(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0075219
(43) 공개일자 2013년07월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B04B 5/02 (2006.01) *B04B 7/08* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0143516
(22) 출원일자 2011년12월27일
심사청구일자 2011년12월27일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
이학구
경상남도 창원시 성산구 가음동 재료연구소APT 403호
김지훈
경상남도 창원시 의창구 신월동 은아아파트 212동 205호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김기문

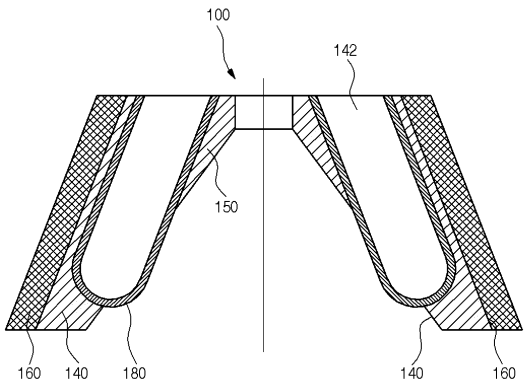
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터**

(57) 요 약

본 발명의 실시예에 따른 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터는, 외측에 적어도 원주 방향으로 섬유 보강된 복합재료로 형성된 외측부와, 상기 외측부의 내측에 위치하고, 상기 외측부 강성의 1/5 이하의 강성을 가지며, 시료를 수용하는 슬롯이 형성된 내측부와, 상기 내측부의 슬롯에 장착되며 상기 내측부보다 높은 강성을 갖는 재질로 형성되어 적어도 상기 슬롯의 원주방향으로 섬유 보강된 복합재 보강물을 포함하여 구성되며, 상기 복합재 보강물은 적어도 일부가 상기 내측부를 관통하여 내측부의 외부로 돌출됨을 특징으로 한다. 이와 같이 구성되는 본 발명에 따르면, 변형량이 감소하여 고속회전이 가능하며 안전성이 향상되는 이점이 있다.

대 표 도 - 도7



(72) 발명자
박지상
경상남도 창원시 상남동 성원아파트 304동 2403호

이우경
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 기숙사

특허청구의 범위

청구항 1

외측에 적어도 원주 방향으로 섬유 보강된 복합재료로 형성된 외측부와,

상기 외측부의 내측에 위치하고, 상기 외측부 강성의 1/5 이하의 강성을 가지며, 시료를 수용하는 슬롯이 형성된 내측부와,

상기 내측부의 슬롯에 장착되며 상기 내측부보다 높은 강성을 갖는 재질로 형성되어 적어도 상기 슬롯의 원주방향으로 섬유 보강된 복합재 보강물을 포함하여 구성되며,

상기 복합재 보강물은 적어도 일부가 상기 내측부를 관통하여 내측부의 외부로 돌출됨을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 2

외측에 적어도 원주 방향으로 섬유 보강된 복합재료로 형성된 외측부와,

상기 외측부의 내측에 위치하고, 상기 외측부 강성의 1/5 이하의 강성을 가지며, 시료를 수용하는 슬롯이 형성된 내측부와,

상기 내측부보다 높은 강성을 가지고, 상기 내측부의 내경 보다 큰 외경을 가지며, 상기 내측부의 내측에서 내측부에 압력을 가한 상태로 결합된 허브와,

상기 내측부의 슬롯에 장착되며 상기 내측부보다 높은 강성을 갖는 재질로 형성되어 적어도 상기 슬롯의 원주방향으로 섬유 보강된 복합재 보강물을 포함하여 구성되며,

상기 복합재 보강물은 적어도 일부가 상기 내측부를 관통하여 내측부의 외부로 돌출됨을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 3

외측에 적어도 원주 방향으로 섬유 보강된 복합재료로 형성된 외측부와,

상기 외측부의 내측에 위치하고, 상기 외측부 강성의 1/5 이하의 강성을 가지며, 시료를 수용하는 슬롯이 형성된 내측부와,

상기 내측부보다 높은 강성을 가지고, 상기 내측부의 내경 보다 큰 외경을 가지며, 상기 내측부의 내측에서 내측부에 압력을 가한 상태로 결합된 허브와,

상기 허브의 일측과 결합하여 상기 허브가 내측부에 압력을 가하도록 강제하는 결합부재와,

상기 내측부의 슬롯에 장착되며 상기 내측부보다 높은 강성을 갖는 재질로 형성되어 적어도 상기 슬롯의 원주방향으로 섬유 보강된 복합재 보강물을 포함하여 구성되며,

상기 복합재 보강물은 적어도 일부가 상기 내측부를 관통하여 내측부의 외부로 돌출됨을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 4

외측에 적어도 원주 방향으로 섬유 보강된 복합재료로 형성된 외측부와,

상기 외측부의 내측에 위치하고, 상기 외측부 강성의 1/5 이하의 강성을 가지며, 시료를 수용하는 슬롯이 형성된 내측부와,

상기 내측부보다 높은 강성을 가지고, 적어도 상기 내측부의 상단에 장착되어 구동축과 연결되며, 상기 내측부의 슬롯과 접촉하는 부분이 개구된 연결부와,

상기 내측부의 슬롯에 장착되며 상기 내측부보다 높은 강성을 갖는 재질로 형성되어 적어도 상기 슬롯의 원주방향으로 섬유 보강된 복합재 보강물을 포함하여 구성되며,

상기 복합재 보강물은 적어도 일부가 상기 내측부를 관통하여 내측부의 외부로 돌출됨을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 외측부는 회전중심으로부터 거리가 멀어질수록 두꺼워지는 것을 특징으로 하는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 6

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서, 상기 허브는 중공형 원뿔대 형상을 기반으로 형성됨을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 7

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 외측부는 상기 내측부의 외경보다 작은 내경을 가지며, 억지 끼워진 것을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 8

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 외측부는 내측부의 외면에 필라멘트(filament) 또는 섬유를 다수회 권취한 후 고분자 수지를 주입하고 경화함으로써 형성됨을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 9

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 외측부는 내측부의 외면에 고분자 수지가 함침된 필라멘트(filament) 또는 섬유를 다수 회 권취한 후 경화함으로써 형성됨을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 10

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 외측부는 B-stage 상태의 복합재료를 내측부의 외면에 권취한 후 경화함으로써 형성됨을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 11

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 외측부는 접착부재에 의해 내측부와 결합됨을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 12

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복합재 보강물은 RTM(resin transfer molding)에 의해 복합재료로 성형됨을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 13

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복합재 보강물은 슬롯 내부에 억지 끼움 결합, 접착부재를 이용한 결합 중 어느 하나의 방법으로 결합됨을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

청구항 14

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 내측부는 성형 또는 기계 가공에 의해 형성됨을 특징으로 하는 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 외측에 적어도 원주 방향으로 섬유 보강된 복합재료로 형성된 외측부와, 상기 외측부의 내측에 위치하고, 상기 외측부 강성의 1/5 이하의 강성을 가지며, 시료를 수용하는 슬롯이 형성된 내측부와, 상기 내측부보다 높은 강성을 갖는 재질로 형성되어 상기 슬롯 내부에 수용되는 복합재 보강물을 포함하여 구성되며, 내측부와 외측부의 재료강성비 제어를 통해 로터에 발생되는 θ방향과 r방향의 응력분포가 재료 강도의 이방성을 반영하도록 하고, 복합재 보강물은 슬롯을 관통하여 일부가 외부로 노출되도록 구성하여 내측부에 발생하는 응력집중을 감소시킴으로써 고속회전에 최적 설계될 수 있도록 한 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 원심분리기는 시료를 고속으로 회전시켜 이때 발생하는 원심력을 이용하여 시료를 성분별로 분리하는 장치로 생명, 물리, 의학, 화학 등 다양한 분야의 실험에서 널리 사용되고 있다.

