

PRIDE Cd 증류장치 제작

정재후, 안도희, 김광락, 백승우, 심준보, 김택진, 김가영, 이한수, 김경광

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

nihjeong@kaeri.re.kr

1. 서론

PRIDE(PyRoprocess Intergrated inactive DEmonstration facility)내에 설치되는 Cadmium 증류장치는 카드뮴의 증발, 응축 및 회수하는 장치이다. 사용후핵연료 건식처리공정은 크게 전처리공정, 전해환원공정, 전해정련공정 및 전해제련공정 등으로 구성된다. PRIDE 내의 전해제련공정은 액체카드뮴음극(LCC : Liquid Cadmium Cathode)를 이용하여 LiCl-KCl 용융염의 잔류하는 U, TRU 원소를 동시에 회수하는 공정으로 파이로 프로세스의 핵확산 저항성의 입증하는 핵심 공정을 말한다. 즉, 사용후핵연료를 건식화학처리하는 실증시설로써 모의 악티늄족 원소들을 전기화학적으로 공전착을 유도하는 특성을 가지는 용융카드뮴 음극체를 후처리하는 단위공정을 말한다. 용융염 전기화학반응기에서 음극체로 사용된 용융카드뮴증 합금상태로 혼재되는 우라늄 및 TRU 전착물을 분리하기 위한 목적으로 카드뮴과 공용염(LiCl-KCl)을 휘발시켜 용융점이 높은 전착물로부터 분리하고, 휘발된 카드뮴과 공용염은 응축시켜 재활용이 가능한 형태로 회수하기 위한 장치이다. 전해제련공정에서 용융염 내 잔류 U, TRU의 회수가 완료되면 LCC는 카드뮴 증류 공정으로 보내지고, 이때 회수된 actinide와 카드뮴은 증기압 차이에 의하여 분리된다. 이 장치는 hot-cell 내에서 대용량의 Cd를 처리할 수 있고, MSM(Master Slive Manipulator), BDSM(Bridge transported Dual arm Servo-Manipulators) 및 크레인을 이용하여 장치의 원격운전성 및 원격취급성 등을 고려하였다. 또 고장시 유지보수성을 고려하여 장치의 부품들을 모듈화 개념으로 Lab-scale의 장치를 설계하고, 설계된 장치의 원격운전 가능성 파악을 위해 3D test를 수행하여 장치를 부분 수정, 제작된 장치는 mock-up 시험 시설에서의 원격성 시험을 거친 후 시제품 장치를 완성하였다.

2. 본론

PRIDE Cd 증류장치의 주요 구성품은 크게 frame assembly, furnace assembly, distiller vessel assembly, crucible support assembly, utility assembly, control box assembly, 구조물 및 배관/배선 등으로 구성되어 있다. 장치의 주요 설계 요건으로 처리 용량은 Cd 10 kg/batch 이고, 장치 크기는 H(높이) 1,950, W(두께) 1,100, L(길이) 1,433 mm 이다. 진공 펌프는 오일리스 펌프를 사용하고 장치 하단에 부착하며, 진공도 10^{-2} torr, 기밀성은 10^{-1} torr 이하가 된다. Cd 도가니(알루미늄)의 크기를 보면 OD(외경) 175, ID(내경) 150, H(높이) 150, T(두께) 5 mm 이다. Cd Safety 도가니(STS)는 OD(외경) 230, ID(내경) 220, H(높이) 100, T(두께) 2 mm 이다. Cd 회수 도가니(STS)는 OD(외경) 314, ID(내경) 294, H(높이) 150, T(두께) 2 mm 이다. Heater zone을 보면 1 zone, 2 zone 1,100, 3 zone 800, 4 zone 600, 5 zone 500 °C 이며, 히터의 최대 설계 온도는 1,200 °C, 히터의 모듈은 1개로 되어 있다. PRIDE Cd 증류장치의 주요부 사용 재질을 보면 반응기는 인코넬 625이고, 구조물 및 히터는 SUS 304를 사용하였다. 장치 구동방법으로는 반자동화 장치로 원격운전성, 원격취급성 및 원격유지보수성을 포함한 장치로 냉각 시스템(수냉식)을 포함하고 있다. 장치의 control box는 H(높이) 1810, W(폭) 580, L(길이) 580 mm 이며, 색상은 회색을 사용하였다. 장치에 사용되는 전원은 220 V, 단상, 178 A, 39.2 kW 이다. Fig 1은 PRIDE Cd 증류장치의 설계도, Fig 2는 장치의 3D, Fig 3은 장치의 제작품을 나타낸 것이다.

