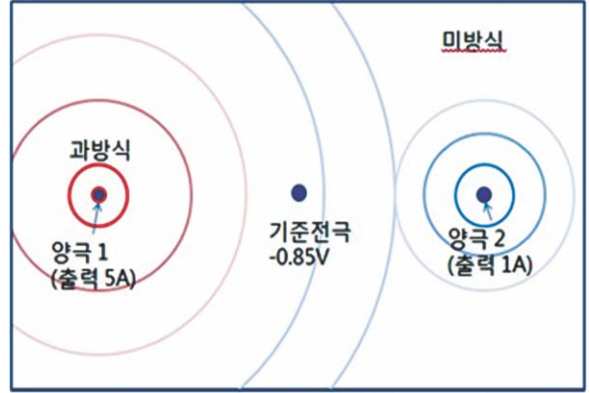




[그림 2] Pb-Ag anode in steam condenser



[그림 3] Output current of anode in steam condenser

중 1-2개의 양극을 제외하고 설계값에 못 미치는 전류가 공급되어 방식상태가 양호하지 않은 사례가 있다. 그리고 각 양극의 출력전류가 다르다보니 소모량 또한 양극에 따라 달라지며 출력이 많은 양극의 소모정도가 매우 크다.(그림 2)

또한 기존의 복수기에서 양극 및 기준전극 설치 현황을 보면 통상적으로 양극 2개 혹은 4개에 기준전극 1개가 설치되어 있으며 기준전극의 측정 전위값 하나로 1개 채널의 양극 전류량을 조절하게 되어 모든 양극의 출력 전류량을 제어하지는 못하는 문제점이 발생한다.

그림 3 사례와 같이 2개의 양극이 하나의 기준전극을 공유하고 있고 기존의 정류기를 사용하면 양극의 출력

이 각각 다르게 구현되어(예) 양극1 : 5 A, 양극2 : 1 A) 국부적인 과방식과 국부적인 미방식이 발생할 우려가 있다.

따라서 불균형적인 복수기 내의 방식전류를 해결하고자 그룹운전이 가능한 전기방식 시스템을 개발하고 이 시스템을 현장에 적용하여 그 결과를 확인해 보았다.

2. 실험 방법

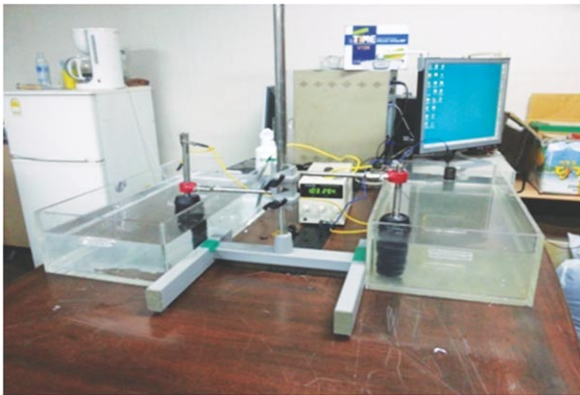
기존에 사용하는 Pb-Ag 양극 대신 MMO 양극을 이용하여 설치하였으며 실험실 실험을 통하여 출력전류변화 및 과전압을 측정하였다. 각각 양극에서 1 cm²의 면적을 노출시켜 각각 1.5 A를 인가한 후 양극에서의 출력 전류상태를 비교하였다.

전기방식 정류기는 기존 복수기의 전기방식정류기를 대신하여 그룹운전이 가능한 전기방식용 다채널 정류기를 제작하여 현장에 설치하고 실제 복수기환경에서의 방식전류의 출력을 확인하여 복수기 양극을 통하여 흐르는 전류가 고르게 출력되는지를 확인하였다.