[0003] 이러한 원심분리기는 모터로부터 회전 동력을 제공받아 고속으로 회전하는 로터를 요부 구성으로 하며, 로터의 종류에는 vertical type, hanging type, fixed angle type 등이 있다.

[0004] 본 발명의 대상 로터는 고정각 (fixed angle) 로터로 상기 로터는 회전 중심을 기준으로 방사상으로 다수 슬롯이 기울어진 형태로 함몰 형성된다.

[0005] 상기 슬롯은 내부에 시료가 담긴 튜브가 수용되는 곳으로, 필요에 따라 다양한 크기 및 위치를 가질 수 있다.

[0006] 그리고, 상기 슬롯은 고속으로 회전하게 되므로 큰 원심력이 발생하게 되어 시료를 밀도에 따라 분리하게 된다. 이러한 고속회전은 시료뿐만 아니라 로터에도 원심력에 의한 응력분포를 발생시킨다.

[0007] 단위부피가 받는 원심력은 회전속도의 제곱, 거리, 그리고 밀도에 비례하므로, 밀도가 낮고 강도가 좋은, 즉 비강도가 좋은 재료를 이용하여 로터를 제작하면 보다 높은 회전속도의 구현이 가능하다. 이러한 이유로 비강도가 좋은 복합재료를 고속 원심분리기 로터에 적용하여 보다 높은 회전속도를 실현하려는 시도가 진행되고 있다.

[0008] 기존의 복합재료 고속 원심분리기 로터 특허는 복합재료 적용 위치에 따라 크게 내측부(금속) - 외측부 로터(복합재료)로 구성되거나, 내측부(폴리머) - 외측부 로터(복합재료)로 구성되거나, 내측부(복합재료) - 외측부 로터(복합재료)로 구성된 세 가지 종류로 구분된다.

[0009] 상기한 세 가지 로터의 구성을 순서대로 살펴보면,

[0010] 미국등록특허 제5,057,071호에는 알루미늄(Aluminum)으로 형성된 내측부와, 복합재료로 형성된 외측부를 포함하여 구성되는 로터가 개시되어 있다.

[0011] 다음으로 미국등록특허 제4,824,429호에는 고분자로 형성된 내측부와, 복합재료로 형성된 외측부를 포함하여 구성되는 로터가 개시되어 있지만, 고분자 내측부의 슬롯 주위에 발생하는 응력집중에 대하여 취약한 문제점을 가지고 있다.

[0012] 다음으로 미국등록특허 제5,643,168호, 제5,759,592호, 제5,776,400호, 제5,362,301호에는 내측부 및 외측부가 복합재료로 구성되어 있는 로터가 개시되어 있다.

[0013] 마지막으로, 대한민국 특허청 출원번호 제10-2010-0019254호에는 원심분리기용 경량 하이브리드 고정각 로터가 개시되어 있다.

[0014] 상기 특허들은 내측부 및 외측부에 모두 복합재료를 적용하고 있으며, 각각의 명세서에 명확히 기술된 것처럼 내측부는 반경(r) 방향으로 섬유를 보강하고, 외측부는 원주(θ)방향으로 보강하도록 구성되어 있다.

[0015] 즉, 내측부에는 준등방성(Quasi-isotropic) 배열, random 배열, 직조배열 등 다양한 방식을 취하고 있으나 기본적으로 r,θ 평면에서의 이러한 다양한 배열을 축방향, 즉 원통좌표계의 수직방향 (z-방향)으로 적층함으로써 내측부를 형성하고 있으며, 외측부는 θ방향으로 섬유를 배열시켜 내부 구조를 감싸고 있다.

[0016] 이러한 구조의 기술적 사상은 내측부는 반경 방향으로의 섬유보강을 통하여, 외측부는 원주방향으로의 섬유보강을 통하여 고속회전 시 발생하는 로터의 팽창이 억제되도록 하는 것이다.

[0017] 로터의 설계에 있어서 심각한 문제를 일으키는 부분은 도 1과 같은 슬롯 주변에서 발생되는 응력집중 현상이다.

[0018] 도 1에서 응력해석결과는 대칭조건을 고려하여 한 개의 슬롯 주변만을 해석한 결과로 원주방향과 반경방향으로의 응력이 슬롯 주변에서 집중되는 것을 볼 수 있다.

[0019] 이러한 응력집중을 완화시키기 위한 방법으로 기존 기술에서는 도 2와 같이 슬롯 주위에 슬롯의 원주방향 위주로 섬유가 배치된 복합재 보강물을 삽입하고 있다. 도 2의 해석결과는 복합재 보강물의 유무에 따른 등방성 내측부의 von Mises 응력분포를 나타내며, 슬롯 주위의 최대응력이 37% 감소하는 것을 볼 수 있다.

[0020] 기존 기술에서의 내측부에 감싸여 있는 복합재 보강물이 로터에서 발생되는 응력집중을 줄이는데 효과가 있기는 하지만, 충분히 응력집중을 감소시키지 못해 여전히 전체구조중 슬롯 주위의 내측부 또는 복합재 보강물에서 취약부가 나타나게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0021] 본 발명의 목적은 종래의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 보다 구체적으로는 원주방향으로 섬유가 배치된 복합재 외측부와 슬롯이 가공된 내측부를 구비하는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터에 있어서, 슬롯이 가공된 내측부를 관통하는 복합재 보강물을 구비함으로써 전체 구조에서 발생되는 응력집중 문제를 최소화하여 고속회전에 최적화될 수 있도록 한 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터를 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0022] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 제1실시예에 따른 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터는, 외측에 적어도 원주 방향으로 섬유 보강된 복합재료로 형성된 외측부와, 상기 외측부의 내측에 위치하고, 상기 외측부 강성의 1/5 이하의 강성을 가지며, 시료를 수용하는 슬롯이 형성된 내측부와, 상기 내측부의 슬롯에 장착되며 상기 내측부보다 높은 강성을 갖는 재질로 형성되어 적어도 상기 슬롯의 원주방향으로 섬유 보강된 복합재 보강물을 포함하여 구성되며, 상기 복합재 보강물은 적어도 일부가 상기 내측부를 관통하여 내측부의 외부로 돌출됨을 특징으로 한다.

[0023] 본 발명의 제2실시예에 따른 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터는, 외측에 적어도 원주 방향으로 섬유 보강된 복합재료로 형성된 외측부와, 상기 외측부의 내측에 위치하고, 상기 외측부 강성의 1/5 이하의 강성을 가지며, 시료를 수용하는 슬롯이 형성된 내측부와, 상기 내측부보다 높은 강성을 가지고, 상기 내측부의 내경 보다 큰 외경을 가지며, 상기 내측부의 내측에서 내측부에 압력을 가한 상태로 결합된 허브와, 상기 내측부의 슬롯에 장착되며 상기 내측부보다 높은 강성을 갖는 재질로 형성되어 적어도 상기 슬롯의 원주방향으로 섬유 보강된 복합재 보강물을 포함하여 구성되며, 상기 복합재 보강물은 적어도 일부가 상기 내측부를 관통하여 내측부의 외부로 돌출됨을 특징으로 한다.

