



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0030596
(43) 공개일자 2020년03월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 3/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 3/08 (2013.01)
G01N 2203/006 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7005142
(22) 출원일자(국제) 2018년04월30일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2020년02월21일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/030261
(87) 국제공개번호 WO 2019/027520
국제공개일자 2019년02월07일
(30) 우선권주장
62/539,025 2017년07월31일 미국(US)

(71) 출원인
다우 글로벌 테크놀로지스 엘엘씨
미국 미시간 (우편번호 48674) 미드랜드 에이취.
에이취. 다우 웨이 2211
(72) 발명자
솔칸키, 산재이, 씨.
미국 48674 미시간 미들랜드 워싱턴 스트리트 빌
딩 1897
맥카티 2세, 도널드, 엘.
미국 48674 미시간 미들랜드 워싱턴 스트리트 빌
딩 1897
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양영준, 조윤성, 김영

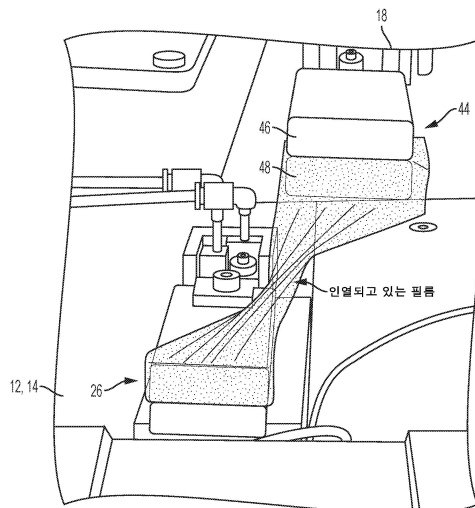
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 필름의 인열 분석을 위한 디바이스

(57) 요약

인열 테스트를 수행하기 위한 시스템 및 방법이 본 출원에서 설명된다. 시스템은 필름 시편의 제 1 부분을 홀딩 하도록 구성된 고정 클램핑 스테이션 및 액추에이터에 결합된 가동 클램프를 포함할 수 있고, 가동 클램프는 필름 시편의 제 2 부분을 홀딩하도록 구성될 수 있다. 가동 클램프는 고정 클램핑 스테이션으로부터 멀어지는 방향으로 이동하여 필름 시편을 인열하도록 구성될 수 있다. 시스템은 고정 클램핑 스테이션과 가동 클램프 사이의 위치에서 필름 시편을 절단하도록 구성된 슬리터 블레이드를 포함할 수 있다. 시스템은 고정 클램핑 스테이션 및 가동 클램프 중 하나에 연결된 로드 셀을 포함할 수 있다. 로드 셀은 필름 시편의 인열과 관련된 힘을 측정하도록 구성될 수 있다. 액추에이터는 궤적을 따라 가동 클램프를 조작하도록 구성될 수 있다.

대표도 - 도14



(52) CPC특허분류

G01N 2203/0206 (2013.01)

G01N 2203/0282 (2013.01)

(72) 발명자

건터, 로버트, 에이.

미국 48674 미시간 미들랜드 워싱턴 스트리트 빌딩
433

왕, 진

미국 48674 미시간, 미들랜드 워싱턴 스트리트 빌
딩 433

마이어스, 카일, 에이.

미국 48674 미시간, 미들랜드 워싱턴 스트리트 빌
딩 1897

하예스, 마가렛, 씨.

미국 48674 미시간 미들랜드 워싱턴 스트리트 빌딩
1776

명세서

청구범위

청구항 1

인열 테스트(tear test)를 수행하기 위한 시스템에 있어서, 상기 시스템은,

필름 시편(film specimen)의 제 1 부분을 홀딩하도록 구성된 제 1 고정 클램핑 스테이션(fixed clamping station);

액추에이터에 결합된 가동 클램프(movable clamp)로서, 상기 가동 클램프는 상기 필름 시편의 제 2 부분을 홀딩하도록 구성되고, 상기 가동 클램프는 상기 필름 시편을 인열하기 위해 상기 제 1 고정 클램핑 스테이션으로부터 멀어지는 방향으로 이동하도록 구성된, 상기 가동 클램프;

상기 제 1 고정 클램핑 스테이션과 상기 가동 클램프 사이의 위치에서 상기 필름 시편을 절단하도록 구성된 슬리터 블레이드(slitter blade); 및

상기 제 1 고정 클램핑 스테이션 또는 상기 가동 클램프 중 하나에 결합된 로드 셀(load cell)로서, 상기 로드 셀은 상기 필름 시편의 인열과 관련된 힘을 측정하도록 구성된, 상기 로드 셀을 포함하고, 및

상기 액추에이터는 제적을 따라 상기 가동 클램프를 조작하도록 구성된, 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 슬리터 블레이드에 결합된 슬리터 블레이드 액추에이터를 더 포함하고, 상기 슬리터 블레이드는 상기 필름 시편을 절단하기 위해 상기 슬리터 블레이드 액추에이터에 의해 구동되는, 시스템.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 로드 셀은 상기 필름 시편의 인열 동안 상기 제 1 고정 클램핑 스테이션 또는 상기 가동 클램프 중 하나에 부여된 장력을 측정하는, 시스템.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 로드 셀은 다축(multi-axis) 로드 셀을 포함하는, 시스템.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 1 고정 클램핑 스테이션은 상기 필름 시편의 상기 제 1 부분을 홀딩하도록 구성된 그리퍼(gripper)를 포함하고, 상기 로드 셀은 상기 필름 시편의 인열 동안 상기 그리퍼에 부여된 장력을 측정하는, 시스템.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 가동 클램프는 상기 필름 시편의 상기 제 2 부분을 홀딩하도록 구성된 그리퍼를 포함하는, 시스템.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 액추에이터는 X-Y 평면 및 Z-방향으로 이동하고, 상기 필름 시편이 상기 Z-방향에서 테스트될 때 임의의 축을 중심으로 회전하도록 구성된 4 축 로봇을 포함하는, 시스템.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 액추에이터는 상기 가동 클램프를 이동시켜 수직 방향, 수평 방향, 각도 방향, 원형 방향 또는 스플라인(spline) 중 적어도 하나에서 상기 필름 시편을 인열하도록 구성된, 시스템.

청구항 9

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서, 제 2 필름 시편의 제 2 부분을 홀딩하도록 구성된 제 2 고정 클램핑 스테이션을 더 포함하고, 상기 가동 클램프는 상기 제 1 고정 클램핑 스테이션과 상기 제 2 고정 클램핑 사이에서 이동되도록 구성된, 시스템.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 가동 클램프는 상기 제 2 필름 시편의 상기 제 1 부분을 홀딩하도록 구성된, 시스템.

청구항 11

인열 테스트를 수행하는 방법으로서, 상기 방법은,

고정 클램핑 스테이션에서 필름 시편의 제 1 부분을 클램핑하는 단계;

액추에이터에 연결된 가동 클램프에서 상기 필름 시편의 제 2 부분을 클램핑하는 단계;

상기 액추에이터를 이용하여 상기 필름 시편의 제 2 부분을 이동시키는 단계로서, 상기 액추에이터는 상기 필름 시편의 제 1 부분으로부터 멀어지는 방향으로 상기 가동 클램프를 이동시키는, 상기 이동시키는 단계; 및

상기 필름 시편의 제 1 부분과 상기 필름 시편의 제 2 부분 사이에서 전파된 인열을 따라 힘 프로파일을 측정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 인열을 따라 힘 프로파일을 측정하는 단계는 상기 필름 시편의 상기 제 1 부분과 상기 필름 시편의 상기 제 2 부분 사이에서 전파되는 전체 인열 동안 상기 힘 프로파일을 측정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 13

제 11 항 또는 제 12 항에 있어서, 상기 필름 시편을 인열하기 전에 상기 필름 시편의 상기 제 1 부분과 상기 필름 시편의 상기 제 2 부분 사이의 절단을 개시하기 위해 슬리터 블레이드를 작동시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 14

제 11 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 필름 시편의 상기 제 1 부분과 상기 필름 시편의 상기 제 2 부분 사이에서 전파된 상기 인열의 피크 힘, 평균 힘, 수행된 작업 또는 인열 평면의 각도 중 하나를 결정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 15

제 11 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 가동 클램프를 사용하여 인열을 전파한 후 상기 필름 시편의 상기 제 1 부분 및 상기 필름 시편의 상기 제 2 부분을 배치하는 단계를 더 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 재료의 필름 또는 시트(sheet)의 인열 분석(tear analysis)을 위한 디바이스에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 재료의 물리적 특성을 특성화하는 것은 재료의 생산에 사용되는 화학 제제(formulation)를 분석 및 개선할 뿐만 아니라 재료를 제조하는 프로세스를 분석 및 개선하는데 유용하다. 물리적 특성을 특성화하는 것은 소비자가 특정 사용 사례에 가장 적합한 제품을 결정하는데 도움이 될 뿐만 아니라 연구원이 특정 애플리케이션을 위한 새로운 솔루션을 개발할 수 있도록 도와준다.

[0003] 재료의 유용한 물리적 특성 중 하나는 재료의 인열 강도(tear strength)를 결정하는 것이다. 인열 테스트는 재료의 인열 저항력에 대한 통찰력을 제공한다. 예를 들어, 박막은 종종 패키징 애플리케이션에 사용되기 때문에 박막의 인열 특성을 결정하기 위해 인열 테스트가 사용될 수 있다. 접착제, 플라크, 카펫 섬유, 부직(non-woven) 섬유 등과 같은 중합체 샘플 및 종이, 천, 포일(foil) 등과 같은 비중합체 샘플에서 인열 특성을 결정하기 위해 인열 테스트가 사용될 수도 있다. 의도된 용도를 위한 재료의 적합성은 재료가 견딜 수 있거나 찢어질 수 있는 능력에 의존할 수 있다. 이러한 경우에, 재료의 화학적 및 물리적 특성은 재료의 인열 저항에 영향을 미칠 수 있다. 인열 테스트는 일반적으로 필름 조각으로 절단을 수행하고 절단면을 따라 필름을 인열하는 것을 수반한다. 인열을 전파하는 데 필요한 힘을 측정하고 분석하여 재료의 인열 저항(tear resistance)을 결정한다. ASTM(American Society for Testing and Materials)는 재료를 특성화하기 위해 전 세계적으로 널리 사용되는 표준 세트를 가지고 있다. 인열 테스트는 플라스틱 산업에서 자주 수행되는 널리 사용되는 테스트이다. 현재, 인열 테스트는 Elmendorf 테스트와 Trouser 테스트라는 두 가지 방법으로 수행된다. 두 방법 모두, 시편(specimen)이 사전 절단되고, 인열이 사전 절단 슬릿으로부터 전파된다. 테스트는 시편을 통해 인열을 전파하는 데 필요한 평균 힘을 측정한다.

[0004] Elmendorf 테스트에서, 사용자는 한쪽은 진자(pendulum)에 의해 홀딩되고, 다른 쪽은 정지 부재(stationary member)에 의해 홀딩되는 인열 테스트기 위에 시편을 놓는다. 시편은 인열을 개시하기 위해 슬릿으로 미리 절단된다. 사용자는 진자를 풀고 중력에 의해 작동시켜, 진자는 원호(arc)를 통해 스윙하여 시편을 사전 절단 슬릿으로부터 인열한다. 진자에 의한 에너지 손실은 필름을 인열하는데 필요한 평균 힘과 관련이 있는 스케일의 포인트로 표시된다. Elmendorf 테스트는 진자에 저장된 잠재적 에너지를 기반으로 하는 수동 테스트이다 (즉, 테스트는 진자의 중량을 기준으로 한다); 모션을 생성하기 위해 어떠한 전동 장비도 사용되지 않는다. Elmendorf 테스트는 측정될 필름의 인열 강도가 진자의 중량의 20% - 80% 내에 있어야 한다고 권장한다. 따라서, 진자의 중량은 테스트될 필름의 강도에 따라 달라져야 한다. 이는 일반적으로 진자에 위치된 중량 (예를 들어, 디스크 중량)을 변경하는 것을 수반한다.

