

용량성임펄스물처리가 물때부착에 주는 영향

김수철, 리용성

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학연구기관들과 과학자, 기술자들은 우리 나라의 실정에 맞고 나라의 경제발전에 이바지할수 있는 과학기술적문제를 더 많이 풀어야 하겠습니까.》(《김정일선집》 증보판 제13권 173페이지)

우리는 용량성임펄스물처리장치를 리용하여 펌프기계통의 물때를 방지하기 위한 연구를 하였다.[1, 2]

먼저 그림 1과 같은 장치를 리용하여 용량성임펄스물처리를 진행했을 때의 부착결수 변화를 보았다.

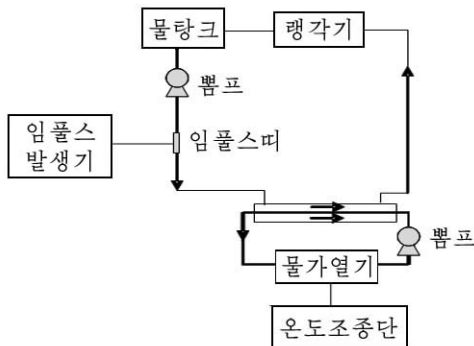


그림 1. 실험장치의 구성도

그림 1에서 펌프수는 물탱크로부터 올라와 용량성임펄스처리된 다음 열교환기로 들어간다. 물탱크의 용량은 3m^3 이며 가열수로 는 탈이온수를 리용하였다. 이때 펌프수는 pH를 7.4, Ca^{2+} 의 농도를 610mg/L , 전기전도도를 $2 \times 10^9\text{ }\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 로 유지하였다. 열전달시험부분은 2개의 동심관들로 이루어졌는데 (그림 2) 내부관은 동관으로, 바깥관은 동관의 바깥벽에 생기는 물때침전을 시각적으로 관찰하기 위하여 석영관으로 만들었다. 더운물은 동관안에서 이동하는데 펌프수는 동관과 석영관사이 고리형틈을

통하여 이동한다. 동관의 외부크기는 1.27cm 이며 석영관의 내부크기는 1.763cm 이다. 더운물은 95°C 에서 열전달시험부분에 들어갔다가 나갈 때에는 90°C 로 된다.

펌프수는 23°C 로 고리형틈에 들어가며 나갈 때는 28°C 로 된다. 열전달결수는 4개의 온도측정결과로부터 계산된다. 펌프통로를 지나는 흐름량은 $0.000126\text{m}^3/\text{s}$ 로 유지되며 평균흐름속도는 0.72m/s 이다. 더운물과 펌프수의 입구와 출구온도를 2시간격으로 측정하여 기록한다. 이때 열흐름은 대략 22200W/m^2 였다.

우리는 4주일동안 물때형성의 효과를 실험하였다.

부착저항은 다음과 같은 방정식을 리용하여 계산하였다.

$$R_f = \frac{1}{U_f} - \frac{1}{U_i} \quad (1)$$

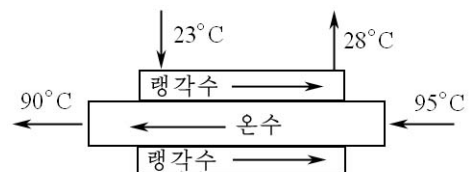


그림 2. 동심관열교환기로 이루어진 열전달시험부분의 자름면도

여기서 U_f 는 부착되는 열교환기의 열전달계수이며 U_i 는 깨끗한 열교환기의 초기전열전달계수이다.

전열전달계수들은 다음 식으로 계산하였다.

$$U = \frac{\dot{Q}}{A\Delta T_{lm}} \quad (2)$$

여기서 ΔT_{lm} 은 평균온도차의 로그이며 다음과 같이 계산된다.

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{h,i} - T_{c,o}) - (T_{h,o} - T_{c,i})}{\ln((T_{h,i} - T_{c,o}) / (T_{h,o} - T_{c,i}))} \quad (3)$$

여기서 $T_{c,i}$, $T_{c,o}$ 는 냉각수입구와 출구의 온도이며 $T_{h,i}$, $T_{h,o}$ 는 각각 가열수입구와 출구의 온도이다.

용량성임폴스물처리전(기초실험)과 후 시간에 따르는 부착저항변화는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 용량성임폴스물처리전과 후 부착저항은 330h동안 거의 변하지 않는다. 그러나 330h후에 용량성임폴스물처리하지 않은 경우에는 물때의 부착저항이 점차 증가하지만 용량성임폴스물처리한 경우에는 부착저항이 거의 변하지 않는다. 또한 630h때 용량성임폴스물처리하지 않은 경우 부착저항은 급격히 증가하는데 공업표준부착허용수값($4.4 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ K/W}$)보다 더 커진다.

