

점탄성 유동물질 여과용 필터 구조물의 강도해석 (Strength analysis of a filtering structure for a viscoelastic flowing substance)

박창호^{*}(영남대학교, 지역협력연구센터), 정광섭(영남대학교, 섬유공학부)
주상우(영남대학교, 기계공학부), 손태원(영남대학교 섬유공학부)

Abstract

A study is strength analysis of a filtering structure for a viscoelastic flowing substance. Conventional segment type filter units comprise an assembly of two or more individual disc segments stacked at their respective hubs on a central common filtrate collection tube within a filter housing. The conventional type's leaf disc is problem that it don't support a high pressure flows. Therefore, this study develop new structure filtering model to stand a high pressure flows.

1. 서 론

본 연구는 폴리에스테르 중합 후 방사공정을 거치기 전에 고형화된 폴리머 또는 모노머 형태의 유동물질을 여과시키는 필터의 개발을 위한 필터의 구조해석에 관한 것이다. 종래에 사용중인 필터는 유선형 리이프 디스크(Leaf Disc) 방식^{(1),(2),(3)}으로, 다수의 리이프 디스크로 필터링 시스템이 형성된다. 또, 각각의 리이프 디스크는 센터볼에 한 장씩 순차적으로 쌓아올려 고정시킨 형태를 이루며, 이와 같은 필터는 각 리이프 디스크의 중앙 개구부에 허브가 끼워져 용접되어 있고, 중공(中空)의 센터볼이 리이프 디스크의 허브를 관통하고 있다. 따라서 각 리이프 디스크는 센터볼을 따라 위로 한 장씩 순차적으로 쌓아올려져 고정되어 있게 된다.

기존의 유선형 리이프 디스크를 사용하는 필터 시스템의 경우는 리이프 디스크는 두 장의 편칭 평판으로 구성되고, 이 편칭 평판은 다공성의 금

속판으로 각각의 편칭 평판 사이에는 스테인레스의 금속망이 들어 있으며, 최종적으로는 부직포가 편칭 프레임 양면을 덮어 싸고 있다. 또 허브 및 센터에는 여러 개의 통공이 형성되어 있으며, 이 통공은 각 편칭 평판을 통하여 서로 연결되어 있다. 따라서 이 필터를 폴리머, 모노머 같은 고형의 유동물질이 들어 있는 탱크 내에 설치하면, 리이프 디스크에 의하여 유동물질이 부직포 편칭 평판을 투과하여, 편칭 평판 사이로 유입되고, 계속하여 유동물질이 허브의 통공을 통해 센터볼의 통공을 거쳐 센터볼 내로 배출되며, 탱크 밖으로 유출하게 된다. 따라서 부직포의 미세한 공간을 통하여 고형의 유동물질을 여과시킬 수 있게 된다.

그러나 이와 같은 종래의 필터용 리이프 디스크는 다공성의 편칭 평판을 사용함으로써 고가일 뿐 아니라 금속 평판의 둘레 방향으로 진행되는 유선 파형을 형성하도록 만곡시켜 제작해야는 등의 비효율적인 생산 공정상의 약점과 유선형 금

속판의 구조를 사용함으로써 필터링 시스템의 초기 고압에 취약한 단점을 가지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 필터링 시스템의 초기 고압에 충분한 강도를 가지면서 효과적인 생산 공정을 확보할 수 있는 트러스트 형태의 새로운 리이프 디스크를 개발하기 위하여 두 형태의 디스크에 대한 강도해석을 수행하였다.

2. 구조 해석

그림 1은 종래에 사용되고 있는 유선형 리이프 디스크의 구조를 나타낸 것이다. 그림에서와 같은 유선형 구조는 높은 하중을 견디기에는 부적합하다. 그리고 구조가 복잡하며, 일일이 각각의 부분을 용접을 해야하는 등 많은 작업공정을 필요로 한다.

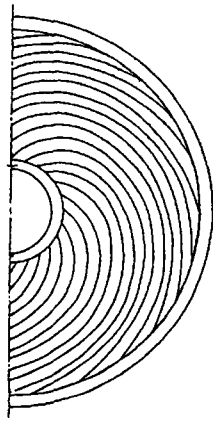
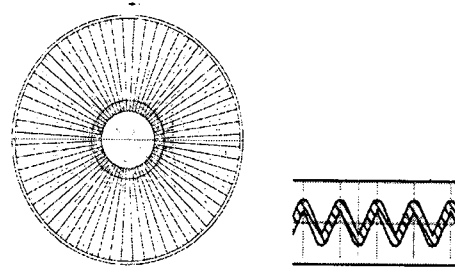


Figure 1. streamline shape structure

그림 2(a)는 이러한 문제점을 고려하여 새로이 개발한 트러스트 리이프 디스크의 형상을 나타낸 것이다. 그림 2(b)에서는 이 리이프 디스크의 절단면을 확대하여 나타낸 것이다. 그림 2(b)에서 보듯이 이 구조는 트러스트의 구조로 되어 있어 아주 높은 하중을 견딜 수 있으며, 또한 리이프 디스크 전체가 판형이므로 간단한 단조작업을 통해

서 비교적 쉽게 제작이 가능하게 된다.



