(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년09월11일
(11) 등록번호 10-0757510
(24) 등록일자 2007년09월04일

(51) Int. Cl.
B01F 7/04 (2006.01) *B01F 7/02* (2006.01)
B01F 7/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-0035371
(22) 출원일자 2006년04월19일
심사청구일자 2006년04월19일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020060107433 A

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
김종엽
대전 서구 둔산동 1509 크로바아파트 108-1406
홍정숙
서울 관악구 봉천5동 관악드림타운아파트 108-802
손양수
경기 성남시 분당구 구미동 금성백조 201동 104호
(74) 대리인
현종철

전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 허수준

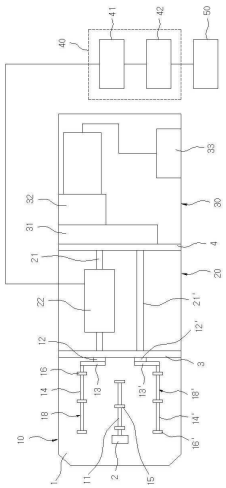
(54) 연신혼합기 및 이를 이용하여 고점성 물질을 혼합하는 방법

(57) 요 약

본 발명은 신장 흐름을 이용하여 유체를 혼합하는 연신혼합기에 관한 것이다.

본 발명의 연신혼합기는 신장과 융합에 의해 고점성 물질을 균일하게 혼합하는 연신혼합부, 회전동력을 전달하고 회전동력을 측정하는 동력전달부, 회전력을 발생시켜서 한쌍의 회전축이 상호 반대방향으로 회전하도록 회전동력을 전달하는 동력발생부, 토크신호를 증폭시키고 수집하여 전압신호로 변환하는 신호처리부, 그리고 전압신호를 수신, 저장 및 분석하여 고점성 물질의 혼합정도를 파악하는 모니터링부를 포함함으로써, 신장흐름을 주흐름방식으로 하고 신장과 융합(merging)을 적절히 조절함으로써 혼합의 효율을 극대화하고 혼합시 신장에 필요한 힘을 실시간으로 측정함으로써 혼합의 정도를 예측하여 혼합시간을 단축할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

하부플레이트의 일측에 설치된 수직지지대와, 이와 대향하는 하부플레이트의 타측에 설치된 수직지지패널과, 상기 수직지지대의 상부 일측에 수평으로 장착된 고정바와, 상기 고정바를 중심으로 회전하도록 상기 고정바에 대향하여 상기 수직지지패널의 상부 일측에 수평으로 장착된 한쌍의 회전부재를 포함하는 연신혼합부;

상기 한 쌍의 회전부재 중 제1 회전부재에 연결되어 회전동력을 전달하는 제1 회전축과, 제2 회전부재에 연결되어 동력을 전달하는 제2 회전축과, 상기 한쌍의 회전축 중 일측의 외주에 설치되어 회전동력을 측정하는 토크센서를 포함하는 동력전달부;

입력되는 회전동력을 상기 동력전달부의 제1 및 제2 회전축으로 각각 출력하면서 상기 한쌍의 회전축이 서로 반대방향으로 회전하도록 하는 기어장치와, 회전력을 발생시켜 상기 기어장치에 회전동력을 공급하는 모터와, 상기 모터에 전류를 공급하는 전원을 포함하는 동력발생부;

상기 토크센서로부터 입력된 토크신호를 증폭시키는 신호증폭기와, 상기 신호증폭기에서 출력되는 토크신호를 수집하여 전압신호로 변환시키는 데이터수집기를 포함하는 신호처리부; 및

상기 데이터수신장치에서 출력된 전압신호를 수신, 저장 및 분석하여 고점성 물질의 혼합정도를 파악하는 모니터링부; 를 포함하는 연신혼합기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고정바에는 종방향으로 일정 간격씩 적어도 2개 이상의 걸림편이 설치되는 것을 특징으로 하는 연신혼합기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 한쌍의 회전부재는 상기 고정바에 대향하는 수직지지패널 상부의 좌우 양측에 고정바를 중심으로 장착되는 것을 특징으로 하는 연신혼합기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 한쌍의 회전부재는 수직지지패널을 관통하는 한쌍의 회전축과 각각 결합되어 상기 회전축으로부터 회전동력을 전달받는 한쌍의 베이스와, 회전축에 직각방향으로 상기 베이스로부터 연장된 한쌍의 아암과, 상기 아암의 단부에서 축방향으로 돌출결합되어 고정바와 평행을 이루는 한쌍의 회전바로 구성되는 것을 특징으로 하는 연신혼합기.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 한쌍의 회전바는 각각 종방향으로 일정 간격씩 적어도 2개 이상의 걸림편이 설치되는 것을 특징으로 하는 연신혼합기.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 기어장치는 동력전달부의 제1 회전축과 제2 회전축이 상호 반대방향으로 회전하도록 모터의 회전동력을 상기 한쌍의 회전축에 전달하는 것을 특징으로 하는 연신혼합기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 기어장치는 모터의 회전축(rotor)과 결합된 제1 기어와, 상기 제1기어와 맞물리고 제1 회전축에 결합되어 모터의 회전력을 제1회전축에 전달하는 제2 기어와, 상기 제2 기어와 맞물리고 제2 회전축에 결합되어 모터의 회전력을 제1 회전축과 반대방향으로 제2 회전축에 전달하는 제3 기어로 구성되는 것을 특징으로 하는 연신혼합기.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제2 기어와 제3 기어는 기어비가 동일한 것을 특징으로 하는 연신혼합기.

청구항 9

제1항의 연신혼합기를 이용하여 2 이상의 고점성 물질들을 혼합하는 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<25> 본 발명은 신장 흐름을 이용하여 유체를 혼합하는 연신혼합기에 관한 것으로서, 더욱 자세하게는 신장흐름을 주 흐름방식으로 하여 신장과 융합(merging)을 적절히 조절함으로써 혼합의 효율을 극대화하고 혼합시 신장에 필요한 힘을 실시간으로 측정함으로써 혼합의 정도를 예측하여 혼합시간을 단축할 수 있는 연신혼합기 및 이를 이용하여 고점성 물질을 혼합하는 방법에 관한 것이다.

<26> 혼합은 물질의 성분(composition)에 불균일성(non-uniformity)을 줄이고 균일한 구성의 물질을 만들어가는 과정을 말한다. 다시 말해서 연속상의 물질에 분산상의 물질이 균일하게 마이크로 사이즈로 분산되어 가는 과정을 말한다.

<27> 한편, 혼합시의 흐름의 형태는 혼합 대상의 물질의 점도에 따라 결정되며, 점도의 단위는 일반적으로 Pa.s를 사용하며 물의 경우 20℃에서 약 0.001 Pa.s이다. 이와 같은 저점도의 물질을 혼합할 경우에는 난류(turbulence)의 형성과 볼텍스(voltex)의 크기 및 위치조절을 통해서 혼합 효율을 용이하게 높일 수 있다.

<28> 반면에, 10Pa.s 이상의 높은 점도를 가진 유체인 고점성 물질(viscous material)의 혼합은 화학, 약학, 식품 산업 등을 포함한 여러 산업에서 응용되는 아주 중요한 프로세스이지만 혼합이 용이하지 않고, 저점도 물질의 혼합과는 다른 방식으로 접근해야 하므로 이와 관련하여 혼합의 효율을 높이기 위한 연구들이 진행되어 오고 있다.

<29> 종래의 혼합기는 전단(stirring, shear)흐름 방식에 대한 회전속도 혹은 구조를 변형하여 혼합의 효율을 높이는 방법을 이용하였다. 이를 더욱 상세하게 설명하면, 유체의 혼합에 대한 종래의 방식은 전단흐름을 기본적인 흐름형태로 채택하여, 유속을 조절하거나 유체의 주흐름 방향을 방해함으로써(distributive or disperse) 분산된 흐름을 유발하는 방법에 의하거나, 여러 개의 스크류를 이용하여 주흐름 방향을 조절함으로써 혼합효율을 높이도록 압출기의 블레이드(blade) 혹은 스크류(screw) 구조, 나선형의 리본 등 혼합기의 구조를 변형하는 방법을 이용하였다(Letellier B.외 4인, Scale-up in laminar and transient regimes of a multi-stage stirred a CFD approach, Chemical Engineering Science(57), 4617(2002) ; Rauwendaal C., Polymer Extrusion 2nd ed., Hanser Publishers, 1990).

<30> 상기와 같은 방법에 의하더라도 전단흐름을 기본적인 흐름형태로 채택하는 한 혼합효율은 혼합기의 규모가 커질수록 그 효율은 낮아지며, 특히 고점성 유체인 경우 점도가 온도와 유속에 따라 달라지므로 여러 개의 지류(branched-dispersing flow)를 포함하는 복잡한 구조의 혼합기에서 물질의 점도는 위치에 따라 달라지게 되어 혼합효율이 낮아지는 문제점이 있다. 또한, 유체에 고속의 유속을 부과할 경우에는 유체 물성의 변성을 가져오는 문제점도 발생할 수 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<31> 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 발명이 이루고자 하는 첫 번째 기술적 과제는 신장(extension)흐름에 의한 혼합방식을 이용하여 혼합의 효율을 극대화하고, 혼합시 필요한 힘을 실시간으로 측정하여 혼합정도를 예측함으로써 혼합시간을 단축할 수 있는 연신혼합기를 제공하는 것이다.