[0005] Trouser 테스트는 시편의 인열 저항을 평가하기 위해 덜 자주 사용되는 방법이다. Trouser 테스트에서, 시편은 특정 치수의 슬릿으로 사전 절단되어 분할에 의해 분리된 2 개의 레그(leg)를 만든다. 테스트는 시편의 제 1 레그를 클램핑하는 고정 그리퍼(fixed gripper) 및 시편의 제 2 레그를 클램핑하는 가동 그리퍼(movable gripper)를 포함한다. 테스트를 시작하기 위해, 메커니즘은 가동 그리퍼를 이동시켜 사전 절단 슬릿을 따라 수평 방향으로 균일한 속도로 필름을 인열시킨다. 평균 힘은 테스트에 의해 반환된 힘 대 변위 곡선 아래 면적을 계산하여 측정된다. Trouser 테스트에서, 인열 방향은 수평 방향으로 제한된다. 추가적으로 Elmendorf 테스트 및 Trouser 테스트 둘 모두에서 작업자는 샘플을 준비하고 장비에 필름을 로드 및 언로드하고 테스트된 필름을 제거해야 한다.

[0006] 따라서, 인열 테스트를 수행하고 시트 또는 필름의 인열동안 힘 프로파일을 분석하기 위한 자동화된 기구류에 대한 요구가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 따른 필름의 인열 분석 디바이스를 사용함으로써, 인열 분석 프로세스가 자동화되고 테스트로부터 수집된 데이터가 개선되는 것으로 결정되었다.

[0008] 일 실시예에 따라, 인열 테스트(tear test)를 수행하기 위한 시스템은 필름 시편(film specimen)의 제 1 부분을 홀딩하도록 구성된 고정 클램핑 스테이션(fixed clamping station), 액추에이터에 결합된 가동 클램프(movable clamp)로서, 상기 가동 클램프는 상기 필름 시편의 제 2 부분을 홀딩하도록 구성되고, 상기 가동 클램프는 상기 필름 시편을 인열하기 위해 상기 고정 클램핑 스테이션으로부터 멀어지는 방향으로 이동하도록 구성된, 상기 가동 클램프, 상기 고정 클램핑 스테이션과 상기 가동 클램프 사이의 위치에서 상기 필름 시편을 절단하도록 구성된 슬리터 블레이드(slitter blade), 및 상기 고정 클램핑 스테이션 또는 상기 가동 클램프 중 하나에 연결된 로드 셀을 포함할 수 있고, 상기 로드 셀은 상기 필름 시편의 인열과 관련된 힘을 측정하도록 구성될 수 있다. 상기 액추에이터는 궤적을 따라 상기 가동 클램프를 조작하도록 구성될 수 있다.

[0009] 일 실시예에 따라, 인열 테스트(tear test)를 수행하는 방법은 고정 클램핑 스테이션에서 필름 시편의 제 1 부분을 클램핑하는 단계, 액추에이터에 연결된 가동 클램프에서 상기 필름 시편의 제 2 부분을 클램핑하는 단계, 상기 액추에이터를 이용하여 상기 필름 시편의 제 2 부분을 이동시키는 단계로서, 상기 액추에이터는 상기 필름 시편의 제 1 부분으로부터 멀어지는 방향으로 상기 가동 클램프를 이동시키는, 상기 이동시키는 단계, 및 상기 필름 시편의 제 1 부분과 상기 필름 시편의 제 2 부분 사이에서 전파된 인열을 따라 힘 프로파일을 측정하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 본 개시 내용, 및 구조의 관련 컴포넌트의 기능 및 작동 방법, 및 부품 조합 및 경제의 조합은 첨부 도면을 참조하여 이하의 설명 및 첨부된 청구 범위를 고려하면 더욱 명백해질 것이고, 이들 모두는 본 명세서의 일부를 형성하며, 동일한 도면 번호는 다양한 도면에서 대응하는 부품을 나타낸다. 그러나, 도면은 단지 예시 및 설명을 위한 것이며 본 발명의 한계를 정의하려는 것이 아님을 명백히 이해해야 한다.

도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 인열 분석 디바이스의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 2는 본 개시의 일 실시예에 따른 인열 분석 디바이스의 고정 클램프 스테이션의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 인열 분석 디바이스의 고정 클램프 스테이션의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 인열 분석 디바이스의 고정 클램프 스테이션의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 인열 분석 디바이스의 인열 테스트 로봇의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 6은 본 개시의 일 실시예에 따른 인열 분석 디바이스의 로봇식 클램프의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 7은 본 개시의 일 실시예에 따른 인열 분석 시스템의 개략도를 도시한다.

도 8은 본 개시의 일 실시예에 따른 로봇 시스템과 함께 사용되는 인열 분석 디바이스의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 9는 본 개시의 일 실시예에 따른 재료 홀더 시스템의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 10은 본 개시의 일 실시예에 따른 고정 클램핑 스테이션에 필름을 배치하는 재료 홀더 시스템의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 11은 본 개시의 일 실시예에 따른 필름이 내부에 위치한 고정 클램핑 스테이션의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 12는 본 개시의 일 실시예에 따른 필름이 위치한 고정 클램핑 스테이션 및 로봇식 클램프의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 13은 본 개시의 일 실시예에 따른 필름이 내부에 위치한 고정 클램핑 스테이션에서 슬리터 블레이드(slitter blade)의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 14는 본 개시의 일 실시예에 따른 고정 클램핑 스테이션으로부터 멀어지는 방향으로 필름을 견인하는 로봇식 클램프의 3 차원 사시도를 도시한다.

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 표준 테스트 시편(test specimen)과 수정된 테스트 시편의 비교를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 산업 애플리케이션에서, 박막 재료의 인열 저항을 테스트하는 프로세스가 자동화될 수 있다. 자동화된 인열 테스트 시스템에 대한 아이디어는 다양한 산업 분야에서 높은 스루풋(HTP : high throughput) 테스트의 필요성에서 비롯된다. 대량의 데이터를 테스트하는 속도가 빠르면 비교적 빠르게 수집되고 추세를 분석할 수 있어 관심 분야에 대해 보다 자세한 연구를 수행할 수 있다. HTP 테스트 셋업을 시작하는데 필요한 특징 중 하나는 연속(또는 거의 연속) 작동이다. 시스템이 중단없이 실행되는 것을 허용함으로써 수행되는 테스트 양이 증가한다. 이 시스템은 또한 수동 테스트 시스템에 비해 단일 테스트의 속도의 증가를 허용한다. 로봇은 중단없이 오랜 시간 동안 작동할 수 있으므로 로봇 공학을 사용하여 인간 연구원이나 운영자를 대신한다. 정확성을 희생시키지 않으면서 시스템의 스루풋을 높이는 데 사용할 수 있는 두 번째 특징은 여러 테스트를 병렬로 수행하는 것이다. 세 번째 특징은 시스템이 인간 기반 테스트 시스템에 비해 반복 가능하고 균일하다는 것이다. 이 두 가지 기능

을 모두 사용함으로써, 시편의 수를 크게 증가시킬 수 있는 테스트 셋업이 개발될 수 있다. 본 개시의 일 실시예에서, 필름 시편은 자동화 시스템을 사용하여 10 분 내에 제작 및 테스트될 수 있다. 본 개시의 일 실시예에서, HTP 테스트는 병렬로 작동하는 2 개의 로봇을 사용함으로써 달성된다. 예를 들어, 일 실시예에서, 6 축 로봇은 테스트를 위해 시편을 준비하는 반면, SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm 또는 Selective Compliance Articulated Robot Arm) 로봇은 다수의 인열 스테이션에 로딩된 필름 시편을 인열한다.

[0012] 본 개시의 실시예는 취입(blow) 필름 제조 라인과 통합될 수 있다. 추가적으로, 실시예는 기존의 취입 필름 랩에 통합될 수 있다. 자동으로 비교적 빠르게 테스트를 수행할 수 있으므로, 랩은 현재 시스템을 사용하여 테스트 백로그(backlog)를 지울 수 있다.

[0013] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 인열 분석 디바이스(10)의 3 차원 사시도를 도시한다. 인열 분석 디바이스가 HTP 테스트를 위해 사용될 수 있다. 인열 분석 디바이스(10)는 제 1 고정 클램핑 스테이션(12) 및 제 2 고정 클램핑 스테이션(14)을 포함할 수 있다. 제 1 고정 클램핑 스테이션(12)과 제 2 고정 클램핑 스테이션(14)은 동일한 구조일 수 있다. 즉, 고정 클램핑 스테이션(12)은 고정 클램핑 스테이션(14)과 동일할 수 있어서 고정 클램핑 스테이션(12 및 14)은 동일한 컴포넌트를 가질 수 있다. 인열 분석 디바이스(10)는 또한 로봇식 클램프(18)와 같은 가동 클램프를 조작할 수 있는 인열 테스트 로봇(16)을 포함할 수 있다.

[0014] 도 2는 고정 클램핑 스테이션(12 및 14)이 동일한 구조인 본 개시의 실시예에 따른 고정 클램핑 스테이션(12 및 14)의 3 차원 사시도를 도시한다. 고정 클램핑 스테이션(12, 14)은 각각 제 1 인열 스테이션(22) 및 제 2 인열 스테이션(24)을 수용하기 위한 베이스(base)(20)를 포함할 수 있다. 인열 스테이션(22, 24)은 동일한 구조일 수 있다. 도 1을 다시 참조하면, 네개의 인열 스테이션을 볼 수 있다. 즉, 제 1 클램핑 스테이션(12)은 2 개의 인열 스테이션 (인열 스테이션(22 및 24))을 가질 수 있고, 제 2 클램핑 스테이션(14)은 2 개의 인열 스테이션 (인열 스테이션(22 및 24))을 가질 수 있다. 설명의 명확성을 위해, 제 1 클램핑 스테이션(12)상의 단일 인열 스테이션(22)이 설명될 것이지만, 인열 분석 디바이스(10)는 인열 스테이션(22)과 동일한 구성의 4 개의 인열 스테이션 (두개의 각각의 인열 스테이션(22) 및 인열 스테이션(24))을 포함할 수 있음을 이해해야 한다. 제 2 고정 클램핑 스테이션(14)상의 인열 스테이션(22 및 24)은 후술되는 인열 스테이션(22)과 동일할 수 있음을 추가로 이해한다.

[0015] 도 2를 참조하면, 인열 스테이션(22)은 고정 클램프 그리퍼(26) 및 슬리터 블레이드(28)를 포함할 수 있다. 고정 클램프 그리퍼(26)는 상부 그리퍼 핑거(30) 및 하부 그리퍼 핑거(32)를 포함할 수 있다. 하부 그리퍼 핑거(32)와 상부 그리퍼 핑거(30)는 하부 그리퍼 핑거(32)의 상부 표면과 상부 그리퍼 핑거(30)의 바닥 표면 사이에 공간이 존재하도록 위치될 수 있다. 인열 분석 디바이스(10)의 작동 동안, 필름 시편은 하부 그리퍼 핑거(32)와 상부 그리퍼 핑거(30) 사이의 공간에 배치될 수 있다 (도 11 참조). 상부 그리퍼 핑거(30)는 상부 그리퍼 핑거(30)를 하부 그리퍼 핑거(32)와 맞물리도록 아래쪽으로 이동시키는 액추에이터(36)에 의해 작동될 수 있다. 이 위치에서, 상부 그리퍼 핑거(30)의 바닥 표면과 하부 그리퍼 핑거(32)의 상부 표면은 필름 시편이 상부 그리퍼 핑거(30)와 하부 그리퍼 핑거(32) 사이에 제자리에 단단히 홀딩되도록 필름 시편과 맞물린다. 이 위치에서, 필름 시편은 인열 테스트 동안 움직임에 대하여 홀딩된다. 후술할 바와 같이, 필름 시편의 테스트가 완료된 후, 필름 시편이 그리퍼 핑거(30 및 32) 사이에서 더 이상 제자리에 홀딩되지 않도록 상부 그리퍼 핑거(30) 및 하부 그리퍼 핑거(32)는 도 2의 위치로 이동될 수 있다.

[0016] 도 2의 실시예가 하부 그리퍼 핑거(32)와 맞물리도록 아래로 이동하는 상부 그리퍼 핑거(30)의 작동으로 설명되었지만, 그리퍼 핑거(30 및 32) 중 하나 또는 둘 모두가 필름 시편을 홀딩하도록 이동될 수 있는 것으로 이해된다. 예를 들어, 하부 그리퍼 핑거(32)는 정지될 수 있다. 상부 그리퍼 핑거(30)는 상하 방향으로 직선 이동 가능할 수 있다. 대안적으로, 하부 그리퍼 핑거(32)는 이동 가능할 수 있고, 상부 그리퍼 핑거(30)는 정지될 수 있거나 또는 그리퍼 핑거(30 및 32) 둘 모두가 이동 가능할 수 있다. 인열 테스트 동안 필름을 제자리에 고정시킬 수 있는 대안 디바이스가 또한 고려될 수 있다.

