(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0116142
(43) 공개일자 2024년07월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 3/30 (2006.01) *G01N 3/34* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 3/30 (2013.01)
G01N 3/34 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0008718
(22) 출원일자 2023년01월20일
심사청구일자 2023년01월20일

(71) 출원인
동아대학교 산학협력단
부산광역시 사하구 낙동대로550번길 37, 동아대학교 내 (하단동)
(72) 발명자
박영일
부산광역시 사상구 백양대로 342번길 16, 104동402호(LG신주례아파트)
신용택
부산광역시 해운대구 해운대로 483번길 10, 우동 롯데아파트 9동 1503호
배재일
부산광역시 강서구 명지오션시티11로 22, 104동 805호 (명지동, 두산위브포세이돈)
(74) 대리인
특허법인에이아이피

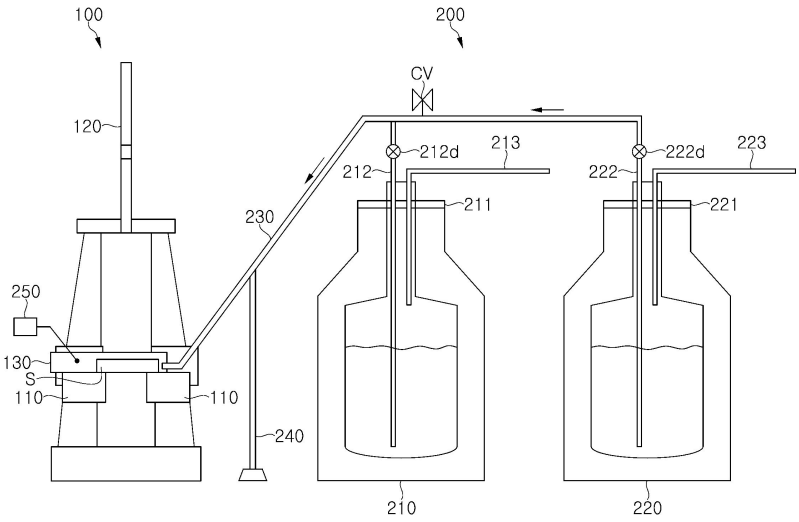
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **초저온 충격 시험 시스템**

(57) 요 약

시험편이 거치되는 거치대와 시험편을 파단하는 진자식 해머를 구비하며, 시험편의 파단에 소요되는 흡수에너지를 이용하여 재료의 인성을 측정하는 충격시험기; 및 시험편이 수용되는 용기 내부로 냉매를 공급하여 시험편의 온도를 조절하는 온도조절부를 포함하고, 상기 온도조절부는, 시험편의 냉각을 위한 냉매로서 액체헬륨을 저장하는 액체헬륨 탱크; 시험편의 냉각을 위한 냉매로써 액체질소를 저장하는 액체질소 탱크; 및 액체헬륨과 액체질소 중 어느 하나를 선택적으로 용기로 공급하는 냉매공급라인을 포함하는, 초저온 충격 시험 시스템이 개시된다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G01N 2203/0039 (2013.01)
G01N 2203/0067 (2013.01)
G01N 2203/0098 (2013.01)
G01N 2203/0228 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345356164
과제번호	LINC3.0-2022-61
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	산학연협력고도화지원
연구과제명	3단계산학연협력선도대학육성사업(LINC3.0)(0.5)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	동아대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

시험편이 거치되는 거치대와 상기 시험편을 파단하는 진자식 해머를 구비하며, 상기 시험편의 파단에 소요되는 흡수에너지를 이용하여 재료의 인성을 측정하는 충격시험기; 및

상기 시험편이 수용되는 용기 내부로 냉매를 공급하여 상기 시험편의 온도를 조절하는 온도조절부를 포함하고,

상기 온도조절부는,

상기 시험편의 냉각을 위한 냉매로서 액체헬륨을 저장하는 액체헬륨 탱크;

상기 시험편의 냉각을 위한 냉매로써 액체질소를 저장하는 액체질소 탱크; 및

상기 액체헬륨과 상기 액체질소 중 어느 하나를 선택적으로 상기 용기로 공급하는 냉매공급라인을 포함하는,

초저온 충격 시험 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 액체헬륨 탱크에 저장된 액체헬륨을 추출하여 상기 냉매공급라인으로 전달하는 액체헬륨 추출배관; 및

상기 액체질소 탱크에 저장된 액체질소를 추출하여 상기 냉매공급라인으로 전달하는 액체질소 추출배관을 더 포함하는,

초저온 충격 시험 시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 액체질소를 이용하여 상기 시험편을 소정의 설정 온도까지 냉각시키는 사전 냉각을 수행한 후, 상기 액체헬륨을 이용하여 상기 시험편을 소정의 목표 온도까지 냉각시키는 메인 냉각을 수행하는 것을 특징으로 하는,

초저온 충격 시험 시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 액체헬륨 탱크 내부에서 상기 액체헬륨의 기화에 의해 발생한 헬륨 증발가스를 추출하여 상기 냉매공급라인으로 전달하는 증발가스 추출배관을 더 포함하고,

상기 헬륨 증발가스를 상기 액체질소를 대신하여 상기 시험편을 사전 냉각시키는 냉매로 이용하거나, 또는

상기 헬륨증발가스를 상기 액체질소에 의한 상기 시험편의 사전 냉각 수행 후 상기 냉매공급라인 내에 잔존하는 상기 액체질소를 퍼징하는 퍼징가스로 이용하는 것을 특징으로 하는,

초저온 충격 시험 시스템.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 액체헬륨 추출배관이 연결되는 지점과 상기 액체질소 추출배관이 연결되는 지점 사이의 상기 냉매공급라인 상에 배관의 유로 개폐를 위한 컨트롤밸브가 설치되는 것을 특징으로 하는,

초저온 충격 시험 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 용기 내부의 온도를 측정하는 온도센서를 더 포함하고,

상기 온도센서에 의해 측정되는 온도값을 기반으로 상기 컨트롤밸브가 제어되는 것을 특징으로 하는,

초저온 충격 시험 시스템.

