

액적 충돌침식에 의한 인자별 배관감육 상관관계 규명

Correlation of Wall Thinning Factors for Pipe Material by Liquid Droplet Impingement Erosion

*신영철¹, 조연수², #김경훈³

*Y. C. Shin¹, Y. S. Cho², #K. H. Kim(kimkh@khu.ac.kr)³

¹경희대학교 기계공학과, ²경희대학교 대학원 기계공학과, ³경희대학교 공과대학 기계공학과

Key words : Liquid droplet Impingement Erosion, Two phase nozzle, air-water ratio, Erosion rate

1. 서론

원자력 및 화력플랜트의 배관계통에서는 시간 경과에 따라 배관의 두께가 감소하는 배관 감육 현상이 발생하는 경우가 있다. 이로 인해 배관파손 발생 시에는 플랜트의 정지에 따른 경제적 손실 뿐만 아니라, 내부유체의 분출이나 파편 등으로 인한 인명피해가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 고속 증기류 속에 섞인 액적이 배관표면에 충돌하는 것으로 발생하는 충격력에 의해 손상을 입는 현상인 액적 충돌침식(LIE : Liquid droplet Impingement Erosion)에 대하여 논의하겠으며, 본 연구의 최종 목적은 액적 충돌침식에 의한 감육 발생 형태를 정량적으로 예측하고, 실제 플랜트에 적용이 가능한 평가도구를 구축하는 것에 있다.

2. 실험 장치

본 연구에서는 여러 가지 기액비에 따른 실험 수행을 위하여 이류체 노즐을 이용하여 실험장치를 구성하였다. 실험장치는 크게 압축기, 압축공기 저장 탱크, 드라이어, 실험부로 구성되어 있으며, 전체 구성도를 Fig. 1에 나타내었다. 압축기를 통해 생성된 공기는 1차적으로 압축 공기 저장탱크에 저장되고, 드라이어를 통과하여 냉각 및 건조된 후 실험부에 공급된다.

3. 실험

본 실험에서 대상이 되는 시편의 재질은 현재

Table.1 Flux ratio of air and water

Air-water ratio [%]	Air flux [m3/s]	Water flux [m3/s]
0.79	290 x 10 ⁻³	2.28 x 10 ⁻⁵
1.00	290 x 10 ⁻³	2.90 x 10 ⁻⁵
1.72	290 x 10 ⁻³	5.00 x 10 ⁻⁵

발전 플랜트 배관계 에서 사용되는 탄소강 계열인 A106B와 SS400 그리고 알루미늄 계열인 A6061을 선택하였다. 기액비는 0.79, 1.00, 1.72로 선정하여 실험을 진행하였으며, 기액비에 따른 공기와 물의 유량을 Table 1에 나타내었다.

4. 실험 결과

실험은 재질별 세 가지 경우와 기액비별 세 가지 경우의 실험을 진행하였으며, 각 경우에 대하여 시편의 표면 변화와 무게 변화 그리고 경도 변화에 주목하였다.

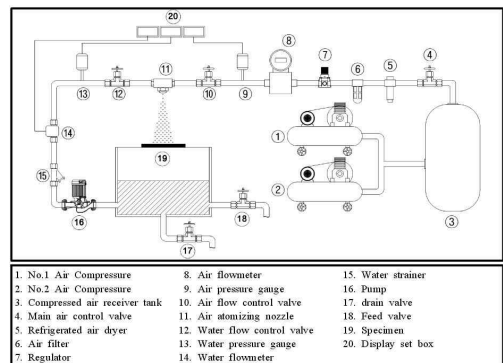


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

시편의 표면촬영은 캠코더와 SEM을 이용하여 실시하였다. 그 결과, 노즐로부터 분사된 액적과 직접적인 접촉이 있는 부분에서 침식이 심하게 일어나는 것을 확인하였다. 세 가지 재질에 대하여 기액비가 증가할수록 표면 침식이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

재질에 따른 무게 감소의 경향은 A6061이 가장 큰 무게의 감소량을 보였으며, A106B가 가장 적은 무게의 감소량을 나타냈다. 기액비에 따른 시편무게의 감소량의 결과, 기액비와 침식량은 비례하는 것으로 나타났다.