<32> 본 발명이 이루고자 하는 두 번째 기술적 과제는 신장(extension)흐름에 의한 혼합방식을 이용하여 혼합의 효율을 극대화하고, 혼합시 필요한 힘을 실시간으로 측정하여 혼합정도를 예측함으로써 혼합시간을 단축할 수 있는 고점성 물질의 혼합방법을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

<33> 상기 첫 번째 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명은,

<34> 하부플레이트의 일측에 설치된 수직지지대와, 이와 대향하는 하부플레이트의 타측에 설치된 수직지지패널과, 상기 수직지지대의 상부 일측에 수평으로 장착된 고정바와, 상기 고정바를 중심으로 회전하도록 상기 고정바에 대향하여 상기 수직지지패널의 상부 일측에 수평으로 장착된 한쌍의 회전부재를 포함하는 연신혼합부;

<35> 상기 한 쌍의 회전부재 중 제1 회전부재에 연결되어 회전동력을 전달하는 제1 회전축과, 제2 회전부재에 연결되어 동력을 전달하는 제2 회전축과, 상기 한쌍의 회전축 중 일측의 외주에 설치되어 회전동력을 측정하는 토크센서를 포함하는 동력전달부;

<36> 입력되는 회전동력을 상기 동력전달부의 제1 및 제2 회전축으로 각각 출력하면서 상기 한쌍의 회전축이 서로 반대방향으로 회전하도록 하는 기어장치와, 회전력을 발생시켜 상기 기어장치에 회전동력을 공급하는 모터와, 상기 모터에 전류를 공급하는 전원을 포함하는 동력발생부;

<37> 상기 토크센서로부터 입력된 토크신호를 증폭시키는 신호증폭기와, 상기 신호증폭기에서 출력되는 토크신호를 수집하여 전압신호로 변환시키는 데이터수집기를 포함하는 신호처리부; 및

<38> 상기 데이터수신장치에서 출력된 전압신호를 수신, 저장 및 분석하여 고점성 물질의 혼합정도를 파악하는 모니터링부; 를 포함하는 연신혼합기를 제공한다.

<39> 상기 한쌍의 회전부재는 수직지지패널을 관통하는 한쌍의 회전축과 각각 결합되어 상기 회전축으로부터 회전동력을 전달받는 한쌍의 베이스와, 회전축에 직각방향으로 상기 베이스로부터 연장된 한쌍의 아암과, 상기 아암의 단부에서 축방향으로 돌출결합되어 고정바와 평행을 이루는 한쌍의 회전바로 구성될 수 있다.

<40> 상기 기어장치는 모터의 회전축(rotor)과 결합된 제1 기어와, 상기 제1기어와 맞물리고 제1 회전축에 결합되어 모터의 회전력을 제1회전축에 전달하는 제2 기어와, 상기 제2 기어와 맞물리고 상기 제2 회전축에 결합되어 모터의 회전력을 제1 회전축과 반대방향으로 제2 회전축에 전달하는 제3 기어로 구성될 수 있다.

<41> 상기 두 번째 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명은 상기의 연신혼합기를 이용하여 2 이상의 고점성 물질들을 혼합하는 방법을 제공한다.

<42> 이하 본 발명인 연신혼합기의 일실시예에 의한 구성을 예시도면에 의거하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

<43> 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기의 전체적인 구성을 개략적으로 도시한 구성도이고, 도 2는 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기의 고정바와 회전바의 구성을 보여주기 위한 일부구성도이고, 도 3은 도 2의 고정바와 회전바를 측면에서 본 상태를 도시한 일부구성도이며, 도 4는 동력발생부의 기어장치만을 분리하여 도시한 사시도이다.

<44> 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기는 연신혼합부(10), 동력전달부(20), 동력발생부(30), 신호처리부(40) 및 모니터링부(50)를 포함하여 신장과 융합에 의해 고점성 물질을 균일하게 혼합하는 장치이며, 상기 연신혼합부(10), 동력전달부(20) 및 동력발생부(30)는 하부플레이트(1)상에 설치된 수직지지대(2)와 수직지지패널(3,4)을 통하여 상호연결되도록 설치되어 있다.

<45> 상기 연신혼합부(10)는 고정바(11)와 한쌍의 회전부재(18,18')로 구성되어 있는데, 상기 고정바(11)는 도 2와 도 3에서 알 수 있는 바와 같이 하부플레이트(1)의 일측에 설치된 수직지지대(2)의 상부 일측에 수평으로 장착되어 있으며, 상기 회전부재(18,18')는 고정바(11)에 대향하도록 하부플레이트(1)의 타측에 설치된 수직지지패널(3)에 장착되어 있다.

<46> 상기 고정바(11)의 종방향으로 일정간격을 두고 적어도 2개 이상의 걸림편(15)이 설치되는데, 이는 혼합과정 동안의 고점성 물질의 이탈을 방지하기 위하여 고점성 물질을 상기 걸림편(15)들 사이에 개재시킨 상태에서 본 발명의 연신혼합기를 작동시키기 위한 것으로서, 걸림편(15)이 2개인 경우 그 사이에 하나의 고점성 물질을 개재시킬 수 있고, 걸림편(15)이 3개인 경우 각 걸림편(15)들 사이에 두개의 고점성 물질을 개재시킬 수 있으며, 그 이상의 여러 개의 고점성 물질들을 동시에 혼합시키기 위해서는 그에 따른 필요한 수의 걸림편(15)을 설치할 수 있다.

<47> 상기 한쌍의 회전부재(18,18')는 도 2와 도 3에서 알 수 있는 바와 같이 고정바(11)를 중심으로 상기 고정바(11)에 대향하는 수직지지패널(3) 상부의 좌우 양측으로 장착되어 있으며, 상기 한쌍의 회전부재(18,18')는 수직지지패널(3)을 관통하는 한쌍의 회전축(21,21')과 각각 결합되어 상기 회전축(21,21')으로부터 회전동력을 전달받는 한쌍의 베이스(12,12')와, 상기 베이스(12,12')로부터 회전축(21,21')에 대해 직각방향으로 연장된 한쌍의 아암(13,13')과, 상기 아암(13,13')의 단부에서 축방향으로 돌출결합되어 고정바(11)와 평행을 이루는 한쌍의 회전바(14,14')로 구성되어 있다.

<48> 따라서, 상기 회전바(14,14')가 고점성 물질을 개재하여 고정바(11)를 중심으로 회전하게 되면 고점성 물질은 회전바(14,14')와 고정바(11)간의 거리변화에 따라 신장 및 융합되는 방식으로 고점성 물질을 신장혼합시키게 된다.

<49> 상기 회전바(14,14')에는 상기 고정바(11)의 걸림편(15)들 간의 거리와 일치하도록 고정바(11)와 마찬가지로 각각의 회전바(14,14')에 종방향으로 일정 간격씩 적어도 2개 이상의 걸림편(16,16')이 설치되는데, 이는 위에서 설명한 바와 같이 고정바(11)의 걸림편(15)과 회전바(14,14')의 걸림편(16,16')사이에 고점성 물질을 개재시키기 위한 것으로서, 설치된 걸림편(16,16')이 각각 2개인 경우 하나의 고점성 물질을 개재시킬 수 있고, 걸림편(16,16')이 각각 3개인 경우 두개의 고점성 물질을 개재시킬 수 있으며, 그 이상의 여러 개의 고점성 물질들을 동시에 혼합시키기 위해서는 그에 따른 필요한 수의 걸림편(16,16')을 설치할 수 있다.

<50> 또한, 상기 동력전달부(20)는 제1 회전축(21), 제2 회전축(21') 및 토크센서(22)를 구비하고 있는데, 상기 제1 및 제2 회전축(21,21')은 봉형 부재로서 제1 및 제2 회전부재(18,18')의 베이스(12,12')와 결합되어 동력을 전달하고, 상기 토크센서(22)는 상기 한쌍의 회전축(21,21') 중 일측 회전축(21)의 외주에 설치되어 상기 회전축(21)에 부과되는 회전부하를 측정한다.

<51> 따라서, 상기 제1 및 제2 회전축(21,21')은 고점성 물질을 연신 및 융합시키기 위한 회전동력을 회전바(14,14')에 전달하고, 상기 토크센서(22)는 고점성 물질을 연신 및 융합시키는데 소요되는 토크의 크기를 측정한다.

<52> 또한, 상기 동력발생부(30)는 기어장치(31), 모터(32) 및 전원(33)으로 구성되어 있으며, 상기 기어장치(31)는 입력되는 회전동력을 상기 동력전달부(20)의 제1 회전축(21)과 제2 회전축(21')으로 각각 출력하면서 상기 한쌍의 회전축(21,21')을 서로 반대방향으로 회전시킨다. 또한, 상기 모터(32)는 회전동력을 발생시켜 상기 기어장치(31)에 회전동력을 공급하고, 상기 전원(33)은 상기 모터(32)가 회전동력을 발생시키도록 전류를 공급한다.

<53> 상기 기어장치(31)는 모터(32)의 회전축(rotor)과 결합된 제1 기어(311)와, 상기 제1기어(311)와 맞물리고 제1 회전축(21)에 결합되어 모터(32)의 회전력을 제1회전축(21)에 전달하는 제2 기어(312)와, 상기 제2 기어(312)와 맞물리고 상기 제2 회전축(21')에 결합되어 모터(32)의 회전력을 제1 회전축(21)과 반대방향으로 제2 회전축(21')에 전달하는 제3 기어(313)로 구성될 수 있다.

<54> 따라서, 모터(32)로부터 전달되는 회전동력은, 모터(32)의 회전축(rotor)과 결합된 제1 기어(311)를 회전시킴과 동시에, 상기 제1 기어(311)와 맞물린 상기 제2 기어(312)로 전달된 다음, 상기 제2 기어(312)와 맞물린 제3 기어(313)로 전달된다. 따라서, 상기 모터(32)로부터 출력되는 회전동력은 상기 제2 기어(312)와 결합된 제1 회전축(21) 및 상기 제3 기어(313)와 결합된 제2 회전축(21)에 전달된다.

<55> 여기서, 상기 제2 기어(312)와 제3 기어(313)의 기어비를 동일하게 함으로써 전달되는 회전동력이 반대방향의 동일한 회전속도로 전달되도록 한다.

<56> 이와 같은 기어의 구성은 제1 회전축(21)과 제2 회전축(21')이 동일한 회전속도로 회전하면서 회전동력을 전달할 수 있도록 하는 구성이라면 상기에 개시한 것에 국한되지 않는다.

<57> 다음으로, 상기 신호처리부(40)는 신호증폭기(Signal Amplifier)(41)와 데이터수집기(Data Acquisition Unit)(42)를 포함하며, 상기 신호증폭기(41)는 동력전달부(20)의 토크센서(22)에서 출력되는 토크신호를 수신하여 증폭시키고, 상기 데이터수집기(42)는 상기 신호증폭기(41)에서 출력되는 토크신호를 수신하고 수집하여 전

압신호로 변환한다. 즉, 상기 신호처리부(40)는 토크센서(22)로부터 출력되는 신호를 증폭 및 변환하여 모니터링부(50)로 송신하는 역할을 한다.