청구항 7

청구항 2에 있어서,

상기 냉매공급라인은,

상기 액체헬륨 추출배관과 연결되어 상기 액체헬륨을 상기 용기 내부로 공급하는 제1 냉매공급라인;

상기 액체질소 추출배관과 연결되어 상기 액체질소를 상기 용기 내부로 공급하는 제2 냉매공급라인;

상기 제1 냉매공급라인 상에 설치되어 배관 유로를 개폐시키는 제1 컨트롤밸브; 및

상기 제2 냉매공급라인 상에 설치되어 배관 유로를 개폐시키는 제2 컨트롤밸브를 포함하는,

초저온 충격 시험 시스템.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 용기 내부의 온도를 측정하는 온도센서를 더 포함하고,

상기 온도센서에 의해 측정되는 온도값을 기반으로 상기 제1 컨트롤밸브 및 상기 제2 컨트롤밸브가 제어되는 것을 특징으로 하는,

초저온 충격 시험 시스템.

청구항 9

청구항 2에 있어서,

상기 액체헬륨 탱크와 상기 액체질소 탱크는 각각 유체가 저장되는 내조와 상기 내조를 둘러싸는 외조를 포함하는 이중 단열 용기로 구성되고,

상기 내조와 외조 사이의 공간이 진공으로 형성되는 것을 특징으로 하는,

초저온 충격 시험 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 액체헬륨 탱크와 상기 액체질소 탱크의 상단에는 각각 진공 및 냉매 유지를 위한 플랜지 커버가 설치되고,

상기 액체헬륨 추출배관 및 상기 액체질소 추출배관은 각각 상기 액체헬륨 탱크 및 상기 액체질소 탱크에 설치되는 플랜지 커버를 관통하여 연장되는 것을 특징으로 하는,

초저온 충격 시험 시스템.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 액체헬륨 탱크에 저장된 상기 액체헬륨과 상기 액체질소 탱크에 저장된 상기 액체질소는 각각 가열을 통해 발생하는 압력에 밀려나오는 형태로 상기 액체헬륨 추출배관 및 상기 액체질소 추출배관을 통해 배출되고,

상기 액체헬륨 탱크와 상기 액체질소 탱크의 각각의 내조 안에는 유체를 가열하기 위한 히팅 장치가 설치되는 것을 특징으로 하는,

초저온 충격 시험 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 초저온 충격 시험 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 초저온 환경에서 샤르피 충격 시험을 통해 재료의 충격 인성 평가를 효과적으로 수행할 수 있도록 하는 초저온 충격 시험 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 최근 들어 액체헬륨 및 액체수소와 같은 초저온 친환경 에너지를 이용한 사업이 각광받고 있다. 그러나 이와 같은 초저온 환경에서의 친환경 에너지 사업은 안정성에 대한 많은 검증이 필요하다. 초저온 액화물의 취급과 관련하여 시공되는 구조물은 온도의 영향이 불가피하므로 열적 부분에 대한 고려가 필수적이며, 특히 재료에 대한 저온 특성 검토가 반드시 필요하다.

[0004] 예컨대, 액체수소와 같은 액화물의 생산, 저장, 하역을 위한 주요 설비들은 초저온 환경에 노출될 개연성이 있는데, 재료에 있어서 저온이 유발하는 주된 부정적인 효과는 연성이 손실되고 취성 거동이 지배적이게 된다는 것이다.

[0005] 이와 같이 온도가 감소함에 따라 연성에서 취성 거동으로 변화되는 재료 특성은 구조물의 변형 및 파손 등을 유발하여 예기치 못한 사고를 초래할 수 있기 때문에, 이를 예측하고 설계 단계에서부터 미연에 방지하는 것이 매우 중요하다.

[0006] 따라서 각 재료마다 가지는 고유한 연성-취성 천이온도(Ductile to Brittle Transition Temperature, DBTT)를 고려하여 구조물의 설계가 수행되어야 하며, 저온 환경에서 작동되는 설비 및 구조물들의 취성파괴에 대한 안정성을 확보하기 많은 연구들이 수행되고 있다.

[0007] DBTT 이하의 온도에서는 갑작스럽게 재료가 연성을 잃어버리고 취성의 성질을 띠게 되어 약간의 충격에도 쉽게 파괴되는 취성파괴(brittle fracture) 특성을 보이게 된다. 그리고 이러한 취성파괴에 저항하는 성질을 인성(toughness)이라 한다.

[0008] 저온 환경에서 적용되는 재료의 취성파괴에 대한 가능성을 예측하기 위해서는 적용 재료의 인성 측정이 반드시 요구된다. 재료의 인성이란 인장응력을 받을 경우 소성변형 없이 취성파괴에 저항하는 재료의 고유한 성질이다. 재료의 인성을 알아내는 방법으로는 여러가지가 있으나, 그 중에서 시험 평가의 간편성과 소요 시간 등의 측면을 고려하여 샤르피 충격 시험(Charpy impact test)이 가장 일반적으로 이용되고 있다.

[0009] 샤르피 V-노치(Charpy V-notch, CVN) 테스트라고도 알려진 샤르피 충격 시험은 시험편이 파단되는 동안 재료에

흡수된 에너지의 양을 측정하는 방식으로 수행된다. 여기서 흡수에너지는 시험편이 파단되는데 필요한 에너지를 말하며, 충격에 의한 재료의 흡수에너지는 온도가 감소함에 따라 감소하는 경향을 나타낸다.

[0010] 그런데 샤르피 충격 시험을 저온 환경의 챔버를 구성하여 목표 온도에 도달하는 것이 쉽지 않다. 따라서 현재 대부분의 샤르피 충격 시험은 액체질소에 함침된 시험편을 충격 시험기로 이동하여 시험을 수행하고 있다.

[0011] 또한, 저온 시험에 관한 절차를 제시하고 있는 ASTM E23에 따르면, 저온으로 냉각된 시험편이 목표 온도에 도달한 이후 다시 온도가 상승하는 문제를 고려하여 액체질소에 함침된 시험편을 꺼낸 후 5초 이내에 충격 시험을 수행할 것을 권고하고 있는데, 시험편이 초저온으로 냉각되는 경우에는 상기와 같은 온도 상승이 더 빠르게 일어날 것으로 예상되며, 이 또한 재료의 정확한 인성 평가를 어렵게 하는 요인이 되고 있다.

[0012] 뿐만 아니라, 현재는 초저온 환경에서 수행되는 충격 시험에 대한 기준 및 표준화가 확립되어 있지 않고, 더 나아가 초저온 친환경 에너지 연구개발에 대한 안정성을 확보할 수 있는 체계적이고 규격화된 시험 시스템 및 방법 또한 제시되지 못하고 있는 상태이다.

