(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0166363
(43) 공개일자 2024년11월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C25F 3/06 (2006.01) *A61M 5/32* (2006.01)
B33Y 30/00 (2015.01) *C22C 38/00* (2006.01)
B82Y 40/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
C25F 3/06 (2013.01)
A61M 5/32 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0171140
(22) 출원일자 2023년11월30일
심사청구일자 2023년11월30일
(30) 우선권주장
1020230063785 2023년05월17일 대한민국(KR)

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
김형모
경상남도 진주시 충의로 146, 609동 1103호
권용택
경상북도 포항시 남구 상공로 56번길 29-1
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인위솔

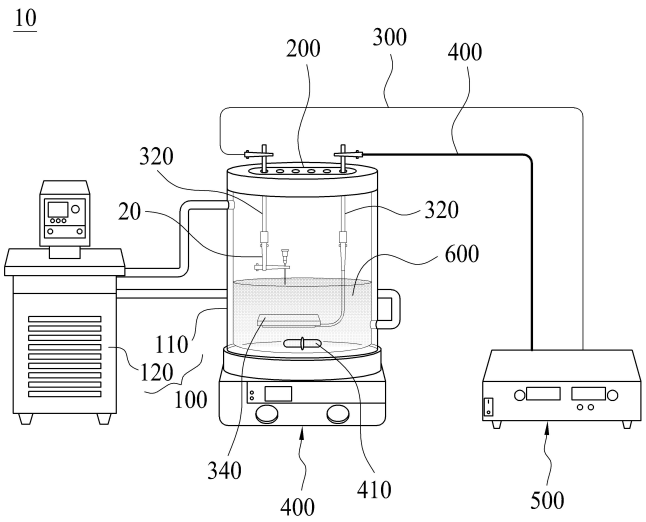
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **전기화학적 에칭 공정을 이용한 디스펜싱 니들의 미세 표면구조 형성 및 이를 통한 성능개선**

(57) 요 약

개시되는 발명은 금속제 디스펜싱 니들의 표면개질 방법에 관한 것으로서, 하나의 예에서, 질산과 염산 베이스의 전해질 용액을 준비하는 단계와, 전해질 용액이 담긴 용기 안에, 애노드에 연결된 금속제 디스펜싱 니들 및 캐소드에 연결된 카본 시트를 상하 대면 배치하는 단계, 및 상기 애노드 및 캐소드에 대해 직류 전원을 정해진 전압과 시간 동안 공급하여 상기 금속제 디스펜싱 니들에 대해 전기화학적 에칭을 수행하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B33Y 30/00 (2013.01)
C22C 38/00 (2013.01)
B82Y 40/00 (2013.01)
(72) 발명자
이준
경상남도 진주시 금산면 금산로 22, 104동 901호(진주금산 진흥 더 루벤스)
전상현
경상남도 거제시 중곡2로 89, 213동 303호 (고현동, 거제2차덕산베스트타운)
주강호
경상남도 사천시 곤명면 곤수로 83, 302호 (호수빌라)
임혜원
경상남도 진주시 도동로264번길 31, 1동 102호 (하대동, 대경하대아파트)
황세연
경기도 하남시 대청로 62, 101동 104호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415180747
과제번호 20214000000520
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원
연구사업명 에너지인력양성(에특)
연구과제명 자원순환(재제조)산업 고도화 인력양성
기 여 율 30/100
과제수행기관명 사단법인 한국산업건설기계재제조진흥회
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345356213
과제번호 LINC3.0-2022-11
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 산학연협력고도화지원
연구과제명 3단계산학연협력선도대학육성사업(LINC3.0)(0.5)
기 여 율 30/100
과제수행기관명 경상국립대학교
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711187563
과제번호 2022R1F1A1065553
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 고정밀 분포형 광섬유 온도센서를 이용한 고열유속 환경 피동형 열관리 디바이스 설계기술 개발
기 여 율 40/100
과제수행기관명 경상국립대학교
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

질산과 염산 베이스의 전해질 용액을 준비하는 단계;

전해질 용액이 담긴 용기 안에, 애노드에 연결된 금속제 디스펜싱 니들 및 캐소드에 연결된 카본 시트를 상하 대면 배치하는 단계; 및

상기 애노드 및 캐소드에 대해 직류 전원을 정해진 전압과 시간 동안 공급하여 상기 금속제 디스펜싱 니들에 대해 전기화학적 에칭을 수행하는 단계;

를 포함하는, 금속제 디스펜싱 니들의 표면개질 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전해질 용액은,

2vol% 염산과 1.2vol% 질산을 1:1 부피비율로 혼합한, 금속제 디스펜싱 니들의 표면개질 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 금속제 디스펜싱 니들은,

스테인리스강 재질인, 금속제 디스펜싱 니들의 표면개질 방법.

청구항 4

제4항에 있어서,

상기 금속제 디스펜싱 니들은,

STS304 재질인, 금속제 디스펜싱 니들의 표면개질 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 금속제 디스펜싱 니들은 상기 카본 시트에 대해 수직하게 배치되는, 금속제 디스펜싱 니들의 표면개질 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 금속제 디스펜싱 니들의 첨단은,

상기 카본 시트의 중앙 영역에 대해 수직 대면 배치되는, 금속제 디스펜싱 니들의 표면개질 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 금속제 디스펜싱 니들은,

상기 첨단을 포함하는 일부분이 상기 전해질 용액에 침지되는, 금속제 디스펜싱 니들의 표면개질 방법.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 애노드 및 캐소드에 대해 공급되는 직류 전원은,

3.3±0.1V 범위의 전압으로 3분 동안 공급되는, 금속제 디스펜싱 니들의 표면개질 방법.

청구항 9

금속제 디스펜싱 니들에 있어서,

상기 금속제 디스펜싱 니들의 첨단 테두리를 포함하는 외면의 적어도 일부분에 전기화학적 에칭에 의한 다공성 마이크로 구조물이 구비되고,

상기 다공성 마이크로 구조물을 구비한 금속제 디스펜싱 니들의 친수성은, 표면 처리되지 않은 금속제 디스펜싱 니들의 친수성보다 높은, 표면개질된 디스펜싱 니들.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 다공성 마이크로 구조물은 수 십 마이크로미터 범위에 있는, 표면개질된 디스펜싱 니들.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 금속제 디스펜싱 니들 내면의 적어도 일부분에 전기화학적 에칭에 의한 마이크로 구조물이 구비되고,

상기 내면의 마이크로 구조물은, 상기 첨단 테두리를 포함하는 외면에 구비된 다공성 마이크로 구조물 대비, 더 작은 거칠기와 더 일정한 패턴을 이루는, 표면개질된 디스펜싱 니들.