[0024] 본 발명의 제3실시예에 따른 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터는, 외측에 적어도 원주 방향으로 섬유 보강된 복합재료로 형성된 외측부와, 상기 외측부의 내측에 위치하고, 상기 외측부 강성의 1/5 이하의 강성을 가지며, 시료를 수용하는 슬롯이 형성된 내측부와, 상기 내측부보다 높은 강성을 가지고, 상기 내측부의 내경 보다 큰 외경을 가지며, 상기 내측부의 내측에서 내측부에 압력을 가한 상태로 결합된 허브와, 상기 허브의 일측과 결합하여 상기 허브가 내측부에 압력을 가하도록 강제하는 결합부재와, 상기 내측부의 슬롯에 장착되며 상기 내측부보다 높은 강성을 갖는 재질로 형성되어 적어도 상기 슬롯의 원주방향으로 섬유 보강된 복합재 보강물을 포함하여 구성되며, 상기 복합재 보강물은 적어도 일부가 상기 내측부를 관통하여 내측부의 외부로 돌출됨을 특징으로 한다.

[0025] 본 발명의 제4실시예에 따른 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터는, 외측에 적어도 원주 방향으로 섬유 보강된 복합재료로 형성된 외측부와, 상기 외측부의 내측에 위치하고, 상기 외측부 강성의 1/5 이하의 강성을 가지며, 시료를 수용하는 슬롯이 형성된 내측부와, 상기 내측부보다 높은 강성을 가지고, 적어도 상기 내측부의 상단에 장착되어 구동축과 연결되며, 상기 내측부의 슬롯과 접촉하는 부분이 개구된 연결부와, 상기 내측부의 슬롯에 장착되며 상기 내측부보다 높은 강성을 갖는 재질로 형성되어 적어도 상기 슬롯의 원주방향으로 섬유 보강된 복합재 보강물을 포함하여 구성되며, 상기 복합재 보강물은 적어도 일부가 상기 내측부를 관통하여 내측부의 외부로 돌출됨을 특징으로 한다.

[0026] 상기 외측부는 회전중심으로부터 거리가 멀어질수록 두꺼워지는 것을 특징으로 한다.

[0027] 상기 허브는 중공형 원뿔대 형상을 기반으로 형성됨을 특징으로 한다.

[0028] 상기 외측부는 상기 내측부의 외경보다 작은 내경을 가지며, 억지 끼워진 것을 특징으로 한다.

[0029] 상기 외측부는 내측부의 외면에 필라멘트(filament) 또는 섬유를 다수회 권취한 후 고분자 수지를 주입하고 경화함으로써 형성됨을 특징으로 한다.

[0030] 상기 외측부는 내측부의 외면에 고분자 수지가 함침된 필라멘트(filament) 또는 섬유를 다수 회 권취한 후 경화함으로써 형성됨을 특징으로 한다.

[0031] 상기 외측부는 B-stage 상태의 복합재료를 내측부의 외면에 권취한 후 경화함으로써 형성됨을 특징으로 한다.

[0032] 상기 외측부는 접착부재에 의해 내측부와 결합됨을 특징으로 한다.

[0033] 상기 복합재 보강물은 RTM(resin transfer molding)에 의해 복합재료로 성형됨을 특징으로 한다.

[0034] 상기 복합재 보강물은 슬롯 내부에 억지 끼움 결합, 접착부재를 이용한 결합 중 어느 하나의 방법으로 결합됨을 특징으로 한다.

[0035] 상기 내측부는 성형 또는 기계 가공에 의해 형성됨을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0036] 이상 설명한 바와 같이 본 발명에서는, 외측부 강성의 1/5 이하의 강성을 가지는 내측부를 구비하고, 상기 내측부에는 복합재 보강물의 일부가 노출되도록 관통된 슬롯을 구비하여 내측부에 발생하는 응력집중을 감소시킬 수 있도록 구성하였다.

[0037] 그리고, 다수 슬롯이 형성된 내측부와 내측부를 감싸는 외측부 사이의 강성비를 제어하여 최대 강도가 구현되는 복합재료 외측부의 θ방향에 많은 응력이 발생할 수 있도록 함과 동시에, 외측부의 r방향과 내측부의 r방향 및 θ방향 응력을 낮출 수 있도록 구성하였다.

[0038] 또한, 대형 로터에서 내측부의 강성약화로 발생될 수 있는 구동축과의 이격 문제를 해결하기 위하여 고강성의 허브가 내측부의 내경에 압축력을 발생시킬 수 있도록 구성하는 방법 또는 내측부보다 고강성의 재질을 이용하여 적어도 내측부 상부에 결합부재를 결합시켜 이 결합부재가 구동축과 연결되도록 구성하는 방법을 고안하였다.

[0039] 따라서, 이상의 구성요소를 통하여 복합재료의 이방성 강도 특성을 고려한 최적설계가 가능하기 때문에 고속 회전에 유리한 원심분리기용 경량 고정각 로터의 구현이 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0040] 도 1 은 종래 기술에 의한 고정각 원심분리기 로터에서 슬롯 주위에 발생되는 응력 집중을 나타낸 그래프.

도 2 는 외측부에 복합재료를 사용한 종래 기술의 하이브리드 로터 구조에서 복합재 보강물의 유무에 따른 응력집중 완화를 비교하여 나타낸 그래프.

도 3 은 본 발명에서 기능적으로 불필요한 내측부 일부를 제거함으로써 얻게 되는 보다 효율적인 응력집중 완화를 나타낸 그래프.

도 4는 종래 기술에서 고정각 원심분리기 로터의 기울어짐을 감안한 하이브리드 로터의 응력분포 해석 모델 및 결과 그래프.

도 5 는 본 발명에서 고정각 원심분리기 로터의 기울어짐을 감안한 하이브리드 로터의 응력분포 해석 모델 및 결과 그래프.

도 6 은 도 4와 도 5의 해석결과를 각 구조 부분의 강도로 나누어 강도 대비 발생 응력의 비율을 나타내는 그래프.

도 7 은 제1실시예의 구조를 나타낸 종단면도.

도 8 은 제2실시예의 구조를 나타낸 종단면도.

도 9 은 제3실시예의 구조를 나타낸 종단면도.

도 10 은 제4실시예의 구조를 나타낸 종단면도.

도 11 은 제5실시예의 구조를 나타낸 종단면도.

도 12 은 제6실시예의 구조를 나타낸 종단면도.

도 13 은 제7실시예의 구조를 나타낸 종단면도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041] 이하에서는 첨부된 도 2 내지 도 6을 참조하여 본 발명의 기술적 사상을 뒷받침하는 실험 결과를 설명한다.

[0042] 본 발명에 의한 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터(도 7의 도면부호 100)는 내측부(140)가 복합재 보강물(180)을 감싸는 구조(도 2 및 도 4 참조)가 아닌 도 3 및 도 5와 같이 복합재 보강물(180)이 내측부(140)를 관통하여 외부로 드러나는 구조이다.

[0043] 도 2의 구조가 도 3의 구조로 변경되었을 때 등방성 내측부에 발생되는 최대 von Mises 응력은 40%감소하게 되며, 도 4 및 도 5와 같이 로터(100)의 기울어진 형상을 고려한 3차원 응력해석 결과를 비교하면 그 결과는 도 6과 같다.

[0044] 도 6에서 Mises는 내측부의 von Mises 응력을, CI는 복합재 보강물을, FW는 복합재 외측부(도 7의 도면부호 160)를 나타내며, x는 섬유방향을, y와 z는 섬유 수직방향을, T는 인장응력을, C는 압축응력을 각각 나타낸다.