[0013] 이러한 경우 최종 사업으로 나아가기까지 아주 오랜 시간이 소요될 수 있으므로, 초저온 친환경 에너지에 대한 초기 투자 비용을 최소화하기 위한 노력이 필요하며, 초저온 환경에서 재료의 기계적 물성을 보다 체계적이고 효과적으로 평가할 수 있는 시험 시스템 및 방법의 정립이 시급하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 초저온 환경에서 샤르피 충격 시험을 통해 재료의 기계적 물성치, 보다 상세하게는 재료의 충격 인성에 대한 평가를 보다 체계적이고 정확하게 그리고 효과적으로 수행할 수 있는 초저온 충격 시험 시스템 및 방법을 제공함에 목적이 있다.

[0016] 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

[0018] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따르면, 시험편이 거치되는 거치대와 상기 시험편을 파단하는 진자식 해머를 구비하며, 상기 시험편의 파단에 소요되는 흡수에너지를 이용하여 재료의 인성을 측정하는 충격시험기; 및 상기 시험편이 수용되는 용기 내부로 냉매를 공급하여 상기 시험편의 온도를 조절하는 온도조절부를 포함하고, 상기 온도조절부는, 상기 시험편의 냉각을 위한 냉매로서 액체헬륨을 저장하는 액체헬륨 탱크; 상기 시험편의 냉각을 위한 냉매로써 액체질소를 저장하는 액체질소 탱크; 및 상기 액체헬륨과 상기 액체질소 중 어느 하나를 선택적으로 상기 용기로 공급하는 냉매공급라인을 포함하는, 초저온 충격 시험 시스템이 제공될 수 있다.

[0019] 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템은, 상기 액체헬륨 탱크에 저장된 액체헬륨을 추출하여 상기 냉매공급라인으로 전달하는 액체헬륨 추출배관; 및 상기 액체질소 탱크에 저장된 액체질소를 추출하여 상기 냉매공급라인으로 전달하는 액체질소 추출배관을 더 포함할 수 있다.

[0020] 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템은, 상기 액체질소를 이용하여 상기 시험편을 소정의 설정 온도까지 냉각시키는 사전 냉각을 수행한 후, 상기 액체헬륨을 이용하여 상기 시험편을 소정의 목표 온도까지 냉각시키는 메인 냉각을 수행할 수 있다.

[0021] 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템은, 상기 액체헬륨 탱크 내부에서 상기 액체헬륨의 기화에 의해 발생한 헬륨 증발가스를 추출하여 상기 냉매공급라인으로 전달하는 증발가스 추출배관을 더 포함하고, 상기 헬륨 증발가스를 상기 액체질소를 대신하여 상기 시험편을 사전 냉각시키는 냉매로 이용하거나, 또는 상기 헬륨증발가스를 상기 액체질소에 의한 상기 시험편의 사전 냉각 수행 후 상기 냉매공급라인 내에 잔존하는 상기 액체질소를 퍼징하는 퍼징가스로 이용할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 액체헬륨 추출배관이 연결되는 지점과 상기 액체질소 추출배관이 연결되는 지점 사이의 상기 냉매공급라인 상에는 배관의 유로 개폐를 위한 컨트롤밸브가 설치될 수 있다. 그리고 상기 용

기 내부의 온도를 측정하는 온도센서에 의해 측정되는 온도값을 기반으로 상기 컨트롤밸브가 제어될 수 있다.

[0023] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 냉매공급라인은, 상기 액체헬륨 추출배관과 연결되어 상기 액체헬륨을 상기 용기 내부로 공급하는 제1 냉매공급라인; 상기 액체질소 추출배관과 연결되어 상기 액체질소를 상기 용기 내부로 공급하는 제2 냉매공급라인; 상기 제1 냉매공급라인 상에 설치되어 배관 유로를 개폐시키는 제1 컨트롤밸브; 및 상기 제2 냉매공급라인 상에 설치되어 배관 유로를 개폐시키는 제2 컨트롤밸브를 포함하여, 액체헬륨을 공급하는 배관 라인과 액체질소를 공급하는 배관 라인이 각각 개별적으로 분리 구성될 수도 있다. 그리고 상기 용기 내부의 온도를 측정하는 온도센서에 의해 측정되는 온도값을 기반으로 상기 제1 컨트롤밸브 및 상기 제2 컨트롤밸브가 제어될 수 있다.

[0024] 한편, 상기 액체헬륨 탱크와 상기 액체질소 탱크는 각각 유체가 저장되는 내조와 상기 내조를 둘러싸는 외조를 포함하는 이중 단열 용기로 구성되고, 상기 내조와 외조 사이의 공간이 진공으로 형성될 수 있다.

[0025] 상기 액체헬륨 탱크와 상기 액체질소 탱크의 상단에는 각각 진공 및 냉매 유지를 위한 플랜지 커버가 설치되고, 상기 액체헬륨 추출배관 및 상기 액체질소 추출배관은 각각 상기 액체헬륨 탱크 및 상기 액체질소 탱크에 설치되는 플랜지 커버를 관통하여 연장될 수 있다.

[0026] 상기 액체헬륨 탱크에 저장된 상기 액체헬륨과 상기 액체질소 탱크에 저장된 상기 액체질소는 각각 가열을 통해 발생하는 압력에 밀려나오는 형태로 상기 액체헬륨 추출배관 및 상기 액체질소 추출배관을 통해 배출되고, 상기 액체헬륨 탱크와 상기 액체질소 탱크의 각각의 내조 안에는 유체를 가열하기 위한 히팅 장치가 설치될 수 있다.

발명의 효과

[0028] 이상과 같은 본 발명에 의하면, 초저온 환경에서 샤르피 충격 시험을 통해 재료의 고유 물성치인 충격 인성에 대한 평가를 보다 체계적이고 정확하게 그리고 효과적으로 수행할 수 있는 효과가 있다.

[0029] 또한, 본 발명은 액체헬륨 탱크와 액체질소 탱크의 2개의 탱크를 이용하여 시험편의 냉각 및 온도 제어를 수행함으로써, 초저온 환경을 보다 효과적으로 구현하고, 초저온 환경 하에서 샤르피 충격 시험이 안정적으로 수행될 수 있도록 한다.

[0030] 보다 구체적으로, 본 발명은 사전 냉각과 메인 냉각을 포함하는 과정으로 시험편의 냉각을 수행함으로써 시험편의 냉각에 소요되는 시간을 대폭 단축시키면서 목표 온도까지 시험편을 효과적으로 냉각시킬 수 있고, 또 사전 냉각을 수행함에 있어서 가격이 저렴한 액체질소를 이용함으로써 비교적 고가인 액체헬륨을 최소한으로만 사용하여 충격 시험에 소요되는 비용 또한 크게 절감할 수 있다.