청구항 12

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 다공성 마이크로 구조물을 구비한 금속제 디스펜싱 니들은,

증류수의 점도 이하의 점도를 가진 작동유체에 대해, 표면 처리되지 않은 금속제 디스펜싱 니들 대비, 액적의 속도 및/또는 표면적의 측면에서 향상된 액적 안정성을 가지는, 표면개질된 디스펜싱 니들.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 디스펜싱 니들의 표면 개질 공정을 통해 형성되는 마이크로 다공 표면구조 및 그에 따른 성능 개선에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 디스펜서(dispenser)란 액상 물질의 부피를 계량하여 필요한 양과 유속으로 주입하거나 적하시키는데 사용되는 일련의 산업 장비를 의미하며, 다양한 산업에서 활용되고 있다. 디스펜서는 가압 장치, 밸브, 니들 등을 포함하는데, 디스펜싱 니들(또는, "디스펜서 니들"이라 부를 수도 있음)은 고분자 합성수지 재질이거나 금속 재질로 구성된다.

[0003] 니들을 이용한 디스펜싱 시스템은 반도체, 전자, 화학 등 여러 산업분야에서 널리 활용되고 있으며, 특히 형광체 배치공정, LED 칩 혹은 약물 정량 투여와 같은 산업분야에서는 정밀한 토출 제어가 요구된다.

[0004] 현재 산업분야에서는 정밀 토출을 위해서 니들의 표면 에너지를 낮춰줄 수 있는 물질을 니들 표면에 도포하는 코팅 방식의 공정으로서 니들을 생산하고 있다.

[0005] 하지만 코팅을 한 니들은 공정 환경에 영향을 많이 받고 내구성이 약해 수명이 짧다는 단점이 있다. 이에, 산업 분야에서는 간단하고 경제적이며 내구성이 좋은 니들에 대한 수요가 높아진 실정이다.

[0006] 본 발명은 금속제 디스펜싱 니들, 특히 스테인리스강(stainless steel) 재질의 니들, 더욱 바람직하게는 STS304(AISIS 304 내지 304 SS) 디스펜싱 니들의 성능을 개선시키기 위해 표면구조를 개질하는 방법에 관한 것이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 일본 등록특허공보 제6939218호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상술한 문제를 해결하기 위하여 착안된 것으로, 금속제 디스펜싱 니들, 특히 스테인리스강(stainless steel) 재질의 니들, 더욱 바람직하게는 STS304(AISIS 304 내지 304 SS) 재질의 디스펜싱 니들의 성능을 개선시키기 위해 그 표면구조를 개질하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0009] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은 금속제 디스펜싱 니들의 표면개질 방법에 관한 것으로서, 하나의 예에서, 질산과 염산 베이스의 전해질 용액을 준비하는 단계와, 전해질 용액이 담긴 용기 안에, 애노드에 연결된 금속제 디스펜싱 니들 및 캐소드에 연결된 카본 시트를 상하 대면 배치하는 단계, 및 상기 애노드 및 캐소드에 대해 직류 전원을 정해진 전압과 시간 동안 공급하여 상기 금속제 디스펜싱 니들에 대해 전기화학적 에칭을 수행하는 단계를 포함한다.

[0011] 일 실시형태에서, 상기 전해질 용액은, 2vol% 염산과 1.2vol% 질산을 1:1 부피비율로 혼합한 것일 수 있다.

[0012] 그리고, 상기 애노드 및 캐소드에 대해 공급되는 직류 전원은, 3.3±0.1V 범위의 전압으로 3분 동안 공급될 수 있다.

[0013] 상기 금속제 디스펜싱 니들은, 스테인리스강 재질일 수 있으며, 특히 STS304 재질일 수 있다.

[0014] 상기 금속제 디스펜싱 니들은 상기 카본 시트에 대해 수직하게 배치될 수 있다.

[0015] 나아가 상기 금속제 디스펜싱 니들의 첨단은, 상기 카본 시트의 중앙 영역에 대해 수직 대면 배치될 수 있다.

[0016] 그리고, 상기 금속제 디스펜싱 니들은, 상기 첨단을 포함하는 일부분이 상기 전해질 용액에 침지될 수 있다.

[0017] 한편, 본 발명은 금속제 디스펜싱 니들로서, 상기 금속제 디스펜싱 니들의 첨단 테두리를 포함하는 외면의 적어도 일부분에 전기화학적 에칭에 의한 다공성 마이크로 구조물이 구비되고, 상기 다공성 마이크로 구조물을 구비한 금속제 디스펜싱 니들의 친수성은, 표면 처리되지 않은 금속제 디스펜싱 니들의 친수성보다 높은, 표면개질된 디스펜싱 니들을 제공한다.

[0018] 상기 다공성 마이크로 구조물은 수 십 마이크로미터 범위에 있을 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명에 따른 표면개질된 디스펜싱 니들은, 상기 금속제 디스펜싱 니들 내면의 적어도 일부분에 전기화학적 에칭에 의한 마이크로 구조물이 구비되고, 상기 내면의 마이크로 구조물은, 상기 첨단 테두리를 포함하는 외면에 구비된 다공성 마이크로 구조물 대비, 더 작은 거칠기와 더 일정한 패턴을 이룰 수 있다.

[0020] 상기와 같은 다공성 마이크로 구조물을 구비한 금속제 디스펜싱 니들은, 증류수의 점도 이하의 점도를 가진 작동유체에 대해, 표면 처리되지 않은 금속제 디스펜싱 니들 대비, 액적의 속도 및/또는 표면적의 측면에서 향상된 액적 안정성을 가질 수 있다.

발명의 효과

[0021] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 마이크로 다공 구조를 가지도록 하는 디스펜싱 니들의 표면 개질 기술은, 아래와 같은 효과로 인해 높은 정밀도가 요구되는 디스펜싱 시스템에 적용할 수 있다.

[0022] 첫째, 마이크로 다공 표면구조는 디스펜싱 니들의 친수성을 높이고 고른 젖음성을 형성하여 니들에서 액체가 골고루 퍼지게 해, 반복 사용시 부분 젖음(partial wetting)으로 인해 흔히 발생할 수 있는 뭉침이나 오염 등의 대표적인 문제를 개선함으로써, 토출시 액체가 정방향으로 떨어지도록 유도하고 반복 사용시에도 일정한 토출량을 유지할 수 있다.

[0023] 둘째, 니들 표면에 다른 화학적 특성을 갖는 물질을 입히는 코팅방식이 아니라 표면에 구조물을 만드는 방식을 취함으로써, 마모되지 않는 이상 계속해서 사용할 수 있어 사실상 성능개선 효과가 반영구적으로 보장된다는 효과가 있다.

[0024] 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 명세서 전반의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있으나 명시적으로 언급되지 않은 다른 효과들 역시 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 디스펜싱 니들의 표면개질 장치를 개략적으로 도시한 도면.

도 2는 도 1의 표면개질 장치에서 애노드와 캐소드의 배치 구성을 상세히 도시한 도면.

도 3은 도 1의 표면개질 장치를 이용하여 디스펜싱 니들 표면에 마이크로 다공 표면구조를 형성하는 일련의 단계를 도시한 순서도.

도 4는 표면개질의 유무에 따라 차이를 보이는 메탄올 액적의 토출 과정을 고속촬영한 사진.

도 5는 도 3의 표면개질 단계를 거친 마이크로 니들의 외면 및 내면을 각각 주사전자현미경(SEM)으로 촬영한 사진.

도 6은 99.9vol% 이상의 메탄올에 대한 디스펜싱 시험시의 표면개질 유무에 따른 액적 속도 및 표면적의 비교 그래프.