[0045] 최대 원심력이 발생하는 위치가 회전축으로부터 40㎜이고 로터의 회전수가 100,000rpm일 때, 기존의 내측부가 복합재 보강물을 감싸는 구조에서는 복합재 보강물(CI)의 전단응력이 취약 부분이 되며 전단 강도의 1.05배에 해당하는 응력이 발생하지만, 본 발명의 관통형 복합재 보강물 구조에서는 내측부의 von Mises 응력이 취약부이며 파손 강도의 0.35배에 해당하는 응력이 발생한다.

[0046] 이는 본 발명의 관통형 복합재 보강물 구조는 기존의 내측부가 복합재 보강물을 감싸는 구조에 비하여 안전계수가 약 3배 증가하는 것을 의미하며, 즉 관통형 복합재 보강물 구조가 기존 구조보다 약 3배의 원심력을 발생시킬 수 있음을 의미한다.

[0047] 물리적 관점에서 볼 때, 도 4의 구조에서 원주방향으로 섬유가 배열된 복합재 외측부는 원심력에 의한 전체적인 구조의 팽창을 억제하는 역할을 하게 되며, 복합재 외측부보다 낮은 강성의 내측부는 원심력에 의해 팽창해야하지만 복합재 외측부에 의하여 팽창이 억제 되면서 압축응력상태에 놓이게 된다.

[0048] 복합재 보강물 안에 장착되는 시료는 원심력에 의해 반경방향으로 힘을 가하게 되고 이 힘을 지탱하는 복합재 보강물은 내측부를 반경방향으로 누르면서 힘을 전달시키게 된다.

[0049] 즉 복합재 보강물과 내측부의 접촉면 중 복합재 외측부와 가까운 면에서는 압축응력이, 회전축에 가까운 면에서는 인장응력이 발생하게 된다. 도 4의 구조적 취약부는 복합재 보강물과 내측부의 접촉면 중 인장응력이 발생하는 부위이며, 이 부위에서 기능적으로 불필요한 내측부를 제거함으로써 인장응력 발생을 억제시키고 전체 구조의 응력을 낮추는 것이 본 발명의 핵심 기술 사상이다.

[0050] 기능적 관점에서 본 발명의 핵심 구성 요소들은, 전체 구조의 팽창을 억제시키기 위해 복합재료로 형성된 외측부(160)와, 복합재료 외측부(160)에 반경방향으로 압축응력을 발생시키기 위한 복합재 외측부(160) 강성의 1/5 이하의 강성을 갖는 내측부(140)와, 원심분리할 시료를 수용하는 슬롯(142)과, 슬롯(142) 주위의 응력 집중을 완화시키기 위한 관통형 복합재 보강물(180)과, 로터를 회전시키기 위해 구동축과 로터를 연결하는 연결부(150)이다.

[0051] 이하에서는 첨부된 도 7을 참조하여 본 발명에 의한 관통형 복합재 보강물을 갖는 고정각 타입 하이브리드 원심분리기 로터(100)의 구성을 설명한다.

[0052] 도 7은 본 발명에 의한 로터의(100)의 제1실시예의 구성을 보인 단면이다.

[0053] 도면과 같이, 본 발명에 따른 로터(100)는, 외측에 적어도 원주 방향으로 섬유 보강된 복합재료로 형성된 외측부(160)와, 상기 외측부(160) 강성의 1/5 이하의 강성을 갖도록 외측부(160) 내측에 위치하며, 다수 슬롯(142)이 방사상으로 구비되고 구동축과 연결되는 연결부(150)가 회전 중심에 구비된 내측부(140)와, 상기 내측부

(140)의 내부를 관통하여 일부가 노출되도록 결합된 복합재 보강물(180)을 포함하여 구성된다.

[0054] 상기 내측부(140)는 시료가 수용되는 슬롯(142)이 방사상으로 다수 개 천공 또는 성형 형성되며, 상기 슬롯(142)은 고속 회전 시 내부에 수용된 시료가 원심력에 의해 외부로 이탈되지 않도록 외측으로 갈수록 하향 경사를 갖도록 형성된다.

[0055] 그리고, 상기 내측부(140)는 외측부(160)의 강성에 대하여 1/5 이하의 낮은 강성을 가지는 재질, 예컨대 폴리머로 형성됨이 바람직하며 이에 대한 이유는 아래에서 설명하기로 한다.

[0056] 상기 내측부(140) 외측에는 외측부(160)가 구비된다. 상기 외측부(160)는 금속보다 훨씬 높은 강도를 갖으며 밀도가 낮은 섬유강화 복합재료를 적용하고, 섬유의 배열 방향은 원주방향을 주방향으로 하며, 원주방향에서 축방향인 z-방향으로 ±45도 이내에서 각도 변화를 갖는 섬유 배열도 가능하다.

[0057] 복합재료는 섬유방향으로 금속보다 매우 강하지만 섬유에 수직한 방향의 강도는 섬유 방향 강도의 1/30이하로 매우 취약한 특성을 갖고 있다. 기존의 복합재료가 적용된 원심분리기 로터는 회전 시 내부에 발생되는 원주방향과 반경방향의 응력비가 10이내의 값을 갖는다. 따라서 반경방향 즉 섬유의 수직한 방향에서 먼저 파손이 발생되는 특징을 갖고 있다.

[0058] 따라서, 내측부(140)와 외측부(160)가 존재하는 하이브리드 이방성 재료의 고속 회전에 대한 탄성해석 및 유한요소해석으로부터 원주방향과 반경방향의 응력비에 영향을 미치는 요소는 내측부(140)와 외측부(160) 사이의 탄성계수비 즉 강성비이며, 일반적인 사이즈의 원심분리기 로터에서 내측부(140)의 강성이 외측부(160) 복합재료의 섬유방향 강성보다 1/5 이하일 때 섬유방향의 최대강도를 이용할 수 있다.

[0059] 이에 따라 상기 외측부(160)는 필라멘트(filament) 또는 섬유를 내측부(140) 외면에 다수회 권취한 후 고분자 수지 등을 주입하여 성형하거나, 고분자 수지가 함침된 필라멘트 또는 섬유를 내측부(140)의 외면에 다수회 권취한 후 경화함으로써 형성할 수도 있다.

[0060] 또한, 상기 외측부(160)는 RTM(resin transfer molding)에 의해 복합재료로 성형하거나, B-stage 상태의 복합재료를 내측부(140)의 외면에 권취하여 성형할 수도 있으며, 상기 내측부(140)와 외측부(160) 사이에 접착부재를 게재하여 부착되도록 구성할 수도 있을 것이다.

[0061] 상기 내측부(140)의 강성이 보다 약화되면 회전 시 내측부(140)의 팽창이 외측부(160)의 팽창보다 쉬워지게 되어 내측부(140)가 외측부(160)를 누르게 되며, 이 과정에서 내측부(140)와 외측부(160)의 사이의 계면에 압축응력이 발생하게 된다. 이러한 압축응력은 계면의 박리(delamination)를 막아줄 뿐만 아니라 crack propagation을 억제하게 된다.

[0062] 따라서, 상기 외측부(160)의 최대강도를 충분히 이용한 로터(100)를 설계하기 위해서는 상기 외측부(160)는 Θ방향을 주방향으로 섬유가 보강되도록 하여 큰 응력이 발생하더라도 견딜 수 있도록 하며, 상기 내측부(140)는 외측부(160) Θ방향 강성의 1/5 이하인 재료를 적용하여, 상대적으로 강도가 낮은 내측부(140)의 r방향 및 Θ방향 그리고 외측부(160)의 r방향 응력이 낮아질 수 있도록 하면 된다.