[0031] 그리고, 본 발명은 시험편이 수용되는 저온 환경의 챔버(용기)를 구성하고 챔버 내부로 초저온 냉매를 직접 공급하여 시험편을 목표 온도까지 냉각시키고, 목표 온도에 도달한 시험편을 챔버로부터 꺼내어 이동시킬 필요 없이 챔버와 함께 파단하여 충격 시험을 수행함으로써, 시험편의 온도 상승에 의한 영향을 받지 않고 재료의 충격 인성을 보다 정확하게 측정할 수 있는 효과를 가진다.

[0032] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템의 개략적인 구성도이다.

도 2는 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템을 이용하여 시험편의 냉각 및 충격 시험이 수행되는 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 제1 변형 실시예에 따른 초저온 충격 시험 시스템의 개략적인 구성도이다.

도 4는 본 발명의 제2 변형 실시예에 따른 초저온 충격 시험 시스템의 개략적인 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 본 발명의 목적과 기술적 구성 및 그에 따른 작용 및 효과에 관한 자세한 사항은 본 발명의 명세서에 첨부된 도

면에 의거한 상세한 설명에 의해 보다 명확하게 이해될 것이다.

[0036] 본 명세서에서 사용되는 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용되는 것으로 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 예컨대, 본 명세서에서 사용되는 '구성된다' 또는 '포함한다' 등의 용어는 발명에 기재된 여러 구성요소들 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성요소들 또는 일부 단계들을 포함하지 않거나 또는 추가적인 구성요소들 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다.

[0037] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써 본 발명을 상세히 설명한다. 이하에서 설명되는 실시예들은 본 발명의 기술사상을 당업자가 용이하게 이해할 수 있도록 제공되는 것으로서, 이에 의해 본 발명이 한정되는 것으로 해석되어서는 안되며, 본 발명의 실시예들은 이 분야의 통상의 기술자에게 다양한 응용을 가질 수 있음은 당연하다.

[0039] *초저온 환경에서 재료의 기계적 물성 측정을 위한 충격 시험*

[0040] 재료에 있어서 저온이 유발하는 주된 부정적인 효과는 연성이 손실되고 취성 거동이 지배적이게 되는 현상이다. 따라서 초저온 환경에서 재료의 취성파괴에 대한 가능성을 예측하기 위해서는 적용 소재의 온도 조건에 따른 충격 시험을 수행하는 것이 반드시 필요하다.

[0041] 본 발명은 공지된 샤르피 충격 시험을 이용하여 초저온 환경에서 재료의 인성을 측정하고자 하는데, 재료의 기계적 물성을 측정하기 위한 충격 시험을 초저온 환경에서 수행할 때 가장 중요한 문제는 시험편에서 변형(슬립)에 따른 열이 발생한다는 것이다. 따라서 초저온 환경에서의 샤르피 충격 시험을 안정적으로 수행하기 위해서는 적절한 온도 제어가 필수적이다.

[0042] 이에 본 발명은 초저온 환경에서 샤르피 충격 시험의 안정적인 수행이 가능하도록 적절한 온도 제어를 실현할 수 있는 시험 환경을 구축하는 것을 기술적 과제로 하며, 이러한 기술적 과제를 달성하기 위해 액체헬륨 탱크와 액체질소 탱크의 2개의 탱크를 이용하여 효과적인 온도 제어의 수행이 가능하도록 시스템을 구성함에 특징이 있다.

[0043] 이하에서 도 1 내지 도 2를 참조하여 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템 및 해당 시스템을 이용하여 초저온 환경에서 재료의 충격 시험을 수행하는 구체적인 방법에 대해 개시한다. 도 1은 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템의 개략적인 구성도이고, 도 2는 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템을 이용하여 시험편의 냉각 및 충격 시험이 수행되는 동작을 설명하기 위한 도면이다.

[0044] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템은 크게 시험편(S)을 올려놓을 수 있는 거치대(110)와 진자식 해머(120)를 구비하는 충격시험기(100); 및 시험편(S)이 수용되어 있는 용기(130) 내부로 냉매를 공급하여 시험편(S)의 온도를 조절하는 온도조절부(200)로 구성될 수 있다.

[0045] 본 발명의 충격시험기(100)는 아주 짧은 시간에 시험편(S)에 충격을 가하여 시험편(S)이 파단되는데 소요되는 흡수에너지를 이용하여 재료의 인성을 측정하는 샤르피 충격 시험기(Charpy impact testing machine)로 구성될 수 있다.

[0046] 보다 구체적으로는, 거치대(110) 상에 시험편(S)을 올려놓은 상태에서 진자식 해머(120)를 어느 높이까지 들어올렸다 놓으면 해머(120)가 시험편(S)을 파괴하고 반대편으로 튀어오른다. 이때 처음 해머(120)를 들어올렸을 때의 위치에너지와 반대쪽으로 튀어올랐을 때 해머(120)의 위치에너지의 차가 시험편(S)을 파괴하는데 소요된 충격 흡수에너지이다. 이것을 시험편(S)의 단면적으로 나눈 값을 충격치라고 하고, 이 값으로 재료의 인성을 측정한다.

[0047] 한편, 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템은 초저온 환경에서 재료의 인성을 측정하기 위한 것으로서, 시험편(S)을 원하는 초저온 환경의 온도까지 냉각시킨 후 충격 시험을 수행해야 한다. 이를 위해 시험편(S)은 냉매의 유입에 의해 내부가 초저온 환경으로 형성될 수 있는 용기(130) 내부에 수용된 상태로 거치대(110) 상에 거치된다. 거치대(110) 상에 거치된 용기(130) 내부로 초저온 냉매가 직접 공급되어 해당 공간에 배치된 시험편(S)을 목표 온도까지 냉각시킬 수 있다.

[0048] 또한, 본 발명은 기존에 시험편이 목표 온도에 도달한 후 액조로부터 꺼내어 이동하는 과정에서 불과 수초의 시

간동안에도 온도가 다소 상승하여 정확한 측정에 방해가 되었던 문제를 방지하기 위하여, 시험편(S)이 수용되는 용기(130)를 스티로폼 캡슐(styrofoam capsule)로 제작하여 시험편(S)과 용기(130)가 해머에 의해 함께 파단되도록 시스템을 구성한다.

