

알루미늄 폐기물 처분 적합성 확보를 위한 처리기술 현황 분석

양다솜*, 황두성, 민병연, 김근호, 윤경수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*dsyang@kaeri.re.kr

1. 서론

FIR 1 TRIGA Mark II를 해체하면서 발생한 금속성 알루미늄 폐기물의 양은 대략 4,300 kg이며 이는 contaminated 알루미늄과 activated 알루미늄으로 구성되어 있다[2]. 알루미늄 폐기물은 알칼리 상태에서 수분과의 반응으로 수소가스가 발생해 처분이 어려운 것으로 알려져 있다[4]. 따라서 알루미늄 폐기물의 처리 시 알칼리성 상태, 수분으로 인한 수소가스 발생으로부터 안정하게 처리하기 위한 방법이 필요하다. 방사성 폐기물 처리 시 폭발성이 있거나 기타 가스, 액체가 발생하는 폐기물을 안정하게 처리하여야 처분, 저장이 가능하기 때문에 알루미늄 폐기물을 안정하게 처리하기 위한 기술에 관한 현황을 분석하였다.

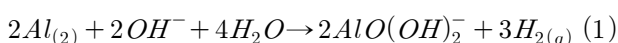
2. 본론

2.1 알루미늄의 특성

알루미늄은 산소 또는 다른 원소와 결합되어 바위, 점토, 흙, 식물 등에서 대부분 발견된다. 약한 푸른색을 띠는 은색 금속으로 연성과 전성이 커서 가는 선이나 얇은 박으로 쉽게 가공될 수 있으며 녹는점은 660.32°C, 끓는점은 2,519°C이다. 밀도는 2.70 g/m³으로 철의 약 1/3에 불과하나 강도는 비슷하며, 자성은 갖고 있지 않다. 알루미늄은 열처리, 비열처리를 통해 알루미늄 합금을 만들어 가벼우면서도 강도가 높아 많은 산업체에서 이용되고 있다.

2.2 알루미늄의 부식 특성

알루미늄은 열역학적으로 물에서 안정하지 못하지만 고밀도의 산화 막으로 보호되어있다. 그러나 알칼리 상태에서 이 산화막인 알루미늄이 용해되어 싸여있던 알루미늄의 부식이 진행되면서 수소가스가 발생한다. 다음 식(1)은 알루미늄의 부식과 함께 발생하는 수소가스 발생 mechanism이다.



알루미늄은 서로 다른 금속이 접촉하여 한쪽 금속의 산화를 촉진시킴으로써 일어나는 갈바닉 부식, 국부적 또는 점 형상의 공식(Pitting corrosion), 결정립간을 관통하여 결정립 내부를 지나서 부식이 진행되어 재료적 파괴 구역에 달하는 입간부식(Intergranular corrosion), 표면 가까이에 층 모양으로 부식하는 박리부식(Exfoliation corrosion) 등에 의해 부식이 진행된다. 알칼리 상태에서 알루미늄의 부식은 빠르게 진행되며 부식률(Corrosion rate)은 10⁻³에서 10⁻² m/yr이다[5].

2.3 국외 처리 기술 현황

2.3.1 일본[1]

소각재 내에 존재하는 미세한 알루미늄 입자들에 의해 고화체 제조 시 수소가스가 발생하고 가스로 인한 고화체 팽창과 균열이 생겨 고화체의 강도가 감소한다. 때문에 JAEA에서는 알루미늄 폐기물을 전기로에서 용융시켜 철과 알루미늄 합금을 제조하여 수소 가스 발생을 억제하고자 하는 연구를 진행하였으며 다음과 같다. SiO₂ 96.7%와 SO₃ 0.03%를 silicafume과 혼합하여 수분억제제(1~3% of RHEOBUILD SP8HU)를 넣고 10~30%의 cement admixture를 만들었다. 이 때의 pH는 2.5~3.5로 기존 포틀랜드 시멘트를 이용하여 고화체를 제조했을 때와 달리 pH가 감소하였고 Ca(OH)₂의 발생도 감소시켜 고화체의 강도를 높이는 연구를 하였다.

2.3.2 영국[2]

알칼리 상태에서 부식이되는 알루미늄 폐기물의 처리를 위해 우선 시멘트성 물질에 폐기물을 저장하고 물을 넣어 부식이 일어나면서 수소가스가 발생되게 한다. 메탄과 다른 금속성 물질과 함께 존재하는 carbide 사이에서 hydrogen carbon이 형성된다. 이렇게 부식시킨 알루미늄 폐기물을 전기로에서 나온 slag 또는 소각재와 혼합하여 고화체를 제조하는 방법을 연구하였다.

