



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0019275  
(43) 공개일자 2020년02월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B29C 64/118 (2017.01) A61L 27/18 (2006.01)  
A61L 27/22 (2006.01) A61L 27/26 (2006.01)  
A61L 27/60 (2006.01) B33Y 10/00 (2015.01)  
B33Y 80/00 (2015.01) C08J 9/228 (2006.01)  
C08L 75/04 (2006.01) C08L 89/00 (2006.01)  
B29K 75/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B29C 64/118 (2017.08)  
A61L 27/18 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0091718

(22) 출원일자 2018년08월07일

심사청구일자 2018년08월07일

(71) 출원인

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)

(72) 발명자

김진국

경상남도 진주시 내동로348번길 8 (가좌동, 가좌  
그린빌주공아파트) 110동 704호

(74) 대리인

이원희

전체 청구항 수 : 총 10 항

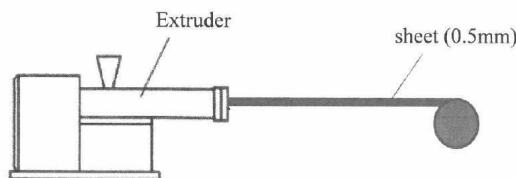
(54) 발명의 명칭 3D 프린팅을 사용한 로봇용 인조피부의 제조방법

(57) 요약

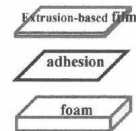
본 발명은 3D 프린팅을 사용한 로봇용 인조피부의 제조방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 인조피부의 제조방법은, 인체와 유사한 평활도, 경도, 강도, 내구성, 온도 유지성을 제공할 수 있어, 인체와 유사한 인조피부가 제공될 수 있고, 또한, 3D 프린팅을 사용한 본 발명의 인조피부의 제조방법은, 별도의 접착물이 요구되지 않는 바, 접착물을 사용한 제조방법 대비 보다 친환경적이고, 공정상에 비용과 시간 소모를 더욱 줄일 수 있으며, 특히 대량 생산을 위한 제조방법으로서 유용하다.

대표도 - 도12

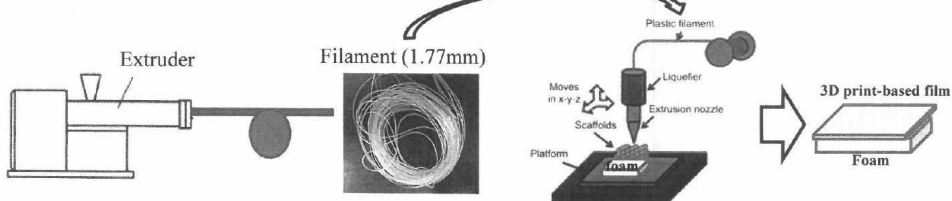
Multilayer artificial skin-A



Layer by layer method



Multilayer artificial skin-B



Fused deposition modeling (FDM)

(52) CPC특허분류

*A61L 27/227* (2013.01)

*A61L 27/26* (2013.01)

*A61L 27/60* (2013.01)

*C08J 9/228* (2013.01)

*C08L 75/04* (2013.01)

*C08L 89/00* (2013.01)

*B29K 2075/00* (2019.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017-1076

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 핵심소재원천기술개발사업(2단계)

연구과제명 고차단성 탄소소재 제조기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 (주)강림퓨얼테크

연구기간 2017.09.01 ~ 2018.06.30

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

3D 프린팅을 사용하여 케라틴 및 고분자 수지를 포함하는 복합체 필름을 포함하는 제1층을 형성하는 단계;를 포함하는 인조피부의 제조방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

제1층은 고분자 수지 발포체를 포함하는 제2층 위에 또는 피복 대상의 외관 위에 형성되는 것을 특징으로 하는, 인조피부의 제조방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

복합체 필름에 있어서, 케라틴 함유량은 1% 내지 10%인 것을 특징으로 하는, 인조피부의 제조방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

고분자 수지는 폴리우레탄을 포함하는 고분자 수지인 것을 특징으로 하는, 인조피부.

#### 청구항 5

제2항에 있어서,

제1층은 케라틴 및 폴리우레탄을 포함하는 복합체 필름을 포함하고; 및

제2층은 폴리우레탄 발포체를 포함하는 것을 특징으로 하는, 인조피부의 제조방법.

#### 청구항 6

제2항에 있어서,

제1층 또는 제2층 저부에, 센싱 장치, 통신 장치, 및 발열 장치 중 1종 이상;을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 인조피부의 제조방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

3D 프린팅은 FDM(Fused Deposition Modeling)-3D 프린팅인 것을 특징으로 하는, 인조피부의 제조방법.

## 청구항 8

제2항에 있어서,

제2층의 고분자 수지 발포체의 발포는 130-150℃에서 10-17 MPa 압력하에 수행되는 것을 특징으로 하는, 인조피부의 제조방법.

## 청구항 9

제2항에 있어서,

피복 대상은 전자 기기, 로봇, 의수, 또는 의족인 것을 특징으로 하는, 인조피부의 제조방법.

## 청구항 10

제1항의 인조피부의 제조방법으로부터 제조되는, 인조피부.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 3D 프린팅을 사용한 로봇용 인조피부의 제조방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0003] 로봇은 1961년 '로봇팔'의 형태로 산업용 로봇으로 개발되어 일본에서 'Humanoide' 로봇이 개발되고 2017년에 '소피아'의 출현으로 인공지능 로봇시대로 접어들었다.

[0004] 사회가 고도화 되고 현대화됨에 따라 인간의 생활환경에는 다양한 로봇들이 사용되고 있고, 최근에는 인간과 유사한 인간형 로봇을 구현하기 위한 노력들이 더욱 가시화되고 있다. 이와 같은 연구결과로서 로봇의 지능은 높아지고 있고 움직임이나 구동방식 또한 인간에 가깝게 되었다.

[0005] 그러나, 인간형 로봇의 피부조작은, 장난감 등에 적용되도록 합성수지나 실리콘 등에 의해 제조된 인조피부가 사용되고 있는 실정에 있다. 이러한 인조피부는 신축성이 낮아 로봇의 관절부위와 같이 반복적인 움직임이 요구되는 부위에 적용될 경우 원활한 동작이 불가능하고 내구성이 현저히 저하된다. 또한 촉감이나 외관이 불량하여 상품성이 저하되는 문제점이 있었다.

[0006] 이에, 본 발명자들은 로봇용 인조피부로서 움직임 등에 유연한 소재를 제공함과 동시에, 인체 피부와 유사한 촉감을 나타낼 수 있는 인조피부를 개발하기 위하여 노력하였고, 그 결과, 본 발명에서 제공되는 인조피부는 놀랍게도 인체 피부와 매우 가까운 촉감을 줄 수 있을 뿐 아니라, 로봇의 다양한 움직임에 충분한 유연성과 물리적 특성을 제공할 수 있음을 규명하였다.

[0007] 또한, 본 발명자들은 로봇용 인조피부를 제작함에 있어서, 3D 프린팅 기법을 적용하는 것으로부터, 별도의 접착물이 요구되지 않는 바, 보다 친환경적이고, 공정상 비용과 시간 소모를 줄일 수 있을 뿐 아니라, 대량생산에 적합할 수 있음을 규명한 바, 본 발명을 완성하였다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국 공개특허 10-2009-0101872

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 목적은 촉감, 온도, 물리적 특성 측면에서도 인체와 유사한 수준의 특성을 나타낼 수 있는 인조피부를 제공함에 있어서, 별도의 접착물이 요구되지 않고, 대량 생산이 가능한 인조피부의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 다른 목적은 상기 인조피부의 제조방법으로부터 제조된 인조피부를 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0014] 상기 목적을 달성하기 위하여,

[0015] 본 발명은 3D 프린팅을 사용하여 케라틴 및 고분자 수지를 포함하는 복합체 필름을 포함하는 제1층을 형성하는 단계;를 포함하는 인조피부의 제조방법을 제공한다.

[0017] 또한, 본 발명은 상기 인조피부의 제조방법으로부터 제조되는 인조피부를 제공한다.