[0049] 즉, 본 발명의 용기(130)는 시험편(S)이 탑재된 상태로 충격시험기(100)의 거치대(110) 상부에 거치되고, 시험편(S)이 들어 있는 용기(130)에 초저온 냉매를 직접 흐르게 하여 시험편(S)을 목표 온도까지 냉각시키며, 시험편(S)이 목표 온도에 도달하면 시험편(S)을 별도로 이동시킬 필요 없이 용기(130)와 함께 해머(120)에 의해 파단되도록 한다. 그리고 시험편(S)이 파단될 때 소요되는 흡수에너지를 이용하여 재료의 인성을 측정하는데, 이때 용기(130)에 의해서도 충격이 흡수되므로 이를 보정하는 작업이 추가로 수행될 수 있다.

[0050] 여기서 용기(130) 내부로 유입되는 초저온 냉매에 의해 시험편(S)이 효과적으로 냉각될 수 있도록 하기 위하여, 스티로폼 계열의 단열 커버로 용기(130)를 제작하고 그 내부로 초저온 냉매를 흐르도록 구성하는 것이다.

[0051] 본 발명은 초저온 환경에서 샤르피 충격 시험을 통해 재료의 충격 인성에 대한 보다 정확한 평가 수행을 목적으로 하는 것으로서, 충격시험기(100) 상에 거치된 시험편(S)의 온도를 초저온까지 효과적으로 냉각시키고 조절하는 방법에 중요한 특징이 있으며, 이하에서 본 시스템의 온도 조절과 직접적으로 관련되어 있는 온도조절부(200)의 구성 및 작용에 대해 상세히 설명한다.

[0052] 본 발명의 온도조절부(200)는, 시험편(S)의 냉각을 위한 제1 냉매로써 액체헬륨을 저장하는 액체헬륨 탱크(210); 시험편(S)의 냉각을 위한 제2 냉매로써 액체질소를 저장하는 액체질소 탱크(220); 그리고 액체헬륨 탱크(210) 또는 액체질소 탱크(220)로부터 초저온/극저온 유체를 시험편(S)이 위치한 용기(130)로 흘려보내기 위한 냉매공급라인(230)을 포함하여 구성될 수 있다.

[0053] 액체헬륨 탱크(210)는 -269℃의 초저온으로 냉각된 액체헬륨을 저장하고 이송하기 위해 마련되는 구성이다. 액체헬륨 탱크(210)는 액체헬륨이 직접 수용되는 내조와 내조를 둘러싸는 외조를 포함하는 이중 단열 용기로 구성될 수 있다. 이때 내조와 외조 사이의 공간이 진공으로 형성될 수 있으며, 진공으로 형성된 단열 공간 내부에는 글라스울(glass wool) 또는 분말형 단열재가 충전될 수도 있다.

[0054] 액체헬륨 탱크(210)의 상단에는 진공 및 냉매 유지를 위한 플랜지 커버(211)가 설치된다. 액체헬륨 탱크(210)에 저장되어 있는 액체헬륨을 외부로 추출하기 위한 액체헬륨 추출배관(212)과 액체헬륨의 수위를 측정하기 위한 레벨게이지(level gauge, 213)가 플랜지 커버(211)를 관통하여 액체헬륨 탱크(210)의 내조 공간으로 연장될 수 있다.

[0055] 액체질소 탱크(220)는 -196℃의 극저온으로 냉각된 액체질소를 저장하고 이송하기 위해 마련되는 구성이다. 상술한 액체헬륨 탱크(210)와 유사하게, 액체질소 탱크(220)는 내조와 외조를 포함하는 이중 단열 용기로 구성될 수 있으며, 내조와 외조 사이의 공간이 진공으로 형성될 수 있다. 또한, 진공으로 형성된 단열 공간 내부에 글라스울이나 분말형 단열재가 충전될 수 있음도 마찬가지이다.

[0056] 액체질소 탱크(220)의 상단에는 진공 및 냉매 유지를 위한 플랜지 커버(221)가 설치된다. 액체질소 탱크(220)에 저장되어 있는 액체질소를 외부로 추출하기 위한 액체질소 추출배관(222)과 액체질소의 수위를 측정하기 위한 레벨게이지(223)가 플랜지 커버(221)를 관통하여 액체질소 탱크(220)의 내조 공간으로 연장될 수 있다.

[0057] 액체헬륨 탱크(210)와 액체질소 탱크(220) 상단의 플랜지 커버(211, 221)를 통해 설치되는 레벨게이지(213, 223)는 액체헬륨 탱크(210) 및 액체질소 탱크(220) 내부에 저장된 유체의 수위를 기계적으로 측정한다.

[0058] 또한, 액체헬륨 탱크(210)와 액체질소 탱크(220) 상단의 플랜지 커버(211, 221)는 진공 단열 성능 및 압력에 대한 안전장치로써 유체의 누출을 방지하는 역할을 수행하며, 이를 위해 플랜지 커버(211, 221) 상에는 안전밸브(safety valve), 압력게이지(pressure gauge) 등이 추가로 설치될 수 있다.

[0059] 한편, 본 발명에서 액체헬륨 탱크(210)에 저장되어 있는 액체헬륨 그리고 액체질소 탱크(220)에 저장되어 있는 액체질소는 펌프 따위의 장치에 의해 외부로 배출되는 것이 아니고, 가열을 통해 발생하는 압력에 의해 밀려나오는 형식으로 탱크 외부로 배출될 수 있다. 이를 위해 액체헬륨 탱크(210) 및 액체질소 탱크(220)의 내조 안에는 각각 해당 유체의 가열을 위한 히팅 장치가 설치될 수 있다.

[0060] 이때, 유체의 가열에 의해 액체헬륨 탱크(210) 및 액체질소 탱크(220)의 내부 압력이 상승하게 되므로 탱크 내부의 압력이 소정의 허용압력을 넘어서지 않도록 컨트롤해 줄 필요가 있다. 이를 위해 액체헬륨 탱크(210)와 액체질소 탱크(220)에는 각각 탱크 내부의 압력을 측정할 수 있는 압력센서가 내장(히팅 장치에 달려 있을 수 있

음)되어 압력을 컨트롤 할 수 있다.

[0061] 냉매공급라인(230)은 액체헬륨 탱크(210) 또는 액체질소 탱크(220)로부터 초저온/극저온 유체를 시험편(S)이 위치한 용기(130)로 흘려보내기 위한 것으로서, 전술한 액체헬륨 추출배관(212) 및 액체질소 추출배관(222)과 연결되어 상기 탱크들(210, 220)로부터 초저온/극저온 유체를 전달받을 수 있다.