[0017] 도 3은 대략 도 2에 도시된 것과 반대측으로부터의 고정 클램프 스테이션(12 및 14)의 3 차원 사시도를 도시한다. 이 관점에서, 슬리터 블레이드(28) 및 인열 스테이션(22)의 중공 공간(hollow space)(34)을 볼 수 있다. 중공 공간(34)은 인열 테스트 절차 동안 로봇식 클램프(18)를 수용할 수 있다. 인열 스테이션(22) (및 인열 스테이션(24))은 고정 클램프 그리퍼(26) 및/또는 슬리터 블레이드(28)를 작동시키기 위한 액추에이터(36)를 포함할 수 있다. 액추에이터(36)는 공압 액추에이터일 수 있다. 대안적으로, 액추에이터(36)는 유압, 전기, 기계, 자기, 열 또는 다른 공지된 작동 디바이스일 수 있다. 고정 클램프 그리퍼(26)는 전술한 바와 같이 개방 위치 (도 2)와 폐쇄 위치 (도시되지 않음) 사이에서 작동될 수 있는 상부 그리퍼 핑거(30) 및 하부 그리퍼 핑거(32)

를 가질 수 있다. 이러한 고정 클램프 그리퍼(26)의 일례는 Schunk MPG50 그리퍼일 수 있다. 슬리터 블레이드(28)는 슬리터 블레이드 액추에이터(38)를 가질 수 있다. 슬리터 블레이드 액추에이터(38)는 슬리터 블레이드(28)를 작동시켜 인열 전파의 개시를 허용하도록 필름 시편을 절단할 수 있다. 슬리터 블레이드 액추에이터(38)는 퇴피된(retracted) (도시되지 않음) 및 연장된 위치(도면들 2 및 3) 사이에서 슬리터 블레이드(28)를 작동시킬 수 있다. 퇴피된 위치에서, 슬리터 블레이드(28)는 하부 그리퍼 핑거(32)의 상부 표면을 지나 연장되지 않을 수 있다. 연장된 위치에서, 슬리터 블레이드(28)는 하부 그리퍼 핑거(32)의 상부 표면을 지나 위쪽으로 연장되어, 전술한 방식으로 하부 그리퍼 핑거(32)와 상부 그리퍼 핑거(30) 사이에 파지된 필름 시편으로 절단을 개시할 수 있다. 슬리터 블레이드 액추에이터(38)는 고정 클램프 스테이션(12 또는 14)의 수직 축을 따라 선형 방향으로 공압식으로 작동될 수 있다. 슬리터 블레이드 액추에이터(38)는 대안적으로 유압, 전기, 기계, 자기, 열 또는 다른 공지된 작동 디바이스일 수 있다. 슬리터 블레이드(28)가 고정 클램핑 스테이션(12, 14)에 결합된 것으로 기술되고 도시 되어 있지만, 슬리터 블레이드(28)는 고정 클램프 그리퍼(26) 사이에서 슬리터 블레이드를 위치시키는 다른 컴포넌트 상에 제공될 수 있음이 이해된다.

[0018] 도 4는 고정 클램핑 스테이션(12 및 14)의 일부의 3 차원 사시도를 도시한다. 고정 클램핑 스테이션(12) (및 고정 클램핑 스테이션(14))의 인열 스테이션(22) (및 인열 스테이션(24))은 로드 셀(load cell)(40)을 포함할 수 있다. 로드 셀(40)의 바닥 부분은 고정 클램핑 스테이션(12)의 베이스(20)에 장착될 수 있다. 로드 셀(40)의 상부는 하부 그리퍼 핑거(32)의 바닥 표면에 장착될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 로드 셀(40)은 고정 클램프 그리퍼(26)와 베이스(20) 사이의 유일한 지지점(하부 그리퍼 핑거(32)의 바닥 표면을 통한)일 수 있다. 이러한 배열은 로드 셀(40)이 인열력을 정확하게 측정할 수 있게 한다. 즉, 고정 클램프 그리퍼(26)는 필름 시편의 인열 동안 로드 셀(40)에 대한 인장 작용을 부여할 수 있고, 따라서, 로드 셀(40)은 인장력을 측정한다. 로드 셀(40)은 6 축 로드 셀과 같은 다축 로드 셀 또는 단일 축 로드 셀을 포함할 수 있다. 예시적인 6 축 로드 셀은 ATI Industrial Automation FT17900, Nano 25 센서일 수 있다. 예시적인 단일 축 로드 셀은 PCB Piezotronics ICP Force Sensor, 모델 208C02 일 수 있다. 로드 셀(40)이 고정된 클램핑 스테이션(12 및 14)에 기술되고 도시되어 있지만, 로드 셀(40)은 그리퍼 핑거(46, 48)와 같은 로봇식 클램프(18)의 일부에 결합될 수 있는 것으로 이해된다 (도 6).

[0019] 전술한 설명으로부터 알 수 있는 바와 같이, 각각의 고정 클램핑 스테이션(12 및 14)은 그것들의 개별 고정 클램프 그리퍼(26)로 2 개의 시편을 홀딩할 수 있다. 즉, 고정 클램핑 스테이션(12)의 인열 스테이션(22)은 제 1 시편을 홀딩할 수 있고, 고정 클램핑 스테이션(12)의 인열 스테이션(24)은 제 2 시편을 홀딩할 수 있다. 고정 클램핑 스테이션(14)의 인열 스테이션(22)은 제 3 시편을 홀딩할 수 있고 고정 클램핑 스테이션(14)의 인열 스테이션(24)은 제 4 시편을 홀딩할 수 있다. 따라서, 도 1에 도시된 실시예는 4 개의 필름 시편의 테스트를 수용할 수 있지만, 상이한 실시예에서 상이한 수량이 가능하다. 필름 시편은 임의의 치수일 수 있으며, 예를 들어 각각의 테스트 시편은 3" x 3"(76mm x 76mm) 시편일 수 있다. 시편은 더 큰 6" x 6"(152mm x 152mm) 필름 샘플로부터 절단될 수 있다. 필름 시편은 본 출원에 기재된 바와 같은 중합체 필름, 접착제, 플라크, 카펫 섬유, 부직 섬유 등과 같은 다른 중합체 재료, 또는 종이, 천, 포일 등과 같은 비중합체 샘플일 수 있다.

[0020] 도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 인열 테스트 로봇(16)의 3 차원 사시도를 도시한다. 인열 테스트 로봇(16)은 X-Y 평면에서, 수직 Z 방향으로 이동하고, Z 축에 대해 회전할 수 있는 4 축 로봇일 수 있다. 일 실시예에 따르면, 인열 테스트 로봇(16)은 Epson SCARA 로봇 모델 G10-854S 일 수 있다. 인열 테스트 로봇(16)은 필름 시편의 인열을 수용하기 위해 적어도 X-Y 평면 내에서 이동할 수 있는 임의의 로봇일 수 있다. 로봇은 다양한 방향, 예를 들어, 각도, 직선, 수직, 수평 및 원형으로 재료 시편을 인열하도록 프로그래밍될 수 있는 임의의 로봇일 수 있다. 일 실시예에서, 로봇은 시편을 수직 방향으로 인열하도록 프로그래밍되고 로봇에 대한 모션 파라미터는 최대 선형 속도 1325 mm/s(4.4 ft/s) 및 가속도 10000mm/s²(32.8 ft/s²)로 설정된다.

[0021] 도 6은 로봇식 클램프(18)의 3 차원 사시도를 도시한다. 로봇식 클램프(18)는 커넥터(42)를 통해 인열 테스트 로봇(16)에 연결될 수 있다. 커넥터(42)는 인열 테스트 로봇(16)의 샤프트(68) (도 5)가 원통형 커넥터(42)의 개구 내에 위치될 수 있도록 원통형일 수 있다. 개구에 일단 삽입되면, 커넥터(42)에 파스너가 제공되어 커넥터(42)를 인열 테스트 로봇(16)의 샤프트(68)에 고정시킬 수 있다. 로봇식 클램프(18)를 인열 테스트 로봇(16)에 부착시키기 위한 다른 구성도 가능하다.

[0022] 도 6을 계속 참조하면, 로봇식 클램프(18)는 그리퍼 클램프(44)를 포함할 수 있다. 그리퍼 클램프(44)는 상부 그리퍼 핑거(46) 및 하부 그리퍼 핑거(48)를 포함할 수 있다. 상부 그리퍼 핑거(46) 및 하부 그리퍼 핑거(48)는 인열 테스트 동안 샘플을 홀딩할 수 있다 (도 12). 그리퍼 핑거(46, 48)는 개방 위치 (도 6)와 폐쇄 위치 (도시

되지 않음) 사이에서 선형으로 이동하도록 작동될 수 있다. 액추에이터는 공압, 유압, 기계, 전기, 자기, 열 또는 다른 공지된 작동 디바이스일 수 있다. 작동시, 시편은 전술한 방식으로 인열 스테이션(22) (또는 인열 스테이션(24))에 파지된다. 도 6의 개방 위치에서 로봇식 클램프(18)는 필름 시편이 상부 그리퍼 핑거(46)와 하부 그리퍼 핑거(48) 사이에 위치되도록 중공 공간(34) (도 4)으로 이동된다. 그리퍼 클램프(44)는 상부 그리퍼 핑거(46)와 하부 그리퍼 핑거(48)가 서로를 향해 선형으로 이동하여 필름 시편과 맞물리도록 작동된다. 이 폐쇄 위치에서, 상부 그리퍼 핑거(46) 및 하부 그리퍼 핑거(48)는 인열 스테이션(22)의 상부 그리퍼 핑거(30) 및 하부 그리퍼 핑거(32)에 의해 맞물린 부분에 인접한 부분에서 필름 시편에 각각 맞물린다. 인열 테스트 동안, 로봇식 클램프(18)는 원하는 방향으로 이동하고 그리퍼 핑거(46, 48)가 필름 시편에 부여되어 있기 때문에 시편의 이 부분은 고정 클램핑 스테이션(12)의 핑거(30, 32)에 홀딩되는 시편의 부분으로부터 당겨진다. 후술하는 바와 같이, 필름 시편의 테스트가 완료되고 시편이 폐기 컨테이너로 이동된 후, 상부 그리퍼 핑거(46) 및 하부 그리퍼 핑거(48)는 필름 시편이 그리퍼 핑거(46 및 48) 사이에 더 이상 제자리에 홀딩되지 않도록 도 6의 위치로 이동될 수 있다.

[0023] 도 6의 실시예가 상부 그리퍼 핑거(46)와 하부 그리퍼 핑거(48)가 서로를 향해 이동하는 것으로 설명되었지만, 그리퍼 핑거(46 및 48) 중 하나 또는 둘 모두가 필름 시편을 홀딩하도록 이동될 수 있는 것으로 이해된다. 예를 들어, 하부 그리퍼 핑거(48)는 정지될 수 있다. 상부 그리퍼 핑거(46)는 상하 방향으로 선형으로 이동 가능할 수 있다. 대안적으로, 하부 그리퍼 핑거(48)는 이동 가능할 수 있고, 상부 그리퍼 핑거(46)는 정지될 수 있거나 또는 그리퍼 핑거(46 및 48) 둘 모두가 이동 가능할 수 있다. 인열 테스트 동안 필름 조각을 제자리에 파지시킬 수 있는 대체 디바이스도 고려될 수 있다.

[0024] 계속 도 6을 참조하면, 로봇식 클램프(18)는 테스트 후 인열 시편의 수집 및 분배를 위한 진공 컵(50)을 포함할 수 있다. 2 개의 진공 컵(50)이 도시되어 있지만, 시편을 수집 및 분배하기 위해 임의의 수의 진공 컵이 사용될 수 있다.