3. 결론

본 연구에서의 PRIDE Cd 증류 장치는 기존에 개발된 Cd 증류 장치의 단점인 카드뮴 증기가 응축조를 통과할 때 장치 내부벽면에 응축되는 문제점을 해결할 수 있도록 설계 및 제작하였다. 이 장치는 대용량의 Cd를 처리할 수 있도록 반자동화장치로 MSM, BDSM 및 크레인을 이용하여

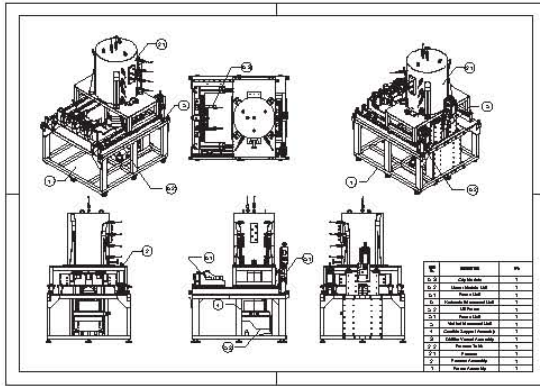


Fig. 1. Drawing of Cd Distillation Device.

원격운전, 원격취급 및 원격유지보수성 등을 고려하여 장치의 부품들을 모듈화 개념으로 설계하였다. 설계된 장치의 원격운전 가능성 파악을 위해 3D test를 수행하여 장치를 부분 수정, 제작된 장치의 원격성 시험을 거친 후 PRIDE Cd 증류 장치의 시제품을 완성하였다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발 중장기 계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] H. C. Eun, Y. Z. Cho, T. K. Lee, H. C. Yang, I. T. Kim, H. S. Kim, J. Radioanal Nucl. Chem., 8(2), 103-104, 2009.
- [2] J. Y. Kim, S. W. Kwon, K. R. Kim, S. W. Paek, J. B. Shim, S. H. Kim, Y. J. Jung, D. H. Ahn, J. Radioanal Nucl. Chem., 7(2), 331-332, 2009.
- [3] K. R. Kim, K. R. Kim, D. S. Yoon, J. Y. Kim, D. Y. Park, T. J. Kim, S. H. Kim, J. H. Jung, S. W. Paek, J. B. Shim, D. H. Ahn, Radioanal Nucl. Chem., 9(1), 131-132, 2011.
- [4] J. H. Jung, K. R. Kim, D. H. Ahn, S. H. Kim, T. J. Kim, G. Y. Kim, S. W. Paek, J. B. Shim, K. R. Kim, Radioanal Nucl. Chem., 9(1), 203-204, 2011.

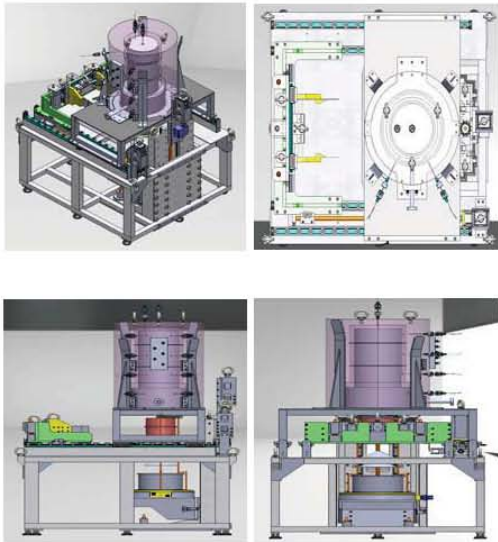


Fig. 2. 3D of Cd Distillation Device.



Fig. 3. Cd Distillation Device.