

폴리머 용액의 측정시간 간격에 따른 종말속도의 실험적 연구

전찬열 · 이재수*

중부대학교 정보기계공학과

중부대학교 산업과학대학원 기계정보시스템공학과*

Experimental Study of Terminal Velocity according to Time Interval in Polymer Solution.

Chan yeal Jeon · Jae su Lee*

Division of Information Mechanical Engineering in Joongbu University

Division of Mechanical Information System Engineering at Graduation School in Joongbu Univ.*

요 약

폴리머 수용액인 점탄성 유체속에서 물체를 떨어뜨리면 시간 간격에 따라 종말속도가 다르게 측정된다. 이는 폴리머 수용액이 점성과 탄성을 포함하고 있는 것으로 수용액 내부에서 처음 통과한 물체를 기억하는 기억유체(memory fluid)라고 정의 할 수도 있다. 낙하에 사용된 물체는 속이 빈 알루미늄 구를 사용하였으며 구 내부에 일정량의 철분을 삽입하여 밀도를 변화시켰다. 이 결과 구를 떨어뜨리는 시간 간격이 작을수록 종말속도 값은 크게 나타나며 시간 간격이 충분히 크면 처음 구를 떨어뜨릴 때의 종말속도와 같게 된다. 또한, 농도가 증가할수록 처음 구를 떨어뜨려 측정된 종말속도는 서서히 감소하다가 측정시간간격의 85%를 통과하며 다시 처음의 속도에 도달하게 된다. 구의 종말속도는 점탄성 유체의 농도가 각각 500wppm, 1000wppm, 2000wppm의 경우 처음 구를 떨어뜨린 후에 구의 밀도와 온도변화에 따라 최고속도에 도달하는 시간도 증가하였으며, 시간이 경과할수록 감소하여 일정시간이 경과한 후에는 처음의 상태로 복귀되는 것을 알 수 있다.

1. 서 론

1.1. 유체의 점성 특성

낙구식 점도계에서 점탄성 유체의 점성특성을 측정할 때 처음에 구를 떨어뜨린 후 10초, 20초, 30초, 1분 등의 일정한 시간 간격에 따라 처음 떨어뜨린 구를 회수하여 다시 떨어뜨리면 시간 간격에 따라 종말 속도가 서로 다르게 측정되는 현상을 알 수 있다.

본 연구에서는 유동마찰 및 열전달 감소현상 연구에 많이 이용되는 polyacrylamide Separan AP-273수용액(300wppm, 500wppm, 2000wppm)을 이용하여 낮은 레이놀즈 수의 유동현상에

대한 물리적인 특성을 규명하고 속이 빈 알루미늄 구의 밀도를 실험유체와 거의 동일한 정도로 유지할 수 있도록 구속에 철분을 삽입하고 구의 밀도를 조절하여 측정하고자 한다. 측정장치 중 시료 실린더 내부에 있는 유체를 교란시키지 않고 떨어뜨린 구를 회수하여 다시 떨어뜨릴 수 있는 실험장치를 제작하므로써 낮은 농도 용액의 특성 확산 시간을 정확히 측정하고자 한다. 또한, 동일한 구를 이용하여 측정 구간을 측정할 때 측정시간의 간격에 따라 측정시간이 변화하게 되며 이러한 변화에 대한 영향을 규명하고자 한다.

2. 실험

2.1. 실험 장치

본 실험을 사용한 측정장치의 주요 구성 부분을 Fig. 3.1에 도시하였다.

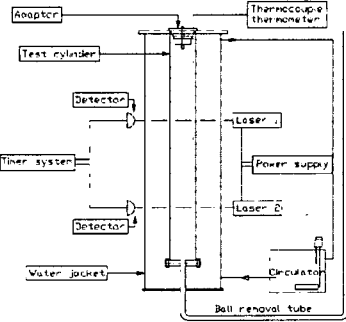


Figure2.1 Schematic diagram of the Falling ball viscometer

종말속도의 측정은 두 대의 레이저 비임을 차단하는 시간간격을 1/1000초에서 60분까지 측정할 수 있는 디지털 타이머를 이용하였으며 실험에 사용된 타이머를 Fig. 3.3에 도시하였다.