## 발명의 효과

[0019] 본 발명에 따른 인조피부의 제조방법은, 인체와 유사한 평활도, 경도, 강도, 내구성, 온도 유지성을 제공할 수 있어, 인체와 유사한 인조피부가 제공될 수 있고, 또한, 3D 프린팅을 사용한 본 발명의 인조피부의 제조방법은, 별도의 접착물이 요구되지 않는 바, 접착물을 사용한 제조방법 대비 보다 친환경적이고, 공정상에 비용과 시간 소모를 더욱 줄일 수 있으며, 특히 대량 생산을 위한 제조방법으로서 유용하다.

## 도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 사람의 표피 및 진피로 이루어진 2층 구조의 피부와 본 발명 인조피부의 케라틴 함유 복합체 필름의 제1층 및 폴리우레탄 발포체의 제2층의 구성을 상호 비교하여 나타낸 개략도이다.

도 2는 본 발명 실시예 1의 제1층 케라틴 함유 복합체 필름 제조에 있어서, 폴리우레탄(TPU)과 케라틴의 상호작용을 FTIR로 그래프로 나타낸 것이다.

도 3은 본 발명 실시예 1의 제1층 케라틴 함유 복합체 필름의 유변학적 특성을 평가하기 위하여, 각각 손실모듈러스( $G''$ )와 저장모듈러스( $G'$ )를 측정하여 나타낸 그래프이다.

도 4는 본 발명 실시예 1의 제1층 케라틴 함유 복합체 필름의 케라틴 함유량(순수 TPU, 1%, 3%, 5%, 또는 10% 케라틴 함유)에 따른 인장강도(MPa) 및 신율(%) 변화를 측정한 그래프이다.

도 5는 본 발명 실시예 1의 제1층 케라틴 함유 복합체 필름의 케라틴 함유량(0% 내지 10% 케라틴 함유)에 따른 마찰계수(CDF) 값을 측정한 그래프이다.

도 6은 본 발명 실시예 1의 제1층 케라틴 함유 복합체 필름의 물에 대한 시간 경과에 따른 접촉각 변화를, 사람 피부와 비교하여 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명 실시예 1의 제1층 케라틴 함유 복합체 필름 및 사람 피부의 표면 형상을 촬영한 AFM 이미지이다.

도 8은 본 발명 실시예 2의 제2층 폴리우레탄 수지 발포체 제조를 위한, 초임계 발포시험 장치 및 초임계 발포법을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명 실시예 2의 제2층 폴리우레탄 수지 발포체 제조에 있어서, N<sub>2</sub> 또는 CO<sub>2</sub> 초임계 유체, 140℃ 또는 150℃, 12 MPa 또는 15 MPa의 각각의 다른 발포 조건을 설정하여 제조된 발포체의 발포셀 형상을 전자주사현미경으로 관찰한 사진이다.

도 10은 본 발명 실시예 2의 제2층 폴리우레탄 수지 발포체 제조에 있어서, N<sub>2</sub> 또는 CO<sub>2</sub> 초임계 유체를 사용한 각각의 발포체, 순수 TPU, 및 사람피부의 마찰계수(CDF)를 측정하여 비교한 그래프이다.

도 11은 본 발명 실시예 3의 인조피부의 개략도를 나타낸 그림이다.

도 12는 본 발명 로봇용 인조피부를 제조함에 있어서, 제1층 및 제2층을 별도의 필름으로 압출한 후, 이를 별도의 접착물을 사용하여 부착시키는 방법으로 제조된 인조피부(MAS-A)와, 제2층에 별도의 접착물 없이 3D 프린팅 FDM 방식을 이용하여 제1층을 형성시키는 방법으로 제조된 인조피부(MAS-B)의 제조방법을 나타낸 개략도이다.

도 13은 본 발명 MSA-A, 및 MSA-B와 사람 피부의 마찰계수(CDF) 값을 측정하여 나타낸 그래프이다.

도 14는 본 발명 MSA-A, 및 MSA-B와 사람 피부의 CDF 평균값과 물에 대한 접촉각을 도시한 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0023] 이하 설명은 발명의 이해를 돕기 위해서 제시하는 것이며, 본 발명이 이하 설명의 내용으로 제한되지 않는다.
- [0025] 본 발명의 일 측면에서,
- [0026] 3D 프린팅을 사용하여 케라틴 및 고분자 수지를 포함하는 복합체 필름을 포함하는 제1층을 형성하는 단계;를 포함하는 인조피부의 제조방법이 제공된다.
- [0028] 본 발명의 일 구체예에서,
- [0029] 상기 복합체 필름은, 케라틴을 0.5% 내지 20%, 1% 내지 10%, 1% 내지 8%, 1% 내지 5%, 2% 내지 5%, 3% 내지 5%, 또는 약 5% 함유하는 복합체 필름을 사용할 수 있다.
- [0030] 본 발명의 다른 구체예에서,
- [0031] 상기 복합체 필름의 케라틴 함유는, 단순한 고분자 수지, 예를 들어 폴리우레탄의 유연학적 특성, 형태학적 특성, 기계적 특성, 마찰계수 특성, 접촉각 특성 등을 인체와 유사한 수준으로 향상시키기 위한 일 구성으로 이해될 수 있다.
- [0032] 본 발명의 일 구체예에서는,
- [0033] 폴리우레탄과 케라틴을 1% 내지 5%로 함유시켜, 특성을 평가하여 인체와 유사하게 구현하고자 하였다.
- [0034] 이에 제한되지 않으나, 예를 들어, 폴리우레탄 및 케라틴 복합체는 케라틴을 3%-5% 함유하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0035] 다른 한편, 상기 복합체 필름은 케라틴과 고분자 수지가 혼합되는 것이라면 특별히 제한되지는 않으나, 예를 들어, 용융혼합하여 이를 압출하여 먼저, 소정의 형상으로 얻은 후, 이를 3D 프린팅에 적용하여 출력하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0036] 특별히 제한되지 않으나, 상기 소정의 형상은, 3D 프린팅 방식에 따라 구별될 수 있고, 예를 들어, 상기 소정의 형상은 파우더, 필라멘트, 등일 수 있고, 상기 3D 프린팅 방식은, 상기 복합체를 필름을 포함하는 제1층을 형성할 수 있는 것이라면 특별히 제한되지 않는데, 고체 기반의 압출적층인 FDM(fused deposition modeling), 파우더 기반의 SLS(Selective laser sintering), 3DP(Powder bed and inkjet head printing), EBM(Electron beam melting), 등의 방법을 사용할 수 있고, 바람직하게, FDM(Fused Deposition Modeling)-3D 프린팅으로 실시될

수 있다.