[0025] 도 9를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 재료 홀더 시스템(56)이 도시되어 있다. 재료 홀더 시스템(56)은 더 작은 시편으로 절단되기 전후에 필름 샘플을 홀딩 및 이동 시키도록 구성된다. 일 실시예에서, 재료 홀더 시스템은 진공 흡착을 통해 필름을 홀딩하도록 구성된 진공 흡착 시스템(70)을 포함한다. 일 실시예에서, 진공 흡착 시스템(70)은 4 개의 진공 컵(72) 세트를 포함한다. 각각의 세트는 4 개의 진공 컵(72)을 포함할 수 있다. 이는 재료 홀더 시스템(56)이 치수 6" x 6"(152mm X 152mm)의 단일 필름 샘플 또는 크기 3" x 3"(76mm X 76mm)의 4 개의 절단 필름 시편을 취급할 수 있게 한다. 당업자는 6" x 6"(152mm x 152mm) 필름 샘플이 재료 홀더 시스템(56)에 의해 취급될 때, 모든 16 개의 진공 컵(72)이 필름을 홀딩 및 이동시키기 위해 사용될 수 있음을 인식할 것이다. 크기 3" x 3"의 4 개의 필름 시편이 재료 홀더 시스템(56)에 의해 취급될 때, 4 개의 진공 컵(72)의 각각의 세트는 각각의 필름 시편을 홀딩하고 이동시킬 수 있다. 재료 홀더 시스템(56)은 4 개의 시편을 동시에 홀딩 및 이동시킬 수 있다. 비록 16 개의 진공 컵(72)이 설명되고 도시되어 있지만, 테스트 프로세스를 통해 필름을 홀딩 및 이동시키기 위해 임의의 수의 흡착 컵이 사용될 수 있다. 추가적으로, 비록 6 "× 6" 크기(152mm X 152mm)의 정사각형 필름 샘플이 본 출원에 설명되었지만, 다른 형상과 크기의 샘플이 사용될 수 있다. 마찬가지로, 필름 샘플이 3" x 3"(76mm x 76mm) 크기의 4 개의 정사각형 시편으로 절단되는 것으로 본 출원에 기술되어 있지만, 다른 형상, 크기 및 수량의 절단된 시편이 사용될 수 있다.

[0026] 이해되는 바와 같이, 흡착 컵이 필름을 홀딩하기 위해 사용되는 것으로 본 출원에 설명되어 있지만, 재료의 유형에 따라 필름을 홀딩하기 위해 다른 메커니즘 또는 시스템이 사용될 수도 있다. 예를 들어, 흡착 컵은 다양한 플라스틱 및 중합체 재료와 같은 비 다공성 및 비교적 가벼운 샘플을 홀딩하기에 적합할 수 있다. 따라서, 예를 들어 다공성 재료가 사용되는 경우, 흡착 컵은 자석 또는 다른 유형의 그리퍼와 같은 다른 홀딩 메커니즘으로 대체될 수 있다.

[0027] 도 7은 본 개시의 실시예에 따른 인열 분석 디바이스(10)를 사용할 수 있는 인열 테스트 시스템(52)의 개략도를 도시한다. 작동 동안에, 인열 테스트 시스템(52)은 이하의 단계를 수행할 수 있다 :

[0028] (a) 재료 홀더 시스템(56)을 사용하는 로봇 시스템(54)과 같은 가동 시스템에 의해 필름 샘플을 픽업하는 단계,

[0029] (b) 두께 측정 시스템(58)을 사용하여 필름 샘플의 두께를 측정하는 단계,

[0030] (c) 시편 커터(60)를 사용하여 6" x 6"(152mm x 152mm) 정사각형으로부터 4 개의 3" x 3"(76mm x 76mm) 필름 시편으로 필름 샘플을 절단하는 단계,

[0031] (d) 4 개의 3" x 3" (76mm x 76mm) 시편을 인열 분석 디바이스(10)에 배치하는 단계, 및

- [0032] (e) 4 개의 3" x 3" (76mm x 76mm) 시편을 인열시키고 테스트된 시편을 폐기하는 단계.
- [0033] (f) 옵션으로, 시스템은 재료 이미지 분석기 시스템(62)을 사용하여 시편의 재료 이미지 분석을 수행할 수 있다.
- [0034] 단계 (a)와 관련하여, 6" x 6"(152mm x 152mm) 필름 샘플은 이송 시스템을 통해 작업 표면(64)으로 이송된다. 샘플은 결과 테스트 데이터를 샘플과 연관시키기 위한 샘플 식별 예를 들어, 라이브러리 ID 및/또는 파일 명명 규칙을 가질 수 있다. 인열 테스트 시스템(52)은 전달 시스템을 포함할 수 있다. 전달 시스템은 인열 테스트 시스템(52)으로 테스트하기 위해 샘플을 작업 표면(64)으로 전달하는 트레이(tray)를 포함할 수 있다. 전달 시스템은 로봇 시스템(54) 및 재료 홀더 시스템(56)이 트레이로부터 필름 샘플을 회수하고 본 출원에 기술된 테스트 절차의 단계를 진행할 수 있는 인열 테스트 시스템(52) 전방 위치로 필름 샘플을 전달할 수 있다.
- [0035] 단계 (b)와 관련하여, 로봇 시스템(54)은 필름 샘플을 홀딩하는 재료 홀더 시스템(56)을 두께 측정 시스템(58)으로 이동시킬 수 있다. 두께 측정 시스템(58)은 필름 샘플의 두께를 측정하기 위해 컨택 표면을 갖는 센서를 포함할 수 있다. 샘플이 6" x 6"(152mm x 152mm) 샘플에서 4 개의 3" x 3"(76mm x 76mm) 시편으로 절단 될 수 있으므로, 두께 측정 시스템(58)은 4 개의 별개 면적에서 6" x 6" (152 mm x 152 mm) 필름 샘플의 두께를 측정하기 위해 4 개의 센서 및 각각의 컨택 표면을 가질 수 있다. 이러한 방식으로, 4 개의 3" x 3"(76mm x 76mm) 시편 각각의 두께는 샘플의 절단 전에 측정될 수 있다. 두께 측정 시스템(58)은 고정밀 디지털 컨택 센서를 포함할 수 있다. 센서는 Keyence Company의 Keyence GT2 시리즈일 수 있다. 대안적인 실시예에 따르면, 두께 측정 시스템(58)은 절단 후 각각의 개별 필름 시편의 두께를 측정하도록 구성될 수 있다.
- [0036] 단계 (c)로 계속하여, 로봇 시스템(54)은 필름 샘플을 홀딩하는 재료 홀더 시스템(56)을 두께 측정 시스템(58)에서 시편 커터(60)로 이동시킨다. 시편 커터(60)는 필름을 더 작은 크기로 절단한다. 예를 들어, 시편 커터는 6" x 6"(152mm x 152mm) 필름 샘플을 3" x 3"(76mm x 76mm) 크기의 4 개의 시편으로 절단할 수 있다. 시편 커터(60)는 서로 직각으로 위치한 선형 모터와 같은 제 1 및 제 2 선형 액추에이터를 포함할 수 있지만, 다른 각도 관계가 제공될 수 있다. 각각의 모터는 블레이드를 구동시킬 수 있다. 일례로, 선형 모터는 블레이드를 1m/s 에서 4m/s(3.3ft/s 내지 13.1ft/s)로 이동시킨다. 제 1 선형 모터는 필름 샘플을 처음 절단하기 위해 제 1 블레이드를 구동시킬 수 있다. 제 1 블레이드의 절단이 완료되고 해당 경로를 벗어난 후, 제 2 선형 모터는 제 2 블레이드를 구동하여 필름 샘플을 통해 예를 들어, 제 1 절단에 수직인 제 2 절단을 수행할 수 있다. 이로 인해 필름 샘플이 4 개의 작은 시편으로 절단된다. 4 개의 시편은 재료 홀더 시스템(56)의 진공 컵(72)으로 파지되고, 로봇 시스템(54)은 시편을 재료 이미지 분석기 시스템(62)으로 이동시킨다.
- [0037] 도 8을 참조하면, 단계 (d)에서, 로봇 시스템(54)은 재료 홀더 시스템(56) 및 이에 의해 홀딩된 4 개의 시편을 인열 분석 디바이스(10)의 제 1 및 제 2 고정 클램프 스테이션(12, 14)으로 이동시킨다. 로봇 시스템(54)은 제 1 고정 클램프 스테이션(12)의 두 인열 스테이션(22 및 24) 상에서 고정 클램프 그리퍼(26)의 그리퍼 핑거(30 및 32) 사이에 3" x 3"(76mm x 76mm) 시편 중 2 개를 위치시킨다 (도 10). 액추에이터(36)는 도 2 내지도 4와 관련하여 설명된 바와 같이 그리퍼 핑거(30 및 32) 사이에 2 개의 시편을 홀딩하도록 작동된다. 진공 컵(72)은 처음 2 개의 시편으로부터 방출된다. 도 11은 제 1 클램핑 스테이션(12)으로 전달된 처음 2 개의 필름 시편을 도시한다. 도 11은 명확성을 위해 개방 위치에 있는 그리퍼 핑거(30 및 32)를 도시하지만, 프로세스의 이 지점에서 그리퍼 핑거(30 및 32)는 폐쇄되어 필름 시편을 고정할 것임을 이해할 것이다.
- [0038] 로봇 시스템(54) 및 재료 홀더 시스템(56)은 그런 다음 제 1 고정 클램프 스테이션(12) 반대편에 위치한 제 2 고정 클램프 스테이션(14)의 두 인열 스테이션(22 및 24) 상의 그리퍼 핑거(30 및 32) 사이에 3" x 3"(76mm x 76mm) 시편 중 나머지 2 개를 위치시킨다 (도 10 및 11과 유사). 액추에이터(36)는 도 2 내지 도 4와 관련하여 설명된 바와 같이, 제 2 고정 클램프 스테이션(14)의 그리퍼 핑거(30 및 32) 사이에 나머지 2 개의 시편을 홀딩하도록 작동된다. 진공 컵(72)은 나머지 2 개의 시편으로부터 방출된다. 로봇 시스템(54)은 재료 홀더 시스템(56)을 제 2 고정 클램프 스테이션(14) 으로부터 멀어지게 이동시킨다.
- [0039] 이 시점에서, 로봇 시스템(54)은 4 개의 시편 모두를 인열 분석 디바이스(10)에 전달했다. 로봇 시스템(54)은 이제 이송 시스템으로부터 다른 절단되지 않은 필름 샘플을 회수하고, 인열 테스트 로봇(16)이 처음 네 개의 시편에 대한 테스트 단계 (f)를 수행하는 동안 단계 (a) 내지 (e)를 다시 시작할 수 있다. 로봇 시스템(54) 및 인열 테스트 로봇(16)의 이러한 동시 또는 실질적으로 동시 작동은 높은 필름 테스트 스루풋을 허용한다.
- [0040] 단계 (e)와 관련하여, 그리고 도 12에 도시된 바와 같이, 로봇식 클램프(18)는 제 1 클램프 스테이션(12)의 인열 스테이션(22 및 24)에 의해 홀딩된 2 개의 시편에 대해 인열 테스트를 수행하기 위해 제 1 클램프 스테이션

(12)으로 이동된다. 제 1 시편은 인열 스테이션(22)의 그리퍼 핑거(30 및 32)에 의해 홀딩된다. 로봇식 클램프(18)의 그리퍼 클램프(44)는 인열 스테이션(22)에서 중공 공간(34)으로 이동된다. 그리퍼 핑거(46, 48)는 제 1 시편의 다른 부분을 파지하도록 작동된다. 도 3 및 도 12로부터, 시편의 2 개의 파지된 부분, 고정된 클램프 그리퍼(26)에 의해 파지된 부분 및 로봇식 클램프(18)의 그리퍼 클램프(44)에 의해 파지된 부분이 있음을 이해할 수 있다. 슬리터 블레이드(28)를 수용할 수 있는 2 개의 파지된 부분들 사이에 공간이 있을 수 있다는 것이 또한 이해될 수 있다.

[0041] 이제 도 13을 참조하면, 슬리터 블레이드(28)는 제 1 시편으로 슬릿을 절단하기 위해 액추에이터(38) (도 13에 도시되지 않음)에 의해 작동된다. 도 13의 도면은 로봇식 클램프(18)를 생략하고 설명의 명확성을 위해 개방 위치에서 그리퍼 핑거(30 및 32)를 도시한다. 그러나, 프로세스의 이 시점에서, 그리퍼 핑거(30, 32)는 폐쇄 위치에 있고, 로봇식 클램프(18)의 그리퍼 핑거(46, 48)는 또한 시편 주위의 폐쇄 위치에 있어서, 슬리터 블레이드(28)의 양측에 파지되는 부분이 있다는 것이 인식될 것이다. 슬릿은 전술한 2 개의 파지된 부분들 사이의 공간에서 슬리터 블레이드(28)에 의해 생성될 수 있다.