<58> 마지막으로, 상기 모니터링부(50)는 상기 데이터수집기(42)에서 출력된 전압신호를 수신하고 데이터처리하여 저장함으로써 혼합대상인 고점성 물질의 혼합정도를 파악할 수 있도록 한다. 따라서, 작업자는 모니터링부(50)를 통하여 토크센서(22)가 설치된 회전축(21)에 걸리는 토크의 크기를 파악할 수 있고, 그 크기가 일정 값에 도달하면 고점성 물질의 혼합이 완료된 것으로 판단할 수 있다.

<59> 이하에서 본 발명의 연신혼합기의 작동을 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

<60> 먼저, 혼합을 요하는 시료인 고점성 물질을 양쪽 회전바(14,14') 사이에 걸친 후 모터(32)에 전원을 인가함으로써 연신혼합기를 작동시킨다. 본 발명의 연신혼합기는 혼합과 측정을 동시에 수행하는데, 혼합은 동력발생부(30)의 모터(32)가 기어장치(31)를 통하여 동력전달부(20)의 두 회전축(21,21')과 연결된 한쌍의 회전바(14,14')를 회전시킴으로써 실제로 연신혼합부(10)에서 수행된다. 동력전달부(20)의 회전축(21,21')에 설치되어 있는 토크센서(22)는 혼합에 소요되는 토크의 변화를 읽는다.

<61> 혼합에 소요되는 토크의 측정은 혼합의 정도를 예측하기 위한 아주 중요한 부분이다. 혼합부분이 노출되지 않아서 혼합과정을 육안으로 관찰할 수 없거나 마이크로 스케일까지의 미세구조에 대한 균일한 혼합을 필요로 하는 경우에 혼합물의 혼합상태를 반영한 측정을 할 수 있다면 이는 혼합시간을 단축할 수 있고 혼합의 정도를 예측할 수 있어 혼합의 효율과 더불어 고점성 물질의 혼합에 있어서 매우 중요한 부분이다.

<62> 토크센서(22)는 측정부위와 직접 연결되어 있어서 회전시 변화되는 물질의 유변학적 성질과 혼합도에 민감하게 작용하며, 고점성 물질의 혼합과정에서 소요되는 토크를 정확하게 측정할 수 있다. 도 2의 전체 구성도에서 알 수 있는 바와 같이, 회전축(21)의 토크센서(22)에서 측정된 토크값을 보다 효과적으로 분석하기 위해서 신호처리부(40)의 신호증폭기(41)로 신호를 증폭시켜 토크를 전압의 단위로 출력하고, 출력된 전압신호는 데이터수집기(42)에 의하여 디지털신호로 변환되어 데이터가 저장되며, 이는 모니터링부(50)에서 그 값을 관측할 수 있다. 상기 모니터링부(50)는 일반적으로 사용되는 퍼스널컴퓨터를 이용하여 설치할 수 있다.

<63> 도 2와 도 3에서 알 수 있듯이 혼합은 중앙의 고정바(11)를 중심으로 양쪽의 두 회전바(14,14')가 회전함으로써 이루어지며, 상기 회전바(14,14')의 회전에 따라 혼합대상물질인 고점정물질은 신장과 융합을 반복적으로 수행하게 된다. 상기 고정바(11)는 하부플레이트(1)에 고정된 수직지지대(2)의 상측에 고정되어 있고, 회전하는 한쌍의 회전바(14,14')는 수직지지패널(3)의 전면에 장착되어 있으며, 상기 회전바(14,14')는 각 물질의 유변학적 성질과 양에 따라 혼합특성에 알맞는 형태로 교체하여 장착할 수 있다.

<64> 도 2를 참조하면, 회전부재(18,18')의 아암(13,13') 길이(a)를 조절하여 고점성 물질의 주흐름방향의 신장비(신장비 = 최대 신장길이/두 회전축 사이의 거리)를 조절할 수 있으며, 이때 신장비는 물질이 갖는 신장성(extendibility)에 따라 결정된다. 회전바(14,14')에 부착되는 물질은 걸림편(15,16,16')들의 폭길이에 따라 양쪽 회전바(14,14') 사이에 로딩되는 고점성 물질의 양이 결정된다. 기본적으로 50㎜를 최저 크기로 하지만 그 사이즈는 변화시킬 수 있다.

<65> 도 5는 수직지지패널(3)에 부착된 회전부재(18,18')에 대한 상세도로서, 도 5(a)는 회전부재(18,18')만을 도시한 정면도이고, 도 5(b)는 회전부재(18,18')의 평면도이며, 도 5(c)는 회전바(18,18')만을 확대하여 도시한 도면이다. 도면상의 실시예에서는 걸림편(16,16')이 각각 3개씩 설치되어 있으며, 이 경우 각 걸림편(16,16')들 사이에 고점성 물질을 각각 부착할 수 있으므로 두개의 혼합을 동시에 할 수 있다.

<66> 도 6은 양쪽 회전바(14,14')가 서로 반대방향으로 회전함에 따라 개재된 고점성 물질에 부과되는 신장과 융합상태를 알 수 있는 도면으로서, 회전각에 따른 제1 회전바(14)와 제2 회전바(14')의 양단사이의 거리변화를 나타낸다. 도면에서 알 수 있듯이 두 회전바(14,14')는 서로 반대방향으로 회전하며 360도 회전하는 동안에 2회의 최대 신장(extension)과 2회의 융합(merging)이 일어난다.

<67> 이와 같은 경우에, 신장속도를 알면 혼합과정 동안의 물질에 대한 신장변형을 예측할 수 있는데, 신장속도(V_{end})는 회전각속도(ω)와 아암()의 길이(r)에 의해 조절할 수 있다. 상기 신장속도(V_{end})는 아암(13,13')의 단부에서의 회전선속도로서, 하기 수학식 1에서 알 수 있는 바와 같이 회전축(21,21')의 각속도로부터 예측할 수 있다.

$$V_{end}=2\pi r\omega$$

<69> 여기서, r은 아암(13,13')의 길이이고, ω는 회전각속도(angular velocity)이다.

<70> 따라서, 겉보기신장속도(apparent strain rate)(ε_a')는 하기 수학식 2와 같다.

$$\varepsilon_a'=\frac{V_{end}}{b}$$

<71>

<72> 여기서, V_{end}는 신장속도이고, b는 두 회전축(21,21')사이의 거리이다.

<73> 상기에서 예측한 겉보기신장속도로부터 두 회전축(21,21')의 회전운동에 따른 물질의 시간에 대한 신장길이변화는 하기 수학식 3과 같이 정의할 수 있다.

$$\frac{dL}{dt}=V_{end}=\varepsilon_a'L$$

<74>

<75> 상기 미분방정식을 풀면 하기 수학식 4와 같은 해를 얻을 수 있다.

$$L(t)=L_0\exp(\varepsilon_a't)$$

<76>

<77> 여기서, t는 시간이고, L_0는 양쪽 아암(13,13') 단부사이의 초기길이로 가정한다.

<78> 물질이 늘어나는 길이에 비해서 물질이 실제로 접촉하게 되는 걸림편(15,16,16') 사이의 폭은 항상 일정하게 유지되며, 이는 물질의 신장성(extendibility)과 적용부피에 따라 결정된다. 도 7은 실제로 두 가지의 혼합속도 조건에서 고점성 물질이 받는 신장변형에 대한 그래프이다. 이는 아암(13,13')의 길이와 걸림편(16,16') 사이의 길이 비가 1 : 0.2이고 고점성 물질의 용량이 10ml인 경우에 대하여 설계된 본 발명의 연신혼합기에 의한 결과이다. 도면에서 알 수 있는 바와 같이 비록 느린 속도로 진행되지만 아주 짧은 시간간격에서의 신장변형은 매우 크다는 것을 알 수 있다. 속도가 17rpm정도의 아주 느린 경우에도 신장흐름은 분산상(分散相) 사이의 거리를 지수적으로 증가시키기 때문에 분산상 사이의 충돌 빈도가 아주 희박해지며 흐름에 의한 분산효과(breakup effect)를 최대로 상승시킬 수 있다. 이는 충돌과 분산(breakup)이 경쟁적으로 일어나는 전단흐름을 이용한 혼합방식에 비해 혼합 효율이 매우 높다는 것을 예측할 수 있다.

<79> 따라서, 본 발명은 유체의 혼합방식에 신장 흐름을 강조하여 혼합의 효율을 극대화한 혼합기로서, 고점성유체는 특히 전단흐름을 기본으로 하는 혼합기 내의 경우 국부적으로 속도가 빠른 부분에서 오히려 유체의 점도가 낮아지게 되어 저효율적인 흐름, 물질의 변성 등 여러 가지 문제점을 발생시키지만, 본 발명의 경우 유체의 점탄성적인 유변물성을 효율적으로 이용함으로써 신장흐름을 유발하고 신장속도에 따른 신장경화(strain hardening)나 담화(strain thinning)현상을 이용하여 연속유체가 분산상의 또 다른 성분의 유체나 입자에 보다 높은 응력을 작용시킬 수 있도록 한다. 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기에는 Sensor Development Inc. 제품인 Rotary sensor model 01324인 토크센서를 이용하여 하기의 실시예들을 실험하였다.

<80> 실시예 1(Boger/PDMS Blend)

<81> 유변학적으로 유체의 점도를 조절하고 탄성에 변화를 줄 수 있도록 Boger유체의 제조방법을 참고로 연속유체를 제조하였다(Magda J.J. and Larson R.G., A transition occurring in ideal elastic liquids during shear flow, J. Non-Newtonian Fluid Mech.(30), 1998). Boger유체는 아주 분자량이 낮은 올리고머의 유기액체에 고분자량의 고분자를 소량 혼합하여 고분자용액의 탄성과 점성을 조절하여 그 영향을 살펴볼 수 있다. 본 실시예에 사용한 Boger유체는 수평균 분자량이 각각 920인 polybutene(PB : Aldrich Chem. Co.)용액에 소량(<1wt%)의 polyisobutylene(PIB)를 녹여 제조하였다. 분자량이 큰 PIB는 PB용액에 직접 녹이기 힘들기 때문에 휘발성 유기

용매인 2-chloropropane을 이용하여 녹인 후 휘발시킨다.

