고안하였고, 이를 기존의 정적 물질수지에 상대적인 개념으로 동적 물질수지(dynamic mass balance)라고 명명하였다. 파이로공정에 대해 동적 물질수지를 구현함으로써 얻을 수 있는 정보는 정적 물질수지에 비해 상당히 다양하다. 아래에 동적 물질수지 정보를 알아냄으로써 기대되는 효과를 간단히 기술하였다.

- 실시간으로 각 단위공정에서 발생하는 공정물질의 양을 예측
- 공정의 운전 시물레이션을 통한 운전계획 수립

- 병목현상 원인 파악
- 공정 설계 변수(공정시간, 공정장치 개수 등) 제시
- 시설 설계변수(버퍼용량) 제시

3. 파이로 핵물질흐름분석 모델

3.1 이산사건시스템

파이로공정의 단위공정은 대부분 일관공정(batch process) 또는 일부의 반일관공정(semi-batch process)으로 이루어져 있기 때문에 하나의 단위공정이 끝난 후 그 다음 공정이 시작되는 운전 구조를 갖고 있다. 따라서 파이로공정을 하나의 시스템으로 보았을 때, 연속시스템보다는 이산사건시스템으로 모델링하는 것이 훨씬 더 적합하다.

3.2 운전모델

이산사건시스템으로 본 파이로공정 운전모델은 전체 공정의 운전현황을 실시간으로 보면서 병목현상의 원인 등을 쉽게 살펴볼 수 있도록 하기 위해 개발된 것이다. 따라서 운전모델에는 다양한 방법으로 출력결과를 나타낼 수 있도록 데이터를 처리하는 부분이 모델링되어 있다. 또한 각 단위 공정장치의 고장율을 확률론적으로 분석할 수 있도록 추가하여 전체 파이로공정의 운전에 단위 공정장치의 고장이 어떤 영향을 미치는지도 분석할 수 있도록 하였다.

3.3 핵물질흐름분석모델

이산사건시스템 기반의 파이로공정 운전모델은 각종 운전 사건들(event)이 발생하는 시점을 내부적으로 알 수 있어서 이 시점에서 물질수지를 계산하여 업데이트할 수 있다. 이러한 점에 착안하여 운전모델을 기본 프레임으로 시작하여 파이로공정의 핵물질흐름분석 모델을 만들 수 있다. 본 연구에서는 ExtendSim을 이용하여 이산사건시스템 기반 운전모델을 구축하고 여기에 추가하여 정적 핵물질수지를 기본 데이터베이스로 하는 동적 핵

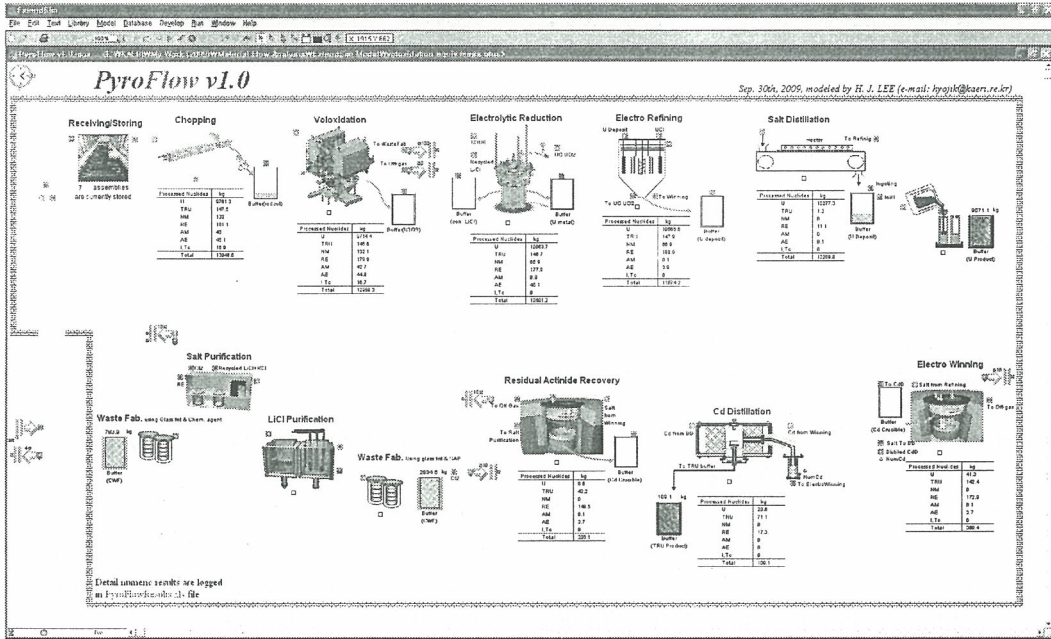


Fig. 1. Top window of PyroFlow v1.0

물질흐름분석 모델을 개발하였다. Fig. 1에 개발된 파이로 핵물질흐름분석 모델(PyroFlow v1.0[2])의 첫화면을 보여주고 있다. 첫화면에는 주요 단위공정이 아이콘 형태로 표현되어 있고, 시뮬레이션을 실행하면 실시간으로 핵종별 핵물질수치를 계산하여 아이콘 아래 위치한 테이블로 출력한다. 또한 단위공정에서 생성된 공정물질의 버퍼능적 양을 애니메이션으로 표현하며, 공정장치의 상태(휴지, 운전, 고장)를 나타내준다. 모든 운전사건마다 계산된 데이터는 EXCEL로 출력하는 기능도 갖추어 시뮬레이션이 끝난 후에 결과를 면밀히 분석 가능하도록 하였다.

4. 시뮬레이션 결과 에

그림 2는 파이로 핵물질흐름분석 모델을 이용하여 얻은 결과의 일부인 단위공정의 운전상태를 나타낸다. 연간 4회의 고장이 발생하여 공정의 지연이 발생함을 보여준다.

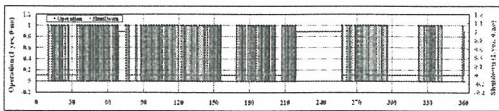


Fig. 2. Operational status of electrolytic reducer

그림 4는 다른 결과 예로서 단위공정별로 연간 처리한 HM의 양을 나타내고 있다. 이처럼 PyroFlow를 통해 다양한 결과를 한눈에 알 수 있어 파이로공정 설계시 다양한 운전 시나리오에 대한 평가가 가능하다.

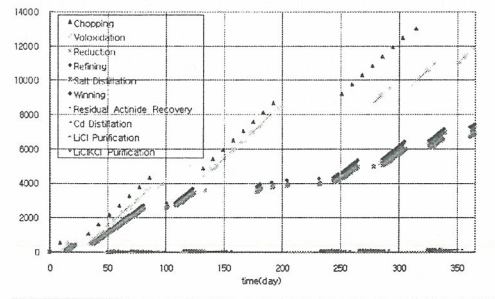


Fig. 3. Processed heavy metal (kg) during a year

5. 참고문헌

[1] H. J. Lee, B. S. Park, K. Kim and H. D. Kim, "A modeling and simulation for analysis of dynamic material flow in a pyroprocess," NUPYRO 2009, Jeju, Korea, pp. 18-21, May 19-20, 2009.
 [2] 이효직 외, PyroFlow v1.0, 프로그램등록, 2009-01-121-007353, 2009.