

4:1 축소형 미세 유로를 흐르는 탄성 유체의 와류 거동

이대웅, 안경현*

서울대학교 화학생물공학부

(timemit@snu.ac.kr*)

비뉴턴 유체가 축소형 유로를 흐를 때, 그 탄성이 증가함에 따라 divergent flow나 와류와 같은 다양한 형태의 흐름 양상을 보인다. 이러한 양상들 중에서도, 특히 축소 형태에서 발생하는 와류 거동 원리를 이해하는 것은 점탄성 흐름 연구의 주요 이슈로 자리잡아왔다. 이런 와류 거동은 채널 형태, 종횡비, 축소비, 유체 성질 등에 영향을 받는다. 그 중에서도 유체의 탄성이 증가하거나 전단응력이 증가할 경우 흐름은 불안정 해지는데, 이를 탄성 난류라고 한다. 일반적으로 뉴턴 유체에서는 레이놀즈 수가 커질 때 난류가 발생하지만, 점탄성 유체의 경우 탄성이 관성을 대체함으로써 레이놀즈 수가 낮을 때도 난류가 발생 가능하다. 여태까지 축소 유로에서 발생하는 현상에 대해서 많은 연구가 있어왔지만 주로 안정적인 영역에 국한되어 있었으며, 이 탄성 난류에 대한 연구는 거의 없었다. 본 연구에서는 축소 형태 유로에서 보이는 탄성 난류와 거기까지 도달하는 전이 과정을 관찰하기 위해, 미세하게 제작된 4:1 유로와 높은 점탄성을 가진 유체를 사용하여 아주 높은 탄성을 보이는 상태를 구축하였다. 흐름 조건이나 유체 성질에 의해 흐름의 탄성이 증가함에 따라서, 흐름은 정상 상태에서 탄성 난류로 바뀐다. 그리고 그 사이에 전이 과정으로서 oscillating vortex가 존재한다. 이와 같은 과정을 체계적으로 관찰하고 분석하여 높은 탄성을 가진 흐름이 축소형 구조를 지날 때 발생하는 흐름 거동과 전이 메커니즘을 제시하였다.