<82> 분산상은 polydimethylsiloxane(PDMS : KF-96H-10000cs, Shin-Etsu Chem. Co., Ltd.)을 선택하여 분산하였다. PDMS는 Boger유체에 비해 밀도가 높고 화학적 친화도가 없기 때문에 혼합이 어렵고 쉽게 상분리가 일어난다. 도 8은 두 유체가 연신혼합기에서 혼합을 수행하는 과정에 대한 사진들이다. 도 8A는 혼합전에 두 유체가 용기내에서 명확하게 상분리되어 있는 모습과, 약 20분 동안 혼합기에서 도 8B 내지 도 8F의 혼합과정을 거친 후 혼합용액을 용기에 담은 것을 보여주는 사진이다.

<83> 도 9는 도 8에서의 일련의 혼합과정에 대하여 실시간으로 측정된 혼합토크의 측정변화 값을 보여주는 그래프이다. 20분 경과시 육안으로는 매크로스코픽하게 혼합이 이루어진 것으로 관찰되지만, 혼합기에서 측정되는 혼합토크 값은 여전히 혼합이 진행되고 있는 것으로 예측할 수 있으며, 1시간 정도 혼합이 이루어졌을 때 안정적인 내부구조를 가짐을 예측할 수 있었다. 도 10은 Boger/PDMS 블렌드(Blend)를 1시간 동안 본 발명의 연신혼합기에서 혼합과정을 거친 후에 얻은 블렌드(blend)의 내부 모폴로지 사진이다. 또한, 모폴로지의 안정화를 꾀하기 위하여 고체입자를 적용하는 경우가 있는데, 마이크로스케일의 입자는 분산은 쉽지만 안정화의 효과를 얻을 수 없었으며, 나노스케일의 입자를 사용하였을 경우에는 도 11의 사진처럼 도 10의 나노클레이(nano clay)가 없는 경우에 비해 훨씬 안정적이고 분산상의 크기가 작아지는 것을 확인할 수 있었다. 특히, 나노클레이의 고점도내에서의 분산은 아주 어려워서 통상적으로 분산을 위해서 나노클레이의 작용기에 화학적인 유기치환방법을 사용하여 분산성을 높이려고 하지만, 본 발명의 연신혼합기에서는 이러한 화학적인 치환방법을 사용하지 않고도 분산이 잘 됨을 확인할 수 있었다.

<84> 실시예 2(PVA/Boger blend)

<85> 생화학적으로 유용성이 큰 PVA용액에 상기 실시예 1에서 설명한 방법으로 제조한 저점도의 Boger용액을 분산시켰다. PVA용액은 생화학고분자의 블렌드에 여러 가지 용도로 적용되지만, 점도가 높기 때문에 기존의 혼합기로 혼합할 경우 여러 가지 문제점이 있다. 분산방법은 상기 실시예 1과 같으며, 도 12는 20분 혼합과정 후에 얻은 블렌드의 내부 모폴로지 사진이다. PVA의 점도가 Boger용액에 비해 상대적으로 점도가 높기 때문에 10㎛이하의 평균분산상 사이즈를 가지는 안정적인 모폴로지를 얻었다.

<86> 실시예 3(Carbon nanotube particles의 분산용액 제조)

<87> 상기 실시예 1에서 설명한 Boger유체 제조방법으로 Boger유체를 제조하고, 이 연속유체에 입자를 분산시켰다. Carbon nanotube(CNT : ILSIN Nanotech Co. Product)는 CVD공정을 통해 생산된 multiwalled carbon nanotube로서 직경이 10 내지 50nm이며 길이는 10 내지 50㎛이다. CNT는 나노스케일의 직경을 가지므로 단위부피당 접촉면적이 아주 크고 CNT사이에 작용하는 반데르발스(van der Waals)힘 때문에 서로의 엉킴이 아주 강한 물질 중의 한 예로서 그 분산이 아주 어렵다.

<88> 도 13은 CNT가 연속유체에 분산되어 가는 과정에 대한 사진이며, 도 14는 분산과정 동안 측정한 토크값이다. 토크값의 비교를 위해서 연속유체인 Boger유체의 시간에 따른 토크 측정값을 기본으로 CNT의 분산을 비교하였다. Boger유체는 본 발명의 연신혼합기에서 6시간 이상이 되면 측정 토크값이 작아진다. 하지만, CNT가 분산될수록 분산된 CNT 입자에서 Boger유체내에 PIB 분자와의 수력학적인 상호작용에 의해서 함께 뒤얽힌 상태로 각 나노튜브가 CNT 입자로부터 빠져나와 분산되며, 이러한 PIB-CNT가 분산용액의 신장성(extendability)을 훨씬 증가시키는 것을 토크측정으로부터 확인할 수 있었다.

<89> 본 발명의 연신혼합기에서 Boger유체내에서의 CNT의 분산효과를 비교하기 위해 전단흐름에서 분산을 수행한 경우와 비교하였다. 농도가 아주 희박한 CNT 입자 현탁시스템과 농도가 다소 높은 시스템에서 혼합에 의해 CNT 입자의 크기가 작아지면서 분산된 결과를 비교하였으며, 도 15는 그 결과에 대한 사진이다.

<90> 도 15(a)는 0.1wt% CNT를 유체에 첨가하여 각각 전단흐름과 신장흐름에 적용하였다. 1시간의 전단흐름을 진행한 결과를 살펴보면 CNT 입자의 크기는 CNT 입자들의 결합에 의해 오히려 커졌다. 본 발명의 연신혼합기에서 30시간의 신장흐름을 적용한 결과 입자는 신장흐름에 의해서 아주 작아지고 균일하게 분산됨을 알 수 있다. 예측한 대로 신장흐름에서는 입자사이에 분산이 우세하게 일어나므로 전단흐름에서 관찰된 것처럼 입자들이 다시 결합되어 크기가 커지는 현상이 없었다. 분산된 CNT의 농도가 높아질수록 이러한 현상은 더욱 뚜렷이 관찰할 수 있었다.

<91> 도 15(b)는 0.3wt% CNT를 첨가하였을 경우에 대한 결과를 비교한 그림이다. 0.3wt% CNT를 유체에 첨가하여 장시간 전단흐름(stirring)하에서 혼합을 수행하였을 때 비교적 안정적인 구조는 얻을 수 있었지만, 입자의 크기가 크고 넓게 분포하였다. 반면에, 비슷한 시간 동안 본 연신혼합기에서 혼합을 수행했을 때에는 입자의 크기가 아

주 작아지며 균일하게 분포함을 알 수 있었다.

<92> 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

발명의 효과

<93> 상기에서 설명한 바와 같은 본 발명의 연신혼합기에 의하면, 신장흐름을 주흐름방식으로 하고 신장과 융합(merging)을 적절히 조절함으로써 혼합의 효율을 극대화하고 혼합시 신장에 필요한 힘을 실시간으로 측정함으로써 혼합의 정도를 예측하여 혼합시간을 단축할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기의 전체적인 구성을 개략적으로 도시한 구성도이다.

<2> 도 2는 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기의 고정바와 회전바의 구성을 보여주기 위한 일부구성도이다.

<3> 도 3은 도 2의 고정바와 회전바를 측면에서 본 상태를 도시한 일부구성도이다.

<4> 도 4는 도 1의 동력발생부에서 기어장치만을 분리하여 도시한 사시도이다.

<5> 도 5는 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기의 수직지지패널에 부착된 회전부재에 대한 상세도로서, 도 5(a)는 회전부재만을 도시한 정면도이고, 도 5(b)는 회전부재의 평면도이며, 도 5(c)는 회전바만을 확대하여 도시한 도면이다.

<6> 도 6은 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기의 양쪽 회전바가 서로 반대방향으로 회전함에 따라 개재된 고점성 물질에 부과되는 신장과 융합상태를 보여주는 도면이다.

<7> 도 7은 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기에 두 가지 혼합속도 조건으로 실험한 경우에 고점성 물질이 받는 신장변형을 나타내는 그래프이다.

<8> 도 8은 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기에서 두 유체가 혼합을 수행하는 과정에 대한 사진으로서, 도 8A는 혼합전에 두 유체가 용기내에서 명확하게 상분리되어 있는 모습을 보여주는 사진이고, 도 8B 내지 도 8F는 혼합과정을 거치는 과정에서의 혼합용액을 용기에 담은 것을 보여주는 사진이다.

<9> 도 9는 도 8에서의 일련의 혼합과정에 대하여 실시간으로 측정된 혼합토크의 측정변화 값을 보여주는 그래프이다.

<10> 도 10은 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기의 연신혼합에 있어서 나노스케일의 입자가 없는 경우 블렌드(blend)의 내부 모폴로지 사진이다.

<11> 도 11은 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기의 연신혼합에 있어서 나노스케일의 입자를 사용하였을 경우 블렌드(blend)의 내부 모폴로지 사진이다.

<12> 도 12는 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기의 연신혼합에 있어서 20분 혼합과정 후에 얻은 블렌드의 내부 모폴로지 사진이다.

<13> 도 13은 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기의 연신혼합에 있어서 CNT가 연속유체에 분산되어 가는 과정에 대한 사진이다.

<14> 도 14는 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기의 연신혼합에 있어서 분산과정 동안 측정한 토크값이다.

<15> 도 15는 본 발명의 일실시예에 의한 연신혼합기의 연신혼합에 있어서 농도가 아주 희박한 CNT 입자 현탁시스템과 농도가 다소 높은 시스템에서 분산된 결과를 비교한 사진이다.