[0062] 냉매공급라인(230)은 액체헬륨 추출배관(212)을 통해 액체헬륨 탱크(210)로부터 추출되는 액체헬륨을 용기(130)로 공급하거나 또는 액체질소 추출배관(222)을 통해 액체질소 탱크(220)로부터 추출되는 액체질소를 용기(130)로 공급할 수 있다. 즉, 냉매공급라인(230)은 액체헬륨 탱크(210)에 저장된 액체헬륨과 액체질소 탱크(220)에 저장된 액체질소 중 어느 하나를 선택적으로 용기(130)로 공급한다.

[0063] 액체헬륨과 액체질소의 선택적인 공급을 위하여, 액체헬륨 추출배관(212)이 연결되기 이전의 냉매공급라인(230) 상에는 배관 상의 유로를 개폐시키는 컨트롤밸브(CV)가 설치될 수 있다.

[0064] 또한, 시험편(S)이 수용되는 용기(130)의 내부 온도를 측정하기 위한 온도센서(250)가 더 구비될 수 있다. 온도센서(250)는 용기(130) 내부의 온도, 즉 시험편(S)의 주변 온도를 측정하고, 온도센서(250)에서 측정되는 값을 기반으로 냉매의 전환을 위한 컨트롤밸브(CV)의 동작이 제어될 수 있다.

[0065] 액체헬륨 추출배관(212)을 통해 액체헬륨이 냉매공급라인(230)으로 공급되는 경우 컨트롤밸브(CV)는 차단(close)되고, 액체질소 추출배관(222)을 통해 액체질소가 냉매공급라인(230)으로 공급되는 경우에는 컨트롤밸브(CV)가 개방(open)된다.

[0066] 냉매공급라인(230)과 액체헬륨 추출배관(212)의 연결부에 제1 댐퍼(212d)가 설치되고, 냉매공급라인(230)과 액체질소 추출배관(222)의 연결부에는 제2 댐퍼(222d)가 설치될 수 있다. 제1 댐퍼(212d)와 제2 댐퍼(222d)는 밸브와 마찬가지로 On/Off 제어될 수 있다.

[0067] 냉매공급라인(230)은 유연한 가요성 파이프(flexible pipe)로 마련될 수 있으며, 초저온/극저온 유체의 설정 온도를 유지하면서 연속적인 이송이 가능하도록 진공 단열된 이중 배관 구조로 마련될 수 있다. 즉, 냉매공급라인(230)은 냉매가 이송되는 내부관(inner pipe)와 내부관을 둘러싸는 외부관(outer pipe)로 구성되는 이중관(double pipe)으로 구성될 수 있으며, 내부관과 외부관 사이의 공간은 단열을 위해 진공으로 형성될 수 있다.

[0068] 또한, 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템은 냉매공급라인(230)을 지지하기 위한 홀더(holder, 240)를 더 구비할 수 있다.

[0070] 이하에서는 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템을 이용하여 초저온 환경에서 재료의 충격 시험을 수행하는 구체적인 방법에 대해 설명한다.

[0071] 우선, 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템 및 방법은 액체수소의 온도인 -253℃의 초저온 환경에서 재료의 충격 시험을 수행하는 것을 타겟으로 할 수 있다. 즉, 본 발명에서 시험편(S)의 목표 냉각 온도는 액체수소의 온도인 -253℃로 설정될 수 있다.

[0072] 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템을 이용하는 경우, 해머(120)를 이용하여 시험편(S)을 파단시키기 이전에 시험편(S)을 냉각시키는 동작이 다음과 같은 과정으로 수행될 수 있다.

[0073] 먼저, 액체질소 탱크(220)에 저장되어 있는 액체질소를 시험편(S) 측으로 공급하여 사전 냉각(pre-cooling)을 실시한다. 이때, 액체질소 탱크(220)에 저장된 액체질소는 액체질소 추출배관(222)을 통해 탱크 외부로 추출된 이후 냉매공급라인(230)을 통해 시험편(S)이 들어 있는 용기(130) 내부로 공급될 수 있다.

[0074] 액체질소의 공급이 개시되면 온도센서(250)를 통해 시험편(S)의 주변 온도, 즉 용기(130) 내부 온도가 소정의 설정값에 도달하는지를 모니터링하고, 용기(130) 내부 온도가 설정값에 도달하는 경우 용기(130)로 공급되는 냉매를 액체질소에서 액체헬륨으로 전환하여 메인 냉각 과정으로 전환될 수 있도록 한다. 여기서 설정값은 -196℃의 액체질소가 가열에 의해 공급되는 것을 고려하여 대략 -190℃로 설정될 수 있다. 냉매공급라인(230) 상에 설치되는 컨트롤밸브(CV)는 시험편(S)이 들어있는 용기(130)의 내부 온도가 설정값(예컨대, -190℃)까지 도달하는 동안에는 개방되고, 설정값에 도달한 이후에는 차단된다.

[0075] 또한, 이때 시험편(S) 내부의 열평형상태를 고려하여 용기(130) 내부에 액체질소를 일정량 채운 상태에서 소정의 시간(예컨대, 30분) 동안 시험편(S)을 방치하여 열적평형을 유지시킨 이후 메인 냉각 과정으로 전환할 수도

있다. 다만, 액체질소에 의한 냉각이 시험편(S)의 최종적인 냉각은 아니므로, 소정의 시간 여유를 둘 필요 없이 용기(130)의 내부 온도가 설정값(예컨대, -196℃)에 도달하는 즉시 메인 냉각 과정으로 전환하여도 무방하다.

[0076] 시험편(S)이 들어 있는 용기(130)의 내부 온도가 설정값(예컨대, -190℃)에 도달하였거나 또는 설정값에 도달한 이후 소정의 시간이 경과하면, 액체질소 탱크(220)로부터 냉매공급라인(230)으로 액체질소의 공급을 차단하고, 액체헬륨 탱크(210)에 저장되어 있는 액체헬륨을 공급하여 시험편(S)의 메인 냉각(main cooling)을 수행한다. 메인 냉각 수행시에는 액체헬륨 탱크(210)에 저장된 액체헬륨이 액체헬륨 추출배관(212)을 통해 탱크 외부로 추출된 이후 냉매공급라인(230)을 통해 시험편(S)이 들어 있는 용기(130) 내부로 공급된다.