[0063] 결국, 상기 내측부(140)는 외측부(160)보다 낮은 강성을 가지는 재질로 형성됨이 바람직하며, 예컨대, 상기 외측부(160)는 복합재료가 적용 가능하며, 상기 내측부(140)는 폴리머로 적용 가능하다.

[0064] 상기 내측부(140)는 폴리머 이외에도 상기 외측부(160)의 강성에 따라 다양한 재료로 변경 가능하다. 즉, 도 1과 같이 상기 외측부(160)에 섬유방향으로 370㎬의 강성을 갖는 URN300급 이상의 복합재료를 적용했을 경우, 상기 내측부(140)는 이의 1/5이하인 70㎬ 이하의 강성을 갖는 알루미늄 합금, 마그네슘 합금 등이 적용 가능하다.

[0065] 이에 따라 상기 내측부(140)는 기계 가공을 통해 제작될 수도 있으며, 다양한 성형 방법을 이용할 수도 있다.

[0066] 상기 내측부(140)에는 다수의 복합재 보강물(180)이 구비된다. 상기 복합재 보강물(180)은 내부에 공간이 형성되고 상부가 개구되어 시료가 수용될 수 있도록 구성된 것으로, 차폐된 하부는 상기 내측부(140)의 하측으로 돌출되도록 구성된다.

[0067] 이에 따라 상기 내측부(140)에는 상/하 방향으로 경사지게 관통된 다수의 슬롯(142)이 구비되며, 상기 슬롯(142) 내부에는 복합재 보강물(180)이 결합되고, 상기 복합재 보강물(180)의 하부 안쪽 외면은 슬롯(142)으로부터 돌출되어 노출된다.

[0068] 이러한 복합재 보강물(180)의 일부인 하부 안쪽 외면만을 노출시키는 것만으로도 충분한 응력집중 감소를 유발

시키는 이유는 다음과 같다. 회전체의 탄성해로부터 응력은 반지름의 제곱에 비례하여 발생하는 것을 알 수 있다.

[0069] 로터(100)의 회전 시 최대 응력은 직경이 가장 큰 부분에서 발생하며 직경이 작은 상부에서는 직경의 제곱에 비례하여 응력이 감소하게 된다. 따라서 최대 응력이 발생하는 로터의 하단부에서만 복합재 보강물(180)을 노출시키는 것만으로도 충분한 응력집중 감소 효과를 얻을 수 있다.

[0070] 상기 복합재 보강물(180)은 RTM(resin transfer molding), Resin infusion, 또는 filament winding 등에 의해 복합재료로 성형 가능하며, 상기 슬롯(142) 내부에 억지 끼움으로 결합되거나, 별도의 접착부재를 이용하여 슬롯(142) 내부에 고정될 수도 있다.

[0071] 그리고, 상기 내측부(140)와 외측부(160)를 설계함에 있어, 내측부(140)의 강성이 외측부(160) 강성의 1/5 이하가 되도록 구성하였다. 즉, 내측부(140)는 폴리머로 적용하였고, 외측부(160)는 복합재료가 적용되도록 구성하였다.

[0072] 또한 상기 외측부(160)에 섬유방향으로 370GPa의 강성을 갖는 URN300급 이상의 복합재료를 적용했을 경우, 상기 내측부(140)은 70GPa 이하의 강성을 갖는 알루미늄 합금, 마그네슘 합금 등을 적용할 수 있다.

[0073] 이하에서는 본 발명의 제2실시예의 구성을 첨부된 도 8을 참조하여 설명한다.

[0074] 구동축과 연결되는 연결부(150)의 반경이 작은 로터(100)에서는 제1실시예인 도 7과 같이 구성하여도 구동축과 로터(100) 간의 이격문제가 발생하지 않지만, 연결부(150)의 반경이 큰 로터(100)에서는 강성이 낮은 내측부(140)을 사용하게 되면 회전 시 연결부(150)의 내경 팽창이 크게 일어나므로 이격문제가 발생하게 된다.

[0075] 제2실시예에서는 이러한 이격문제를 해결하기 위하여 제1실시예에 전술한 허브(120)가 추가 구성됨을 특징으로 한다. 도 8과 같이, 내측부(140)의 내측 중앙에는 전술한 허브(120)가 압력을 가한 상태로 결합되어 있다.

[0076] 상기 허브(120)는 모터(도시되지 않음)로부터 회전동력을 제공받아 로터(100)가 회전할 수 있도록 하는 회전중심축 역할을 하는 것으로, 내측부(140) 보다 높은 강성을 가지는 재질로 형성되며, 중앙이 비어있는 원통 형상을 기반으로 형성된다.

[0077] 즉, 상기 허브(120)는 도 8과 같이 중공형 원통 형상을 가질 수도 있으며, 도시되진 않았지만 필요에 따라서는 중공형 원통 형상을 기반으로 하여 플랜지, 리브 등을 추가적으로 구비할 수도 있다.

[0078] 그리고, 고속 회전 시 내측부(140)와 허브(120) 사이의 이격 발생을 방지하기 위하여, 상기 허브(120)와 내측부(140)는 목표 사용 회전수에서의 내측부(140) 내경팽창 예측량만큼 억지끼움으로 조립된다.

[0079] 예컨대 상기 허브(120)와 내측부(140)의 억지끼움은 온도차를 이용하여 실시 가능하다.

[0080] 즉, 상기 허브(120)의 외경은 내측부(140)의 내경보다 크게 구성하고, 상기 허브(120)는 냉각하여 수축하며, 이때 상기 내측부(140)는 가열하여 열팽창시킴으로써 상기 허브(120)의 외경이 내측부(140)의 내경 보다 작아진 상태에서 끼움 결합할 수 있다.

[0081] 이후 끼움 결합된 상기 허브(120)와 내측부(140)는 온도평형 상태에서 압력이 발생한 상태를 유지하게 된다.

[0082] 즉, 상기 허브(120)는 내측부(140)와 끼워진 후 팽창하게 되고, 상기 내측부(140)는 수축하게 되어, 상기 허브(120)는 내측부(140)에 압력을 가한 상태로 결합 된다.

[0083] 또한, 본 발명에 따른 로터(100)에서는, 허브(120)와 내측부(140)의 결합 시 압력이 발생한 상태가 되도록 설계하였다.

[0084] 즉, 상기 허브(120)와 내측부(140)를 결합 시 전술한 바와 같이, 목표 회전속도에서 내측부(140)의 반경 팽창 예측량만큼 상기 허브(120)의 공차를 +로, 내측부(140)의 공차를 -로 관리하여 온도차에 의한 체적변화를 이용한 억지끼움으로 결합되도록 구성하였다.

[0085] 이하에서는 본 발명의 제3실시예의 구성을 첨부된 도 9를 참조하여 설명한다.

[0086] 도 9는 제2실시예의 허브(120)의 또 다른 변형을 나태내고 있다. 도 8에서 내측부(140)와 허브(120)의 결합은 접촉면에서 압축응력을 발생시키는 것이 목적으로 이는 도 9에서의 허브(180)와 같이 중앙부를 천공하고 외면을 경사지게 하여 중공형 원뿔대 형상을 갖도록 구성하여 상기 내측부(140) 중앙에 허브(120)가 억지 끼워지도록 하였다.

[0087] 따라서, 상기 허브(120)는 내측부(140)에 대하여 외측 방향으로 압력을 가한 상태로 결합 가능하게 되며, 상기 내측부(140)가 고속회전에 의해 외측 방향으로 움직임이 발생되더라도, 상기 내측부(140)는 허브(120)에 의해 가압된 상태로 결합되어 있으므로 이러한 변형량이 보상될 수 있게 되는 것이다.