<16> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

<17> 1 : 하부플레이트 2 : 수직지지대

<18> 3,4 : 수직지지패널 10 : 연신혼합부

<19> 11 : 고정바 12,12' : 베이스

<20> 13,13' : 아암 14,14' : 회전바

<21> 15,16,16' : 걸림편 20 : 동력전달부

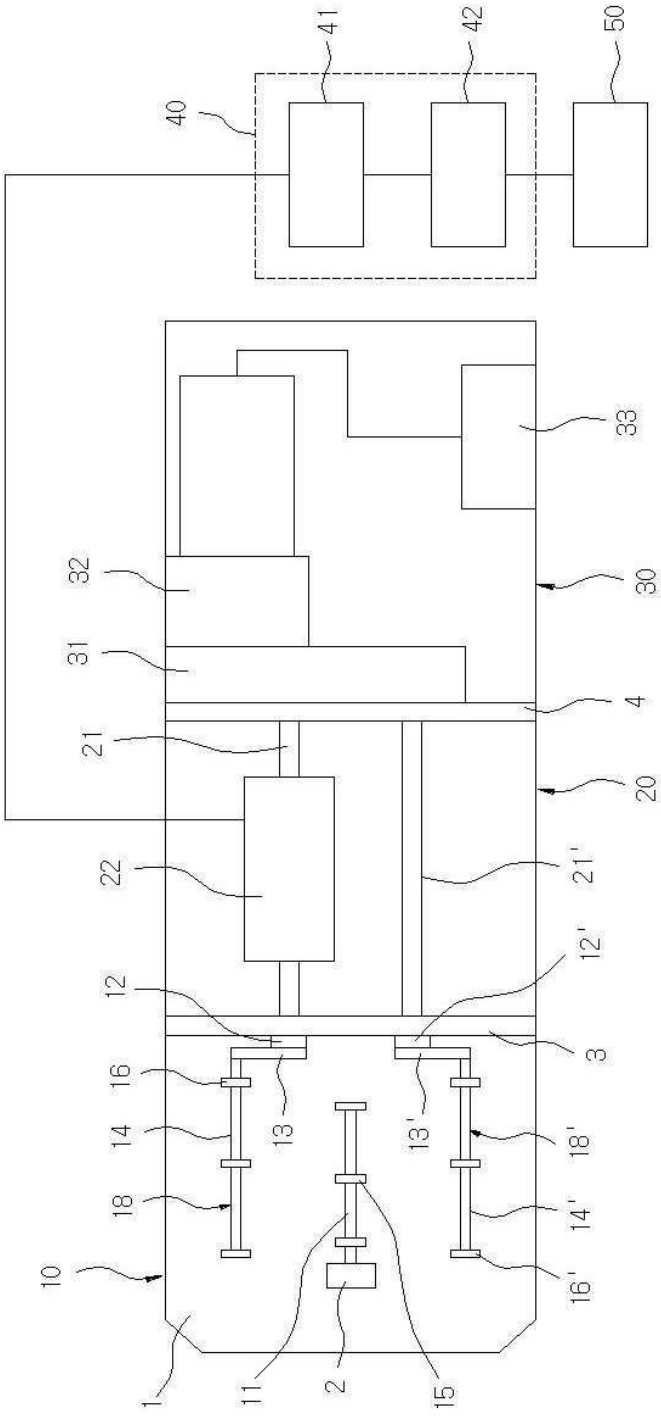
<22> 30: 동력발생부 40 : 신호처리부

<23> 41 : 신호증폭기 42 : 데이터수집기

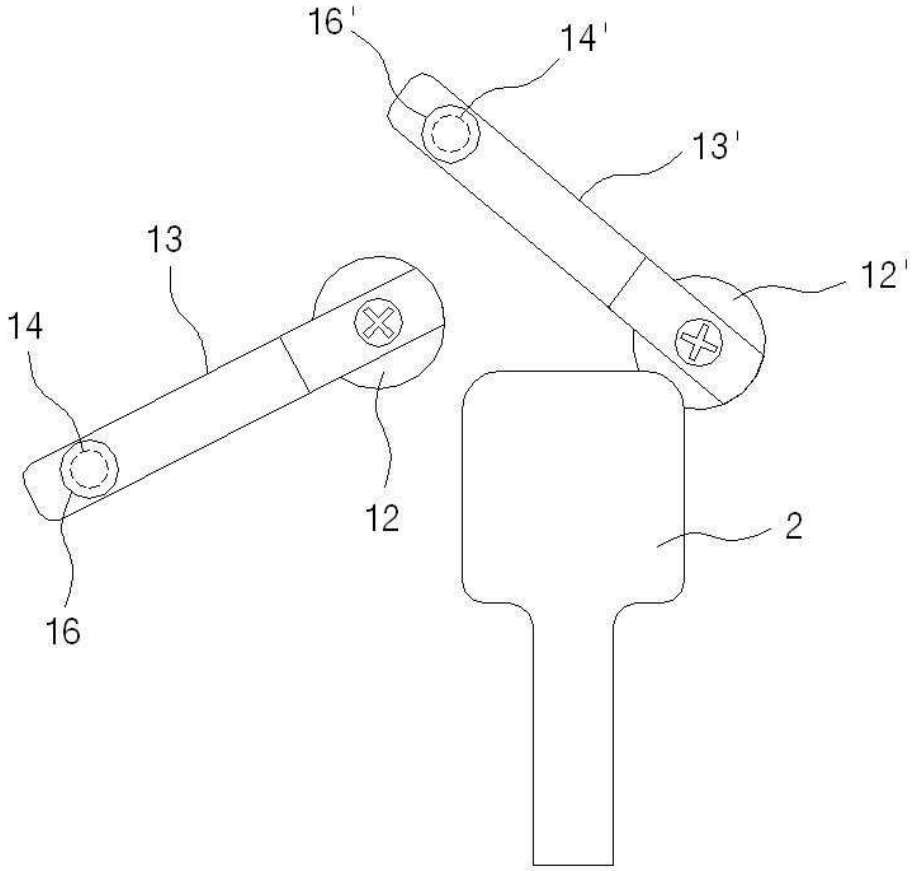