[0042] 도 14를 참조하면, 슬릿이 형성되면, 로봇식 클램프(18)는 인열 테스트 로봇(16)에 의해 상하 수직 운동으로 움직일 수 있다. 이 운동은 슬릿을 따라 인열을 전파하여 시편이 제 1 부분 및 제 2 부분으로 인열되도록 할 수 있다. 제 1 부분은 로봇식 클램프(18)의 그리퍼 클램프(44)에 의해 파지될 수 있고, 제 2 부분은 고정 클램핑 스테이션(12 및 14)의 고정된 그리퍼 클램프(26)에 의해 파지될 수 있다. 로드 셀(40)에 의한 인열 동안 힘 프로파일이 측정된다.

[0043] 로봇식 클램프(18)는 여전히 테스트된 시편의 제 1 부분을 파지하고 있을 수 있다. 로봇식 클램프(18)는 인열 테스트 동안 로봇식 클램프(18)의 상향 이동으로 인해 고정 클램프 스테이션(12)으로부터 위쪽 위치에 위치될 수도 있다. 테스트 시편의 제 1 부분을 계속 파지하기 위해, 로봇식 클램프(18)는 인열 스테이션(22)에 파지된 테스트 시편의 제 2 부분에 근접한 위치로 낮아질 수 있다. 로봇식 클램프(18)의 진공 컵(50)은 필름 시편의 제 2 부분에 부착되도록 작동될 수 있다. 고정 클램프 그리퍼(26)는 테스트된 시편의 제 2 부분이 이제 로봇식 클램프(18)에 의해 홀딩되도록 해제될 수 있다. 따라서, 로봇식 클램프(18)는 테스트된 시편의 제 1 부분 (그리퍼 핑거(46 및 48)에 의해 홀딩되는 부분) 및 테스트된 시편의 제 2 부분 (진공 컵(50)에 의해 홀딩되는 부분)을 폐기 위치로 이동시킬 수 있다.

[0044] 폐기 장소는 그리퍼 핑거 또는 진공 컵으로부터 필름을 제거하기 위해 폐기 컨테이너 및 브러시 또는 공기 퍼프(puff of air)와 같은 폐기 메커니즘을 포함할 수 있다. 그리퍼 핑거(46, 48)는 이어서 테스트된 시편의 제 1 부분이 폐기 컨테이너로 떨어지거나 폐기 메커니즘이 필름을 제거할 수 있도록 해제될 수 있다. 로봇식 클램프(18)는 진공 컵(50)으로부터 테스트된 시편의 제 2 부분을 제거하기 위해 폐기 메커니즘에 맞게 이동될 수 있다. 일단 제거되면, 테스트 시편의 제 2 부분은 폐기 컨테이너로 떨어질 수 있다.

[0045] 제 1 시편의 폐기 후, 로봇식 클램프(18)는 제 1 고정 클램프 스테이션(12)으로 복귀되고, 제 1 고정 클램프 스테이션(12)의 제 2 인열 스테이션(24)에 홀딩된 제 2 필름 시편에 대해 단계 (e)를 반복한다. 제 2 시편의 폐기 후, 로봇식 클램프(18)는 제 2 고정 클램프 스테이션(14)으로 이동하고 제 2 고정 클램프 스테이션(14)의 인열 스테이션(22 및 24)에 홀딩된 제 3 및 제 4 시편에 대한 단계 (e)의 인열 테스트 및 폐기를 반복한다.

[0046] 실시예에 따르면, 단계 (b), (c) 및 (d) 중 임의의 단계 이전에, 시편은 재료 이미지 분석기 시스템(62)을 사용하여 결함 및 불규칙성에 대해 분석될 수 있다. 테스트될 시편의 폭은 또한 재료 이미지 분석기 시스템(62)으로 또한 측정될 수 있다. 재료 이미지 분석기 시스템(62)은 편광 원리에 기초할 수 있다. 주변 광을 제거하면서, 재료 이미지 분석기 시스템(62) 내의 재료 시편을 조명하기 위해 편광 광원이 사용된다. 광이 필름 시편을 통과한 후에는 편광 필터가 장착된 카메라로 캡처된다. 완벽하게 형성된 필름 시편은 광원으로부터 편광을 산란시키지 않으므로 완전히 선명한 이미지를 생성한다. 그러나, 필름 시편의 불완전/결함은 카메라에서 검출된 광을 산란시킨다. 머신 비전 알고리즘(machine vision algorithm)은 그런 다음 중대한 결함이 있는 필름 시편을 식별하고 태깅한다.

[0047] 프로세스가 상기 순서로 설명되었지만, 순서가 변경될 수 있음이 인식될 것이다. 실시예들에 따르면, 단계들의 동작 순서는 예를 들어 시스템의 효율을 증진시키기 위해 작업 표면(64)상의 컴포넌트들의 근접성에 기초하여 선택될 수 있다.

[0048] 로봇식 클램프(18)가 3" x 3"(76mm x 76mm) 시편에서 인열을 전파하기 위해 설명되고 도시되어 있지만, 선형 모터, 다른 유형의 로봇 시스템, 및 중력 낙하 인열을 위한 데드 중량(dead weight)의 자동 피킹(picking) 및 배

치와 같은 다른 대안이 사용될 수 있다.

[0049] 로봇식 클램프(18)가 상향으로 수직 운동을 통해 인열을 전파하는 것으로 설명되었지만, 다른 대안 궤적 (trajectory)이 사용될 수 있다. 로봇식 클램프(18) (또는 다른 인열 전파 메커니즘)는 선형 궤적 (수직 및 수평) 또는 경사진, 원형 또는 스플라인(spline) 궤적에서 인열 운동을 수행하도록 프로그래밍될 수 있다. 추가적으로, 로봇식 클램프(18)의 가속도, 속도 및 이동 거리가 프로그래밍될 수 있다. 정현파 곡선 (즉, 진자의 가속 곡선)과 같은 가변 가속 운동이 프로그래밍될 수 있다. 본 개시의 실시예에는 인열을 위한 광범위한 속도 및 가속 파라미터를 허용한다. 실시예에서, 로봇식 클램프(18)의 최대 가속도는 1g (9.81m/s)로 설정될 수 있다. 그러나, 다른 가속도 또는 속도 및 가속도의 조합이 선택될 수 있다.

[0050] 더욱이, 상이한 유형의 로드 셀(40)을 사용하여 인열을 따라서의 힘 프로파일을 측정할 수 있다. 선택된 로드 셀의 유형은 로드 셀의 범위 (측정될 최대 인열 강도에 의존함), 로드 셀의 분해능 (측정의 원하는 정밀도 및 정확도에 기초함) 및 로드 셀의 힘 측정 정도 (재료 시편의 세부적인 인열 분석 요구 사항에 따라 다름)을 포함하여 여러 요인에 따라 달라질 수 있다. 6 축 로드 셀을 사용하여 6 방향 (F_x , F_y , F_z , T_x , T_y , T_z) 각각의 인열력을 측정 및 분석하거나 단축 로드 셀을 사용하여 인열 방향의 힘을 측정할 수 있다.

[0051] 인열 분석 디바이스(10) 내의 장비는 상이한 시편 치수와 함께 사용될 수 있다. 인열 장비는 ASTM D1922 표준에 지정된 치수 또는 3" x 2.5" (76.2 x 68.6 mm) 직사각형 또는 3" x 3" (76mm x 76mm) 정사각형과 같은 다른 치수에 사용될 수 있다. 인열 분석 디바이스(10)의 장비는 또한 다른 재료와 함께 사용될 수 있다. 재료는 본 출원에 기재된 바와 같은 중합체 필름일 수 있거나 또는 대안적으로, 접착제, 플라크, 카펫 섬유, 부직 섬유 등을 포함하는 중합체 샘플, 또는 종이, 천, 포일 등과 같은 비중합체 샘플일 수 있다.

[0052] 일 실시예에서, 인열 테스트 시스템(52)과 통신하는 컴퓨터 시스템(66)은 인열 분석 디바이스(10)로부터 힘 데이터를 수집 또는 획득하도록 구성된다. 컴퓨터 시스템(66)은 결과가 (예를 들어, 두께 측정 시스템, 이미지 분석기 시스템 및 인열 분석 디바이스로부터) 올바른 식별 정보를 링크하는 데이터베이스에 저장될 수 있도록 필름 샘플 또는 필름 시편의 식별과 같은 테스트 파라미터를 입력할 수 있게 하는 사용자 인터페이스를 포함한다. 또한 사용자 인터페이스를 통해 인열 거리, 속도 및 가속도와 같은 테스트 파라미터를 변경할 수 있다. 컴퓨터 시스템(66)은 로봇 시스템(54)과 인열 분석 디바이스(10) 모두를 제어할 수 있다. 로봇 시스템(54)은 메인 제어기 상에서 작동할 수 있는 반면, 인열 분석 디바이스(10)는 메인 제어기의 슬레이브로서 연결될 수 있다.

[0053] 시편의 테스트 동안, 로드 셀(40)은 고정 클램프 그리퍼(26)로부터의 시편이 당겨짐으로 인한 장력을 측정한다. 즉, 로드 셀(40)은 하부 그리퍼 핑거(32)에 대한 유일한 지지점이므로, 로드 셀(40)은 시편이 로봇식 클램프(18)에 의해 당겨질 때 고정 클램프 그리퍼(26) (하부 그리퍼 핑거(32)를 포함)에 의해 부여된 장력을 측정한다. 로드 셀(40)에 의해 측정된 장력은 필름 시편의 인열 저항과 상관된다(correlate). 로드 셀(40)은 로봇식 클램프(18)에 의해 수행되는 전체 인열 절차 동안 장력을 측정하여 힘 프로파일을 리턴한다. 로드 셀(40)은 매우 높은 주파수, 예를 들어 약 7000Hz 이상의 힘 데이터를 측정할 수 있고, 따라서, 필름의 전체 인열에 대한 상세한 힘 프로파일을 제공할 수 있다. 힘 프로파일은 피크 힘, 인열 중 수행된 작업 및 인열을 수행하는데 필요한 평균 힘을 결정하는데 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 시편은 원래 ASTM D1922 시편 (도 15)에서와 동일한 길이의 인열(1.7 ")을 가지며, 따라서 로드 셀(40)에 의해 측정된 힘은 ASTM D1922 표준과 상관될 수 있다. 실시예들에서, 로드 셀(40)이 6 축 로드 셀인 경우, 로드 셀(40)은 모든 방향으로 힘을 측정하여 인열 평면의 각도와 같은 인열 특성의 보다 상세한 분석을 제공할 수 있다. 반대로 Elmendorf 테스트는 필름을 인열하는데 필요한 평균 힘을 나타내는 단일 숫자를 생성한다. 반환된 평균 힘은 수직 방향으로 측정된 힘만 나타낸다.

[0054] 일 실시예에서, 로드 셀(40)에 의해 측정된 힘 프로파일은 필름의 인열 지속 기간에 대한 힘 대 시간의 플롯의 형태로 컴퓨터 시스템(66)에 의해 획득될 수 있다. 이 데이터에서 필름 시편을 인열하는데 필요한 피크 힘은 힘 곡선에서 최대 힘 값을 찾음으로써 계산된다 :

$$F_{peak} = \max(F)$$

[0055]

[0056] 힘 대 시간 플롯은 전체 인열에 대한 힘 곡선으로 볼 수 있다. 컴퓨터 시스템(66)은 또한 인열 지속 기간 동안 변위 곡선을 획득할 수 있다. 그런 다음 힘 대 변위 곡선이 획득되고 해석하여 인열 분석 정보를 획득할 수 있다. 필름을 인열하기 위해 수행된 작업은 이동 거리 (변위 ($x_2 - x_1$))에 걸친 힘 곡선을 적분하여 계산된다;

$$W = \int_{x1}^{x2} F(s).ds$$

[0057]

[0058]

W가 수행된 작업인 경우, F(s)는 거리의 함수로서의 힘이고, x1은 인열의 시작이며, x2는 인열의 끝이다. 평균 힘은 필름을 인열할 때 이동된 거리에 걸쳐 필름을 인열하는데 필요한 계산된 작업을 나누어서 계산된다 :

$$F_{avg} = \frac{W}{s}$$

[0059]

[0060]

여기서, 예를 들어, 인열 길이가 1.7 인치(43.2mm)인 필름 시편의 경우 s가 인열의 공칭 길이인 경우, 인열 길이의 공칭 길이는 $1.7 \times 2 = 3.4$ 인치 (86.4mm)이다. 샘플 크기에서 각각의 시편에 대한 피크 힘과 평균 힘이 계산되며 통계 파라미터 평균과 표준 편차는 샘플 크기로부터 계산된다. 각각의 힘에 대한 정규화된 값은 밀 (mil) 두께 당 힘으로 계산된다.