용량성임폴스물처리하지 않은 경우 부착저항의 증가는 동관우에서 물때침전물의 출현에 의한것이며 이 침전물의 성장은 열전달률을 계속 감소시킨다. 또한 용량성임폴스물처리한 경우 부착저항은 800h이상 거의 변하지 않는다.

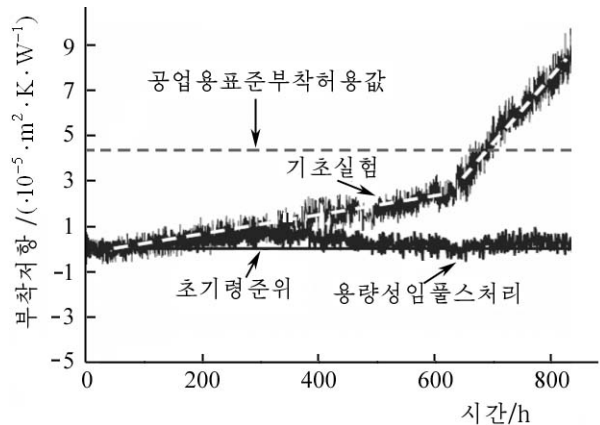


그림 3. 처리와 비처리의 경우 시간에 따르는 부착저항의 변화

먼저 용량성임폴스처리실험에서 부착된 물때시료에 대한 X선회절분석을 진행하였다.(그림 4)

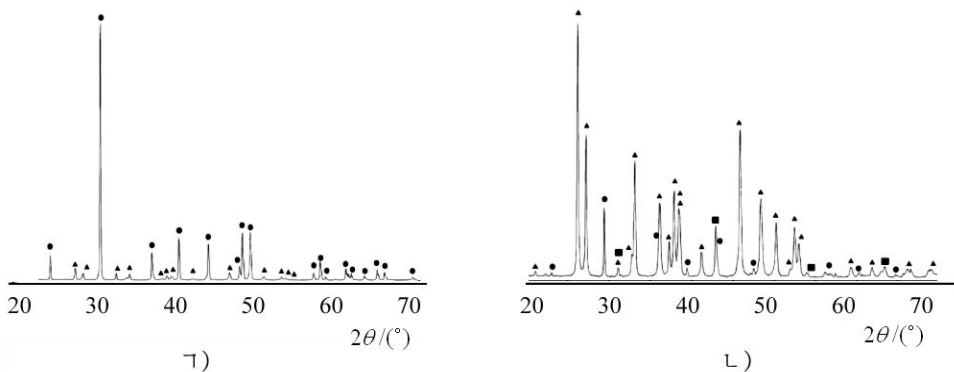


그림 4. 부착된 물때의 X선회절도형
가) 처리전, 나) 처리후

그림 4에서 보는바와 같이 침전된 탄산칼슘의 량을 보면 설치전에는 방해석결정이 우세하지만 설치후에는 산석이나 구상방해석이 우세하다.(산석과 구상방해석량이 방해석보다 90%정도 많다.)

이것은 우리의 장치가 방해석의 형성보다 산석의 형성을 더 유리하게 한다는것을 의미한다. 산석이 방해석보다 용해도가 크며 열교환표면에 대한 부착세기도 훨씬 작다.[2]

따라서 용량성임펄스기술에 의한 물리적물처리가 물때의 형성을 줄일뿐만아니라 침전되는 탄산칼슘의 결정구조를 변화시켜 쉽게 제거할수 있게 해준다는것을 알수 있다.

맺 는 말

용량성임펄스물처리에 의하여 물때의 결정구조는 방해석(삼방정계)으로부터 산석(직방정계)으로 변화되며 용해도는 커지고 부착세기는 현저히 작아진다.

참 고 문 헌

[1] A. C. Cefealas et al.; Applied Surface Science, 56, 1, 2008.

[2] C. Patton et al.; Applied Water Technology, Campbell Petroleum Series, Texas, 200~340, 1995.

주체103(2014)년 11월 5일 원고접수

Influence of the Capacity Impulse Treatment on the Adhesion of Scale

Kim Su Chol, Ri Yong Song

When treating the water with capacity impulse, the crystal structure of CaCO_3 which is main factors of scale is changed to rhombic system with weakly adhesion and high solubility almost 90% from trigonal system, thus positively affect prevention of scale.

Key word: capacity impulse treatment