[0077] 이후 액체헬륨이 공급되는 용기(130)의 내부 온도가 목표 온도인 -253℃에 도달하는지를 모니터링하고, 용기(130) 내부 온도가 -253℃에 도달하면 해머(120)를 이용하여 시험편(S)을 파단시키고 여기에 소요되는 흡수에너지를 이용하여 재료의 인성을 측정하는 과정을 수행한다. 이때, 전술하였듯이 해머(120)에 의해 시험편(S)과 용기(130)가 함께 파단될 수 있으며, 용기(130)에 의해 흡수되는 충격은 별도의 오차 보정을 통해 수정될 수 있다.

[0078] 또한, 이때 시험편(S) 내부의 열평형상태를 고려하여 용기(130) 내부에 액체헬륨을 일정량 채운 상태에서 소정의 열 침투시간(예컨대, 대략 30~60분)동안 시험편(S)을 방치하여 열적평형을 유지시킨 이후 해머(120)를 이용하여 시험편(S)을 파단시킬 수도 있을 것이다.

[0079] 이상과 같이 액체질소(-196℃)를 이용하여 시험편(S)의 사전 냉각을 수행한 이후 액체헬륨(-269℃)을 이용하여 시험편(S)의 메인 냉각을 수행하도록 하는 본 발명에 따른 초저온 충격 시험 시스템 및 방법에 따르면, 시험편(S)의 냉각에 소요되는 시간을 대폭 단축시키면서 목표 온도까지 시험편(S)을 효과적으로 냉각시킬 수 있고, 또 사전 냉각을 수행함에 있어서 가격이 저렴한 액체질소를 이용함으로써 비교적 고가인 액체헬륨을 최소한으로만 사용하여 충격 시험에 소요되는 비용 또한 크게 절감할 수 있는 효과가 있다.

[0080] 한편, 사전 냉각에 사용되는 액체질소의 경우 어는점이 -210℃인데 반해, 그 이후 메인 냉각에 사용되는 액체헬륨의 경우 -210℃보다 낮은 온도를 가지고 있으므로, 냉매공급라인(230) 상에 잔존하는 액체질소가 액체헬륨의 초저온에 의해 아이싱(icing)되는 문제가 발생할 우려가 있다.

[0081] 이러한 문제점을 방지하기 위해, 본 발명은 액체질소를 이용한 사전 냉각 이후 냉매공급라인(230)의 퍼징(purging)을 실시하여줄 수 있다. 이때 퍼징용 가스로는 액체헬륨 탱크(210) 내부에서 액체헬륨이 자연 기화되어 발생한 헬륨 증발가스(Boil-Off Gas, BOG)를 이용할 수 있다.

[0082] 또는, 시험편(S)의 사전 냉각을 위한 냉매로써 액체질소 탱크(220)에 저장된 액체질소 대신 액체질소가 기화하여 발생한 질소 증발가스를 사용하는 것도 가능하다. 이 경우 질소 증발가스의 온도가 대략 -180℃에서 -170℃ 부근으로 액체질소보다 낮게 형성되므로 사전 냉각의 효과가 다소 떨어질 수는 있으나, 시스템의 안정성을 확보하는 측면에서는 더 유리할 수 있다.

[0084] *<제1 변형 실시예>*

[0085] 도 3은 본 발명의 제1 변형 실시예에 따른 초저온 충격 시험 시스템의 개략적인 구성도이다.

[0086] 도 3을 참조하면, 본 발명의 제1 변형 실시예에 따른 초저온 충격 시험 시스템은, 액체헬륨 탱크(210)로부터 냉매공급라인(230)으로 액체헬륨을 전달하는 액체헬륨 추출배관(212) 외에도 액체헬륨 탱크(210) 내부에서 액체헬륨이 자연 기화되어 발생한 헬륨 증발가스를 추출하여 전달하는 증발가스 추출배관(214)를 더 포함하여 구성됨에 특징이 있다.

[0087] 이를 제외한 나머지 구성요소들은 모두 동일하게 마련될 수 있다. 참고로 도 3에는 전술한 레벨게이지(213, 223)가 나타나 있지 않으나, 이는 새롭게 추가된 증발가스 추출배관(214)의 구성 및 배치를 명확히 나타내고자 도시에서만 생략한 것이고, 본 실시예에서도 동일하게 갖추어질 수 있음은 물론이다.

[0088] 증발가스 추출배관(214)은 액체헬륨 탱크(210)에서 발생한 헬륨 증발가스를 탱크 외부로 추출하여 냉매공급라인(230)으로 전달하며 이를 통해 헬륨 증발가스가 최종적으로 시험편(S) 측으로 공급될 수 있다. 냉매공급라인(230)과 증발가스 추출배관(214)의 연결부에는 On/Off 제어가 가능한 제3 댐퍼(214d)가 설치될 수 있다.

[0089] 증발가스 추출배관(214)을 통해 냉매공급라인(230)으로 전달되는 헬륨 증발가스는 시험편(S)을 사전 냉각시키는 냉매로써 이용되거나, 또는 액체질소에 의한 사전 냉각이 수행된 이후 냉매공급라인(230)의 내부를 퍼징시키는

퍼징가스로써 이용될 수 있다. 이에 대해서는 이하에서 기술되는 충격 시험 방법에서 보다 구체적으로 설명한다.

[0090] 이하, 본 발명의 제1 변형 실시예에 따른 초저온 충격 시험 시스템을 이용하여 초저온 환경에서 재료의 충격 시험을 수행하는 방법에 대해 설명한다.

[0091] 본 발명에 따른 초저온 충격 시험은 시험의 반복성을 검증하기 위해 각각의 시험 케이스에 대해 수에서 수십 번의 반복시험이 수행될 수 있다. 그런데 전체 충격 시험이 개시되기 직전의 액체헬륨 탱크(210)는 자연 기화에 의해 발생한 헬륨 증발가스에 의해 내부 압력이 높아져 있을 가능성이 크므로, 본 실시예는 가장 첫 번째 충격 시험을 실시할 때에는 액체헬륨 탱크(210) 내부에 존재하는 헬륨 증발가스를 이용하여 시험편(S)을 사전 냉각시킨 후 액체헬륨을 이용한 메인 냉각 과정으로 전환할 수 있다.