[0088] 또한, 필요에 따라서 상기 허브(120)는 중공형 원뿔대 형상을 기반으로 하여 플랜지, 리브 등의 결합부재(190)를 추가적으로 구비하여 상기 허브(120)가 내측부(140)에 압력을 가한 상태로 결합될 수 있도록 하였다.

[0089] 즉, 도 9에서는 상기 허브(120)의 상측에 결합부재(190)를 구비하고, 상기 허브(120)의 상부와 결합부재(190)의 하부가 나사 결합되도록 구성하여 체결함으로써 상기 결합부재(190)와 허브(120)가 결합 시 허브(120)로부터 내측부(140)에 대하여 압력이 가하는 상태로 결합될 수 있도록 하였다.

[0090] 이하에서는 본 발명의 제4실시예의 구성을 첨부된 도 10을 참조하여 설명한다.

[0091] 제4실시예는 제3실시예에서 허브(120)와 결합부재(190)의 체결방식에 대한 변형으로 도 10과 같이 결합부재(190)를 관통하는 별도의 체결부재(192)를 구비하고, 상기 체결부재(192)는 허브(120)의 상부에 나사 결합되도록 함으로써 상기 허브(120)를 상방향으로 끌어올림과 동시에 상기 내측부(140)에 압력이 가해지도록 하였다.

[0092] 이하에서는 본 발명의 제5실시예의 구성을 첨부된 도 11을 참조하여 설명한다.

[0093] 제5실시예는 제2~4실시예에서처럼 허브(120)와 내측부(140) 사이에서의 압축응력을 이용하는 것이 아니라 도 11에서 보는 바와 같이 적어도 내측부(140)의 상부에 내측부(120)의 재질보다 강성이 높은 결합부재(190)를 접착부재를 사용하여 결합시켜 고속 회전 시 연결부 (150)의 내경 팽창을 억제하도록 하였다.

[0094] 이하에서는 본 발명의 제6실시예의 구성을 첨부된 도 12를 참조하여 설명한다.

[0095] 제6실시예는 제5실시예에서 기능적으로 불필요한 복합재 보강물(180) 내부에 위치하는 내측부(140)를 모두 제거하여 복합재 보강물(180)이 내측부(140)의 외부로 노출되는 부분을 로터의 상단부까지 확장시킨 구성이다. 이러한 구성에서는 복합재 보강물(180)의 노출된 부분을 확장시켜 보다 구조적 효율을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 구동축이 내측부(140)보다 강성이 큰 결합부재(190) 하나에만 연결되어 있어 내경 팽창 문제를 크게 개선할 수 있다.

[0096] 이하에서는 본 발명의 제7실시예의 구성을 첨부된 도 13을 참조하여 설명한다.

[0097] 제7실시예는 제1실시예의 변형으로 보다 구조적 효율을 높이기 위하여 적어도 원주방향으로 섬유가 보강된 외측부(160)의 두께를 상단에서 하단으로 내려올수록 두껍게 하는 구조이다.

[0098] 탄성론으로부터 최대 구조효율을 갖는 내측부(140)과 외측부(160)의 두께비는 전체구조의 반경에 비례하는 특성을 갖는다. 따라서 최적의 외측부(160) 두께는 반경이 큰 하단부에서 더 두꺼우며 반경이 작은 상단부에서 얇아지게 된다. 그러므로 도 13과 같이 상단으로 갈수록 두께가 얇아지는 외측부(160)를 갖는 로터(100)는 보다 구조적 효율이 뛰어나 보다 높은 원심력을 생성할 수 있다.

[0099] 이러한 본 발명의 범위는 상기에서 예시한 실시예에 한정되지 않고, 상기와 같은 기술범위 안에서 당업계의 통상의 기술자에게 있어서는 본 발명을 기초로 하는 다른 많은 변형이 가능할 것이다.