<24> 50 : 모니터링부

도면

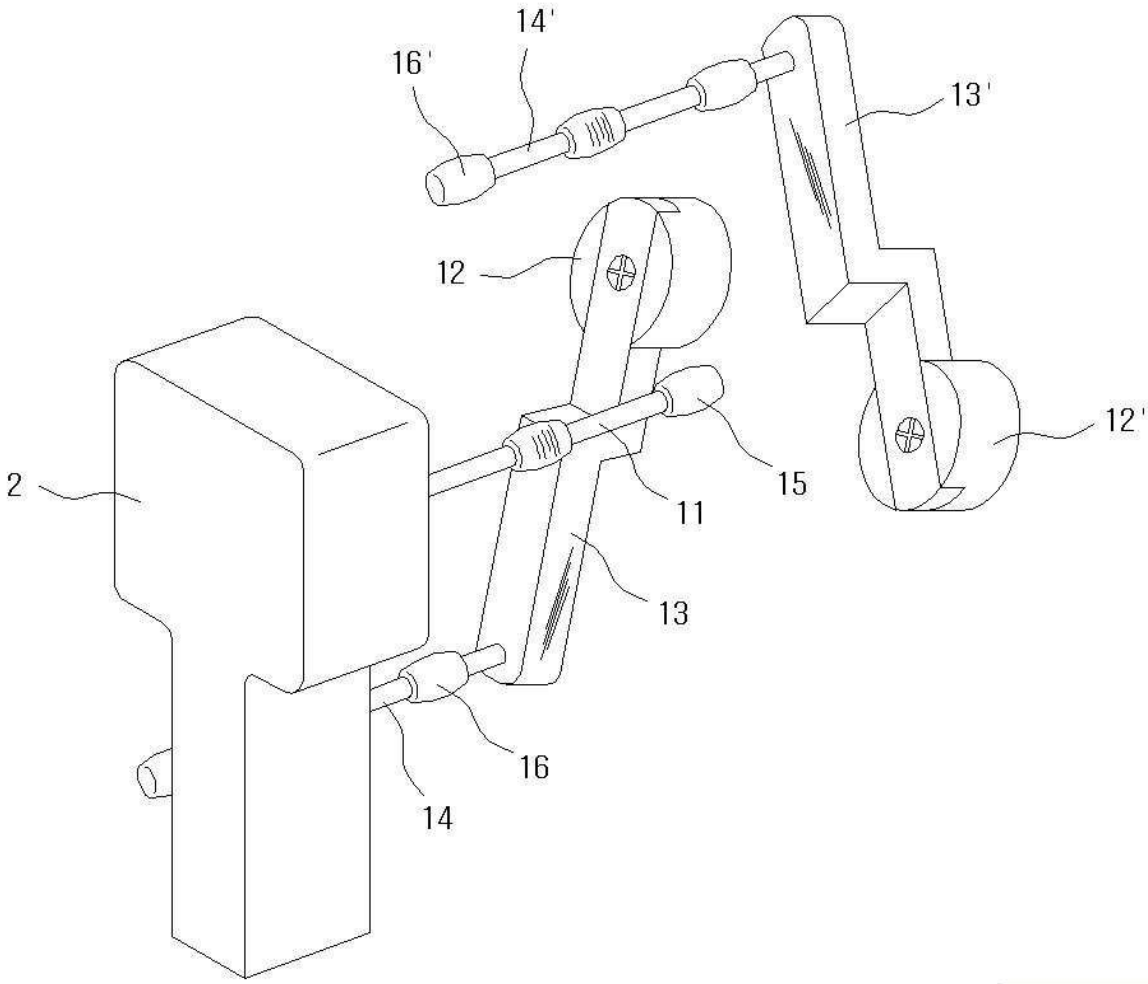
도면1



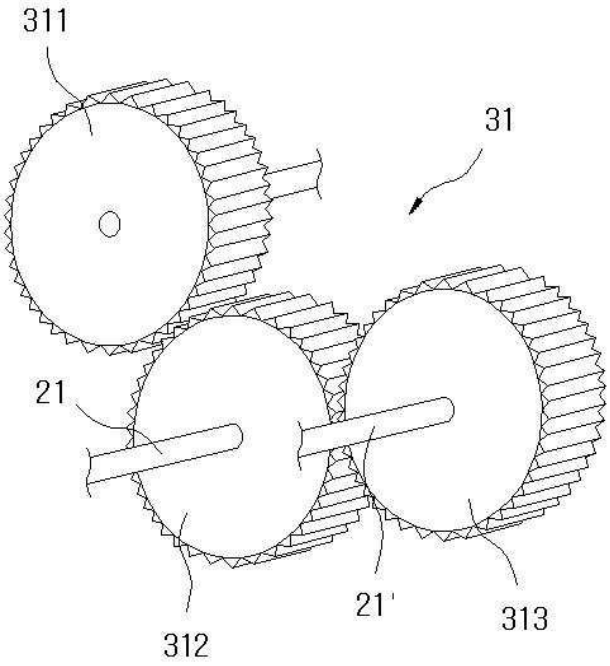
도면2



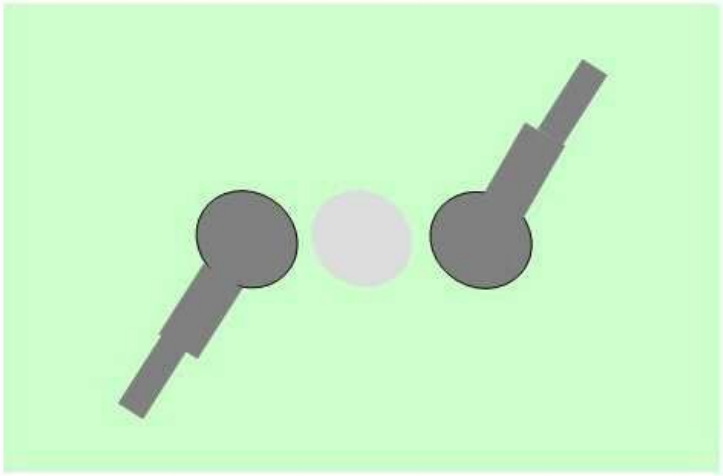
도면3



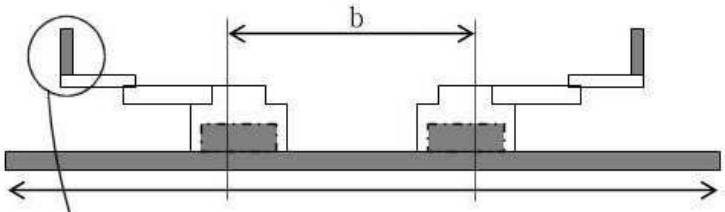
도면4



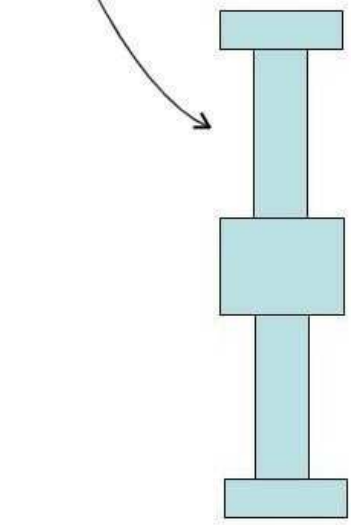
도면5



(a)

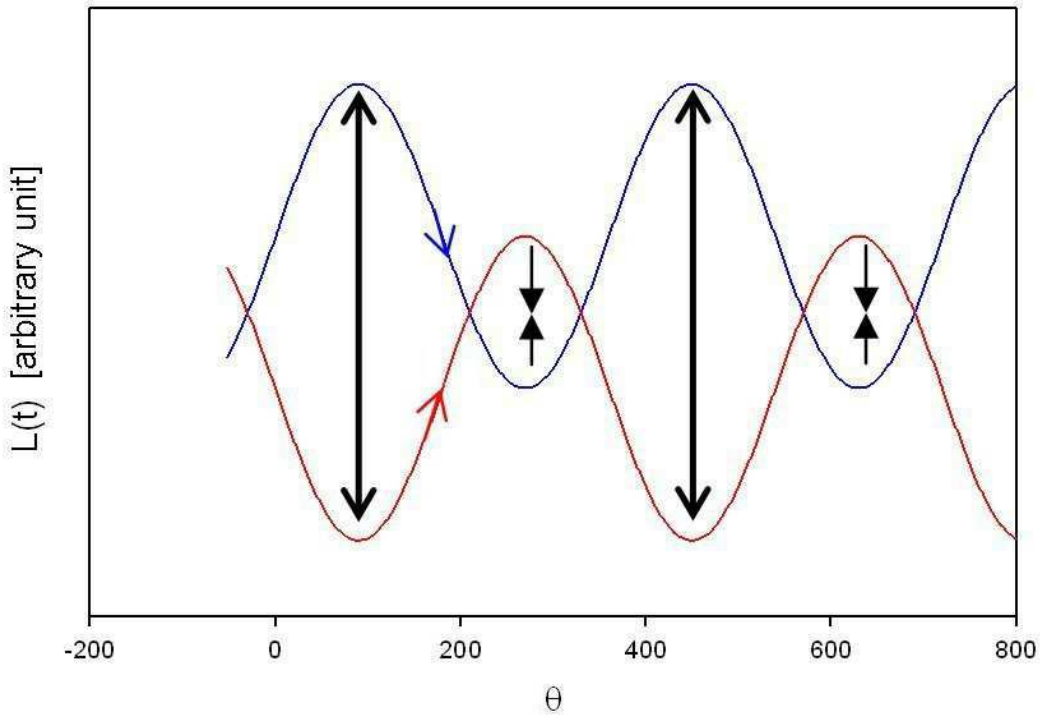


(b)

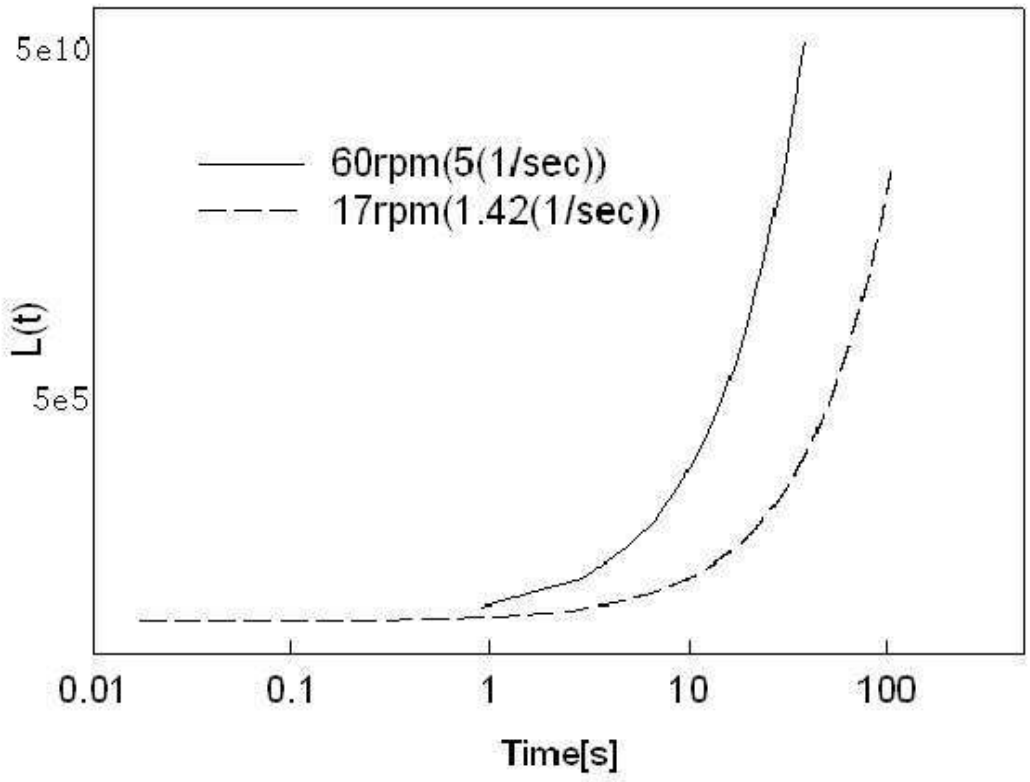


(c)