[0061]

본 개시의 이점을 가진 사람은 본 출원에서 설명된 실시예가 전동 및/또는 자동화된 장비를 사용하여 인열이 수행될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 본 개시 내용의 실시예는 샘플의 로딩 및 폐기를 포함하여 인열 강도 측정이 완전히 자동화되도록 할 수 있다. 자동화된 전동 절차를 사용하면 동일하거나 유사한 셋업 및/또는 장비가 광범위한 중합체 필름 및 기타 비중합체 샘플에 사용되는 것을 허용할 수 있다. Elmendorf 테스트에서와 같이 다양한 인열 강도를 가진 다양한 샘플의 중량 변화는 없다. 추가적으로, 인열 궤적은 동일한 셋업으로 정의될 수 있다. 즉, 본 개시는 동일한 장비가 스플라인, 원형 또는 수평 인열과 같은 상이한 인열 궤적을 수행하는데 사용될 수 있게 한다. 이는 예를 들어 Elmendorf와 Trouser Test를 모두 수행하기 위해 동일한 장비를 사용할 수 있음을 의미한다.

[0062]

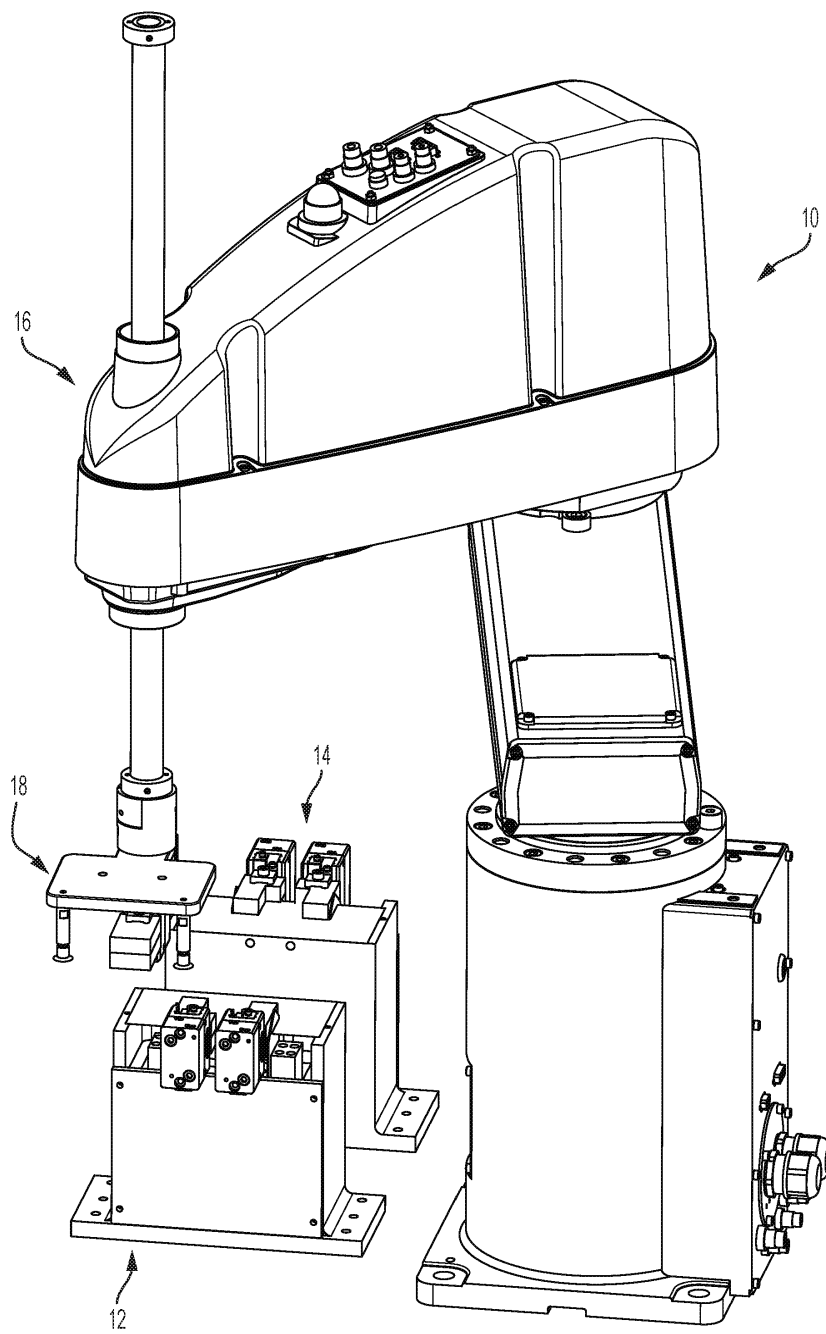
용어 "컴퓨터 시스템"은 본 출원에서 임의의 데이터 처리 시스템 또는 처리 유닛 또는 유닛들을 포함하도록 사용된다. 컴퓨터 시스템은 하나 이상의 프로세서 또는 처리 유닛을 포함할 수 있다. 컴퓨터 시스템은 또한 분산 컴퓨팅 시스템일 수 있다. 컴퓨터 시스템은 예를 들어 데스크탑 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, PDA, 태블릿, 스마트 폰 등과 같은 핸드 헬드 컴퓨팅 디바이스를 포함할 수 있다. 컴퓨터 프로그램 제품 또는 제품들은 위 단락에 설명된 기능 또는 동작을 수행하기 위해 컴퓨터 시스템 상에서 실행될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 제품은 전술한 기능 또는 동작을 수행하기 위해 컴퓨터 시스템을 프로그래밍하는데 사용되는 명령을 갖는 컴퓨터 판독 가능 매체 또는 저장 매체 또는 매체들을 포함한다. 적합한 저장 매체 또는 매체들의 예는 플로피 디스크, 광 디스크, DVD, CD ROM, 자기 광 디스크, RAM, EPROM, EEPROM, 자기 또는 광 카드, 하드 디스크, 플래시 카드 (예를 들어, USB 플래시 카드), PCMCIA 메모리 카드, 스마트 카드 또는 다른 매체를 포함하는 임의의 유형의 디스크를 포함한다. 대안적으로, 일부 또는 전체 컴퓨터 프로그램 제품은 인터넷, ATM 네트워크, 광역 네트워크 (WAN) 또는 근거리 네트워크와 같은 네트워크를 통해 원격 컴퓨터 또는 서버로부터 다운로드될 수 있다.

[0063]

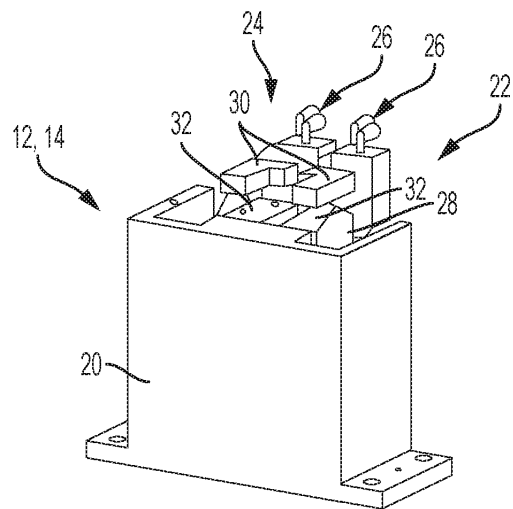
하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 매체에 저장되어 있는 프로그램은 범용 또는 특수화된 컴퓨터 시스템 또는 프로세서를 제어하기 위한 소프트웨어를 포함할 수 있다. 소프트웨어는 또한 컴퓨터 시스템 또는 프로세서가 그래픽 사용자 인터페이스, 헤드 마운트 디스플레이 (HMD) 등과 같은 출력 디바이스를 통해 사용자와 상호 작용할 수 있게 한다. 소프트웨어는 또한 디바이스 드라이버, 운영 체제 및 사용자 애플리케이션을 포함할 수 있으나 이에 한정되지는 않는다. 대안적으로, 컴퓨터에 구현된 컴퓨터 프로그램 제품 (들) (예를 들어, 소프트웨어 제품)으로서 상기 설명된 방법들을 구현하는 것 대신에 또는 그에 부가하여, 상기 설명된 방법은 예를 들어 애플리케이션 특정 집적 회로 (ASIC) 또는 그래픽 프로세싱 유닛 또는 유닛들(GPU)은 본 개시의 방법, 방법들, 기능 또는 동작을 구현하도록 디자인될 수 있다.