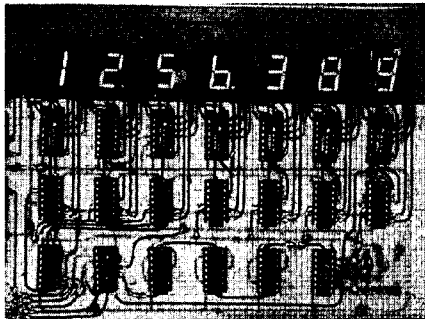


Figure2.2 Photograph of the timer system

실험에 사용된 시료실린더는 길이 800mm, 안지름이 각각 62.98mm, 110mm인 2개의 투명 아크릴 관으로 제작하였으며, 실험에 사용된 속이 빈 알루미늄 구(미국 Industrial Tevtonics Co. 제품)의 밀도를 조절하기 위하여 미소량의 철

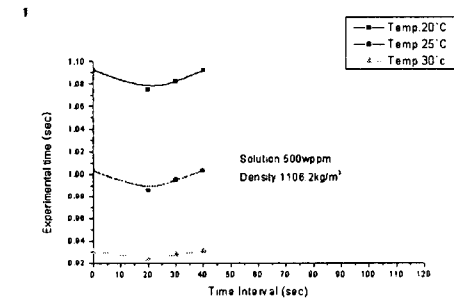
분을 삽입하였으며, 여러 개의 구를 사용하지 않고 1개의 구를 연속적으로 사용하여 실험할 수 있도록 회수할 수 있는 장치를 제작하였다.

2.2. 실험 방법

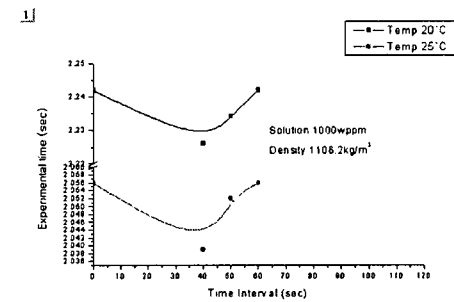
시료실린더에 속이 빈 알루미늄 구를 떨어뜨린 후 회수하여 10초, 20초, 30초, 1분, 2분 간격으로 다시 시료 실린더에 떨어뜨렸다. 처음 구를 떨어뜨린 후 일정시간이 경과한 후 회수한 구를 다시 실린더에 떨어뜨리는 방법으로 구의 종말속도를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. 특성 확산시간



(a) Polymer 500wppm



(b) Polymer 1000wppm

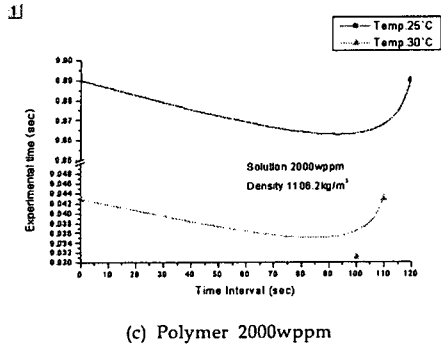


Figure 3.1 Diffusion time of Velocity vs time interval in density at $\rho=1106.2\text{kg/m}^3$

Fig. 3.1의 (a)는 20℃, 25℃, 30℃에서의 500wppm에 대한 낙하속도를 측정 한 것이다. 처음구를 떨어뜨려 20초가 경과하면 처음 구를 떨어뜨릴때의 50%까지 감소하며 40sec가 되면 초기속도에 도달하게 된다. 또한, (b)는 1000wppm에서 20℃와 25℃에 대한 낙하속도를 측정 한 것으로 40초가 경과 할 때까지 속도가 증가 하다 이후 점차 감소하여 60초가 되면 처음의 속도에 도달하게 된다.

Fig. 3.1의 (c)는 25℃의 2000wppm에서 처음 구를 떨어뜨릴 경우 9.89sec에서 time interval 이 100초가 될 때까지는 서서히 감소하지만 105초를 지나면서 급격히 증가하여 처음의 속도와 동일한 9.89sec에 도달하게 된다. 또한 온도가 상승하여 30℃가 되면 90초가 될 때까지는 측정시간이 서서히 감소하지만 95초를 넘어 서면서 급격히 증가하여 처음의 속도와 동일한 값에 도달하게 된다. 이 결과 25℃에서 diffusion time은 120초이며 30℃인 경우 110초로 온도가 증가할수록 diffusion time은 감소하며 농도가 증가할수록 diffusion time에 도달하는 85%까지는 서서히 감소하며 이를 통과하면서 15%사이에 처음속도에 도달하게 된다.