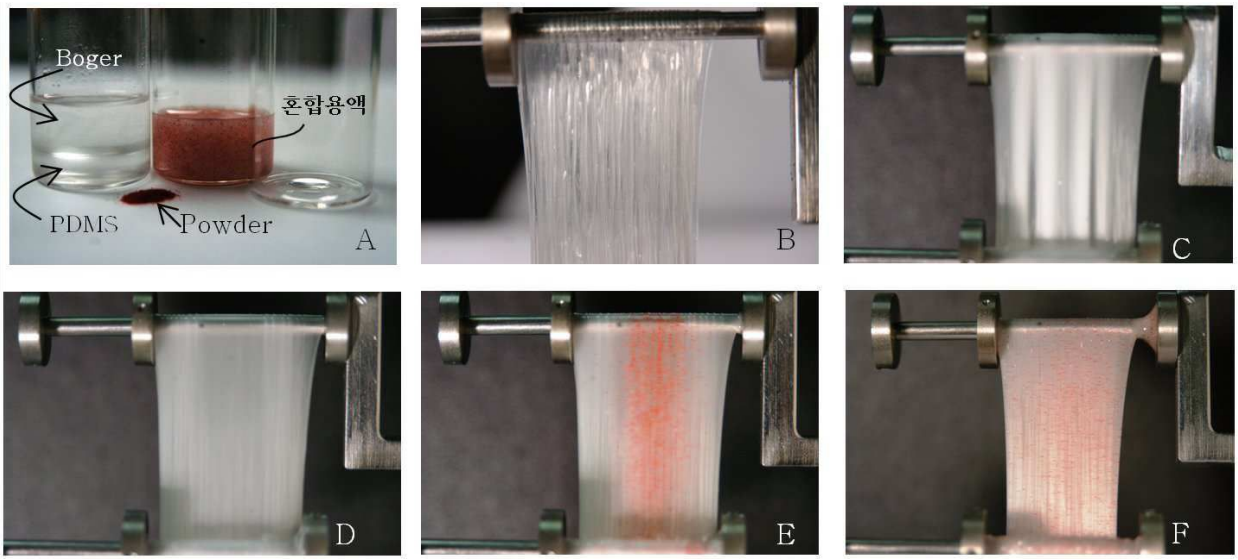
도면6


L(t) [arbitrary unit]
-200
0
200
400
600
800
θ

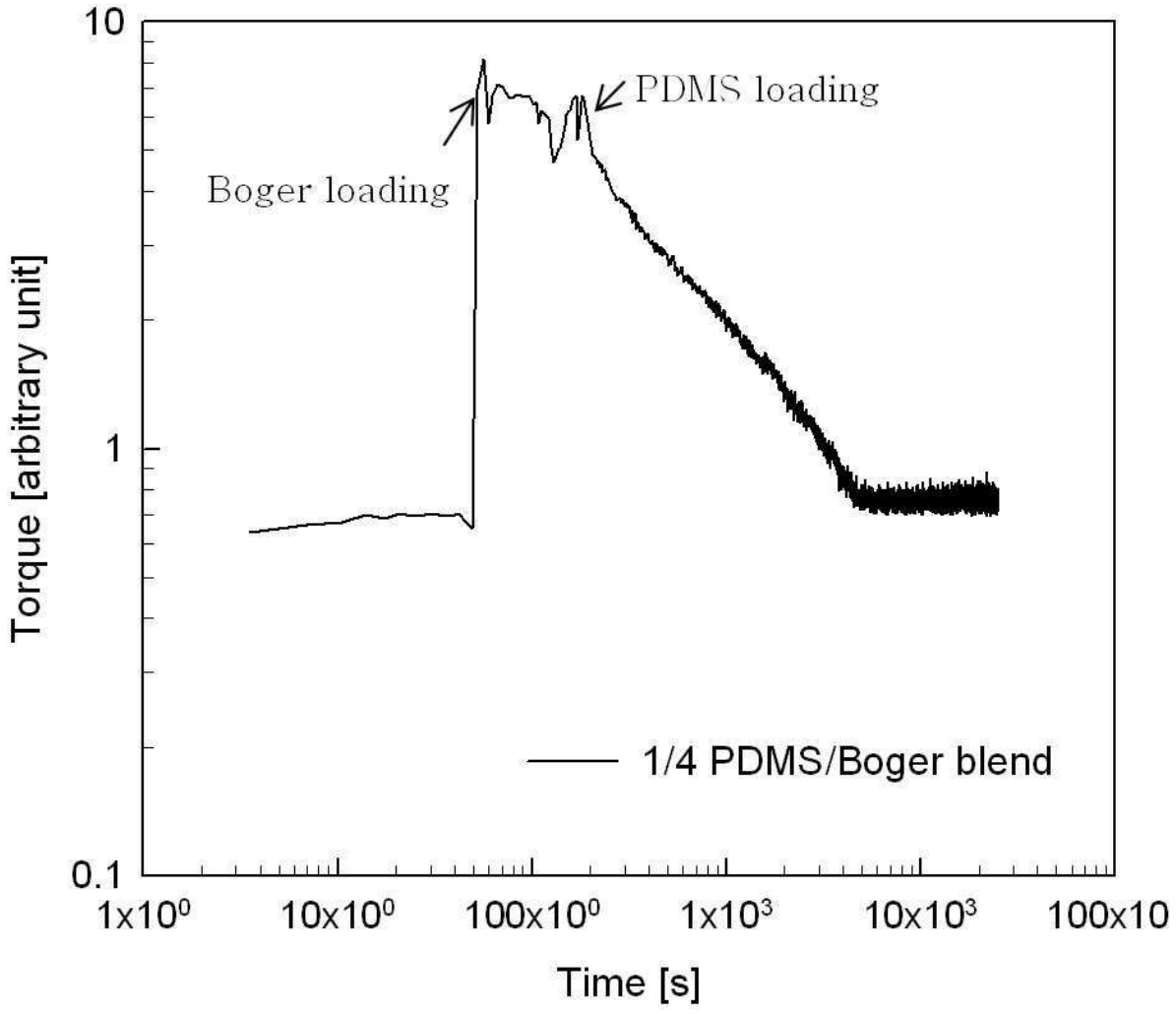
도면7


5e10
5e5
L(t)
60rpm(5(1/sec))
17rpm(1.42(1/sec))
0.01
0.1
1
10
100
Time[s]

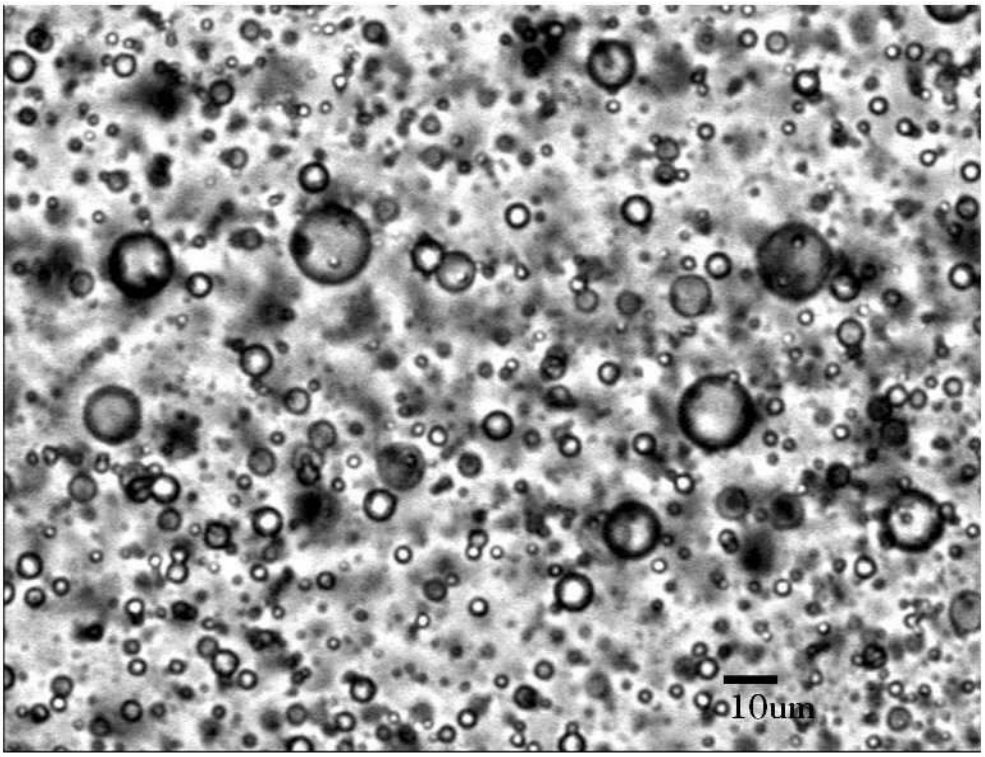
도면8


Boger
혼합용액
PDMS
Powder
A
B
C
D
E
F

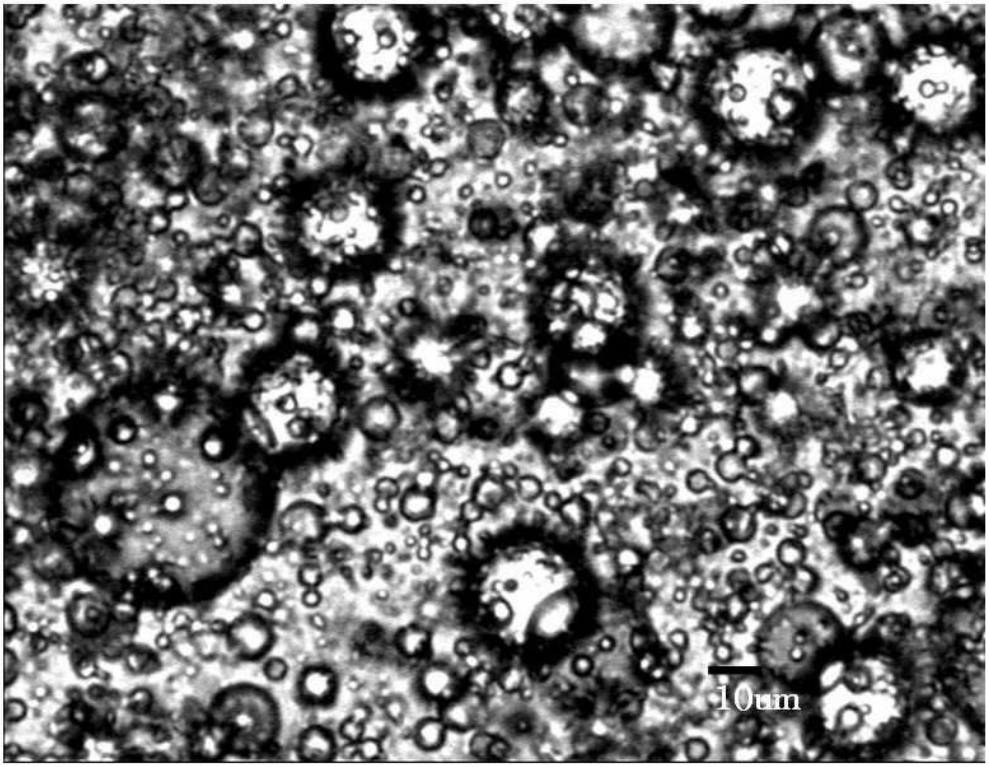
도면9


10
1
0.1
Torque [arbitrary unit]
PDMS loading
Boger loading
1/4 PDMS/Boger blend
1x10⁰
10x10⁰
100x10⁰
1x10³
10x10³
100x10
Time [s]