도면

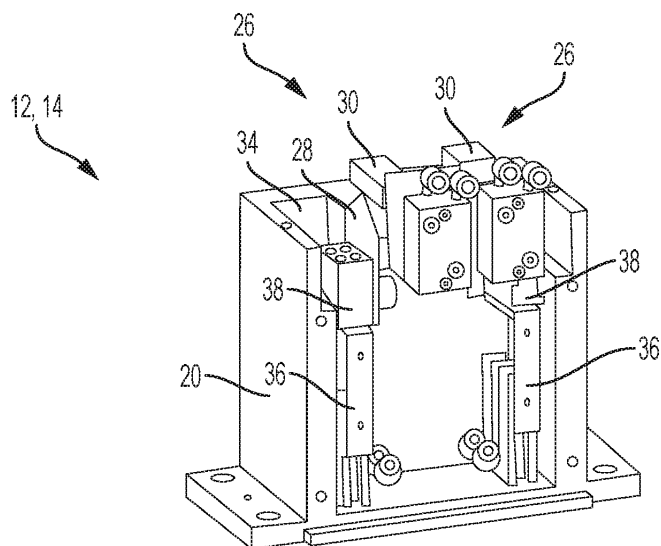
도면1



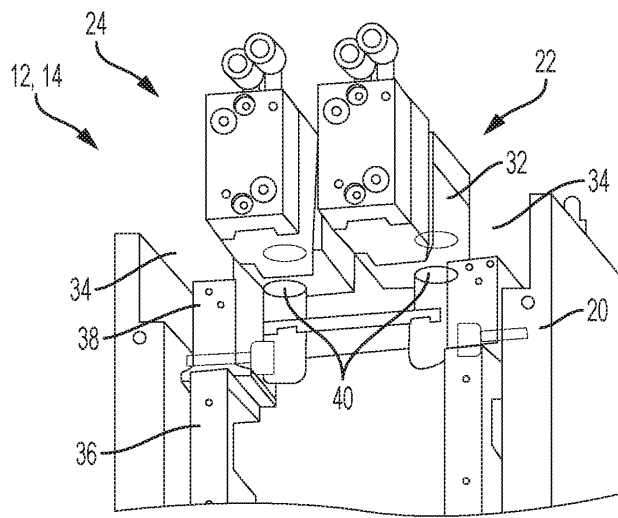
도면2



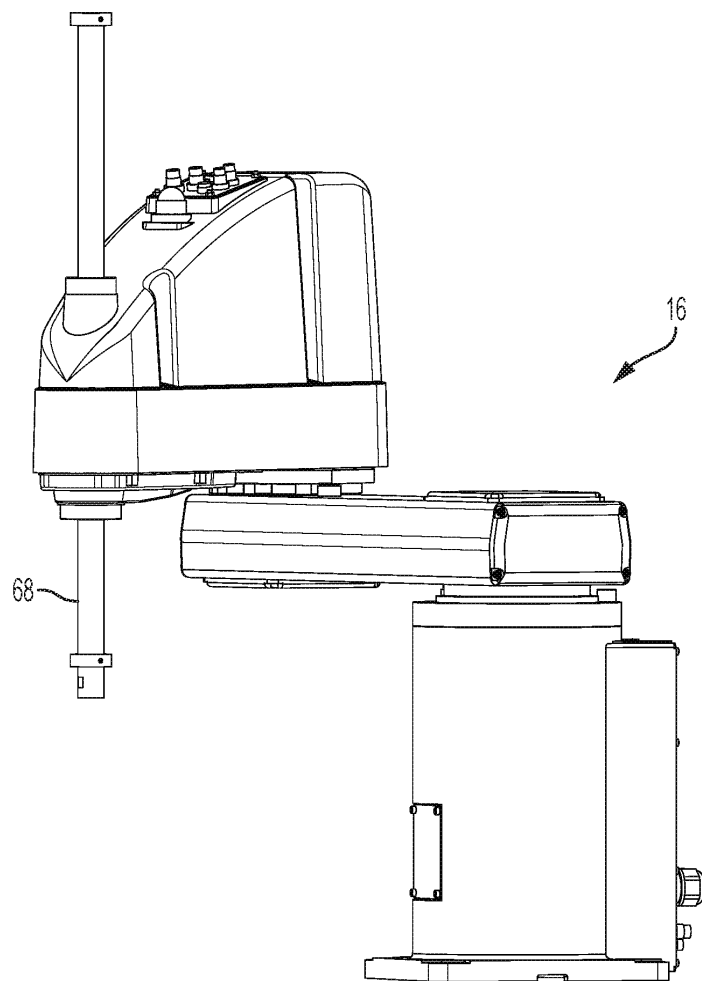
도면3



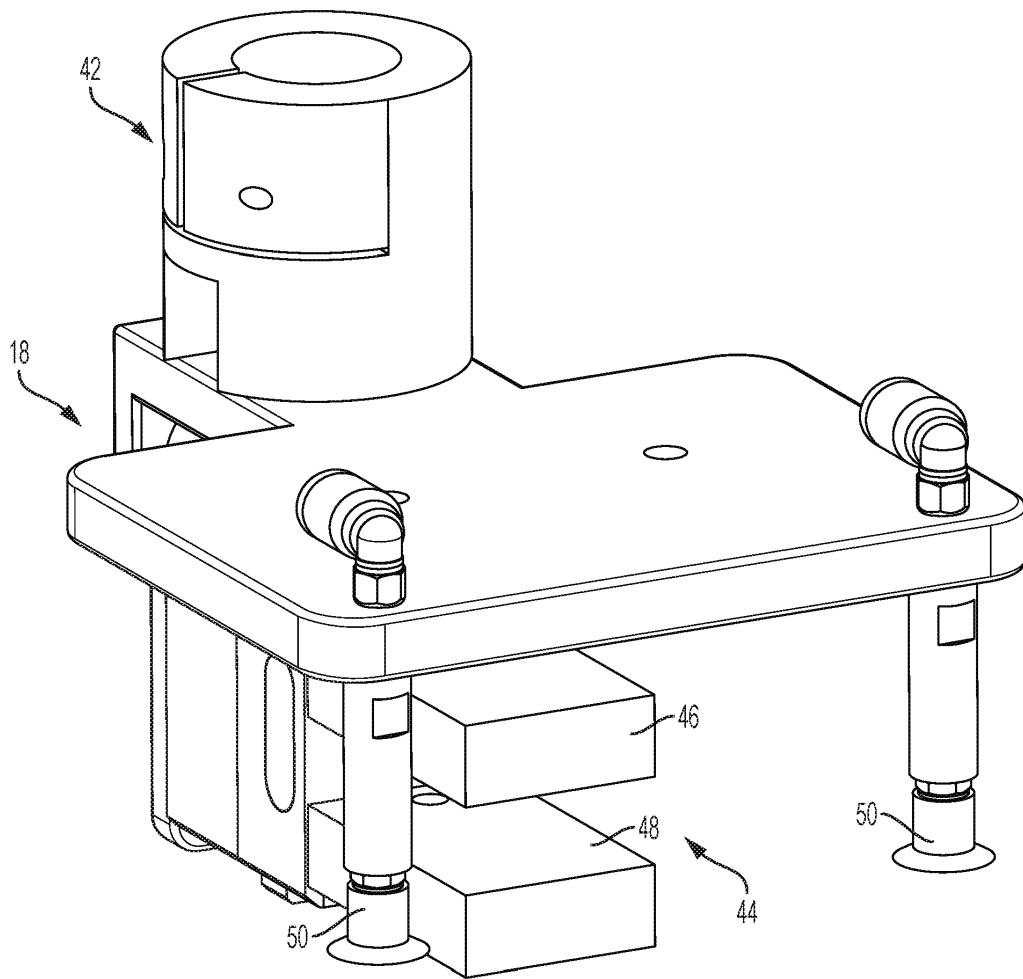
도면4



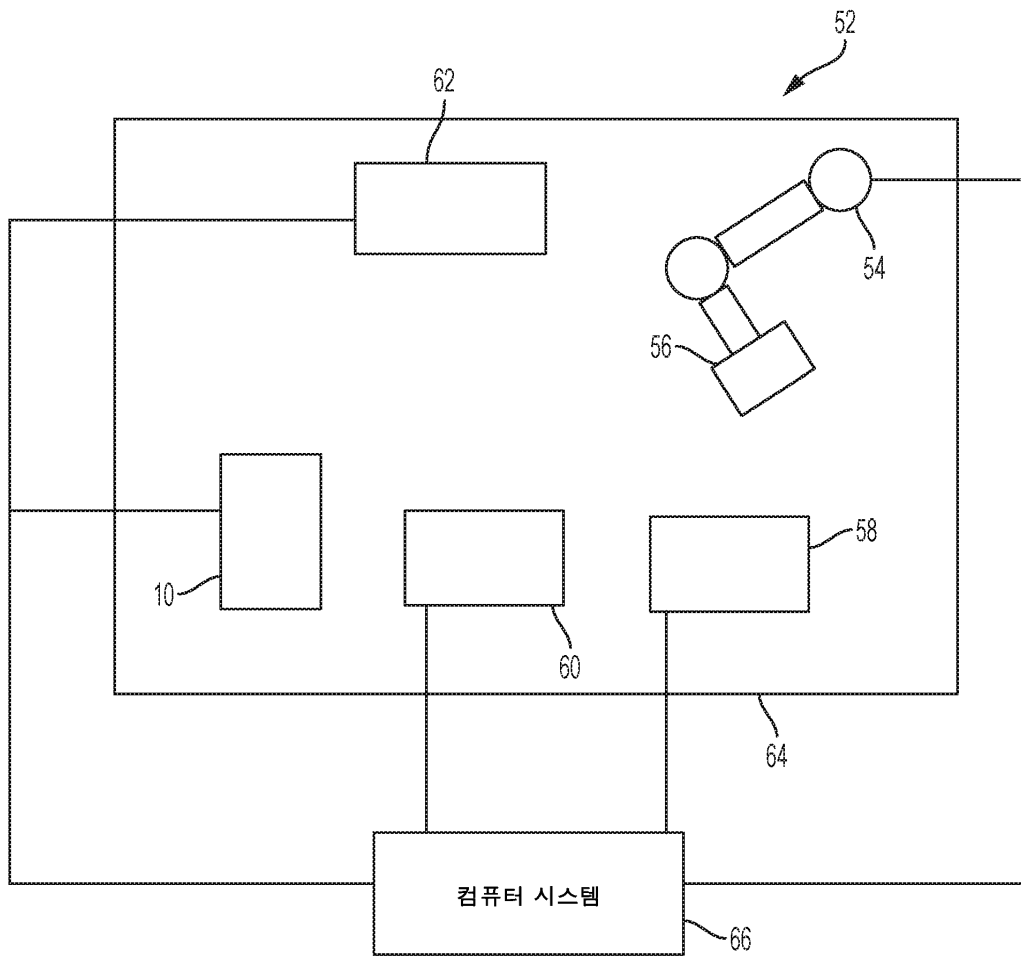
도면5



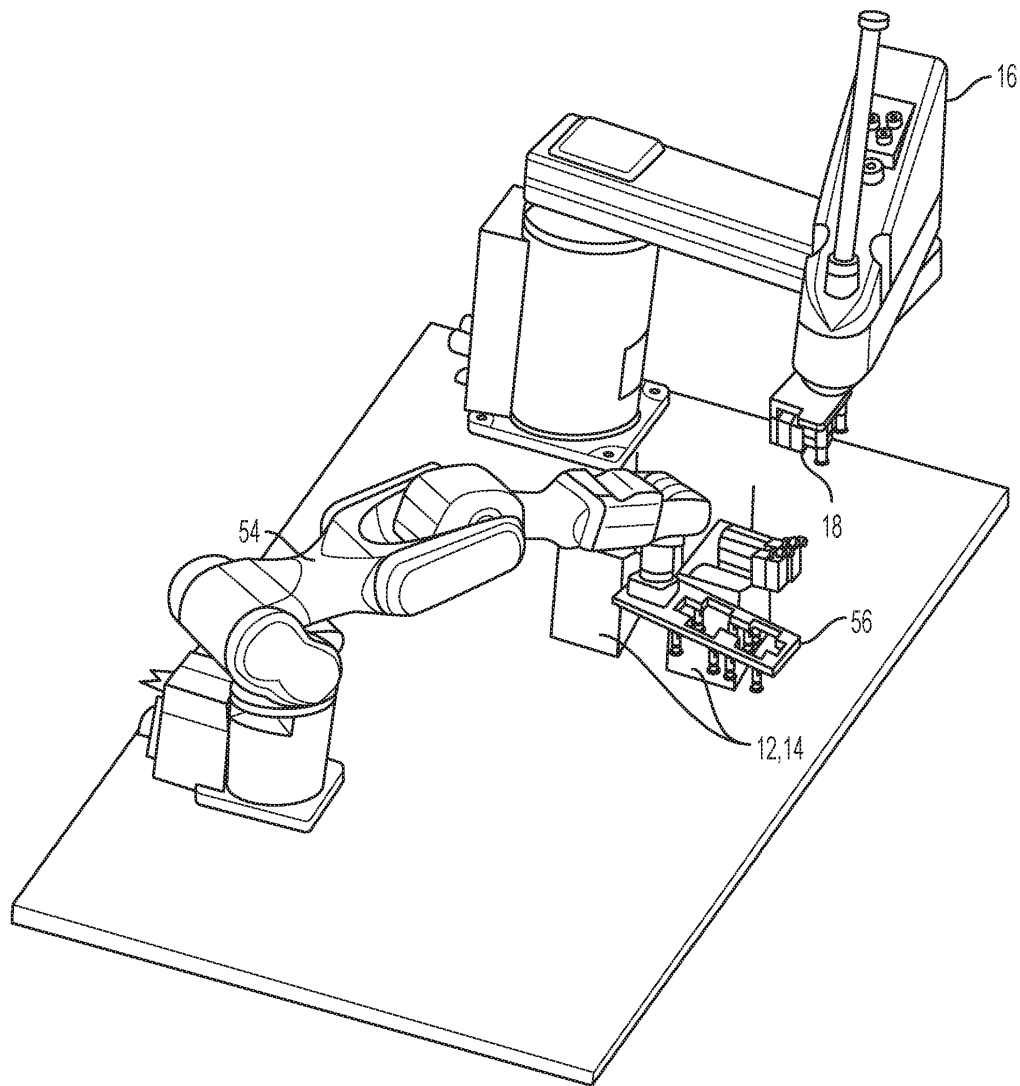
도면6



