

3. 실험 결과

초미세 발포에서는 용해도를 측정하는 것이 일반적이지만 이번 연구에서는 이력을 가진 샘플과 갖지 않은 샘플 사이의 확산 속도 차이를 알아보기 위하여 포화상태의 용해도가 아닌 어느 한 시점에서 용매에 용해된 용질의 양을 나타내는 Weight Gain을 측정했다. Weight Gain은 폴리머 재료의 단위 질량(g)당 용해된 가스의 질량(g)으로 산출했다. 이산화탄소가 용질에 해당되고, 폴리머 샘플이 용매이다. 이력을 갖는 샘플과 이력을 갖지 않는 샘플의 Weight Gain의 변화는 다음과 같은 식으로 계산할 수 있다.

$$WeightGain = \frac{W_2 - W_1}{W_1}$$

여기서 W_2 는 포화된 시편의 무게이며, W_1 은 원시편의 무게이다.

초기의 확산 속도가 차이가 크다는 연구 결과에 따라 초기의 확산 속도를 비교하기 위해 0.5 시간부터 완전 포화시키기 위한 24 시간까지 각 Weight Gain을 위의 방식으로 측정하였다.

Fig 2는 이력이 없는 샘플과 서로 다른 이력을 가진 샘플 1 및 2에 대한 용해도와 확산도의 실험 결과를 보여준다. 실험 결과를 보면, 이력이 있는 시편이 이력이 없는 샘플에 비해 같은 시간 동안 용해시켰을 때 weight gain이 높게 나타났다. 그리고 초임계(supercritical) 상태에서 이력을 만든 샘플이 가스 상태에서 이력을 만든 샘플보다 weight gain이 높게 나타났다.

확산 속도의 차이는 무정형 수지에서 보였던 결과처럼 큰 차이를 보이지 않았다. 이력이 없는 샘플과 가스에 의해 이력을 갖게 된 샘플의 경우 확산 속도는 거의 전 구간에서 0.1% 정도의 차이를 보였고, 이력이 없는 샘플과 초임계 유체에 의해 이력을 갖게 된 샘플의 경우 0.5% 정도의 차이를 보였다.

확산 속도 이외에 용해량은 가스에 의해 이력을 가지고 있던 샘플이 이력을 갖지 않은 샘플보다 0.1%, 초임계 유체에 의해 이력을 가지고 있던 샘플은 이력을 갖지 않은 샘플보다 0.8% 정도 더 많이 나왔다.

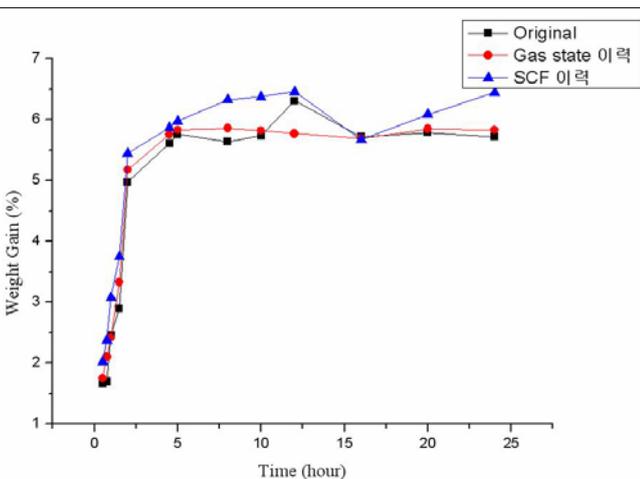


Fig. 2 Weight gain graph for each condition. Weight gain data obtained for each condition. Prehistory 1: elimination of gas after solubility experiment at 6.0MPa, 20°C, 24hrs, 2: elimination of gas after solubility experiment at 10.0MPa, 50°C, 24hrs.

4. 결론

초미세 발포 공정을 거친 폴리머 재료에 이력이 미치는 영향을 알아보기 위해서, 실험은 2 가지 종류의 이력을 가진 시편과 이력이 없는 시편 1 을 동시에 고압용기에 넣어서 실험하였다. 이력이 있는 시편은 각각 6.0MPa, 20°C에서 24 시간 동안 이산화탄소를 용해시킨 것과 10.0MPa, 50°C에서 24 시간 동안 이산화탄소를 용해시킨 것을 만들었다. 그 후, 가스를 빼낸 뒤 이력이 없는 시편과 함께 6.0MPa, 20°C에서 이산화탄소를 다시 용해시켰다. 실험결과를 통해 이력이 있는 폴리머의 Weight gain 이 이력이 없는 것보다 크다는 것을 알 수 있다. 또한 초임계 유체를 이용한 경우가 더 큰 weight gain 을 나타낸다.

그러나 무정형 폴리머인 ABS 와는 다르게 결정형 폴리머인 PP 는 초기의 확산 속도와 포화상태로 진행된 이후 확산 속도에 큰 차이를 보이지 않았다.

일반 가스를 통해 이력을 경험한 샘플의 경우 초기의 확산 속도와 후반의 확산 속도 차이는 거의 일정하게 0.1% 정도를 유지하였고, 초임계 유체에 의해 이력이 생성된 샘플의 경우만 0.5% 정도의 확산 속도 차이를 유지하였다.

따라서 결정형 수지에는 이력이 무정형 수지만큼 확산 속도에 큰 차이를 낼 수 없다는 것을 알 수 있다. 이는 이력을 경험하면서 상대적으로 가스의 외압에 의해 변화를 받기 힘든 결정형 부분이 많은 결정형 수지는 이력의 영향이 무정형 수지만큼 크게 나타나지 않는다는 것을 확인할 수 있다. 다만, 결정형 수지 역시 이력이 있는 시편이 이력이 없는 시편보다 약간 높은 용해도를 갖는다는 사실을 알 수 있다. 이와 같은 결과가 나오는 까닭은 가스가 고분자 내부로 용해되는 과정에서 높은 압력으로 인해 사슬원자간의 간격이 커지고, 사슬의 형태가 가스의 출입이 용이한 방향으로 변화되어서 가스가 용해되는 과정에서 저항을 적게 받기 때문이다.

후기

본 연구는 ‘서울시 산학연 협력사업(11101M0212351)’의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사 드립니다..

참고문헌

1. Cha, S. W., “New process for forming a three dimensional polymer product and foaming microcells at ambient temperature,” S.M. Thesis in Mechanical Engineering, M.I.T. 1994
2. 차성운, 김학빈, 윤재동, 이윤성, “초미세 발포 공법 시 가스 혼합에 따른 셀 형상 연구,” 한국정밀공학회지, Vol. 22, No.6, 2005
3. 윤재동, 차성운, 최광용, 조현중, “이력이 고분자 재료 안으로의 확산 및 용해에 미치는 영향,” 한국정밀공학회지, vol. 17, No.3, 108-113, 2000