부호의 설명

[0100] 100. 로터 120. 허브

140. 내측부 142. 슬롯

150. 연결부 160. 외측부

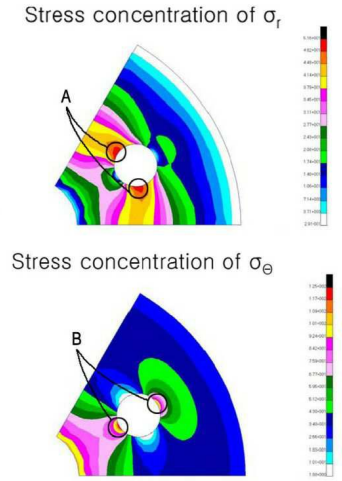
180. 복합재 보강물 190. 결합부재

192. 체결부재

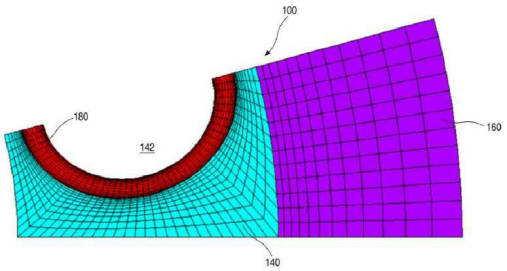
도면

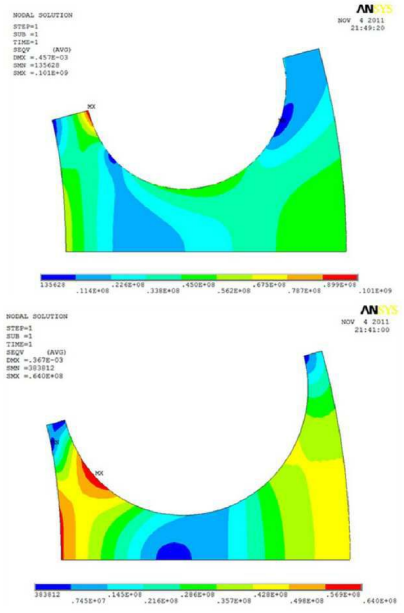
도면1



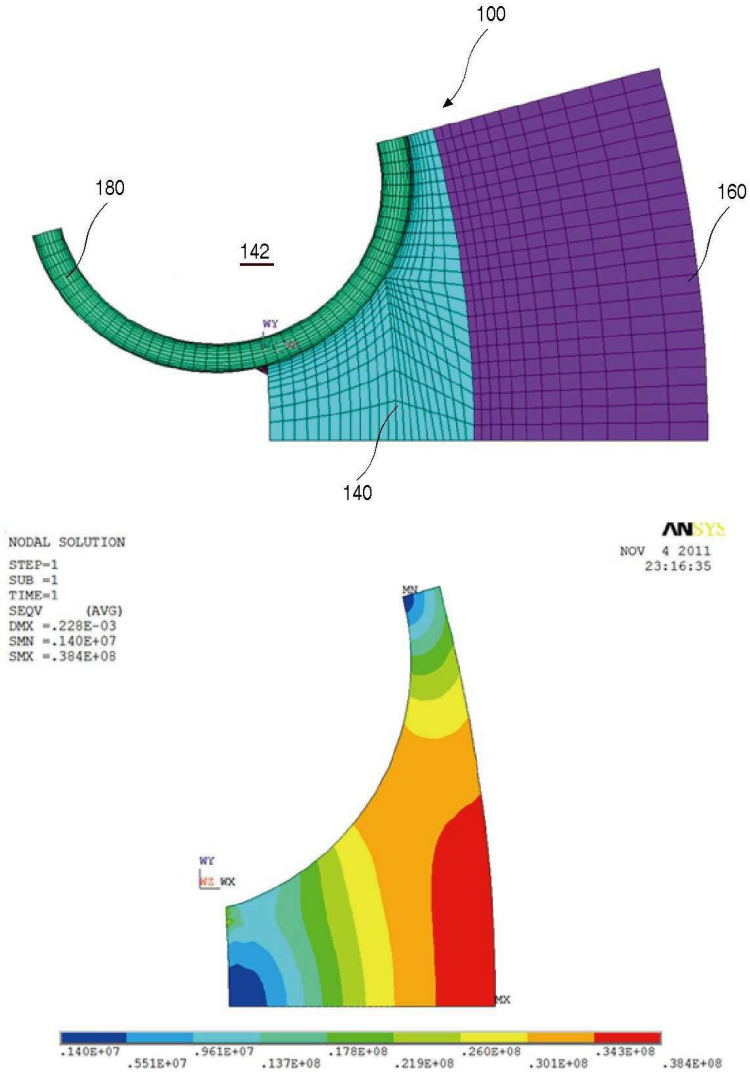

Stress concentration of σr
A
Stress concentration of σΘ
B

도면2

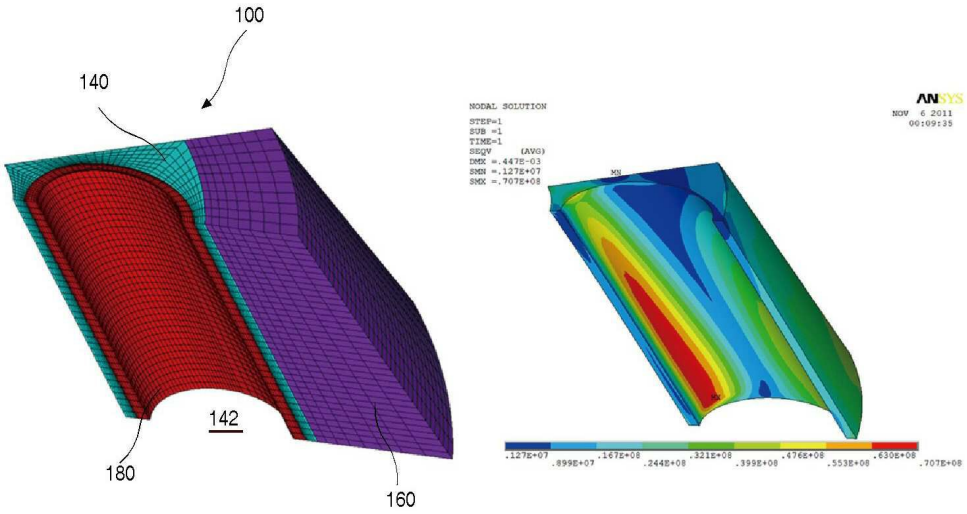

100
180
142
160
140


NODAL SOLUTION
ANSYS
NODAL SOLUTION
ANSYS

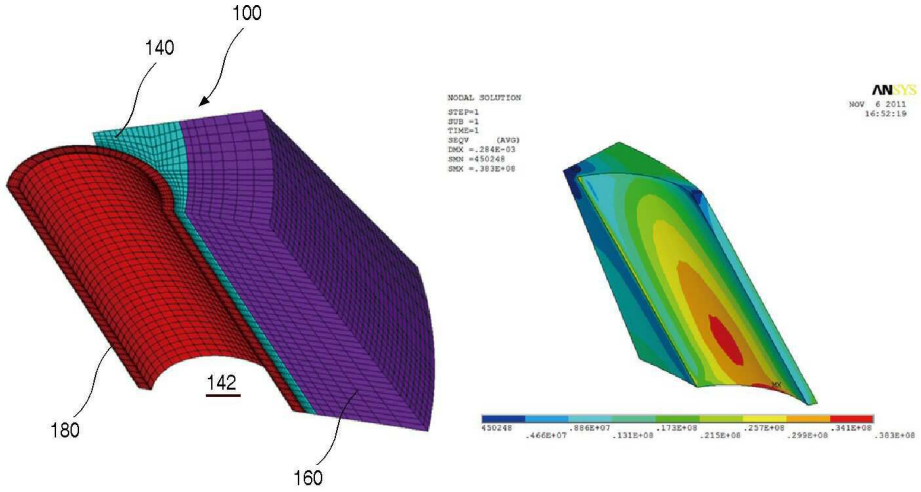
도면3


100
180
142
160
140
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SEQV (AVG)
DMX =.228E-03
SMN =.140E+07
SMX =.384E+08
ANSYS
NOV 4 2011
23:16:35
MN
WY
WZ WX
MX
.140E+07
.551E+07
.961E+07
.137E+08
.178E+08
.219E+08
.260E+08
.301E+08
.343E+08
.384E+08

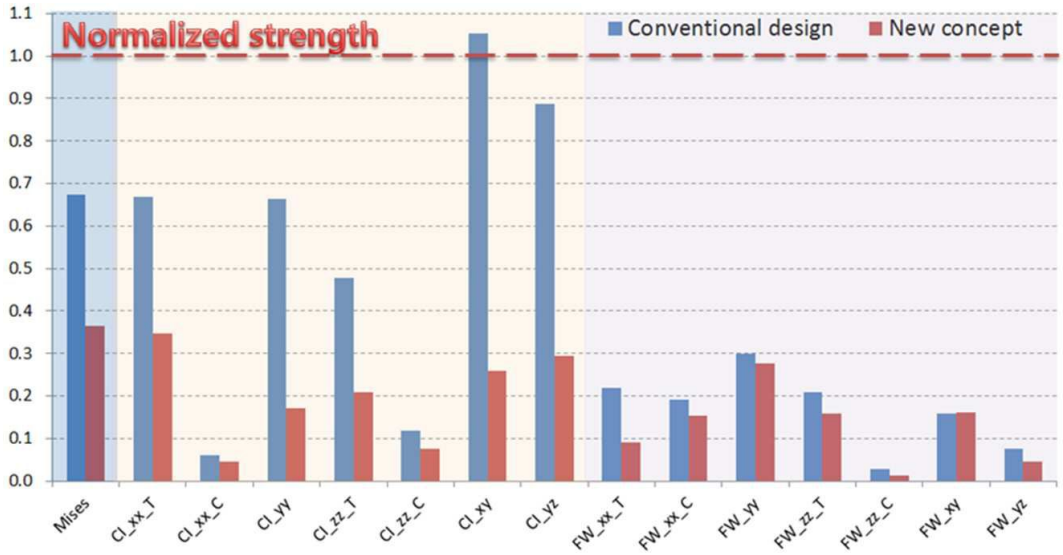
도면4


100
140
142
180
160
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SEQV (AVG)
DMX =.447E-03
SMN =.127E+07
SMX =.707E+08
ANSYS
NOV 6 2011
00:09:35
MN
MX
.127E+07
.899E+07
.167E+08
.244E+08
.321E+08
.399E+08
.476E+08
.553E+08
.630E+08
.707E+08