- [0037] 또 다른 한편, 여기서, 상기 FDM 3D 프린팅에 사용되는 소정의 형상은 필라멘트일 수 있고, 이 필라멘트는 특별히 제한되지는 않으나, 사용되는 FDM 3D 프린팅 기기에 적합한 규격의 필라멘트를 사용할 수 있다. 예를 들어, 본 발명에서 사용할 수 있는 필라멘트는 1.50 내지 1.80 mm 직경의 필라멘트이고, 예를 들어, 약 1.77 mm 직경의 필라멘트를 사용할 수 있다.
- [0038] 다른 한편, 3D 프린팅에 의하여 출력되는 제1층의 두께는, 특별히 제한되지않고, 예를 들어, 약 0.1 - 1.0 mm, 0.2 - 0.8 mm, 0.3 - 0.7 mm, 또는 약 0.5 mm의 두께의 필름일 수 있다.
- [0039] 한편 상기 3D 프린팅의 출력 조건은, 색 변화가 일어날 정도의 고온이 아니고, 용융이 덜 되는 낮은 온도가 아니라면 특별히 제한되지 않으나, 예를 들어, 130℃ - 150℃, 135℃ - 145℃, 또는 약 140℃의 가공온도에서 출력될 수 있다.
- [0040] 본 발명 일 구체예에서, 150℃ 이상으로 가공온도를 설정하여, 황색으로 색변화가 야기될 수 있고, 130℃ 이하로 설정되는 경우, 용융이 충분하지 않아 가공이 어려울 수 있다.
- [0041] 본 발명의 다른 구체예에서,
- [0042] 상기 고분자 수지는 폴리우레탄을 포함하는 고분자 수지이거나, 또는 폴리우레탄인 것이 바람직하다. 다만, 폴리우레탄 이외에 로봇, 의수, 의족 등에 종래 사용되는 고분자 수지를 대체하여 사용할 수도 있고, 본 발명은 이를 포함한다.
- [0043] 본 발명의 또 다른 구체예에서,
- [0044] 상기 제1층은 고분자 수지 발포체를 포함하는 제2층 위에 또는 피복 대상의 외관 위에 형성될 수 있다.
- [0045] 여기서, 특히 본 발명에서 제공하는 인조피부의 인체와 같은 촉감, 물리적 특성, 기계적 특성 등을 고려할 때, 제1층과 제2층이 적층되는 형상의 인조피부가 바람직하다.
- [0046] 그러나, 상기 제1층만을 제2층이 아닌, 직접 피복 대상의 외관에 바로 형성할 수 있을 것이고, 본 발명은 이를 포함한다.
- [0047] 즉, 바람직하게는, 상기 제1층 및 제2층을 포함하는 인조피부가 적합하나, 당업자는 본 발명이 피복 대상의 외관에 제1층만을 형성하여 인조피부를 제조하는 것을 배제하는 것은 아님을 이해할 수 있을 것이다.
- [0048] 한편, 여기서, 상기 피복 대상은 상기 제1층이 피복될 수 있는 대상이라면, 예를 들어 상기 제1층이 피복되어 부착될 수 있는 것이라면 특별히 제한되지는 않으나, 전자기기, 로봇, 의족, 의수 등일 수 있다.
- [0049] 본 발명의 바람직한 일 구체예에서,
- [0050] 제1층은 케라틴 및 폴리우레탄을 포함하는 복합체 필름을 포함하고; 및
- [0051] 제2층은 폴리우레탄 발포체를 포함하는 것이며,
- [0052] 상기 제2층의 적어도 일부 위에 상기 제1층을 3D 프린팅으로 형성시키는 단계;를 포함하는 인조피부의 제조방법이 제공된다.
- [0053] 다른 한편, 본 발명 인조피부에서 상기 제1층은 유변학적 특성으로 손실모듈러스( $G''$ ) 및 저장모듈러스( $G'$ ) 값을 인체와 유사한 수준으로 구현할 수 있고, 이에 제한되지 않으나, 예를 들어  $10^{-1} - 10^2$  Angylar frequency(rad/s) 범위에서,  $10^2$  내지  $10^5$ ,  $10^2$  내지  $10^4$ , 또는  $10^3$  내지  $10^4$  Pa\*s 손실모듈러스( $G''$ ) 값을 나타낼 수 있고, 다른 한편으로,  $10^{-1} - 10^2$  Angylar frequency(rad/s) 범위에서,  $10^2$  내지  $10^5$ , 또는  $10^2$  내지  $10^4$  Pa\*s 저장모듈러스( $G'$ ) 값을 나타낼 수 있다.
- [0054] 이는 본 발명 제1층 복합체 필름이 사람 피부와 비슷한 패턴으로 거동을 나타내는 것으로, 케라틴 함유량이 증가할수록 보다 사람피부와 비슷한 패턴이 나타나는 것이 실험으로 확인되었다.
- [0055] 또한, 본 발명 인조피부에서 상기 제1층은 형태학적, 또는 기계적 물성 특성으로, 인장강도 및 신율을 인체와 유사한 수준으로 구현할 수 있고, 이에 제한되지 않으나, 예를 들어 10 MPa 이상, 12 MPa 이상, 또는 약 15MPa 이상의 인장강도를 구현할 수 있고, 예를 들어 100% 이상, 120% 이상, 150% 이상, 또는 약 200% 이상의 신율을

구현할 수 있다.

- [0056] 나아가, 본 발명 인조피부에서 상기 제1층은 인체와 유사한 마찰력 계수(CDF)를 나타낼 수 있고, 예를 들어, 0.4 - 0.95, 0.5 - 0.9, 0.55 내지 0.85의 마찰계수를 나타낼 수 있다. 이는 인체의 CDF 값이 약 0.55 내지 0.6 정도임을 감안하였을 때, 인체와 유사한 촉감을 줄 수 있는 특성으로 생각될 수 있다.
- [0057] 다른 한편, 본 발명 인조피부에서 상기 제1층은 인체와 유사한 접촉각(예를 들어 물에 대한)을 나타낼 수 있고, 예를 들어, 60 내지 90°, 79 내지 81°, 또는 약 80° 정도의 접촉각을 나타낼 수 있고, 이는 인체의 접촉각이 79 내지 81.5° 임을 감안하였을 때, 인체와 유사한 촉감을 줄 수 있는 특성으로 생각될 수 있다.
- [0058] 또 다른 한편, 본 발명 인조피부에서 상기 제1층은 인체와 유사한 표면 거칠기를 확인할 수 있는데, 예를 들어, AFM 사진으로 관찰한 결과, 0.04 - 0.4  $\mu\text{m}$ , 0.05 - 0.2  $\mu\text{m}$ , 0.052 - 0.058  $\mu\text{m}$ , 또는 약 0.054  $\mu\text{m}$  정도의 표면 거칠기를 확인할 수 있고, 이는 사람의 피부에 대하여 AFM 관찰 값이 약 0.05 - 0.2  $\mu\text{m}$ 임을 감안하였을 때, 인체와 유사한 촉감을 줄 수 있는 특성으로 생각될 수 있다.
- [0060] 나아가, 본 발명의 인조피부에 있어서, 상기 제2층은 고분자 수지 발포체로, 통상 알려진 고분자 수지 발포체를 생각할 수도 있으나, 바람직하게 폴리우레탄 수지 발포체이다.
- [0061] 여기서, 고분자 수지 발포체는 CO<sub>2</sub> 또는 N<sub>2</sub>로 초임계 발포된 고분자 수지 발포체일 수 있다.
- [0062] 또한, 발포함에 있어, 130 내지 150°C, 135 내지 145°C, 또는 약 140°C의 온도 조건과, 10 내지 17 MPa, 12 내지 17 MPa, 14 내지 16 MPa, 또는 약 15 MPa 정도의 압력하에 발포되어 제조된 고분자 수지 발포체가 바람직할 수 있다.
- [0063] 예를 들어 130°C 보다 낮은 온도의 경우 발포가 잘 이루어지지 않을 수 있고, 150°C 보다 높은 온도의 경우 발포셀이 너무 크게 형성되어 바람직하지 않을 수 있다. 한편, 압력의 경우 10 MPa 보다 낮은 경우 발포셀이 매우 크고, 고르지 않으며, 예를 들어, 15 MPa의 압력하에 제조되는 발포셀 크기와 형상이 바람직할 수 있다.
- [0064] 다른 한편, 제2층 역시 인체와 유사한 특성을 나타낼 수 있고, 예를 들어, 제2층 고분자 수지 발포체의 마찰계수는 0.4 - 0.9, 0.4 - 0.8, 또는 0.45 - 0.85이다. 사람 피부의 경우 돌출한 조건에서 마찰계수(CDF) 값이 약 0.6 - 0.7임을 감안할 때, 인체와 유사한 수준인 것으로 생각될 수 있다. 또한, 발포시 초임계 유체로 N<sub>2</sub> 보다 CO<sub>2</sub>를 사용하는 것이 인체와 보다 가까운 특성을 나타내는데 도움이 될 수 있다.
- [0066] 본 발명의 일 측면에서,
- [0067] 본 발명의 3D 프린팅을 이용한 인조피부의 제조방법은 다음과 같은 이점을 가지고 있다.
- [0068] 종래 예를 들어, 상기 제1층과 제2층 사이의 물리적 결합을 유지시키기 위한 방법으로, 필수적으로 별도의 접착물이 사용되어야 했고, 이러한 접착물은 환경적으로도 좋지 못한 문제가 있었고, 공정에서는 제1층과 제2층의 형성을 별도로 실시한 후, 이를 부착하는 추가 공정이 요구되어, 비용적으로 시간적으로도 바람직하지 못하였다.
- [0069] 반면, 본 발명의 3D 프린팅을 이용한 인조피부의 제조방법은, 상기와 같은 별도의 접착물이 요구되지 않고, 단지 제1층을 제2층 표면에 출력하는 방법만으로도 충분히 제1층과 제2층의 물리적 결합을 달성할 수 있고, 최종 인조피부가 나타내는 기계적 특성 측면에서도, 보다 바람직한 것임을 실험적으로 규명하였다.
- [0070] 본 발명의 일 구체예에서,
- [0071] 종래와 같이 제1층과 제2층을 별도로 제작하고, 이를 DMF와 같은 용제(solvent) 또는 수성 폴리우레탄 수지 접착제와 같은, 별도의 고분자 수지 접착제를 사용하여 부착시켜 제조하였고(MSA-A),
- [0072] 이와 다르게, 본 발명의 인조피부 즉, 별도의 접착물 없이 제2층 위에 제1층을 바로 3D 프린팅을 사용하여 형성하는 것으로부터 인조피부를 제작하였고(MSA-B),
- [0073] 이 두개를 비교한 결과, 본 발명의 MSA-B가 보다 친환경적이고, 원 재료 사용율이 보다 높으며, 제2층 표면의 굴곡이 있다할지라도, 보다 밀착시켜 인조피부가 제조될 수 있으며, 또한, 3D 프린팅을 사용하여 보다 정밀한