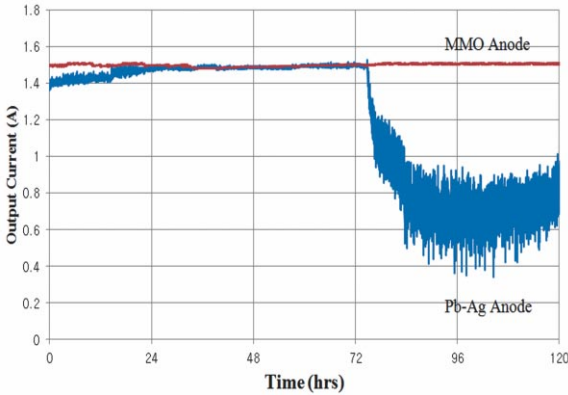
3. 실험 결과

3.1 MMO 양극

전기방식 시스템에서의 양극재료의 선택은 전류흐름



[그림 4] Anode test



[그림 5] Anode output current

에 대한 낮은 저항(과전압), 낮은 소모율 등에 대하여 고려하여야 한다. 기존의 양극재료로 사용하는 Pb-Ag 양극의 경우는 사용하다보면 표면이 산화되어 저항이 증가하며 과전압이 높다는 단점이 있다. 이러한 점을 없애고자 MMO 양극으로 교체하여 성능을 확인하여 보았다.

그림 5와 같이 해수분위기에서의 Pb-Ag 양극과 MMO 양극의 출력전류를 비교하였다.

MMO 양극의 경우는 출력전류 변화가 없으며 Pb-Ag 양극의 경우는 3일 정도 지나면 출력전류가 감소하는 값이 측정되었다.

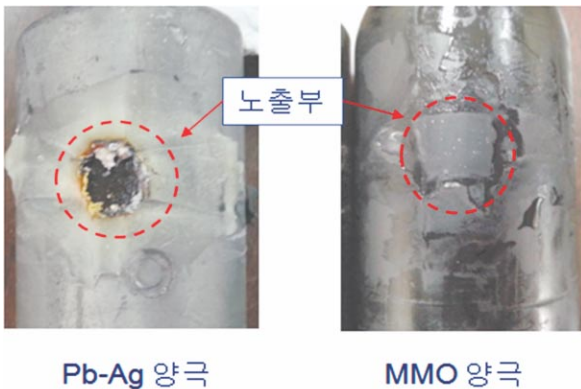
또한 양극의 출력전류 테스트 후 그림 6과 같이 양극

의 표면을 살펴보았다. MMO 양극의 표면은 매우 깨끗하며 실험초기와 변화 없는 것을 확인하였다. 반면에 Pb-Ag 양극의 경우는 표면에 부식생성물이 형성됨을 확인하였다.

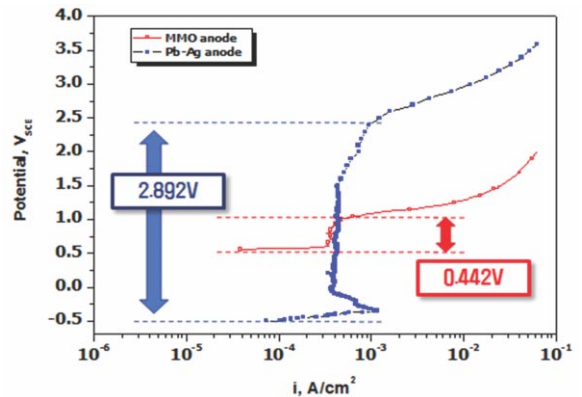
또한 두 양극의 과전압을 측정하였을 경우 그림 7과 같았다. 그림에서 보는 바와 같이 자연상태에서부터 양극의 전위를 높이다 보면 양극의 출력전류량이 급격하게 증가하기 시작하는 지점이 있다. 과전압은 양극의 출력전류량이 급격히 증가하기 시작하는 지점의 전위와 자연전위와의 차이이다. 그림에서 보는 바와 같이 기존에 사용하고 있는 Pb-Ag 양극의 과전압은 2.892 V이고 MMO 양극의 과전압은 0.442 V이다. MMO 양극의 과전압은 Pb-Ag 양극에 비해 약 6.5배 작은 것으로 확인되었다.

3.2 그룹운전이 가능한 다채널 정류기

기존의 복수기에서 양극 및 기준전극 설치 현황을 보면 통상적으로 양극 2개 혹은 4개에 기준전극 1개가 설치되어 있으므로 이 경우에는 기준전극의 측정 전위값 하나로 1개 채널의 양극 전류량을 조절하게 되어 모든 양극의 출력전류량을 제어하지는 못하는 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 그룹운전을 통하여 2개 이상의 양극이 기준전극을 공유하고 있더라도 양극의 출력은 전기 방식기준을 만족하는 전위를 확보하면서 각각의 양극이