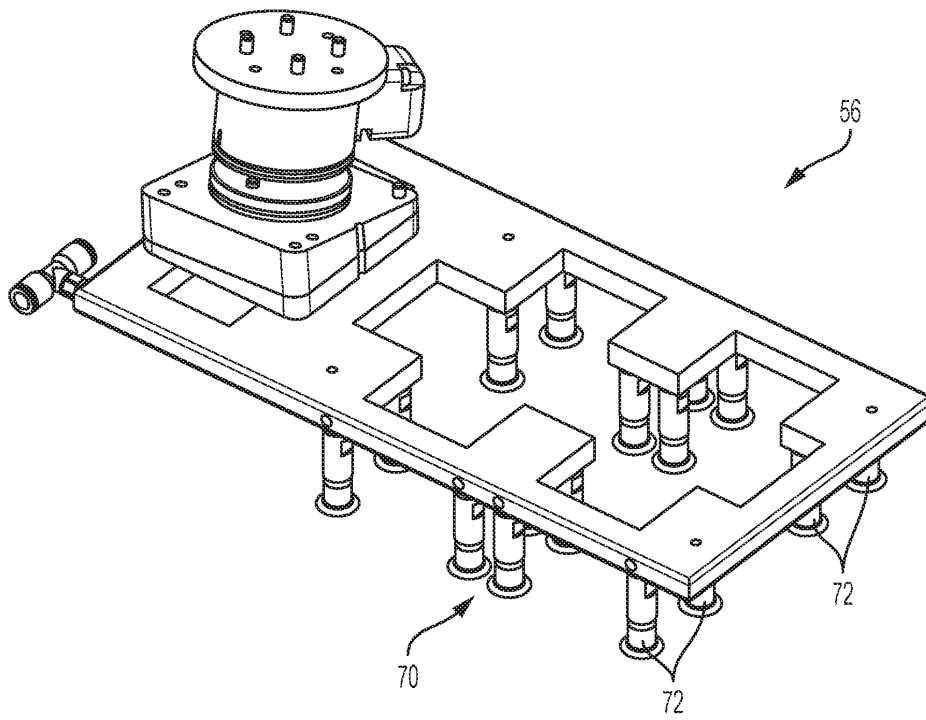
도면7



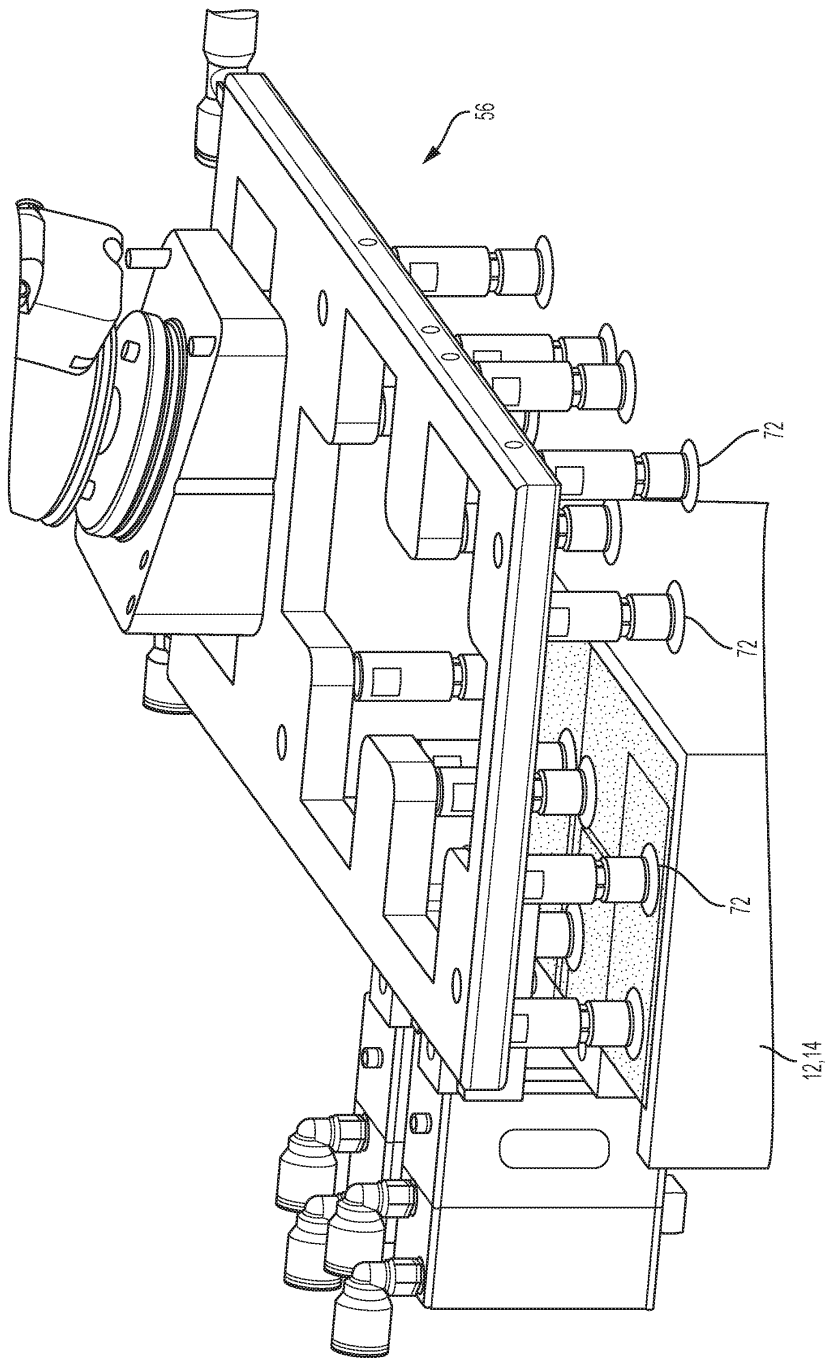
도면8



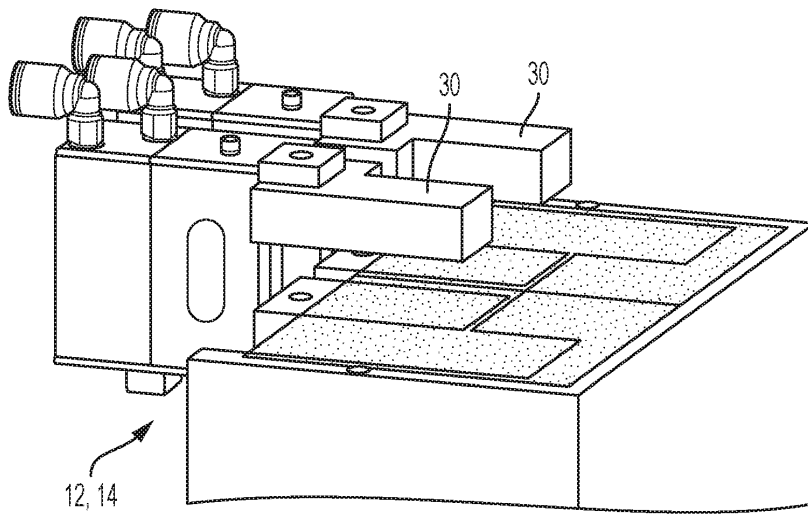
도면9



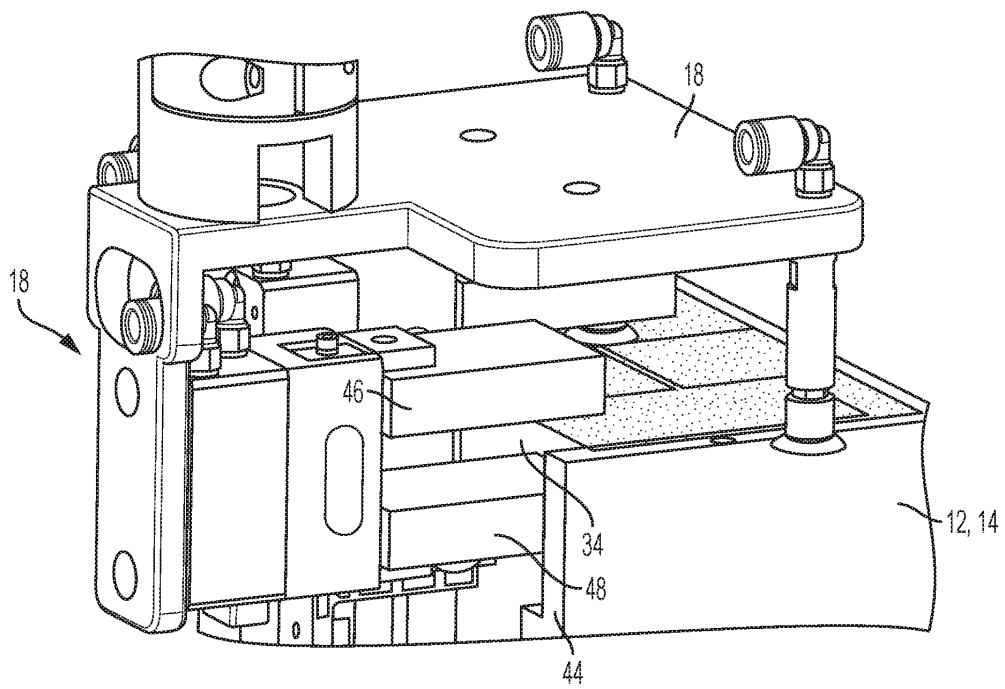
도면10



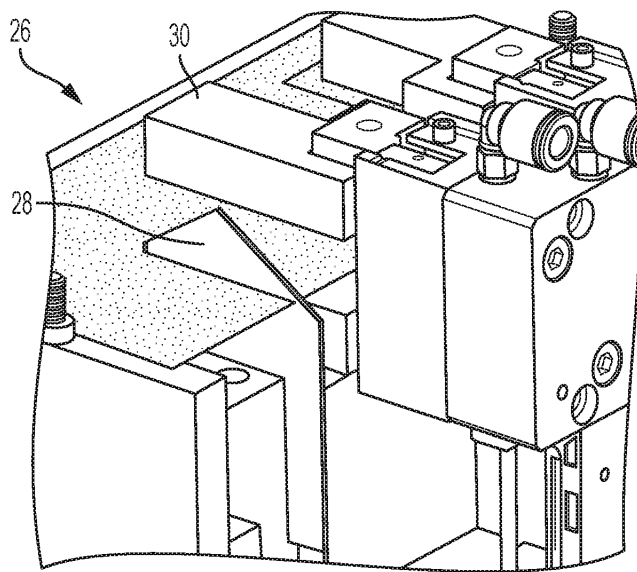
도면11



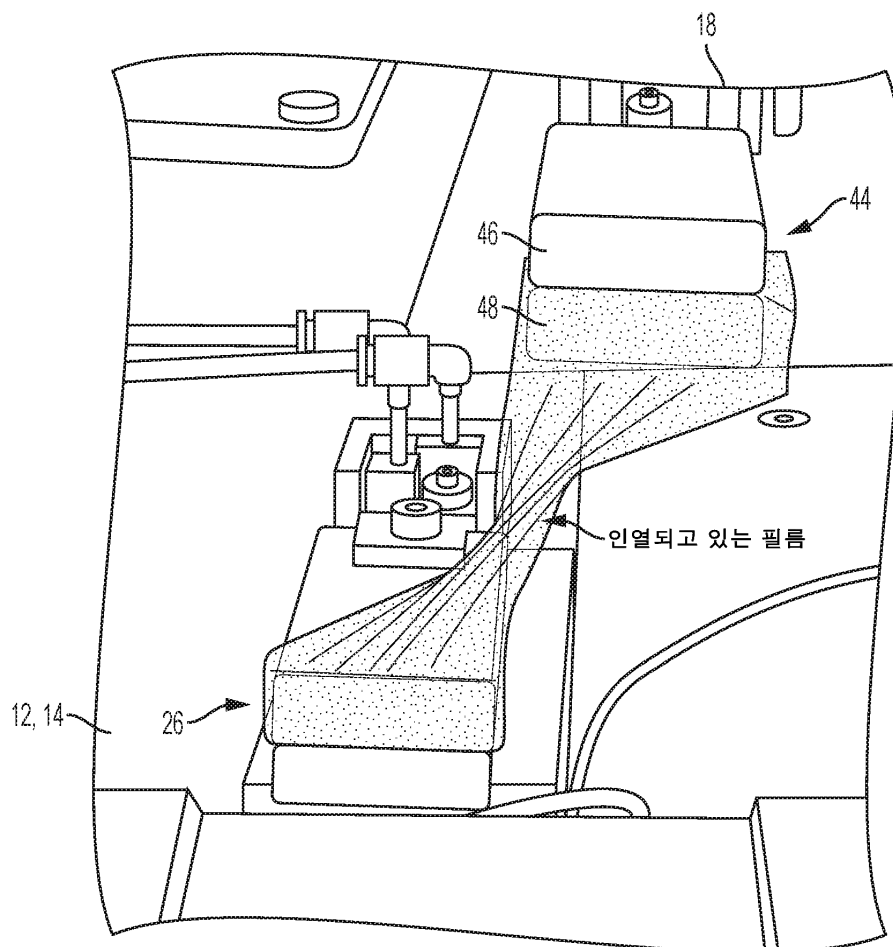
도면12



도면13



도면14



도면15