(a) (b)

Figure 2. Trust structure

본 연구에서는 이러한 두 가지의 형태의 리이프 디스크의 구조해석을 통하여 서로를 비교하여 보았으며, 이러한 해석을 수행하기 위하여 Ansys 5.3 해석용 프로그램을 사용하였다. 그리고 표 1은 본 연구에서 수행한 리이프 디스크용 재료에 대한 기계적인 성질을 나타낸 것이다.

Table 1. Mechanical properties of some materials

Material	Mass density kg/m ³	Modulus of elasticity E GPa	Shear modulus of elasticity G GPa	Poisson's ratio ν
Aluminum (pure)	2710	70	26	0.33
Aluminum alloy	2600- 2800	70 - 79	26 - 30	0.33
2014-T6	2800	73	28	0.33
6061-T6	2700	70	26	0.33
7075-T6	2800	72	27	0.33
Steel	7850	190-210	75 - 80	0.27 - 0.30

2-1. 외팔보 형태의 리이프 디스크에 대한 구조해석

그림 3은 그림 1에서 설명한 종래에 사용하고 있는 유선형 리이프 디스크의 단면을 간략하게 나타낸 것이다.

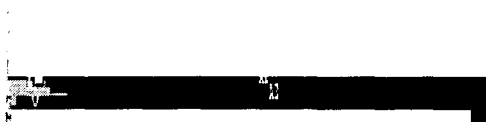


Figure 3. Cantilever beam structure modeling

그림 4에서는 그림 3의 구조에 29.4MPa의 압력이 작용할 때에 보의 변위를 나타낸 그림이다. 여기서 29.4MPa은 실제로 필터링 작업을 할 때 작용하는 압력을 사용한 것이다.

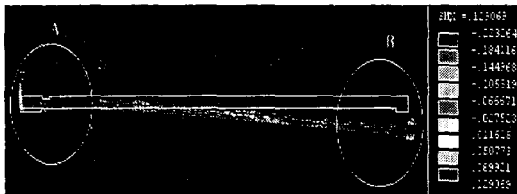


Figure 4. Displacement of pressure

그림 4에서 보듯이 외팔보의 구조에 압력이 작용할 때, 특히 보의 끝 부분에 아주 큰 변위가 일어난다는 것을 알 수 있다.



(a)



(b)

Figure 5. stress of y directions(σ_y)

여기서 그림 5(b)는 c부분을 확대해서 보여 주는 그림이다.

그림5에서 보듯이 외팔보의 구조를 가지는 종래의 리이프 디스크에서는 압력에 따른 변위량이 크며 또한 가장자리에 작용하는 응력이 아주 크게 나타난다는 것을 알 수 있다.

2-2. 하나의 트러스트 구조형태에 대한 해석

그림 6은 그림 2에서 보여준 본 연구에서 개발한 리이프 디스크 구조를 간단히 나타낸 그림이다.

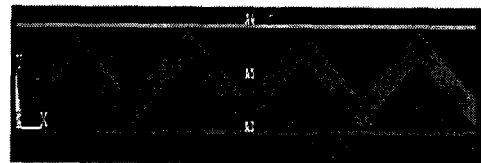


Figure 6. Trust structure modeling

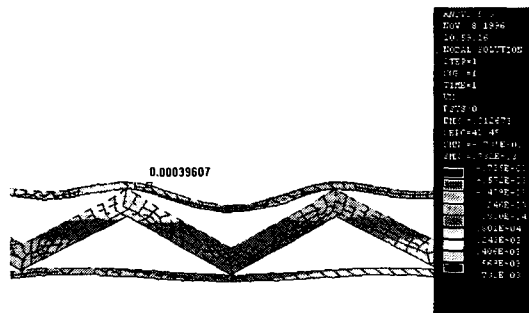


Figure 7. Displacement of pressure

그림 7는 유동물질에 의한 압력이 작용할 때에 나타나는 변위를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 압력에 따른 구조의 변화량의 크기가 외팔보의 경우보다는 매우 작다는 것을 알 수 있다.