도 7은 90vol% 메탄올에 대한 디스펜싱 시험시의 표면개질 유무에 따른 액적 속도 및 표면적의 비교 그래프.

도 8은 80vol% 메탄올에 대한 디스펜싱 시험시의 표면개질 유무에 따른 액적 속도 및 표면적의 비교 그래프.

도 9는 10vol% 메탄올에 대한 디스펜싱 시험시의 표면개질 유무에 따른 액적 속도 및 표면적의 비교 그래프.

도 10은 증류수에 대한 디스펜싱 시험시의 표면개질 유무에 따른 액적 속도 및 표면적의 비교 그래프.

도 11은 99.5vol% 이상의 글리세린에 대한 디스펜싱 시험시의 표면개질 유무에 따른 액적 속도 및 표면적의 비교 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 게시되는 실시 예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 게시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0027] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다. 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다.

[0028] 명세서에서 사용되는 "포함한다 (comprises)" 및/또는 "포함하는 (comprising)"은 언급된 구성 요소, 단계, 동

작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성 요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0030] **1. 디스펜싱 니들의 표면개질 장치**

[0031] 도 1은 디스펜싱 니들의 표면개질 장치(10)를 개략적으로 도시한 도면이다. 본 발명은 금속제 디스펜싱 니들(20), 특히 스테인리스강(stainless steel) 재질의 니들의 표면을 전기화학적 에칭 공정을 통해 표면개질을 수행하고, 이로써 디스펜싱 니들(20)의 친수성을 높이는 성능 개선을 시도하는 것이다. 도 1의 장치는 디스펜싱 니들(20)에 대한 전기화학적 에칭 공정을 효과적으로 수행하기 위해 준비되었다.

[0032] 도 1을 참조하면, 디스펜싱 니들의 표면개질 장치(10)(이하, 간략히 "표면개질 장치"라 함)는, 전해질 용액(600)을 취급하는 항온조(100), 항온조(100)에 대해 설치되는 전극 고정구(200), 전극 고정구(200)에 각각 고정되는 애노드(300)와 캐소드(310), 캐소드(310)에 전기적으로 연결된 카본 시트(340)(carbon sheet), 그리고 애노드(300)와 캐소드(310)에 전력을 공급하는 DC 파워 서플라이(500)를 포함한다.

[0033] 항온조(100)는 전기화학적 에칭 공정에 필요한 전해질 용액(600)의 온도를 일정하게 유지한다. 항온조(100)는 항온 수조(110)와, 항온 수조(110)에 대해 전해질 용액(600)을 순환 유동시키며서 전해질 용액(600)의 온도를 설정된 값으로 일정하게 유지하는 항온 컨트롤러(120)를 구비한다. 항온 수조(110)는 전해질 용액(600)에 대해 화학반응을 일으키지 않으면서 내부를 관찰할 수 있는 투명한 재질, 예를 들어 글라스 재질로 만들어질 수 있다.

[0034] 그리고, 항온 수조(110)는 자석 교반기(400)(magnetic stirrer) 위에 설치될 수 있다. 항온 수조(110)의 전해질 용액(600) 안에 담긴 자성체(410)가 자력을 받아 회전함으로써 전해질 용액(600)을 교반하고, 이로써 전기화학적 에칭 공정의 환경이 균일하게 유지된다.

[0035] 항온 수조(110)에 설치되는 전극 고정구(200)는 애노드(300)와 캐소드(310)를 고정하는 기구이다. 도 2에는 전극 고정구(200)에 고정된 애노드(300)와 캐소드(310)를 보여주는데, 도시된 것과 같이, 고정된 애노드(300)와 캐소드(310)는 평행하다. 애노드(300)와 캐소드(310)는 각각 구리 로드(320)(copper rod)로 이루어져 있으며, 전극 고정구(200)에는 구리 로드(320)의 직경에 대응하는 홀(210)이 복수 개 관통 형성되어 있다. 애노드(300)와 캐소드(310) 사이의 간격은, 후술할 디스펜싱 니들과 카본 시트(340)의 수직 대면배치를 고려하여 적절히 선택된다.

[0036] 애노드(300)와 캐소드(310)를 구성하는 구리 로드(320)의 말단에는 도전성 집게(330)(tong)가 구비된다. 표면개질 장치에서, 애노드(300)에는 금속제 디스펜싱 니들이 고정되고, 캐소드(310)에는 카본 시트(340)가 고정된다. 이러한 금속제 디스펜싱 니들과 카본 시트(340)의 고정에 도전성 집게(330)가 이용된다.

[0037] 도 2를 참조하면, 애노드(300) 말단의 도전성 집게(330)는 2단으로 구성되어 있으며, 이를 통해 금속제 디스펜싱 니들은 그 첨단이 하방을 향하도록, 애노드(300)와 평행하게 고정된다. 다시 말해, 금속제 디스펜싱 니들은 전해질 용액(600)에 대해 수직으로 침지된다.

[0038] 캐소드(310)의 도전성 집게(330)에는 "ㄴ"자 형태로 절곡된 도전성이 금속 로드(350)가 고정되며, 금속 로드(350)의 말단에 카본 시트(340)가 고정된다. 카본 시트(340)는 캐소드(310)에 대해 수직하게 배치된다. 다시 말해, 카본 시트(340)는 그 표면이 금속제 디스펜싱 니들에 대해 수직하게 배치되며, 평평한 카본 시트(340)의 직상방에 금속제 디스펜싱 니들의 첨단이 마주본다.

[0039] 이와 같이, 금속제 디스펜싱 니들은 전해질 용액(600)에 대해 수직으로 침지되고, 금속제 디스펜싱 니들의 직하방에 카본 시트(340)의 중앙 영역이 위치하며, 카본 시트(340)는 평평하게, 즉 지면에 평행하게 배치되어 있다. 이러한 금속제 디스펜싱 니들과 카본 시트(340) 상호간의 중앙 수직배치에 의해, 디스펜싱 니들 표면에서 일어날 전기화학적 에칭의 정도가 모든 방향에서 균일하게 일어날 수 있는 환경이 조성된다.

[0040] 그리고, 도 1에 도시된 것과 같이, 금속제 디스펜싱 니들은, 그 전체가 전해질 용액(600)에 침지될 필요는 없으며, 작동유체를 토출하는 첨단이 포함된 일부분이 전해질 용액(600)에 침지되는 것으로 충분할 수 있다. 반면, 디스펜싱 니들의 직하방에 배치되는 카본 시트(340)는 그 전부가 전해질 용액(600)에 침지될 수 있다. 따라서, 카본 시트(340)를 그 말단에 고정하는 금속 로드(350)는 전해질 용액(600)에 접촉하는 부분이 코팅 처리되고, 카본 시트(340)에 전기적으로 연결되어야 할 코팅층(352)이 없는 말단은 마스킹 테이프(360)로 밀봉될 필요가 있다. 이는 캐소드(310)에 연결된 금속 로드(350)가, 전해질 용액(600) 안에서 금속제 디스펜싱 니들의 전기화

학적 에칭에 영향을 미치는 것을 배제해야 하기 때문이다.