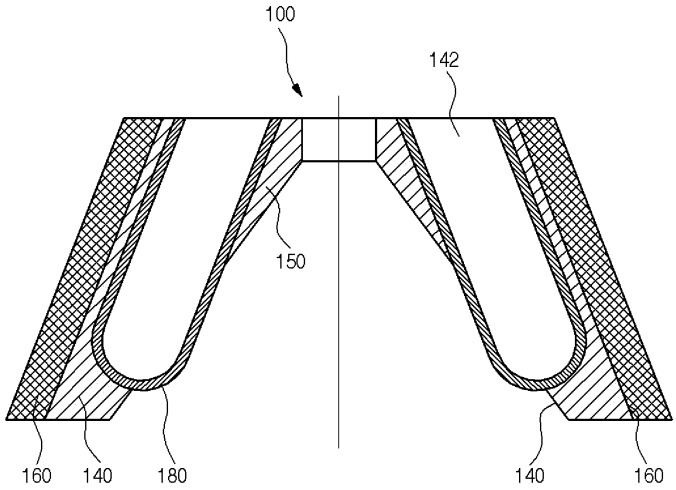
도면5


100
140
142
180
160
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SEQV (AVG)
DMX =.284E-03
SMN =450248
SMX =.383E+08
ANSYS
NOV 6 2011
16:52:19
MN
MX
450248
.466E+07
.886E+07
.131E+08
.173E+08
.215E+08
.257E+08
.299E+08
.341E+08
.383E+08

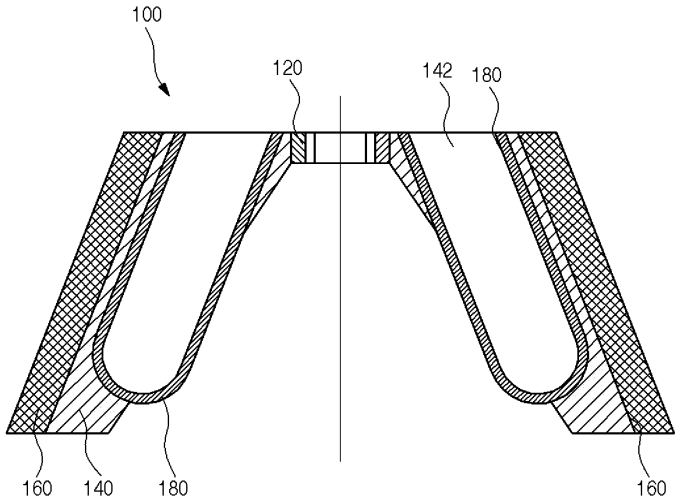
도면6


Normalized strength
Conventional design
New concept
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
Mises
CI_xx_T
CI_xx_C
CI_yy
CI_zz_T
CI_zz_C
CI_xy
CI_yz
FW_xx_T
FW_xx_C
FW_yy
FW_zz_T
FW_zz_C
FW_xy
FW_yz

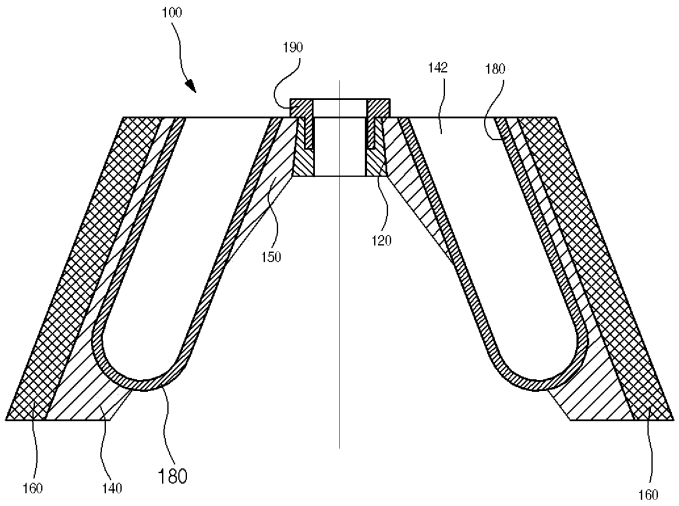
도면7


100
142
150
160
140
180
140
160

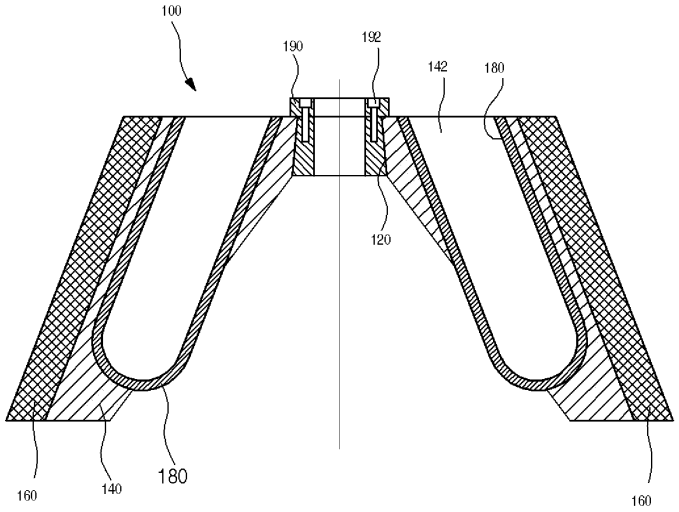
도면8


100
120
142
180
160
140
180
160

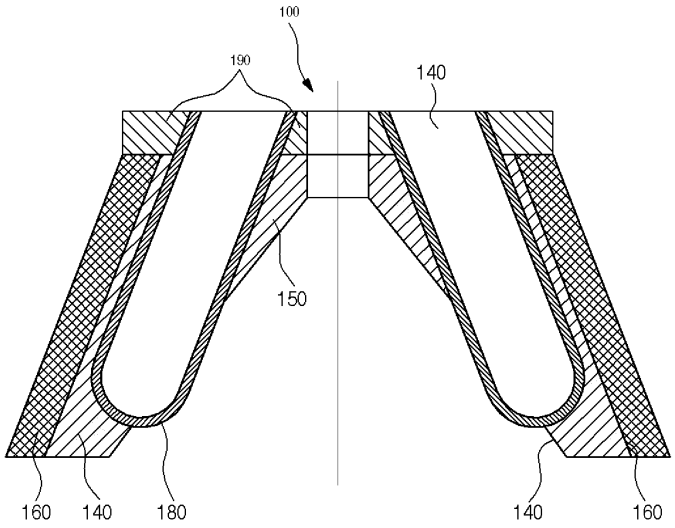
도면9


100
190
142
180
150
120
160
140
180
160

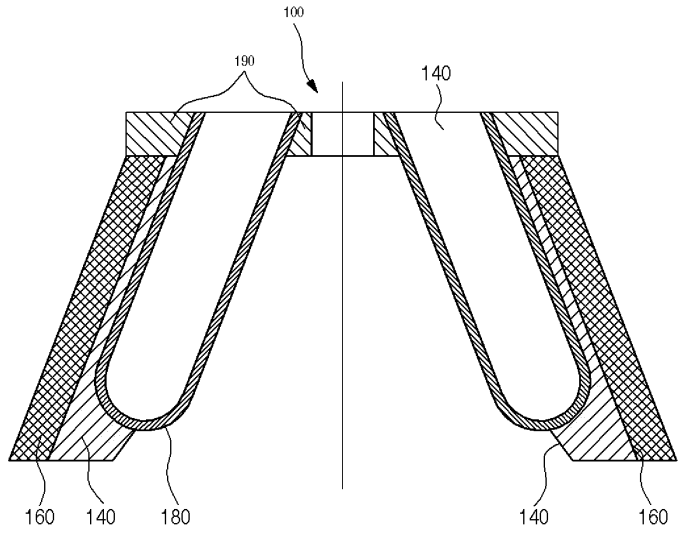
도면10


100
190
192
142
180
120
160
140
180
160

도면11


100
190
140
150
160
140
180
140
160

도면12



도면13