[그림 6] Anode surface at output current test



[그림 7] Anode overpotential

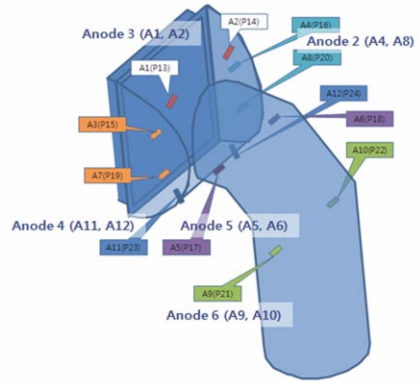


[그림 8] Multi-channel rectifier

동일한 출력이 되도록 정류기를 제작하였다. 즉, 2개의 양극 채널을 하나의 채널군으로 묶어서 동시에 그 채널군의 양극 출력을 균일하게(혹은 일정비율로) 제어하는 정류기를 제작하였으며 이를 현장에 설치하여 그룹운전에 대한 결과값을 확인하였다.(그림 8)

그림 9는 현장에 있는 복수기 내의 양극 위치를 나타낸 것이다. 12개의 양극을 1개씩 묶어서 6개로 나누어 각각 정류기 모듈에 연결하였으며(예를 들어 A1, A2를 정류기 모듈 1에 연결, 이 중 Anode 1, 2, 3, 6번 모듈을 하나의 그룹으로 설정하여 그룹운전을 실시하였다.

표 1은 그룹운전 전과 그룹운전 후의 결과값을 나타낸 것이다. 표 1에서와 같이 그룹운전 전에는 1번 모듈에서 5.8의 전류가 출력되고 나머지 모듈에서는 전류가 나가지 않지만 기준전극에 의해 측정되는 전위를 확인하면 전기방식기준에 만족하였다. 전기방식기준은 일반적으로 포화황산동기준(Cu/CuSO₄전극)으로 -850 mV를 만족하면 된다. 복수기에서는 기준전극이 Zn 전극을 이용하므로 측정전위가 250 mV를 만족하면 포화황산동전극의 기준과 같은 값이 된다. 하지만 출력전류를 보면 1번 모듈에서만 5.8 A의 출력이 나가고 나머지는 출력이 '0'인 것을 확인할 수 있다. 겉보기에는 모두 전위를 만족하지만 국부적으로는 출력전류가 미치지 못하는 지점(양극에서 먼 지점)에서는 미방식인 경우가 발생할 수 있다.



[그림 9] Anode position of steam condenser

그룹운전을 실시한 후 출력전류값을 보면 전체적으로 0.9 A~1.1 A로 균일하게 출력되고 있으며 방식전위도 기준을 만족하고 있음을 확인할 수 있다. 따라서 복수기 내부의 방식상태를 그룹운전을 통하여 매우 고르게 하여 미방식 또는 과방식 등의 방식상태가 불균일하게 되는 것을 방지할 수 있어 수명연장에 도움을 될 수 있다. 뿐만 아니라 양극의 출력전류가 고르게 되므로 양극간의 소모율을 일정하게 할 수 있다.

<표 1> Data of group operating

| 그룹운전 전 | | | |
|--------|-------|-------|--------|
| 모듈번호 | 전압(V) | 전류(A) | 전위(mV) |
| 1 | 4.6 | 5.8 | 250 |
| 2 | 2.2 | 0 | 250 |
| 3 | 2.2 | 0 | 250 |
| 6 | 2.1 | 0 | 250 |
| 그룹운전 후 | | | |
| 모듈번호 | 전압(V) | 전류(A) | 전위(mV) |
| 1 | 2.8 | 1.1 | 250 |
| 2 | 2.9 | 1.0 | 250 |
| 3 | 2.9 | 1.0 | 250 |
| 6 | 2.8 | 0.9 | 250 |

4. 결과요약

- 1) 기존의 Pb-Ag 양극을 대신하여 MMO 양극을 설치하였으며 기존 양극의 문제점인 높은 과전압과 사용시간 경과에 따른 출력전류의 감소를 해결할 수 있었다.
- 2) 그룹운전이 가능한 다채널 정류기를 복수기 정류기에 적용하였으며 기존 다채널 정류기가 갖고 있는 출

력전류의 불균일을 그룹운전을 통하여 해소할 수 있었다.

참고문헌

- 1) Deny A. Jones, 1992, Principles and Prevention of Corrosion, Ch. 13, pp. 454-458. 