[0041] 애노드(300)와 캐소드(310)는 DC 파워 서플라이(500)로부터 전력을 공급받는다. DC 파워 서플라이(500)는 전기화학적 에칭 공정의 개질 변수 중의 하나인 전압을 조절할 수 있도록, 전압 가변기능을 구비하고 있다.

[0043] **2. 디스펜싱 니들의 표면개질 방법**

[0044] 도 3은 도 1의 표면개질 장치(10)를 이용하여 디스펜싱 니들(20) 표면에 마이크로 다공 표면구조를 형성하는 일련의 단계를 도시한 순서도이다.

[0045] 먼저, 전기화학적 에칭 환경을 조성하는 전해질 용액(600)을 준비한다. 본 발명에서는, 금속제 디스펜싱 니들(20)의 표면을 개질하기 위해 질산과 염산 베이스의 전해질 용액(600)을 사용하였다. 전해질 용액(600)은, 2vol% 염산과 1.2vol% 질산을 1:1 부피비율로 섞어 사용하였다.

[0046] 금속제 디스펜싱 니들(20)은 도 1의 애노드(300) 말단의 도전성 집게(330)에 고정하여 전해질 용액(600) 안에 담근다. 금속제 디스펜싱 니들(20)의 첨단이 포함된 일부분이 전해질 용액(600)에 침지되는 것으로도 충분하며, 금속제 디스펜싱 니들(20)은 수직방향으로 배치된다.

[0047] 카본 시트(340)는 절곡된 금속 로드(350)의 말단에 부착되며, 부착면은 마스킹 테이프(360)로 처리된다. 금속 로드(350)의 타단은 캐소드(310) 말단의 도전성 집게(330)에 고정되며, 전극 고정구(200)에 캐소드(310)가 고정되면, 카본 시트(340)는 전해질 용액(600) 안에서 수평으로 배치되는 동시에 금속제 디스펜싱 니들(20)의 첨단을 마주본다. 전술한 바와 같이, 애노드(300)와 캐소드(310) 사이의 거리는 금속제 디스펜싱 니들(20)의 첨단이 카본 시트(340)의 중앙을 직하방으로 마주보도록 조절하는 것이 바람직하다.

[0048] 항온 수조(110)에 의해 전해질 용액(600)의 온도는 10±1℃ 범위 안에서 일정한 온도를 유지한다. DC 파워 서플라이(500)는 직류 전원을 애노드(300)와 캐소드(310)에 공급하며, 본 발명의 일 실시형태에서, DC 파워 서플라이(500)는 3.3±0.1V 범위의 전압과 0.17±0.02A 범위의 전류량으로 직류 전원을 공급한다.

[0049] 금속제 디스펜싱 니들(20)에 대한 전기화학적 에칭은 3분 동안 진행된다. 특히, 본 발명에서 디스펜싱 니들(20)의 재질은 스테인리스강(stainless steel) 재질이다. 예를 들어, 디스펜싱 니들(20)은 STS304(AISIS 304 내지 304 SS) 재질일 수 있다.

[0051] **3. 표면개질된 디스펜싱 니들의 성능 확인**

[0052] 상기와 같은 전기화학적 에칭 조건으로 표면개질된 금속제 디스펜싱 니들은 친수성이, 에칭을 하지 않은 금속제 디스펜싱 니들에 비해, 향상된다. 이러한 친수성의 향상은 디스펜싱 니들에 의한 액적 토출의 매커니즘으로도 확인된다.

[0053] 도 4는 표면개질의 유무에 따라 차이를 보이는 메탄올 액적의 토출 과정을 고속촬영한 사진이다. 암실에 디스펜싱 장치를 설치하고, 디스펜싱 니들 후면에서 배경광을 조사하는 한편 전면에서 초고속 카메라(제품명: Fastcam Mini)를 사용하여 셔터 스피드 1/30,000s, 프레임속도 10,000frame/s 조건으로 연속 촬영한 사진이다.

[0054] 액적 토출 실험은 상온 18~20℃, 상대습도 44% 조건하에서 수행되었다. 속도에 따른 액적의 모습을 관찰하기 위해, 디스펜싱 장치의 시린지 펌프를 조정하여 5㎕/hr, 50㎕/hr, 100㎕/hr로 유량 변화를 주었다. 작동유체는 액적이 표면에 퍼지는 현상이 잘 나타나도록, 낮은 점도를 가진 99.9vol% 이상의 고농도 메탄올을 사용하였다.

[0055] 도 4의 (a)는 대조군으로서 에칭을 하지 않은 상용 금속제 디스펜싱 니들의 액적 토출 사진이며, 도 4의 (b)는 본 실시예에 따라 에칭 공정을 받은 금속제 디스펜싱 니들의 액적 토출 사진이다. 좀더 정확한 비교를 위해, 본 실시예에서는 동일한 상용 금속제 디스펜싱 니들에 대해 에칭 공정을 수행했다. 즉, 도 4의 (a) 및 (b)의 디스펜싱 니들의 재질은 STS304 스테인리스강으로서 동일하다.

[0056] 도 4의 (a)와 (b)를 비교하면, (a)의 상용 금속제 디스펜싱 니들은, 전기화학적 에칭에 의해 표면이 개질된 (b)의 디스펜싱 니들에 비해, 토출 초기에 메탄올이 모이며 액적이 커지는 도중에 디스펜싱 니들의 측면을 타고 액적이 비스듬히 올라갔다가 한계 체적이 이르러서 디스펜싱 니들에서 낙하하는 양상을 보여주고 있다. 이러한 현상은 유량이 클수록 더 심화되었다. 반면, 본 실시예에 따라 표면이 개질된 금속제 디스펜싱 니들은, 액적이 디스펜싱 니들의 측면을 젖시는 일 없이, 정확히 낙하하는 양상을 보여준다.

[0057] 정밀, 정량 토출이 요구되는 디스펜싱 니들은, 종래에는 표면에 친수성 코팅층을 형성함으로써 디스펜싱 니들 표면에서 액체의 부분 젖음이 일어날 수 없는 환경을 만들어왔다. 이러한 코팅 방식은 디스펜싱 니들 주위에 고른 젖음성을 제공함으로써 중력을 거슬러 액적이 상승하는 부분 젖음을 억제하고, 이를 통해 토출되는 액적이 높은 직진성을 갖게 한다. 하지만 표면 코팅의 내구성의 한계로 인해, 오랜 시간 성능을 유지하기는 어렵다는 단점을 가지고 있다.

[0058] 이러한 종래의 문제점, 즉 코팅 처리된 디스펜싱 니들의 짧은 수명을 극복하기 위해, 본 발명은 디스펜싱 니들에 전기화학적 에칭 공정을 도입했다. 이 공정은 니들 표면에 마이크로 구조물을 형성시켜 친수성을 향상시키고 고른 젖음성을 제공함으로써, 아무런 공정을 거치지 않은 디스펜싱 니들과 달리 용액이 균일하게 토출되도록 한다. 즉, 액체가 디스펜싱 니들 주위를 부분적으로 적시며 액적이 형성되지 않도록 함으로써, 액적이 토출될 때 한 쪽 방향으로 치우치는 현상이 억제된다. 이러한 표면개질의 효과는 특히 고속 토출일 경우에 현저하게 나타났다.