인조 피부 제작이 가능한 이점이 있었다.

- [0075] 다른 한편, 상기 본 발명 인조피부의 제조방법에 있어서,
- [0076] 상기 제1층 또는 제2층 저부에, 센싱 장치, 통신 장치, 및 발열 장치 중 1종 이상;을 더 포함하여 인조피부가 제조될 수 있다.
- [0077] 본 발명에서 제공되는 인조피부는 특히 로봇, 의족, 의수 등의 기계 부품과 같이 적용시, 인체와 유사한 온도를 구현하기 위하여 발열 장치를 사용할 수 있고, 발열 장치는 예를 들어 전선(코일 등) 등의 장치가 저부에 위치하여 발열되거나, 또는 발열 필름 등을 장착할 수 있다.
- [0078] 한편, 상기 센싱 장치는, 센서로서, 온도 센서, 압력 센서 등으로부터 1종 이상을 말하며, 인조피부를 인체와 유사한 수준으로 조작할 수 있도록 모니터링 하기 위한 목적으로 사용되거나, 인조피부에 가해지는 압력을 센싱 하기 위하여 장착될 수 있다.
- [0079] 본 발명의 일 구체예에서,
- [0080] 본 발명의 인조피부는 제1층은 0.4 내지 0.95의 마찰계수(CDF)를 나타내고, 60 내지 90°의 접촉각을 나타내고, 0.04 내지 0.4  $\mu\text{m}$ 의 표면 거칠기를 나타내고, 인장강도 10 MPa 이상, 신율 100% 이상을 나타내고; 및 상기 제2층은 0.4 내지 0.9의 마찰계수(CDF)를 나타내는 인조피부일 수 있다.
- [0082] 나아가, 본 발명 인조피부의 제조방법에 있어서,
- [0083] 상기 제2층 제조단계는, 예를 들어 종래 기술에 개시된 고분자 수지 발포체 제조방법일 수 있고, 통상 공업적으로 사용되는 고분자 수지 발포체의 제조방법, 예를 들어 폴리우레탄 수지 발포체의 제조방법으로 종래 개시되거나, 사용될 수 있는 방법인 것으로 이해될 수 있다.
- [0084] 다만, 본 발명의 인조피부의 경우, 사람과 유사한 특성을 구현하기 위하여, 초임계 유체를 사용한 발포 방법을 사용할 수 있고, 초임계 유체로는  $\text{CO}_2$  또는  $\text{N}_2$ 를 발포하여 고분자 수지 발포체를 제조할 수 있다.
- [0085] 발포함에 있어, 130 내지 150℃, 135 내지 145℃, 또는 약 140℃의 온도 조건과, 10 내지 17 MPa, 12 내지 17 MPa, 14 내지 16 MPa, 또는 약 15 MPa 정도의 압력하에 발포되어 제조된 고분자 수지 발포체가 바람직할 수 있다.
- [0086] 예를 들어 130℃ 보다 낮은 온도의 경우 발포가 잘 이루어지지 않을 수 있고, 150℃ 보다 높은 온도의 경우 발포셀이 너무 크게 형성되어 바람직하지 않을 수 있다. 한편, 압력의 경우 10 MPa 보다 낮은 경우 발포셀이 매우 크고, 고르지 않으며, 예를 들어, 15 MPa의 압력하에 제조되는 발포셀 크기와 형상이 바람직할 수 있다.
- [0088] 나아가, 본 발명의 또 다른 측면에서,
- [0089] 본 발명의 상기 인조피부의 제조방법으로부터 제조되는, 인조피부가 제공된다.
- [0090] 본 발명에서 제공하는 인조피부는 놀랍게도 인체와 유사한 특성을 나타낼 수 있는 것으로 확인되었고, 또한, 로봇의 다양한 움직임에 유연하게 적용될 수 있는 기계적 물리적 특성을 가지는 바, 로봇, 의족, 의수 등의 용도로 유용하게 사용될 수 있고, 특히 AI 인공지능 로봇과 같이 인간과 보다 친밀하고 유대적인 관계 형성을 목적으로 하는 제품에 있어서, 인간과 유사한 인조피부로 사용되어 상품성을 현저히 향상시킬 수 있는 유용한 효과가 있다.
- [0092] 이하, 본 발명을 실시예 및 실험예에 의하여 상세히 설명한다.
- [0093] 단, 하기 실시예 및 실험예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0095] <실시예 1> 제1층 케라틴 함유 복합체 필름의 제조 및 특성 평가

[0096] <1-1> 제1층 케라틴 함유 복합체 필름의 제조

[0097] 사람의 표피층에 해당하는, 제1층 인조피부를 제조하기 위하여, 다음과 같이 실시하였다.

[0099] 구체적으로, 압출 성형 방법으로 0.5mm의 필름형태로 폴리우레탄 수지(TPU) 및 케라틴을 복합체 필름으로 제조하였고, 압출시, 가공온도는 140℃로 설정하였다.

[0101] 특히, 제1층 폴리우레탄 및 케라틴 복합체 필름을 제조함에 있어, 함유되는 케라틴을 각각 제조시 1%, 3%, 5% 및 10% 로 달리하여, 복합체 필름을 제조하였다.

[0103] 압출반응 중, FTIR을 사용하여 폴리우레탄과 케라틴이 성공적으로 반응한 것을 확인하였다(도 1).

[0105] <1-2> 제1층 케라틴 함유 복합체 필름의 특성 평가

[0106] 상기 <1-1>에서 각각 다른 케라틴 함유량을 가지는 복합체 필름에 대하여, 인체 피부와 유사한 특성이 관찰되는지 평가하기 위하여, 다음과 같이 실험하였다.

[0108] 유변학적 특성 평가

[0109] 먼저, 제1층 복합체 필름의 유변학적 특성을 평가하기 위하여, DMA를 사용하여 손실모듈러스( $G''$ )와 저장모듈러스( $G'$ )를 측정하였고, 그 결과를 도 3에 나타내었다.

[0111] 도 3을 살펴보면, TPU(폴리우레탄)만의 필름의 경우, 바람 피부와 거동이 다른 것을 확인할 수 있었고, 본 발명 케라틴 함유 복합체 필름(제1층)은 사람 피부와 유사한 거동이 확인되었으며, 케라틴 함유량이 높아질수록 더욱 사람 피부와 유사한 특성이 관찰되었다.

[0113] 형태학적, 기계적 특성 평가

[0114] 제1층 복합체 필름의 형태학적, 기계적 특성을 평가하기 위하여, 인장 강도 및 신율을 측정하였고, 그 결과를 도 4에 나타내었다.

[0116] 도 4를 살펴보면, 케라틴 함유 1%인 경우, 순수 TPU 수준의 인장강도와 신율이 확인되는 반면, 케라틴 함유량이 3%, 또는 5%인 경우에는, 인장강도가 15 MPa, 신율이 200% 수준으로 약간 감소된 것을 확인할 수 있었다. 한편, 케라틴을 10% 함유하는 경우, 인장강도와 신율이 크게 저하되어 내구성에 문제가 있는 것으로 판단되었다.