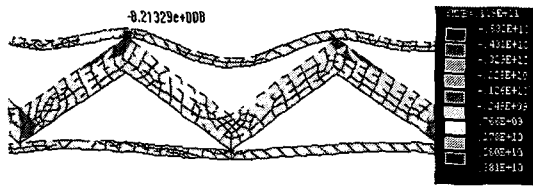


Figure 8. stress of y directions(σ_y)

그림 8. 유동물질에 의해 작용하는 압력에 따른 응력변화를 나타낸 그림이다. 이 그림들에서도 역시 외팔보의 경우보다는 상당히 작은 응력이 작용하게 된다는 것을 알 수 있다.

2-3. 4개의 트러스트 구조형태에 대한 해석

그림 9는 그림 6의 구조를 가지는 것을 여러 개 겹쳐놓은 형태를 나타낸 것이다. 일반적으로 산업에서 사용하고 있는 필터링 방법은 그림 11과 같이 여러 개의 필터가 겹쳐져 있는 형태를 가지게 된다.



Figure 9. Trust structure modeling

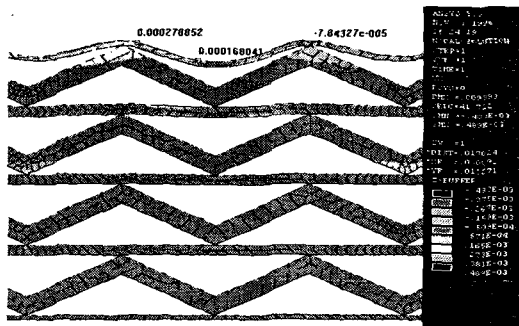


Figure 10. Displacement of pressure

그림 10은 이러한 여러 개의 트러스트 구조가 겹쳐져 있는 경우에 유동물질에 의해 작용하는 압력에 따른 구조의 변위를 나타낸 그림이다.

그림10에서 보듯이 여러 개의 트러스트 구조를 사용할 경우에 유동물질의 직접적인 압력이 작용하는 부분에서 변위가 일어날 뿐 그 아래의 구조에는 변위가 거의 없다는 것을 알 수 있다.

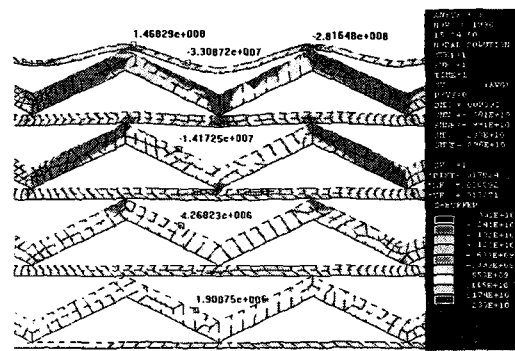


Figure 11. stress of y directions(σ_y)

그림 11은 작용하는 압력에 의한 응력변화를 나타낸 그림이다. 이 그림들에서도 역시 외팔보의 경우보다는 상당히 작은 응력이 작용하게 된다는 것을 알 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 지금까지 폴리머, 모노머 등의 유동물질의 여과용 필터로 사용되어 왔던 리이프 디스크의 구조에 따른 문제점과 이를 개선하기 위한 새로운 구조인 트러스트 리이프 디스크 형태의 구조와 유선형 리이프 디스크 형태의 구조를 서로 비교하여 보았다. 여기서 우리는 새롭게 개발한 트러스트 구조의 리이프 디스크의 경우 유동물질에 의해 작용하는 압력에 대해서 기존의 제품들보다 월등히 우수한 구조임을 알 수 있었다. 그리고 또한 단조로 아주 쉽게 제품을

만들 수 있기 때문에, 제품의 생산성도 향상시킬 수 있다고 생각한다.

또한 실제로 폴리머, 모노머 등의 유동물질의 여과시에는 여러 개의 필터를 서로 겹쳐서 사용하게 된다. 그러나 트러스트 구조를 사용하게 되면, 본 연구에서 보았듯이 유동물질의 압력이 직접적으로 작용하는 부분만이 영향을 받을 뿐 다른 부분에서는 큰 영향이 없다는 것을 알 수 있다. 그러나 이러한 트러스트 구조는 강도면에서 우수한 특성을 나타내지만 유동에 대해서는 문제점이 발생할 수 있다. 그래서 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 유동물질의 압력이 직접적으로 작용하는 부분에서는 트러스트 구조를 사용하고, 나머지 부분에서는 지금까지 사용되어 온 유선형의 리이프 디스크를 사용하는 것이 바람직하다고 생각된다.

4. 참고문헌

1. Haver & Boecker, "Filter Disc",
UK Patent Application, GB 2299032 A. 1996
2. David B. Pall and John D. Miller, "Segmented filter disc with slotted support and drainage plate and support spacer", United States Patent, 4,902,420, 1990
3. 오다나베 다케시 " 폴리머, 모노머등 유동물질 여과용 필터", 대한민국 특허청, 2691, 1992.