[0059] 이러한 표면개질의 효과에 힘입어, 본 발명의 실시예에 따라 전기화학적 에칭에 의한 표면개질이 수행된 디스펜싱 니들은, 종래의 코팅 처리된 디스펜싱 니들과 마찬가지로, 액적을 정방향으로 일정하게 토출한다. 디스펜싱 니들 표면에 다른 물질을 도포하지 않고 표면에 마이크로 구조물을 형성하였기에, 코팅층 내구성의 한계를 극복하여 보다 긴 수명으로 정방향 토출을 보장할 수 있다.

[0060] 도 5는 도 3의 표면개질 단계를 거친 마이크로 니들의 외면 및 내면을 각각 주사전자현미경(SEM)으로 촬영한 사진이다. 도 5의 (a)는 대조군으로서, 코팅 처리를 포함, 아무런 처리가 되지 않은 상용 금속제 디스펜싱 니들 표면을 촬영한 것이다. 사진에 나타난 것처럼, (a)의 금속제 디스펜싱 니들은 그 표면이 매끄럽다.

[0061] 도 5의 (b)는 전기화학적 에칭 공정을 거친 금속제 디스펜싱 니들을 동일한 스케일로 촬영한 사진이다. 질산과 염산 베이스의 전해질 용액 안에서의 전기화학적 에칭에 의해, (b)의 금속제 디스펜싱 니들 표면은 거칠고, 다수의 다공성 마이크로 구조물이 형성되어 있다. 마이크로 구조물의 대체적인 사이즈는 수 십 마이크로미터 수준인 것으로 파악된다. 이러한 디스펜싱 니들 표면에 형성된 다공성 마이크로 구조물에 의해, 표면개질의 효과가 얻어진다. 즉, 디스펜싱 니들 표면의 다공성 마이크로 구조물은, 디스펜싱 니들 주위의 친수성을 향상시키고 고른 젖음성을 제공한다. 이러한 표면개질의 효과는 도 4의 (b)와 같은 균일한 액적 토출로 나타난다.

[0062] 도 5의 (c)는, 도 5의 (b) 디스펜싱 니들을 첨단 쪽에서 바라보고 촬영한 사진이다. 도 5의 (c)는 디스펜싱 니들의 외면, 첨단 테두리(적색 원), 내면(녹색 원)을 모두 보여주는데, 디스펜싱 니들의 외면과 첨단 테두리에는 동등한 다공성 마이크로 구조물이 형성된 것에 비해, 내면에는 다공성 구조는 보이지 않는다. 다만, 도 5의 (a)와 비교하면 디스펜싱 니들의 내면도 거친 표면 구조를 가지고 있으며, 도 5의 (b)와 비교하면 디스펜싱 니들의 내면은 외면에 비해 좀 더 일정한 패턴의 마이크로 구조물이 형성된 것으로 파악된다. 이런 점에서 볼 때, 본 발명의 실시예에 의하면, 전기화학적 에칭 공정을 거친 금속제 디스펜싱 니들은, 그 외면과 첨단 테두리에는 다공성 마이크로 구조물이 형성되고, 그 내면에는 외면에 비해 좀 더 일정한 패턴의 마이크로 구조물이 형성되는 모폴로지를 이루는 것으로 이해된다.

[0063] 도 6 내지 도 11은 다양한 작동 유체(액체)를 대상으로 한 액적 토출의 실험 결과를 정리한 그래프이다. 도 4로 설명된 실험예에서는 낮은 점도를 가진 99.9vol% 이상의 고농도 메탄올을 사용했는데, 이보다 높은 점도와 표면장력을 가진 액체에서도 표면개질에 의한 균일한 액적 토출의 효과가 발휘되는지를 확인한 결과가 도 6 내지 도 11의 그래프 도면으로 정리되어 있다.

[0064] 액적 토출의 안정성은 디스펜싱 니들에서 토출되는 액적의 속도와 표면적의 정량적 지표를 통해 검증되었다. 도 6은 99.9vol% 이상의 메탄올에 대한 실험 결과를, 도 7은 90vol% 메탄올에 대한 실험 결과를, 도 8은 80vol% 메탄올에 대한 실험 결과를, 도 9는 10vol% 메탄올에 대한 실험 결과를, 도 10은 증류수에 대한 실험 결과를, 그리고 도 11은 99.5vol% 이상의 글리세린에 대한 실험 결과를 보여준다.

[0065] 모든 그래프에서, 파란색 점은 액적 하나에 대한 측정 결과에 대응하며, 황색 실선은 모든 액적의 측정 결과를 평균한 값에 대응한다. 따라서, 청색 점이 황색 선 주변에 집중되어 있을수록(다시 말해, 표준편차가 작을수록), 디스펜싱 니들에서 토출되는 액적의 속도와 표면적이 더 균일함을 나타낸다.

[0066] 디스펜싱 니들에서 토출되는 액적의 속도와 표면적이 더 균일하다는 것은, 액적의 크기와 형태가 더 균일하다는 것을 의미하며, 또한 부분 젖음 등의 문제 없이 디스펜싱 니들의 홀에서 정량만큼 즉시 액적이 토출된다는 것을 의미한다.

[0067] 아래의 [표 1]은 디스펜싱 시험에 사용된 각 액체(작동유체)의 표면장력과 점도, 그리고 도 6 내지 도 11의 시험 결과에 기초하여 표면개질 유무에 따른 디스펜싱 니들의 안정성을 평가한 결론을 정리한 테이블이다. 참고로, [표 1]은 각 작동유체의 점도를 기준으로 올림차순으로 정렬하였다.

표 1

[0068]

작동유체	표면장력 (mN/m)	점도 (mPa · s)	에칭 니들의 안정성(속도기준)	에칭 니들의 안정성(표면적기준)
99.9vol% 이상 메탄올	22.07	0.554	매우 좋음	매우 좋음
90vol% 메탄올	25	0.659	좋음	매우 좋음
증류수	72	0.89	약간 좋음	약간 좋음
80vol% 메탄올	27.4	1.005	비슷함	비슷함
10vol% 메탄올	56.19	1.084	비슷함	비슷함
99.5vol% 이상 글리세린	64	934	비슷함	비슷함

[0070] 위의 [표 1]에 정리된 결과를 보면, 시험에 사용된 모든 작동유체에 대해, 표면개질 처리된 디스펜싱 니들(에칭 니들)이 종래의 디스펜싱 니들 대비 동등 이상의 액적 안정성을 발휘하고 있음을 확인할 수 있다. 따라서, 본 발명의 디스펜싱 니들은 표면개질을 통해 전반적인 성능향상을 이루고 있는 것이다.

[0071] 특히, 작동유체의 표면장력 보다는 점도가 속도와 표면적의 양 측면에서 액적의 안정성에 더 주요한 영향을 미치는 인자인 것으로 분석된다. 시험 결과에 기초할 때, 적어도 증류수의 점도 이하의 점도를 가진 작동유체라면, 본 발명의 디스펜싱 니들(에칭 니들)은 종래의 미처리된 디스펜싱 니들에 비해 향상된 성능을 발휘할 수 있는 것으로 나타난다.