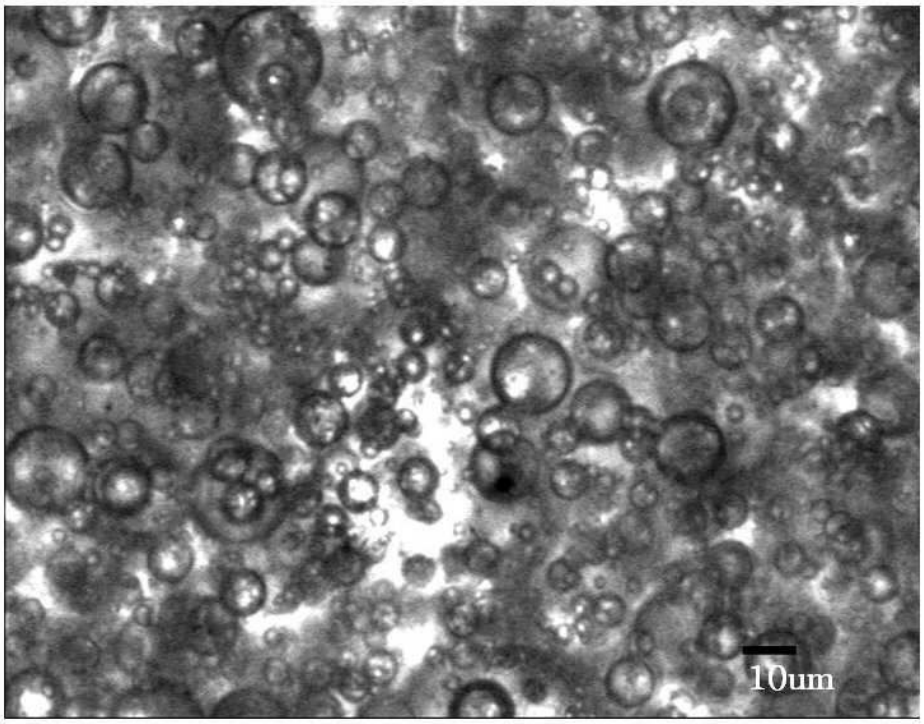
도면10



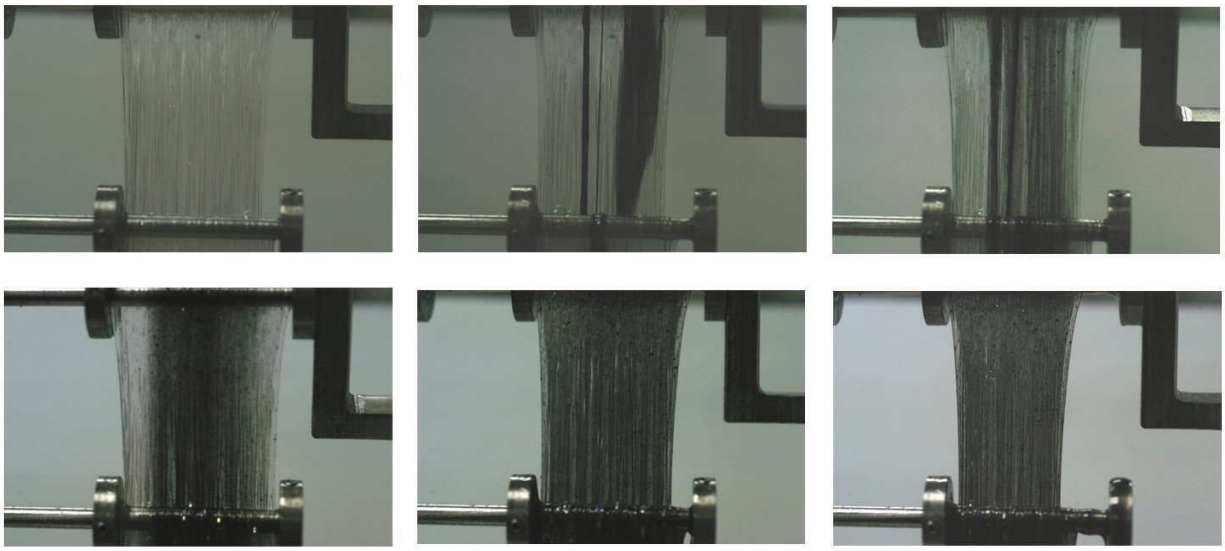
도면11



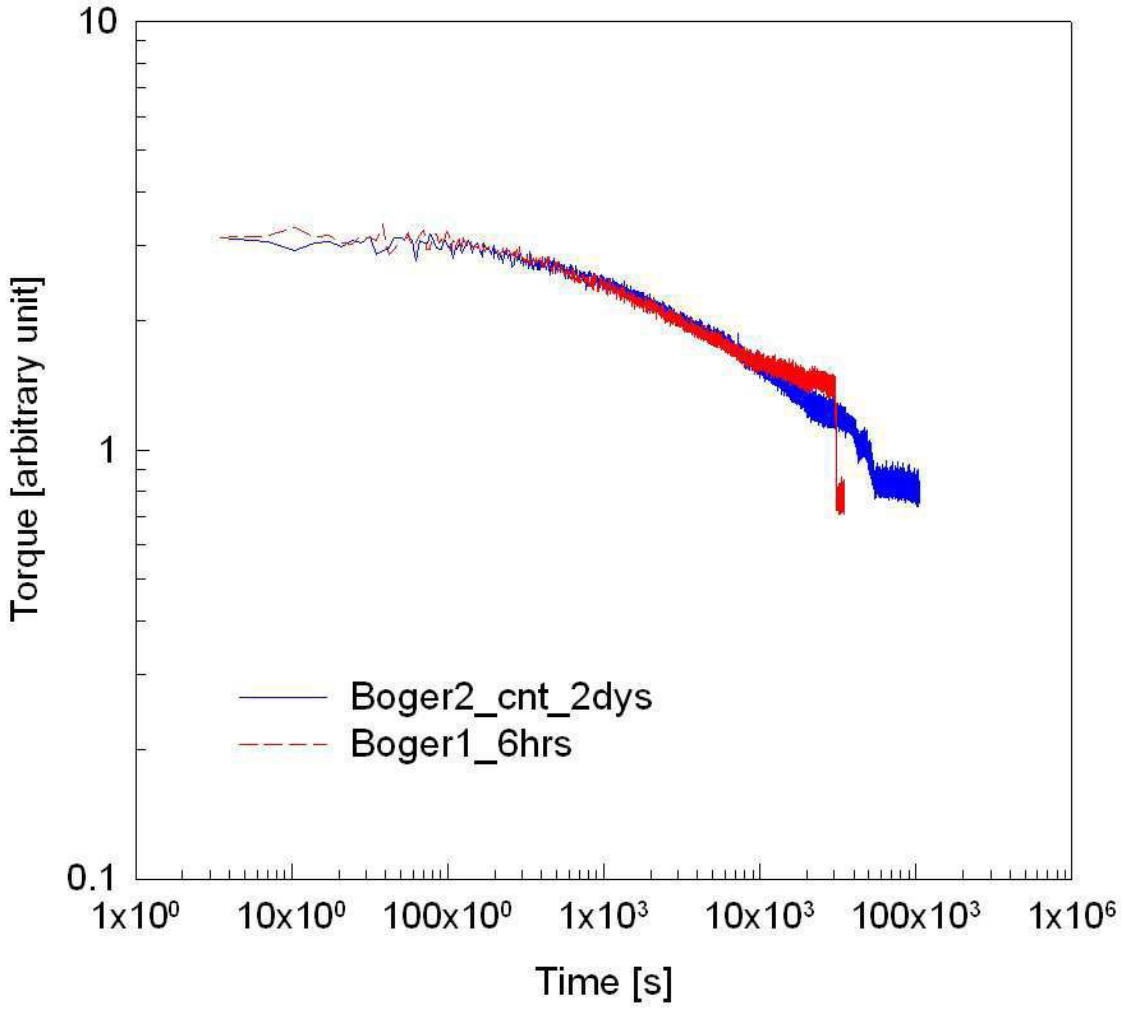
도면12



도면13

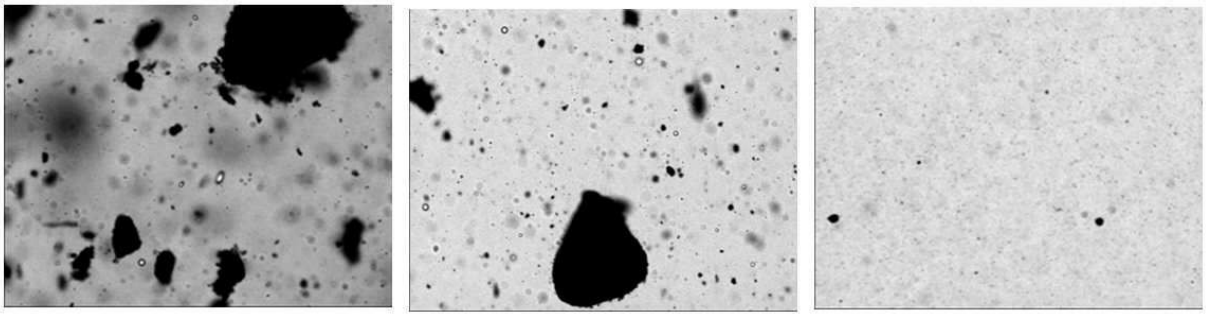


도면14


10
1
0.1
Torque [arbitrary unit]
Boger2_cnt_2dys
Boger1_6hrs
1x10⁰
10x10⁰
100x10⁰
1x10³
10x10³
100x10³
1x10⁶
Time [s]

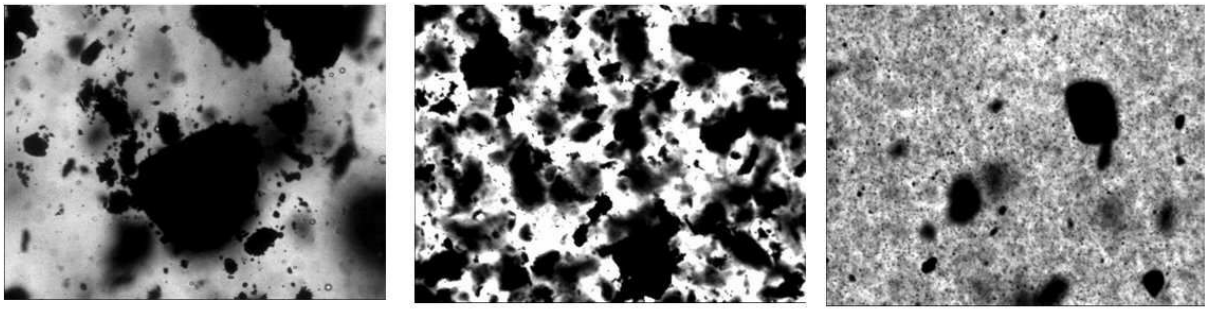
도면15

(a)



혼합 전 전단흐름 신장흐름

(b)



혼합 전 전단흐름 신장흐름