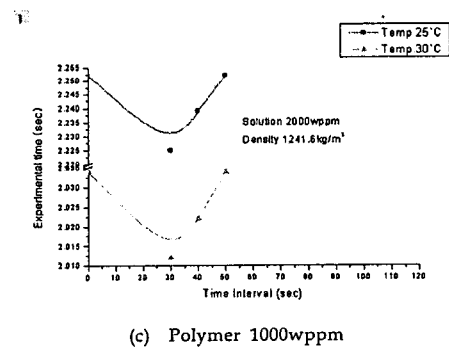
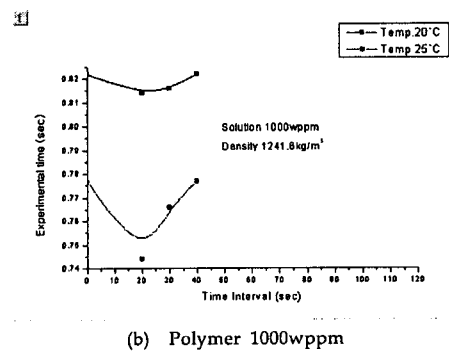
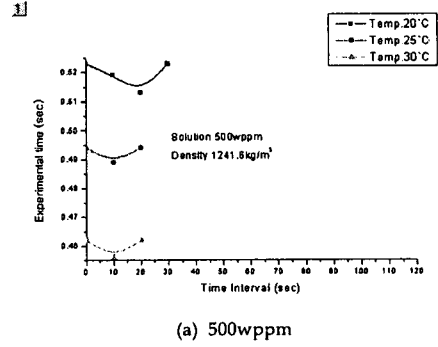
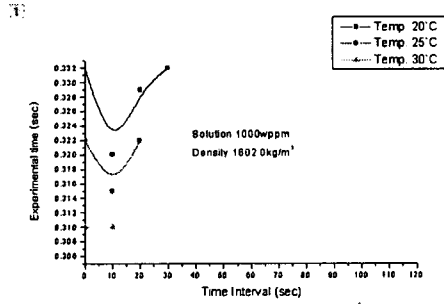


Figure 3.2 Diffusion time of Velocity vs time interval in density at $\rho=1241.6\text{kg/m}^3$

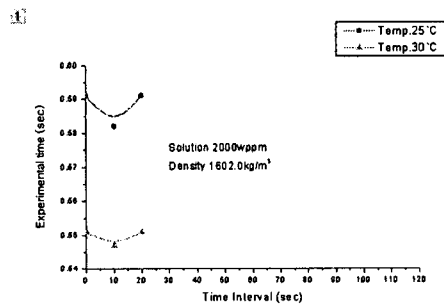
Fig. 3.2에서 농도가 증가할수록 종말속도에 도달하는 측정시간 간격이 증가하며 온도가 높

아질수록 측정되는 종말속도는 증가하는 것을 알 수 있다.

20℃에서 30초, 25℃에서 20초, 30℃에서 10초로 온도가 증가할수록 감소하게 된다.



(a) polymer 1000wppm



(b) polymer 2000wppm

Figure 3.3 Diffusion time of Velocity vs time interval in density at $\rho=1602.0\text{kg/m}^3$

Fig. 3.2와 Fig. 3.3은 500, 1000, 2000wppm에서 밀도가 $\rho=1106.2\text{kg/m}^3$, $\rho=1241.6\text{kg/m}^3$, $\rho=1359.5\text{kg/m}^3$ 로 서로 다른 측정시간 간격에 따라 종말속도를 측정하였다.

Fig. 3.3의 경우 20℃에서 처음 구의 속도가 0.332sec에서 10초 후 0.320sec, 30초 후에는 0.332sec로 diffusion time이 30초인 것을 확인할 있다. 또한 온도가 증가하여 25℃가 되면 0.322sec에서 10초 후 0.315sec, 20초 후 0.322sec로 diffusion time이 20초로 측정되었다. 그러나 30℃인 경우, 특성확산시간은 10초로 측정되었다. 이러한 결과로 diffusion time은

5. 결 론

점탄성 유체인 Separan AP-273의 낮은 농도인 500wppm, 1000wppm과 2000wppm의 폴리머용액을 20℃, 25℃, 30℃에서 측정시간 간격에 따라 종말속도를 측정하여 실험적으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 농도가 증가하고 온도가 증가할수록 처음 구를 떨어뜨린 후의 측정시간은 측정시간 간격이 클수록 서서히 감소하여 85%에 도달하면 급격히 증가하여 처음 속도에 도달하게 된다.
- (2) 측정결과에서 얻은 500wppm, 1000wppm, 2000wppm에서 각각에 대한 diffusion time은 밀도가 1241.6kg/m^3 인 경우 20℃, 25℃, 30℃에서 30초, 20초, 10초이다.

참 고 문 헌

- [1] 전찬열, 이재수. "PIV를 이용한 점탄성 유체의 특성확산시간에 관한 연구." 『(사)산학기술학회 춘계학술대회논문집』 3,; 249-252, 2002.
- [2] Adachi, K., Yoshioka, N. and Sakai, K.. "An Investigation of Non-Newtonian Flow Past a Sphere." J. of Non-Newtonian Fluid Mechanics. 3:107-125, 1977.
- [3] Chhabra, R. P., Uhlherr, P. H. T. and Boger, D. V.. "The Influence of Fluid Elasticity on the Drag Coefficient for Creeping Flow around a Sphere." J. of Non-Newtonian Fluid Mechanics. 6:187-199, 1980.
- [4] Cho, Y. I., Hartnett, J. P.. "Viscoelastic Effects in the Falling Ball Viscometer." Society of Rheology, Boston. 1979.
- [5] Gottlieb, M.. "Zero Shear Rate Viscosity Measurements for Polymer Solutions by Falling Ball Viscometry." J. of Non-Newtonian Fluid Mechanics. 6:97-109, 1979.