[0072] 이와 같이, 본 발명이 일 실시형태에 따른 디스펜싱 니들은 질산과 염산 베이스의 전해질 용액에서 수행되는 전기화학적 에칭 공정을 통해 내구성이 우수한 표면개질의 성능향상을 이룬다. 이러한 성능개선은 폭넓은 범위의 표면장력과 점도를 가진 다양한 작동유체 전반에 걸쳐 효과를 보이며, 특히 증류수의 점도 이하의 점도를 가진 작동유체라면, 본 발명의 디스펜싱 니들은 종래 대비 향상된 액적 안정성을 나타낸다.

[0074] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

[0075] 10: 표면개질 장치 20: 디스펜싱 니들

100: 항온조 110: 항온 수조

120: 항온 컨트롤러 200: 전극 고정구

210: 홀 300: 애노드

310: 캐소드 320: 구리 로드

330: 도전성 집게 340: 카본 시트

350: 금속 로드 352: 코팅층

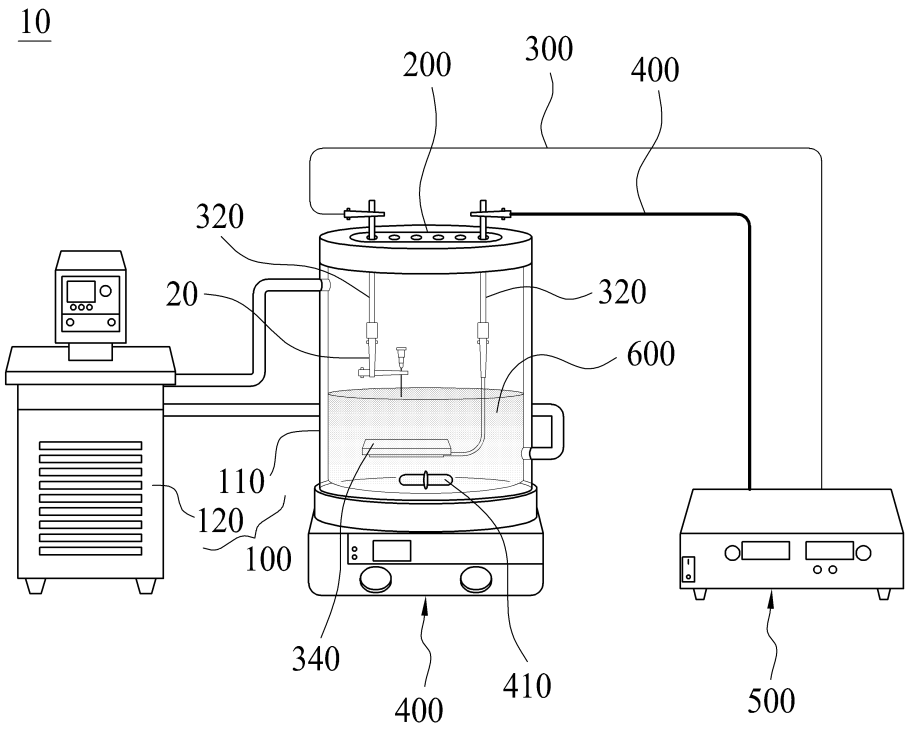
360: 마스킹 테이프 400: 자석 교반기

410: 자성체 500: DC 파워 서플라이

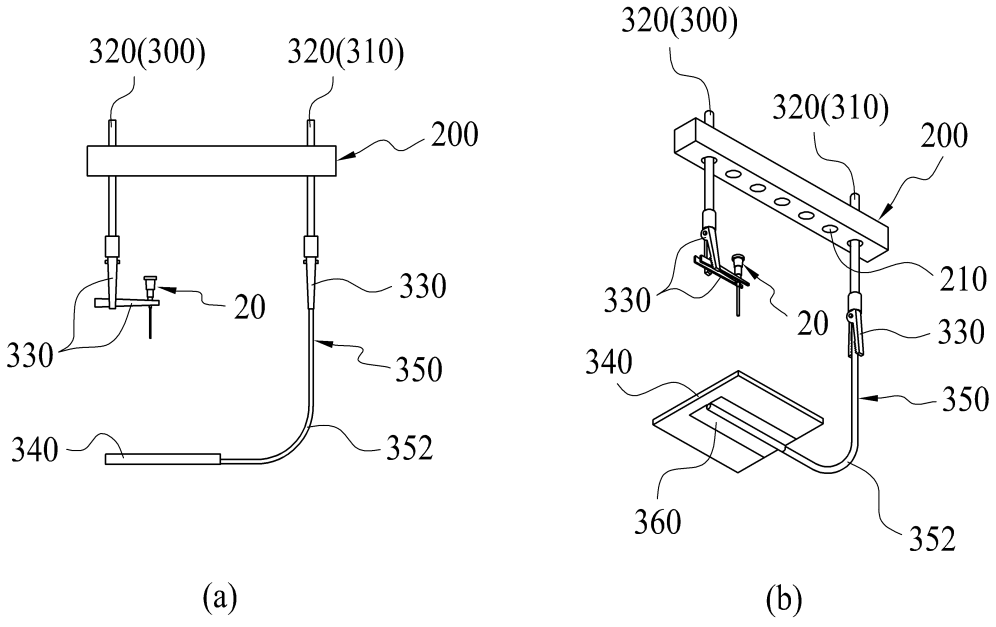
600: 전해질 용액

도면

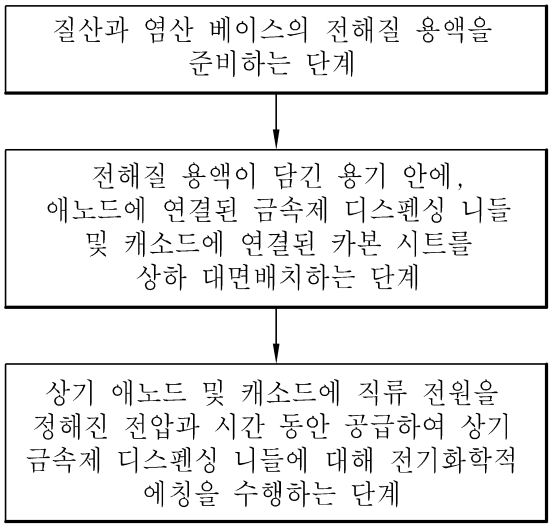
도면1


10
200
300
400
320
20
320
600
110
120
100
340
400
410
500

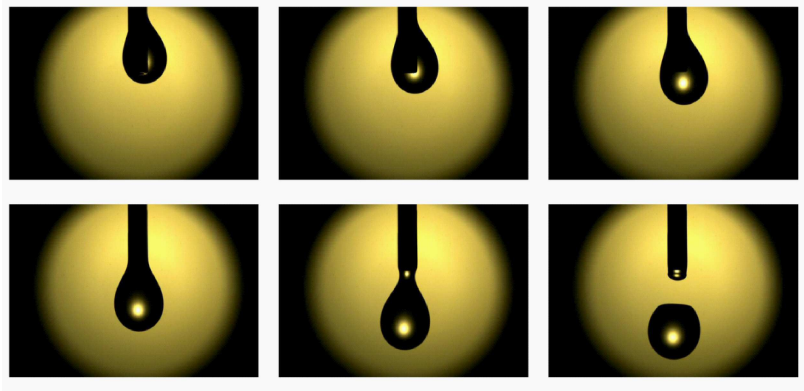
도면2


320(300)
320(310)
200
20
330
330
350
340
352
(a)
320(300)
320(310)
200
210
330
20
330
340
350
360
352
(b)