경도 변화는 침식이 많이 발생한 구역을 기준으로 주변 16개 위치의 경도를 측정하여 평균값을 사용하였다. 침식에 따른 경도의 감소는 관찰되었으나, 기액비가 증가함에 따라 경도의 감소 기울기가 증가하는 경향은 나타나지 않았다.

Fig. 2는 각 기액비별 투입되는 액적의 무게와 각 재질별 기액비에 따른 침식률을 나타낸 그림이다. 최소제곱법을 사용하여 얻은 추세선을 통해서 계산된 침식률과 기액비 간의 관계는 아래의 식과 같다.

A106B:

$$ER = -1.164AWR^2 + 3.176AWR + 0.0012$$

SS400:

$$ER = -9.209AWR^2 + 27.268AWR + 0.0423$$

A6061:

$$ER = -13.458AWR^2 + 40.923AWR + 0.2134$$

여기서 ER은 침식률, AWR은 기액비를 나타낸다.

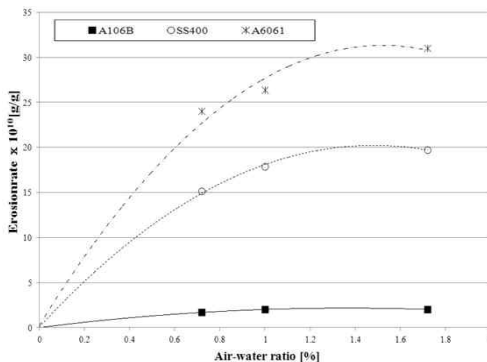


Fig. 2 Erosion rate according to air-water ratio

5. 결론

본 연구에서는 액적 충돌침식으로 인한 배관손상현상에 대하여 융통성이 있는 대책을 위하여 예측이론을 개발하고, 이에 따른 예측관리 기술을 확보하는 것에 목적이 있어 속도에 따른 재질과 기액비에 대한 침식량의 변화를 살펴보았다. 실험을 통해 알아본 액적 충돌침식의 경향을 살펴보면 세 단계로 구분할 수 있다. 첫 번째로 세로방향의 균열(crack)이 발생하고, 시간이 증가함에 따라 가로방향 균열(crack)이 생성되며, 마지막으로 본격적인 침식이 시작되는 것을 판단할 수 있었다. 무게 변화를 확인한 결과, 120시간까지 급격한 무게 감소가 관찰되었고, 실험시간이 증가할수록 감소기울기는 둔화되는 것을 확인하였다. 액적과 시편의 접촉면적과 무게감소를 토대로 침식률을 계산하였으며, 기액비 0.00~2.00%범위에서의 예측식을 제안하였다.

본 연구는 현재 계속 진행 중이며, 앞으로 진행될 지속적인 연구에서는 속도에 따른 액적 충돌침식의 상관관계와 다양한 기액비에서의 실험을 통해 데이터의 신뢰성을 확보할 계획이다. 또한 노즐거리에 따른 침식량과 재질별 침식량을 살펴볼 예정이다. 이를 기반으로 각 인자에 따른 침식률을 확인하고, 이를 통해서 검증된 액적 충돌침식에 관련된 보다 근접한 예측식을 제안할 계획이다. 따라서 본 연구의 결과는 배관의 예측 관리시스템의 구축에 있어 기초연구 자료로서 가치가 있을 것으로 기대된다.

후기

본 논문은 2011년도 한국연구재단 일반 연구자 지원사업(20111508)의 연구비지원에 의하여 연구되었으며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Ilmar Kleis, Priit Kulu, "Solid Particle Erosion ; Occurrence, Prediction and Control", Springer, p.14~15, 2008
2. Eddie C. French, May, New inhibitor reduces crude-unit corrosion problems at lower pH, Oil & Gas Journal, p.45-53, 1993