2.3.3 방글라데시[3]

알루미늄 합금인 AA6063을 이용하여 부식억제제인 벤조산나트륨을 이용하여 대략 pH 8인 바닷물에서 알루미늄 폐기물이 부식이 어느정도 억제되는지를 연구하였다. 합금 25*25*1.5 mm의 시편을 바닷물에 넣고 1 g/dm³ 농도의 벤조산나트륨을 넣었다.

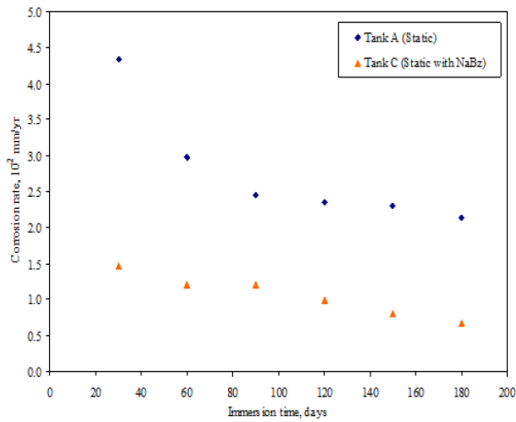


Fig. 1. Corrosion rate versus immersion time of AA6063.

Fig. 1과 같이 알루미늄 합금에 부식억제제인 NaBz를 넣었을 때 부식률이 4.5*10² mm/yr에서 1.5*10² mm/yr로 크게 낮아진 것을 알 수 있어 부식억제제인 NaBz이 효과적임을 알 수 있다.

2.4 알루미늄 처리기술 현황 분석 평가

현재 원전해체가 지속적으로 진행되면서 지속적으로 방사성 알루미늄 폐기물이 발생한다. 하지만 알칼리 상태에서 부식이 진행되면서 수소가스가 발생하기 때문에 안정적으로 폐기물을 처리하기 위한 연구가 필요하다. 하지만 현재 부식억제제를 이용하여 부식률을 낮추거나, 미리 부식을 시켜 수소가스 발생을 저감시켜 시멘트 고정화를 하는 방법, 시멘트 몰탈 제조 시 pH를 낮추어 알루미늄이 알칼리 상태에서 수소가스가 발생하는 특성을 고려한 연구가 있다. 이 밖에 안정하게 처리할 수 있는 방법을 찾는 선행연구가 많이 이루어지지 않아 충분한 연구결과가 없다. 때문에 알루미늄 폐기물을 안정하게 처리하기 위해 다양한 부식억제제의 사용, 산을 이용한 폐기물의 부식 후 폐기물의 고정화 방법 등 이와 같은 다양한 연구가 진행되어야 한다.

3. 결론

방사성 알루미늄 폐기물을 안정하게 처리하기 위한 방법으로는 부식억제제의 사용, 시멘트 고정화

시 알칼리 상태에서의 수소 가스발생을 저감하기 위해 pH를 낮추거나 폐기물 처리 전 미리 부식을 시켜 수소가스 발생률을 낮추는 방법에 관한 연구가 진행되었다. 위와 같은 연구 결과를 바탕으로 알루미늄 폐기물 처리 시 수소가스 발생을 저감할 수 있는 방안에 관한 연구가 필요하다.

4. 참고문헌

- [1] Hiroshi RINDO, "Disposal of Aluminum Scrap", Nuclear Cycle Backend Directorate Japan Atomic Energy Agency, 2012.
- [2] Torbjörn Carlsson, Petri Kotiluoto, Olli Vikamo, Tommi Kekki, Iiro Auterinen & Kari Rasilainen, "Chemical aspects on the final disposal of irradiated graphite and aluminium", Espoo 2014, VTT Technology 156.
- [3] W.B.Wan Nik, O.Sulaiman, A.Fadhli, R.Rosliza, "Corrosion behaviour of aluminum alloy in seawater", The international conference on Marine Technology, 2010.
- [4] N.L. Sukiman, X.Zhou, N.Birbilis, A.E.Hughes, J.M.C.Mol, S.J.Garcia, X.Zhou and G.E.Thompson, "Durability and Corrosion of Aluminium and Its Alloys: Overview, Property Space, Techniques and Developments", license Intech, 2013.
- [5] Ahmed Y. Musa, "Corrosion protection of Al Alloys: Organic coatings and inhibitors, InTech, 2012.