[0118] 마찰력 계수(CDF) 측정

[0119] 제1층 복합체 필름의 마찰력 계수를 측정한 결과를 도 5에 나타내었다.

[0121] 도 5를 살펴보면, 5% 케라틴이 함유된 복합체 필름의 경우, 사람 피부와 마찰력이 가장 비슷한 값이 확인 되었고, 약 0.6 정도의 계수 값을 보였다.

[0123] 접촉각 측정

- [0124] 제1층 복합체 필름의 시간에 따른 물에 대한 접촉각 변화를 측정하였고, 그 결과를 도 6에 나타내었다.
- [0126] 도 6을 살펴보면, 먼저 비교군인 사람 피부의 경우 시간이 경과함에 따라 접촉각이 눈에 띄게 감소되는데, 이는 사람 피부에 땀구멍으로 물이 흡수되는 현상으로 생각되었다. 한편, 실험군인 본 발명 5% 케라틴 함유 복합체 필름의 경우, 사람과 매우 유사한 수준의 접촉각이 시간 경과에도 계속하여 유지됨을 확인할 수 있다.
- [0128] AFM 이미징 평가
- [0129] 제1층 복합체 필름의 표면과 사람의 피부 표면을 도 7과 같이 AFM 이미지로 비교 평가하였다.
- [0131] 도 7을 살펴보면, 사람 피부의 표면 형상은 약 0.05 - 0.2  $\mu\text{m}$ (Ra)의 거칠기가 확인되었고, 5% 케라틴 함유 복합체 필름의 경우, 사람 피부와 유사한, 0.054  $\mu\text{m}$ (Ra)의 값이 확인되었다.
- [0133] **<실시예 2> 제2층 폴리우레탄 발포체의 제조 및 평가**
- [0134] **<2-1> 제2층 폴리우레탄 발포체의 제조**
- [0135] 사람의 진피층에 해당하는, 제2층 인조피부를 제조하기 위하여, 다음과 같이 실시하였다.
- [0136] 사람 진피층과 같은 기공이 있는 조직을 제조하기 위하여, 마이크로폼과 균일한 셀크기의 발포체를 제조하고자,  $\text{N}_2$  또는  $\text{CO}_2$  를 발포제로 이용하여 초임계 발포를 실시하였다. 개략적인 발포시험 장치를 도 8에 나타내었다.
- [0138] **<2-1> 제2층 폴리우레탄 발포체의 평가**
- [0139] 발포셀 크기 및 균일도 평가
- [0140] 적정 발포 조건을 규명하고자, 발포시 온도 및 압력 설정을 다르게 하였고, 초임계 유체로  $\text{N}_2$  또는  $\text{CO}_2$  를 사용하는 경우, 나타나는 발포셀의 크기와 균일도를 비교 평가하였다.
- [0142] (1)  $\text{N}_2$  를 사용한 발포조건
- [0143] 1 조건: 140 $^{\circ}\text{C}$ , 12MPa
- [0144] 2 조건: 140 $^{\circ}\text{C}$ , 15MPa
- [0145] 3 조건: 150 $^{\circ}\text{C}$ , 15MPa
- [0147] (1)  $\text{CO}_2$  를 사용한 발포조건
- [0148] 1 조건: 140 $^{\circ}\text{C}$ , 12MPa
- [0149] 2 조건: 140 $^{\circ}\text{C}$ , 15MPa
- [0150] 3 조건: 150 $^{\circ}\text{C}$ , 15MPa
- [0151] 와 같이, 발포 조건을 달리하여 발포를 실시하였고, 각각의 조건별 발포셀의 크기와 균일도를 전자주사현미경을 관찰하여 평가하였고, 그 결과를 도 9에 나타내었다.
- [0153] 도 9를 살펴보면, 140 $^{\circ}\text{C}$ 보다 온도가 높을 경우 발포셀이 너무 크게 나타났으며, 이보다 온도가 낮을 경우 발포가 잘 안되는 것으로 확인되었다. 압력은 15MPa보다 낮을 경우 발포셀이 매우 크고 발포셀의 크기 분포가 균일하

지 않았고, 15MPa q보다 클 경우에는 오히려 발포셀의 크기가 커지는 것을 확인할 수 있었다.

[0154] 또한, 사용하는 초임계 유체로서는  $N_2$  보다는  $CO_2$ 를 사용하는 것이 보다 작고 균일한 발포셀을 만들 수 있었다.

[0156] 따라서, 최적의 발포조건은  $CO_2$  를 초임계 유체로 사용하고, 발포시 140℃, 15MPa의 온도 및 압력 조건을 설정하는 것이고, 이로부터 가장 균일하고 작은 크기의 발포셀을 가지는 폴리우레탄 발포체가 제조될 수 있음을 알 수 있었다.

[0158] 마찰계수 측정

[0159] 제2층 폴리우레탄 발포체의 마찰계수를 측정하였고, 그 결과를 도 10에 나타내었다.

[0161] 도 10을 살펴보면, 순수 TPU(폴리우레탄) 대비 본 발명 폴리우레탄 발포체가 사람과 유사한 수준의 마찰계수(0.7)를 나타내는 것으로 확인되었고, 특히  $N_2$  로 발포하였을 경우, 약0.4의 마찰계수 값이 확인되는 반면,  $CO_2$  로 발포하였을 경우, 사람과 유사한 수준인 0.8 내외의 마찰계수 값이 확인되었다.

[0163] **<실시예 3> 적층형 인조피부 및 이의 특성 분석**

[0164] 각각 상기 실시예 2에서 제조한 제2층 위에 상기 실시예 1의 제1층을 접착물로 부착하여 적층하거나, 또는 3D 프린팅으로 제1층을 별도의 접착물 없이 제2층 위에 직접 적층하는 방법으로 적층형 인조피부를 제조하였고, 특성 분석하였다.

[0166] **<3-1> 층간 접착제를 사용한 인조피부의 제조(MAS-A)**

[0167] 상기 실시예 1 및 실시예 2에서 제조한 제1층 및 제2층을 DMF 용제 접착물을 사용하여 12시간 동안 유지시켜, 적층형 인조피부(MAS-A)를 완성하였다.

[0169] **<3-2> FDM(Fused Deposition Modeling)-3D 프린팅을 이용한 인조피부의 제조(MSA-B)**

[0170] 상기 실시예 3-1과는 다르게, FDM-3D 프린팅 방법으로 제1층 케라틴 함유 복합체 필름을 제2층에 바로 적층시켰다.

[0171] 구체적으로, 1.77 mm 직경의 TPU/케라틴 복합체(실시예 1의 복합체 필름과 조성 동일)를 제2층 표면에 FDM 3D 프린팅 기기(EDISON, ROKIT 사 제조)를 사용하여, 적층하는 방식으로 적층형 인조피부(MAS-B)를 제조하였다.

[0173] 상기 실시예 3-1과 3-2의 인조피부의 제조방법의 개략도를 도 12에 도시하였다.

[0175] **<3-3> 적층형 인조피부의 특성 분석**

[0176] 마찰력 계수(CDF) 측정

[0177] 각각의 실시예 3-1과 3-2, 및 사람 피부의 마찰력 계수를 측정하였고, 그 결과를 도 13에 나타내었다.

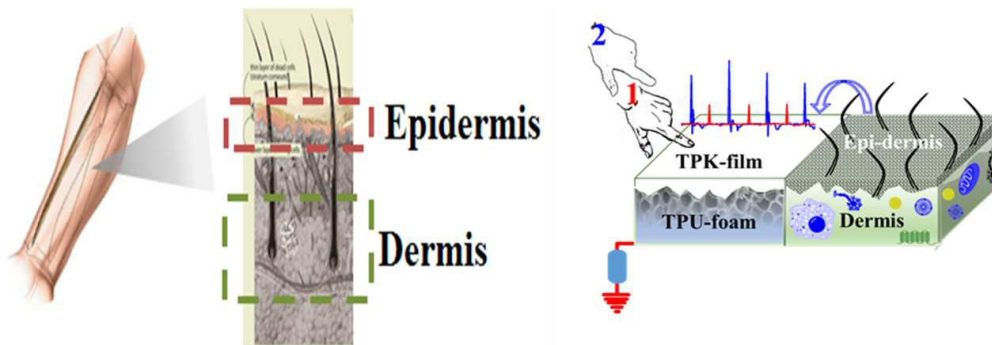
[0179] 도 13을 살펴보면, 실시예 3-1과 3-2는 모두 사람 피부와 마찰 거동이 유사한 것으로 확인된다.