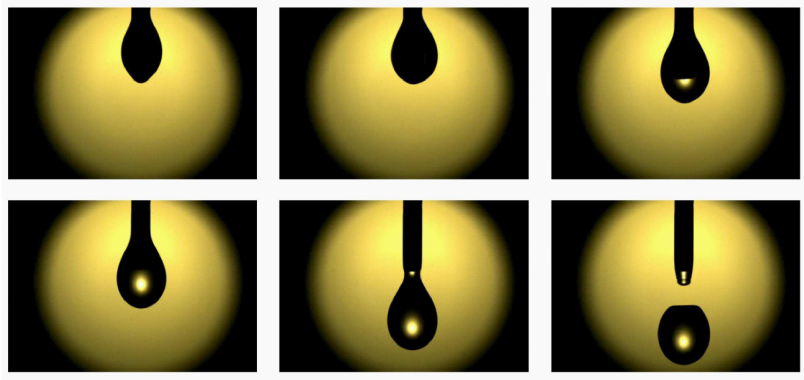
도면3


질산과 염산 베이스의 전해질 용액을 준비하는 단계
전해질 용액이 담긴 용기 안에, 애노드에 연결된 금속제 디스펜싱 니들 및 캐소드에 연결된 카본 시트를 상하 대면배치하는 단계
상기 애노드 및 캐소드에 직류 전원을 정해진 전압과 시간 동안 공급하여 상기 금속제 디스펜싱 니들에 대해 전기화학적 에칭을 수행하는 단계

도면4



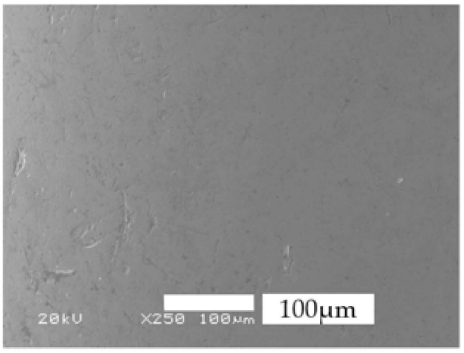
(a)



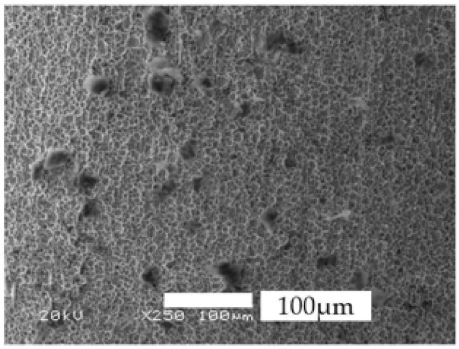
(b)

도면5

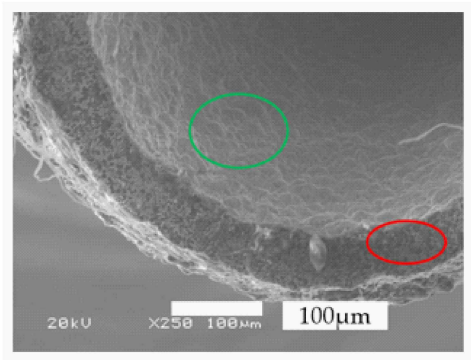
(a)


20kU X250 100㎛
100μm

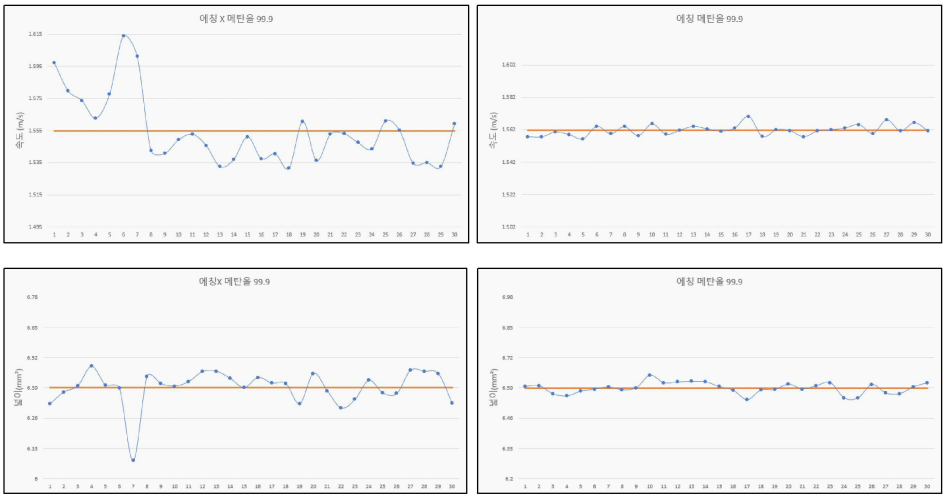
(b)


20kU X250 100㎛
100μm

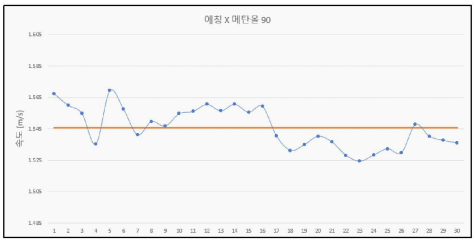
(c)

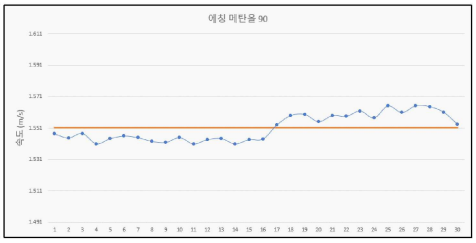

20kU X250 100㎛
100μm

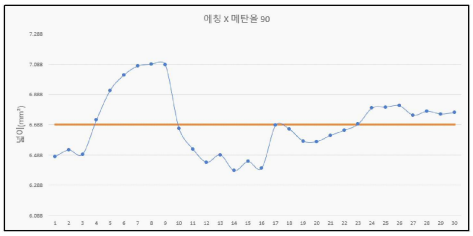
도면6

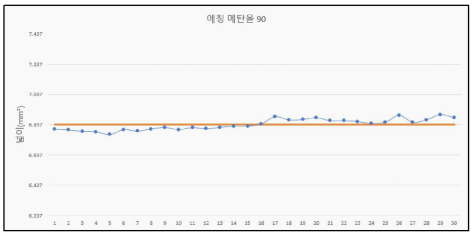

예칭 x 메탄율 99.9
예칭 메탄율 99.9
예칭x 메탄율 99.9
예칭 메탄율 99.9

도면7

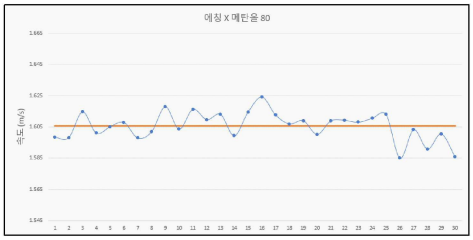

예칭 X 메탄율 90
속도 (m/s)

