

반경비 변화에 따른 환형관내 유동에 관한 연구

김 영 주, 우 남 섭, 서 병 태, 황 영 규*

성균관대학교 기계공학과 대학원, *성균관대학교 기계공학부

A study on the flow in a concentric annulus for the change of radius ratio

Young-Ju Kim, Nam-Sub Woo, Byung-Taek Seo, Young-Kyu Hwang*

Department of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

요 약

파이프나 환형관에서의 비뉴턴유체 유동은 석유시추, 의료공정, 화학분야 등의 여러 공학적 응용 때문에 많은 관심을 받아왔다. 특히 유정의 굴착작업은 많은 진동과 유동 교란을 발생시키며 낮은 축회전수로 작동되어진다. 이러한 굴착 기술의 중요한 관심사 중 하나가 굴착 잔재물의 효과적인 제거인데, 굴착 이수는 드릴 파이프와 케이싱 사이를 이동하면서 굴착 잔재물을 지상으로 운반하고, 관내 냉각작용 및 비트의 청결 작용을 한다. 이러한 케이싱 내를 통과하는 유동은 천이영역에서의 유동 특성을 가지며 축방향 유동과 회전이 존재하는 천이영역에서의 유동 특성 문제는 굴착작업시 야기되는 중요한 문제이다.

본 연구에서는 굴착작업에 대한 모형을 단순화한 실험 장치를 사용하여 작동유체, 유량 및 반경비 변화에 따른 환형관에서의 유동특성을 파악하고자 하였다. 반경비가 증가하여 환형관 간극이 작아지면 상대적으로 축방향 및 반경방향 속도의 영향이 증대된다. 작동유체는 뉴턴유체인 물과 비뉴턴유체인 CMC 수용액 (0.4% aqueous solution of sodium carboxymethyl cellulose)을 사용하였고, 축방향으로 완전히 발달된 유동장에 대하여 $Re = 500 \sim 20000$ 인 영역에서 안쪽축을 $0 \sim 500\text{rpm}$ 으로 회전시킬 경우의 압력손실값과 마찰계수 등을 측정하였다. 이로부터 유량과 회전수 및 반경비 변화에 따른 환형관내 유동특성을 파악하였다.

반경비가 0.52이고 작동유체가 물인 경우 비회전시 표면마찰계수 상관식은 Shah & London이 제시한 상관식 $C_f = 23.8/Re$ 과 일치하였다.

0.4% CMC 수용액에서 반경비가 0.52인 경우에 비하여 0.9인 경우 압력손실이 8~10배 정도 높게 나타나지만 표면마찰계수는 반경비 0.52의 경우가 2~3배 크게 나타났다. 이는 마찰계수가 압력손실은 물론 환형관의 직경과 축방향 유속에 관계되기 때문이다.

안쪽축의 회전수 변화에 대한 비뉴턴 유체의 축방향 유동은 회전수가 증가할수록 최대속도의 위치가 안쪽으로 이동함을 확인하였고, θ 방향 속도분포를 보면 물의 경우가 비뉴턴유체의 경우보다 회전에 의한 속도구배가 크게 나타났다.

참고문헌

1. Nouri, J. M. and Whitelaw, J. H., 1994, Flow of Newtonian and non-Newtonian fluids in concentric annulus with rotation of the inner cylinder, J. Fluids Eng., Vol. 116, pp. 821-827.
3. Escudier M. P. and Gouldson I. W., 1995, Concentric Annular Flow with Centerbody Rotation of a Newtonian and a Shear-thinning Liquid, J. Heat and Fluid Flow, Vol. 16, No. 3, pp. 156-162
3. Shah, R. K. and London, A. L., 1978, Laminar Flow Forced Convection in Ducts, Academic Press New York.