[0181] 접촉각 측정

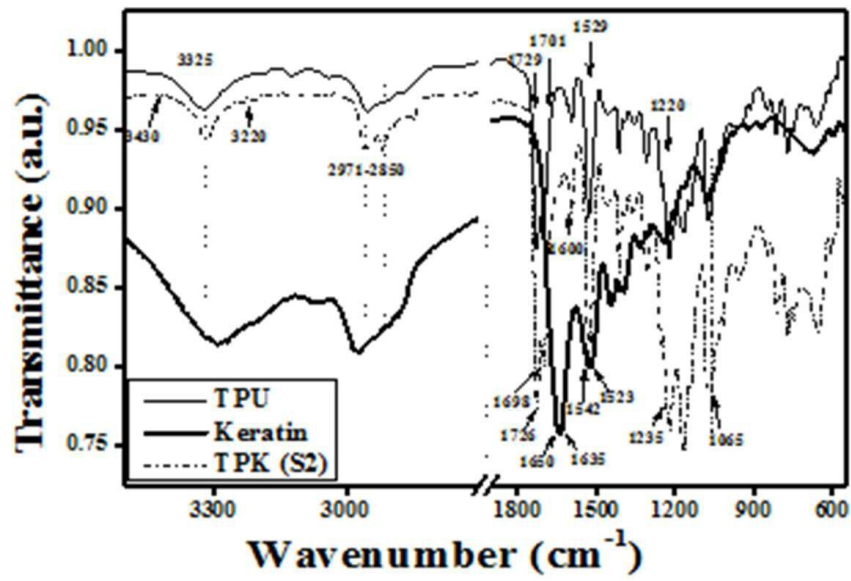
- [0182] 각각의 실시예 3-1과 3-2, 및 사람 피부의 물에 대한 접촉각을 측정하였고, 그 결과를 마찰력 계수의 평균 값과 함께 도 14에 나타내었다.
- [0184] 도 14를 살펴보면, 실시예 3-1과 3-2는 모두 사람 피부와 유사한 평균 마찰력 계수 값을 보이고, 물에 대한 접촉각 역시 비슷한 양상이 확인된다.
- [0186] 상술된 바와 같이, 본 발명에서는 인체와 유사한 촉감과 물리적, 기계적 특성을 나타내는 인조피부를 제공한다.
- [0187] 특히, 본 발명 인조피부를 제공함에 있어서, 3D 프린팅을 사용한 인조피부의 제조방법이 별도의 접착물을 사용하여 제조되는 인조피부의 제조방법 대비 다음과 같은 이점을 가진다.
- [0188] 3D 프린팅을 이용하는 방법이, 접착물을 이용한 제조방법 대비 굴곡진 표면에 인조피부 형성이 보다 용이하며, 피복 대상이되는 면적에 보다 밀착시켜 인조피부를 형성시킬 수 있다.
- [0189] 또한, 3D 프린팅을 이용하는 방법은 별도의 접착물이 요구되지 않아, 보다 친환경적이고, 공정상에서도 접착물 부착을 위한 추가 공정이 요구되지 않는 바, 비용과 시간의 소모를 줄일 수 있다.
- [0190] 나아가, 인조피부의 맞춤형 생산 또는 대량 생산을 위해서는, 필름 제작 후, 접착물로 부착하는 종래 방법 대비, 3D 프린팅 설계로 원스탑 제조를 실시하는 것이 보다 적합하다.

