

맥동유동에 의한 그루브 채널내의 유동혼합 촉진에 관한 연구

이 대 영^{*}, 김 동 옥, 이 윤 표

한국과학기술연구원 열유동제어연구센터

Flow Mixing Enhancement by Pulsatile Flow In a Grooved Channel

Dae-Young Lee^{*}, Dong-Xu Jin, Yoon-Pyo Lee

Thermal/Flow Control Research Center, Korea Institute of Science and Technology(KIST),
Cheongryang P.O Box 131, Seoul 136-791, Korea

요 약

균일한 유동장에 그루브 형상의 유로를 만들어 교란을 주면 좁아진 유선사이에서는 유속이 빨라지고 넓어진 유선사이에서는 속도가 느려지게 된다. 베르누이 정리에 의하여 유속이 빠른 경우에는 압력이 낮고 유속이 느린 경우에는 압력이 높게 되는데 이와 같이 압력차가 발생하면 압력이 높은 쪽으로부터 압력이 낮은 쪽으로 힘이 작용하고, 이 가해진 힘에 의하여 유선은 더욱 불안정하게 된다. 이러한 현상을 응용하여 맥동 펌프 등을 이용, 유체에 맥동을 실어주면 와류가 그루브 내에서 주기적으로 탈착되어 열전달 향상과 파울링(fouling) 억제를 동시에 구현할 수 있다.

본 연구에서는 유동가시화 실험을 통해 삼각형상 그루브 채널에서 맥동주파수가 와류의 생성과 발달에 미치는 영향을 고찰함으로써 맥동유동에 의한 열전달과 물질전달 향상 원리에 대해 규명하였다.

유동가시화 결과에 의하면 유속이 빨라질 때 그루브 입구 쪽의 경사면에서 와류가 생성되고, 이 와류가 유동에 밀려 맞은편 경사면에 부딪힌 후 그루브 안에서 회전하면서 그루브 안의 정체된 유체의 혼합을 촉진시킨다. 이후 주유동의 속도가 감소하면 그루브 안의 와류는 상대적으로 속도가 느린 그루브 밖 채널부분의 유체를 끌어들이는 동시에 회전속도가 점차 감소한다. 한편 끌려 들어온 유체에 의하여 와류의 회전반경은 점차 증가하면서 그루브의 깊이보다 더 커져 주유동 채널 안으로 확대된다. 이 와류는 주유동의 속도가 다시 증가할 때, 주유동에 밀려 그루브 밖으로 토출된다. 이와 같은 일련의 과정들을 통하여 그루브 안의 유체가 혼합되고 주기적으로 그루브 밖으로 토출됨으로써 주유동 유체와 그루브 내 유체의 교환이 촉진되고 따라서 열전달이 향상된다.

와류에 의한 그루브 내부와 주유동사이의 유체교환에 대한 최적의 맥동주파수가 존재하며 혼합과 토출에 필요한 시간과 맥동주기가 일치할 때 그루브 내부 유체의 교체효율이 최대로 된다. 맥동주파수가 너무 작으면 유체 혼합에 필요 이상의 시간을 소모하게 되고 또한 저속단계의 끝부분에서 와류가 없는 유동상태가 존재하며, 맥동주파수가 너무 크면 와류가 충분히 성장하는데 필요한 고속단계가 너무 짧고 또 여러 개의 와류가 생성됨으로 인해 그루브 내의 유체가 충분히 혼합되지 않을뿐더러 저속단계에서 와류의 감쇠도 심하다.