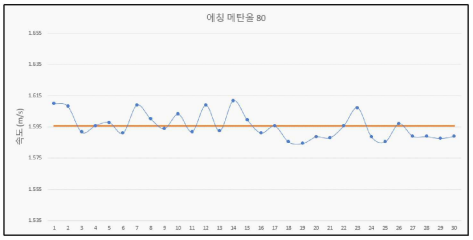

예칭 메탄율 90
속도 (m/s)

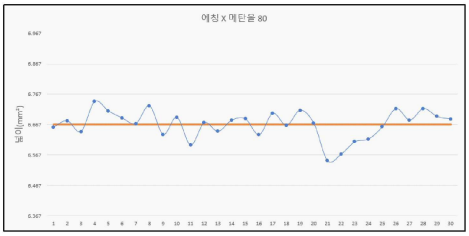

예칭 X 메탄율 90
넓이(mm²)

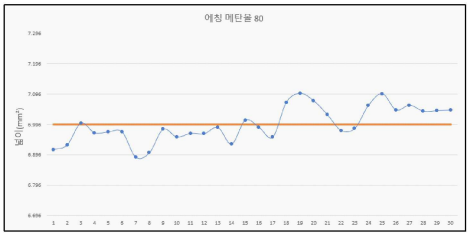

예칭 메탄율 90
넓이(mm²)

도면8

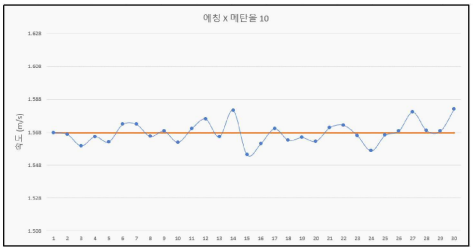

예칭 X 메탄율 80
속도 (m/s)

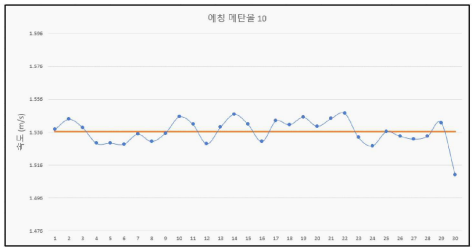

예칭 메탄율 80
속도 (m/s)

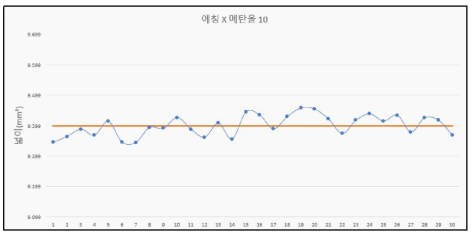

예칭 X 메탄율 80
넓이(mm²)

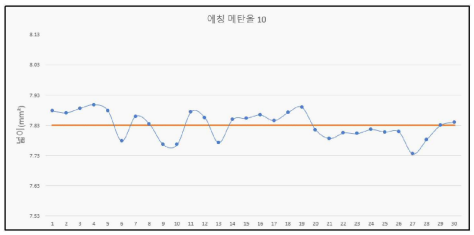

예칭 메탄율 80
넓이(mm²)

도면9

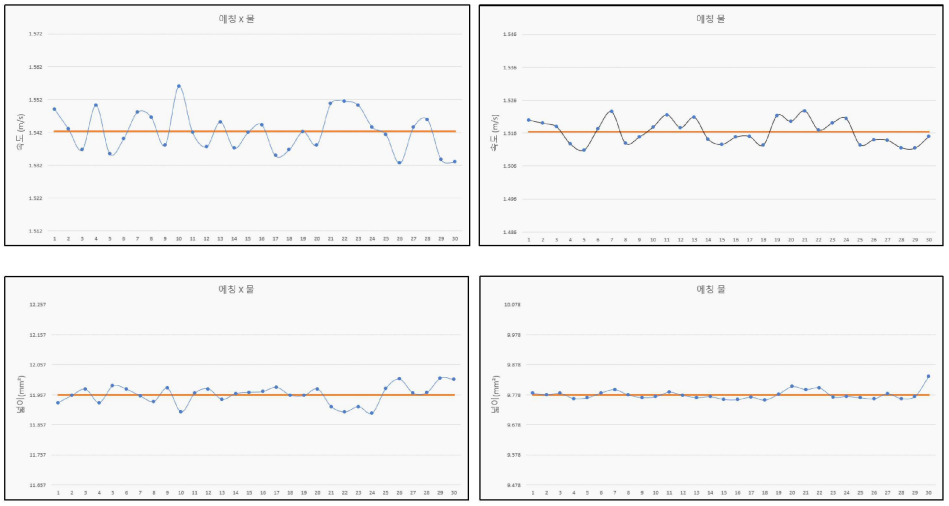

예칭 X 메탄율 10
속도 (m/s)


예칭 메탄율 10
속도 (m/s)

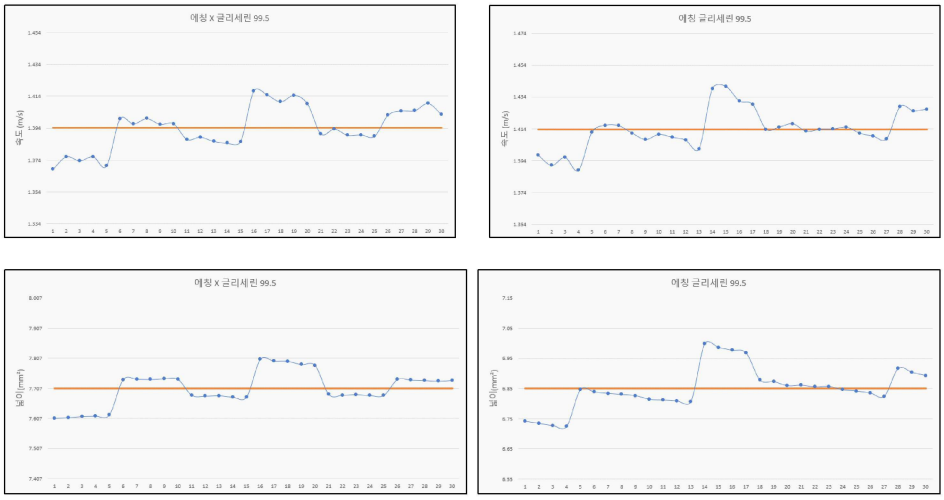

예칭 X 메탄율 10
넓이(mm²)


예칭 메탄율 10
넓이(mm²)

도면10


예칭 x 봄
속도 (m/s)
예칭 봄
속도 (m/s)
예칭 x 물
넓이(mm²)
예칭 물
넓이(mm²)

도면11


예칭 x 글리세린 99.5
속도 (m/s)
예칭 글리세린 99.5
속도 (m/s)
예칭 x 글리세린 99.5
넓이(mm²)
예칭 글리세린 99.5
넓이(mm²)