## 도면

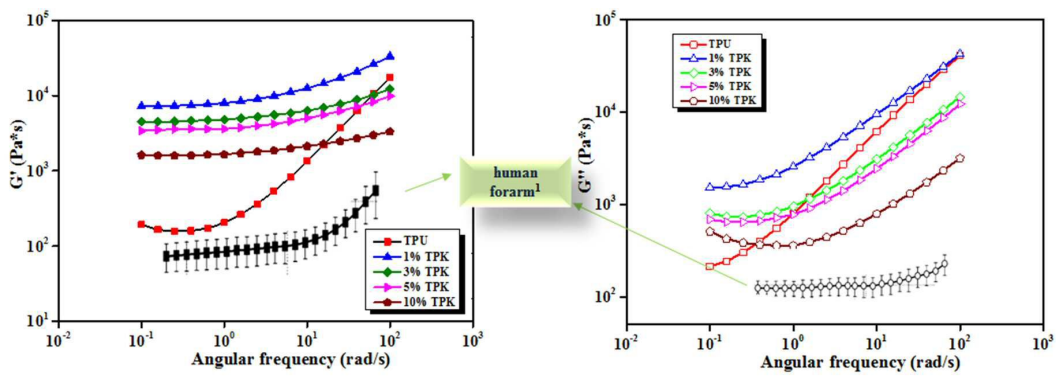
### 도면1



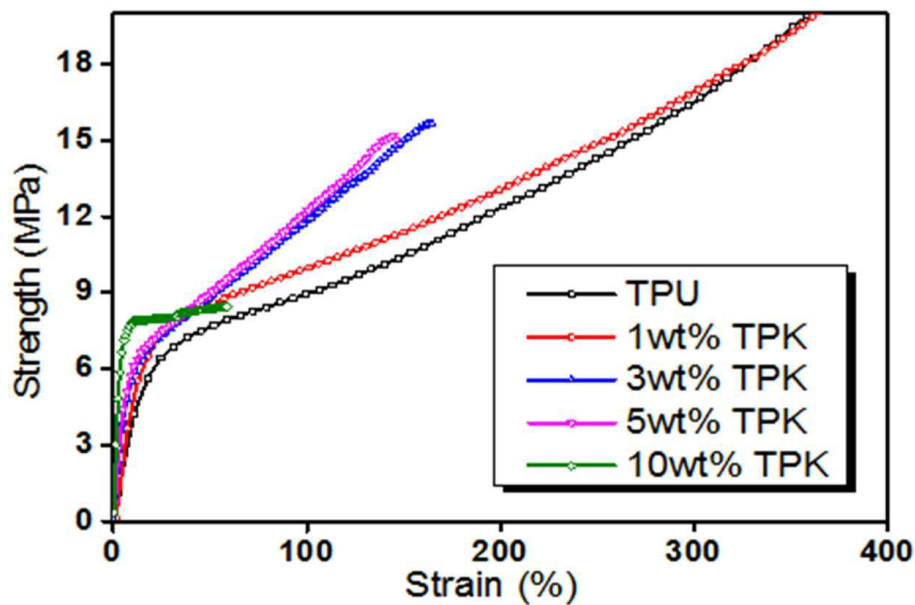
도면2



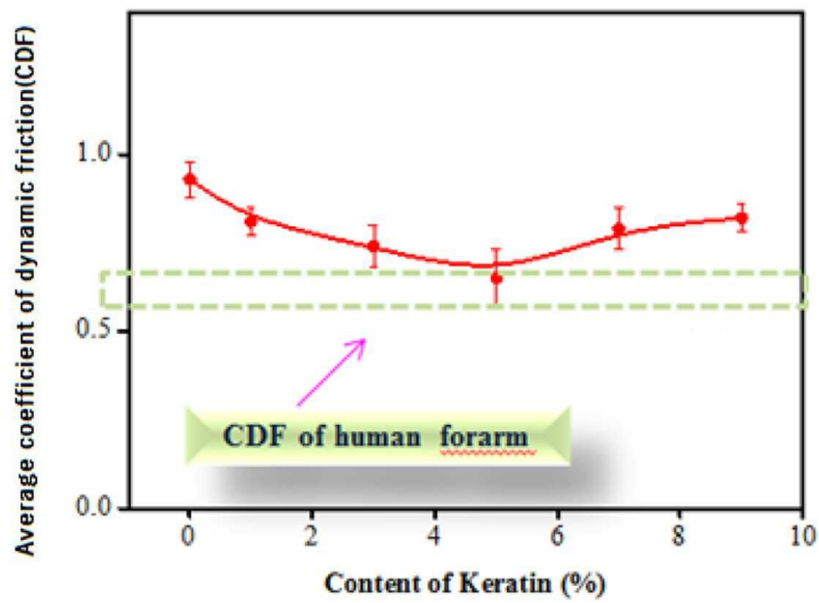
도면3



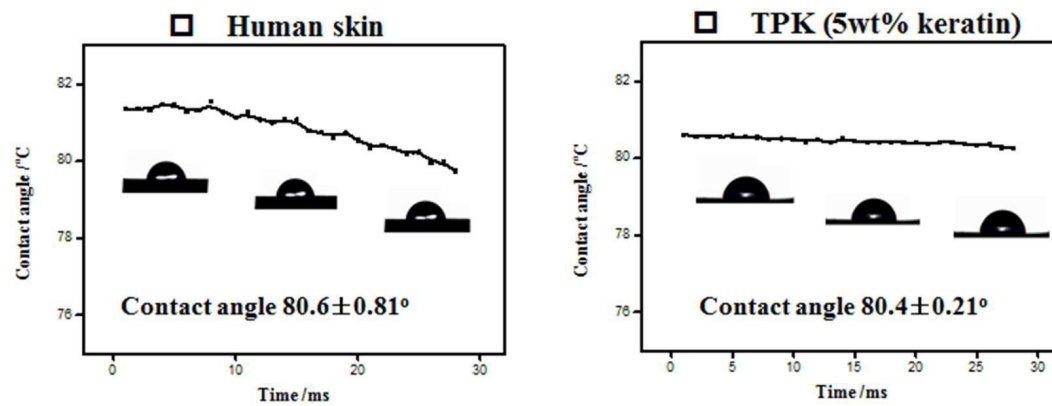
도면4



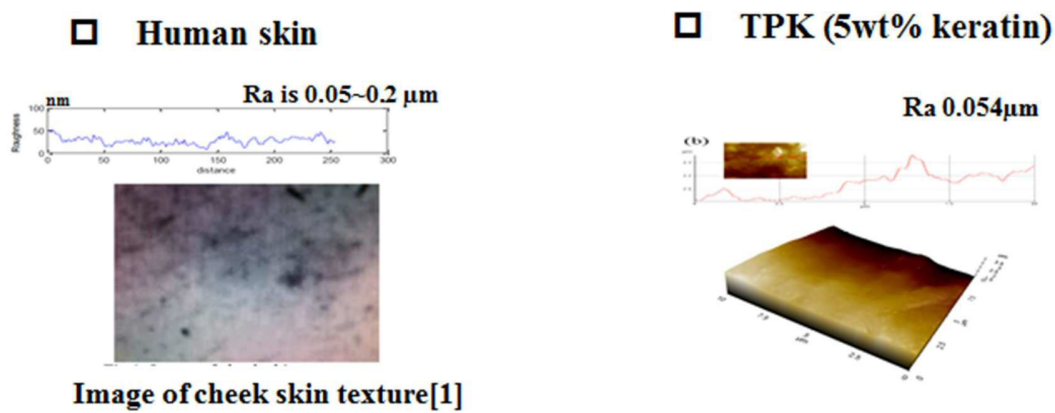
도면5



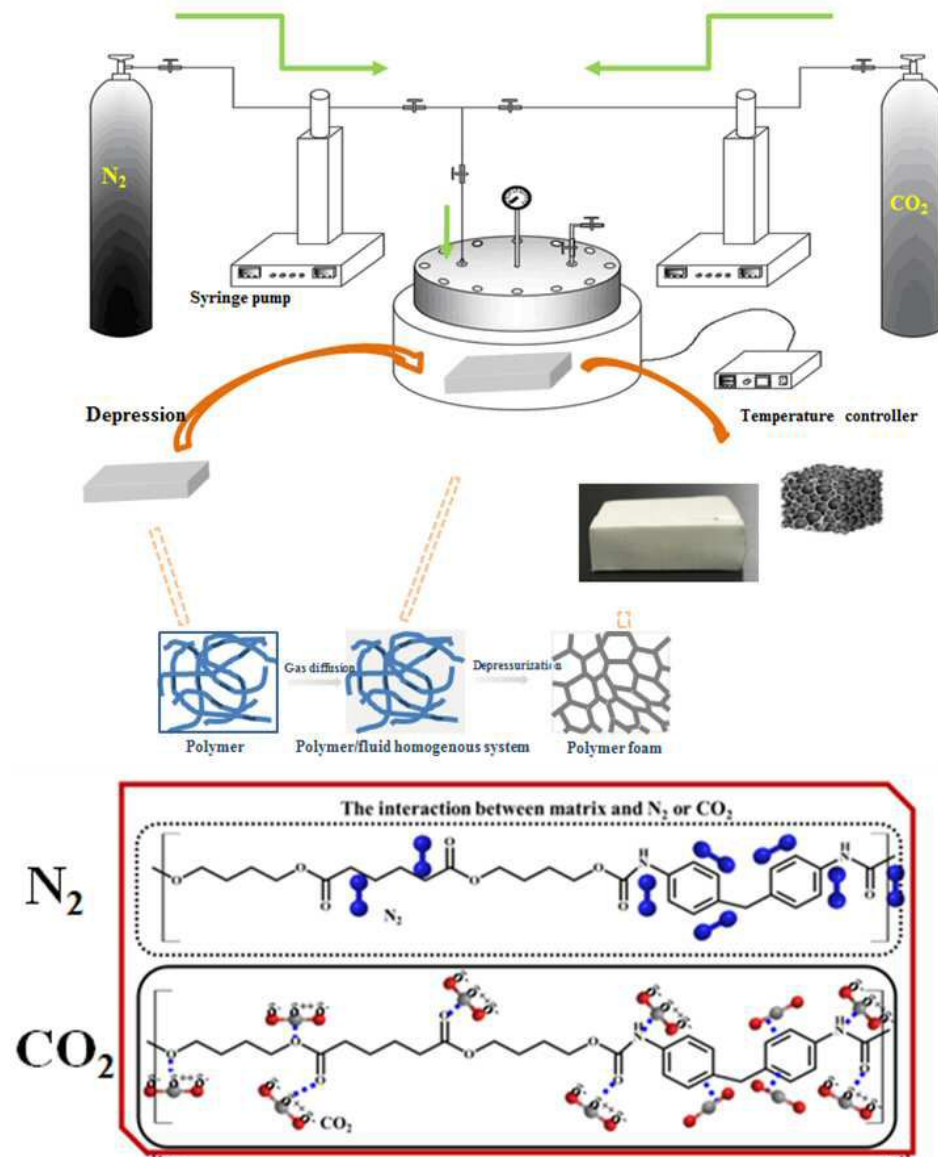
도면6



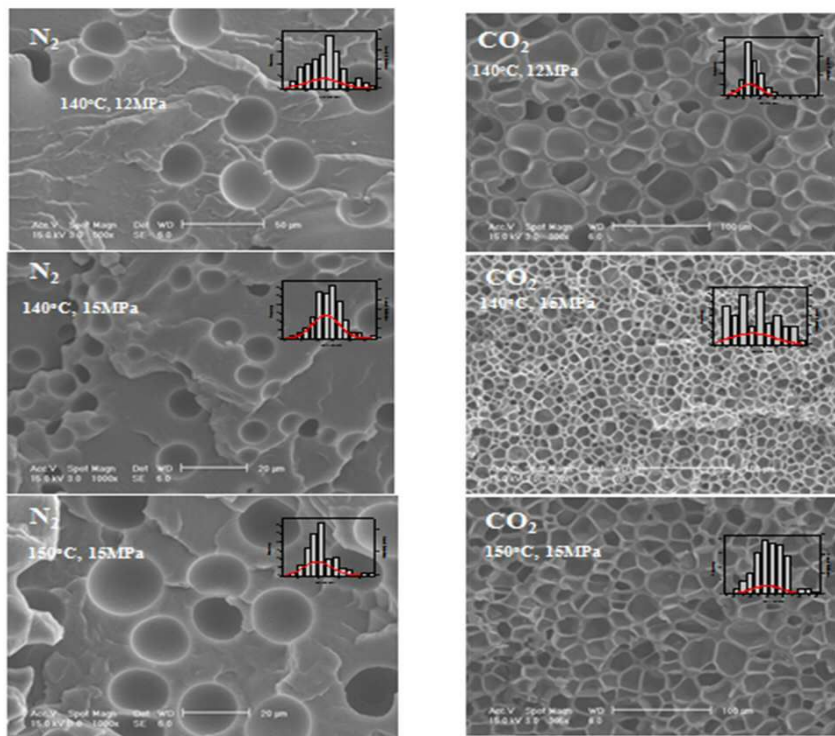
도면7



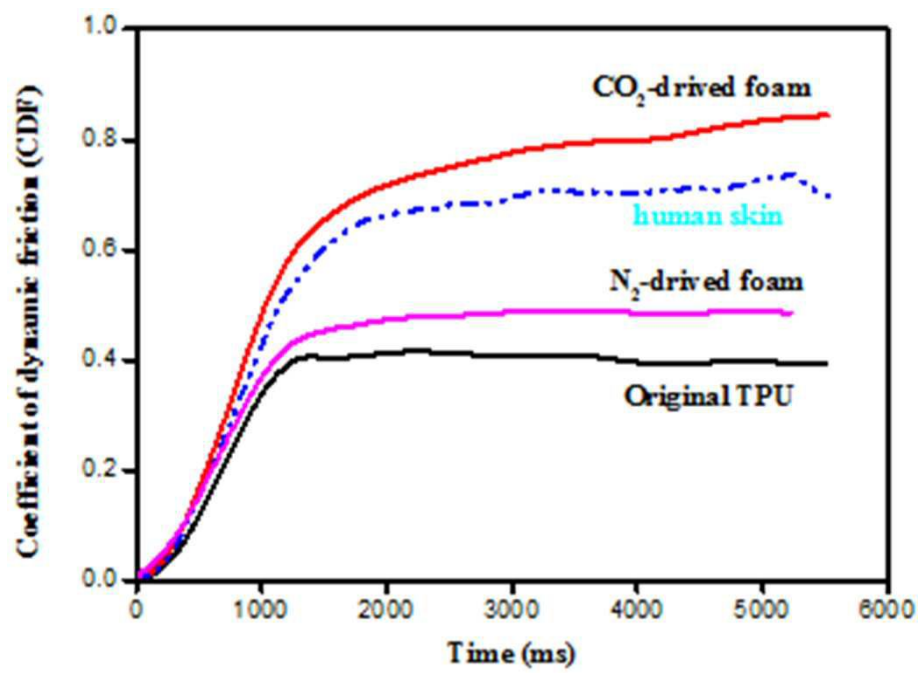
도면8



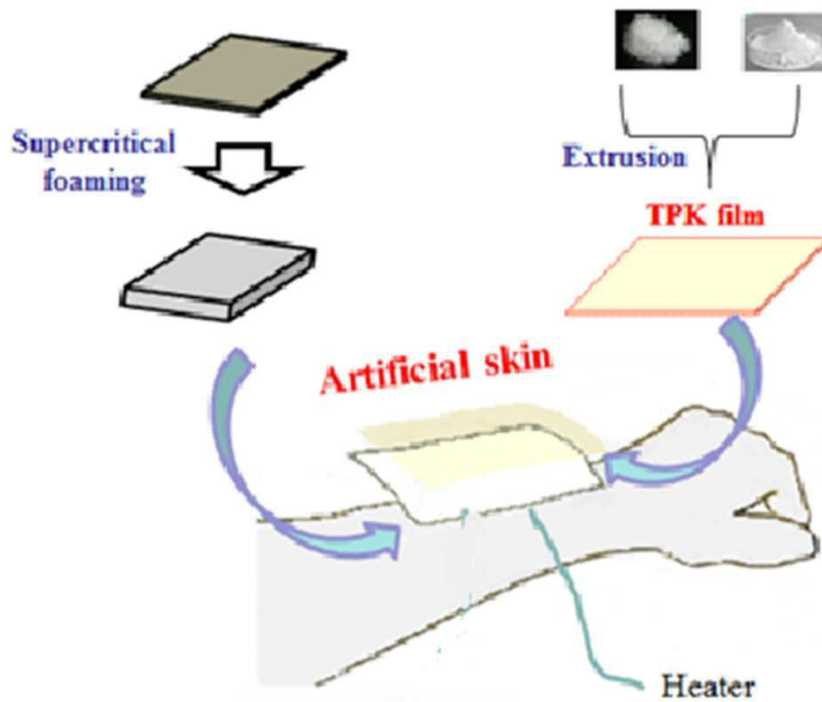
도면9



도면10

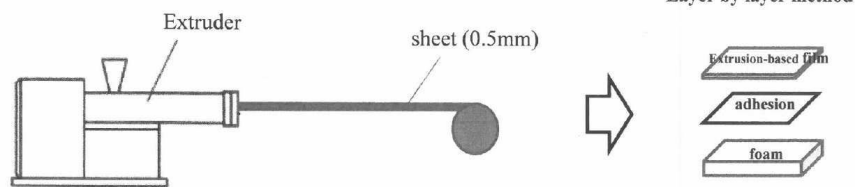


도면11

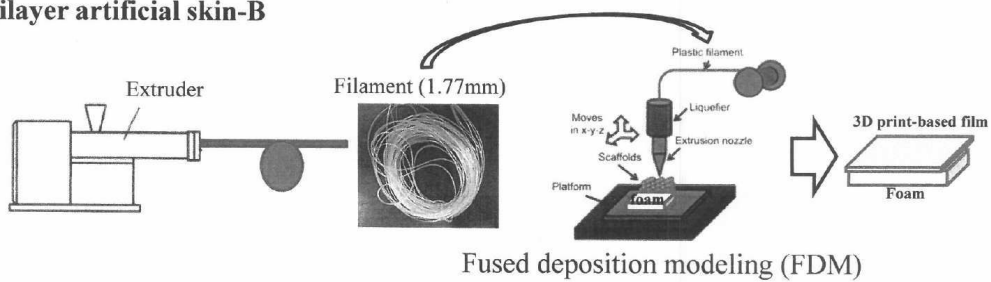


도면12

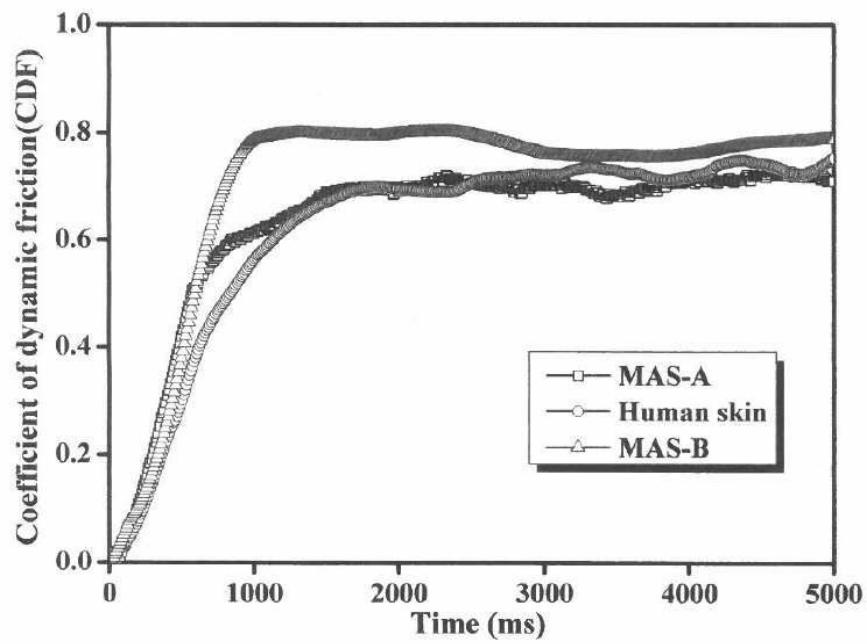
### Multilayer artificial skin-A



### Multilayer artificial skin-B



도면13



도면14