[0092] 이와 같이 헬륨 증발가스를 이용하여 시험편(S)의 사전 냉각을 수행하는 경우, 헬륨 증발가스가 액체질소보다도 낮은 온도를 가지므로 액체질소를 이용하는 경우보다 효과적인 사전 냉각이 가능하다. 헬륨 증발가스를 이용하여 시험편(S)의 사전 냉각을 수행하는 경우에는 메인 냉각으로의 전환 기준이 되는 용기(130) 내부의 온도 설정값이 -190℃보다 낮게 설정될 것이다.

[0093] 한편, 첫 번째 충격 시험이 수행된 이후부터 실시되는 충격 시험은, 도 1을 참조하여 설명된 방법과 마찬가지로, 액체질소 탱크(220)에 저장된 액체질소를 이용하여 시험편(S)을 사전 냉각시킨 후, 시험편(S)이 들어있는 용기(130)의 내부 온도가 설정값(예컨대, -190℃)에 도달하면 액체헬륨 탱크(210)에 저장된 액체헬륨을 이용하여 시험편(S)의 메인 냉각을 수행하도록 과정이 진행될 수 있다.

[0094] 다만, 액체질소를 이용하여 사전 냉각을 수행하는 경우에는 액체헬륨을 이용한 메인 냉각으로 전환시키기 전에 냉매공급라인(230) 상에 잔존하는 액체질소를 퍼징시키는 작업이 수행될 수 있으며, 이러한 퍼징 작업은 증발가스 추출배관(214)을 통해 공급되는 헬륨 증발가스에 의해 이루어질 수 있다. 이때 퍼징은 비교적 짧은 시간에 걸쳐 이루어지기는 하지만, 퍼징가스로 이용되는 헬륨 증발가스도 초저온에 속하는 온도를 가지므로 시험편(S)에 대한 추가적인 냉각 효과를 거둘 수 있을 것이다.

[0095] 이상과 같이, 본 발명의 제1 변형 실시예에 따른 초저온 충격 시험 방법은, 반복적인 재료의 충격 시험을 수행함에 있어서, 가장 첫 번째 충격 시험은 *"사전 냉각(헬륨 증발가스)→메인 냉각(액체헬륨)"*의 과정으로 수행하고, 그 다음부터 실시되는 충격 시험은 *"사전 냉각(액체질소)→퍼징(헬륨 증발가스)→메인 냉각(액체헬륨)"*의 과정으로 수행할 수 있다.

[0097] *<제2 변형 실시예>*

[0098] 도 4는 본 발명의 제2 변형 실시예에 따른 초저온 충격 시험 시스템의 개략적인 구성도이다.

[0099] 도 4를 참조하면, 본 발명의 제2 변형 실시예에 따른 초저온 충격 시험 시스템은, 냉매공급라인(230)이 액체헬륨 탱크(210)로부터 용기(130)로 연결되는 제1 냉매공급라인(231)과 액체질소 탱크(220)로부터 용기(130)로 연결되는 제2 냉매공급라인(232)으로 분리되어 각각 개별적으로 마련된다는 점에서 전술한 실시예들과 차이가 있다. 이를 제외한 나머지 구성요소들은 모두 동일하게 마련될 수 있다.

[0100] 또한, 냉매공급라인(230)이 액체헬륨의 공급을 위한 제1 냉매공급라인(231)과 액체질소의 공급을 위한 제2 냉매공급라인(232)로 분리 구성됨에 따라, 전술한 컨트롤밸브(CV) 또한 각 라인 상에 개별적으로 설치되어야 할 것이다. 구체적으로는, 제1 냉매공급라인(231) 상에 액체헬륨의 공급을 제어하기 위한 제1 컨트롤밸브(CV1)가 설치되고, 제2 냉매공급라인(232) 상에 액체질소의 공급을 제어하기 위한 제2 컨트롤밸브(CV2)가 설치될 수 있다.

[0101] 본 발명의 제2 변형 실시예에 따른 초저온 충격 시험 시스템을 이용하여 초저온 환경에서 재료의 충격 시험을 수행하는 방법은 도 1을 참조하여 설명된 방법과 동일하게 수행될 수 있다.

[0102] 다만, 본 실시예는 액체질소를 이용한 사전 냉각에서 액체헬륨을 이용한 메인 냉각으로 전환시 서로 다른 배관라인(231, 232)을 사용한다는 점에서 차이가 있는데, 이에 따르면 액체질소와 액체헬륨의 온도 차이에 의한 아이싱이 발생할 우려가 없으므로, 사전 냉각에서 메인 냉각으로의 전환시 냉매공급라인에 대한 별도의 퍼징 작업이 필요하지 않고, 시스템의 안정적인 운용이 가능한 효과가 있다.

[0103] 본 실시예에서 시험편(S)이 들어있는 용기(130)로 액체질소를 공급할 때(사전 냉각)에는 제2 냉매공급라인(232) 상에 설치되는 제2 컨트롤밸브(CV2)는 개방되고 제1 냉매공급라인(231) 상에 설치되는 제1 컨트롤밸브(CV1)는

차단되며, 액체헬륨을 공급할 때(메인 냉각)에는 제1 냉매공급라인(231) 상에 설치되는 제1 컨트롤밸브(CV1)는 개방되고 제2 냉매공급라인(232) 상에 설치되는 제2 컨트롤밸브(CV2)는 차단된다.

[0104] 한편, 본 발명의 제2 변형 실시예에 따른 초저온 충격 시험 시스템은 전술한 제1 변형 실시예에서 설명된 증발가스 추출배관(214)을 더 포함할 수 있으며, 증발가스 추출배관(도 4에는 도시되지 않음)을 통해 추출되는 헬륨 증발가스를 제1 냉매공급라인(231)으로 전달하여 최종적으로 시험편(S)이 들어있는 용기(130)로 공급되도록 할 수 있다.

[0105] 이때, 본 실시예는 액체헬륨의 공급과 액체질소의 공급에 관여하는 배관 라인(231, 232)이 분리 구성됨에 따라 별도의 퍼징 작업은 필요하지 않으므로, 증발가스 추출배관(미도시)을 통해 공급되는 헬륨 증발가스는 시험편(S)을 사전 냉각시키는 냉매로써만 이용(바람직하게는, 충격 시험의 최초 수행시)되게 될 것이다.

[0107] 본 발명은 기재된 실시예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않는 한 다양하게 수정 및 변형될 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명하다. 따라서 그러한 수정예 또는 변형예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이다.

부호의 설명

[0109] 100: 충격시험기

110: 거치대

120: 해머

130: 용기

S: 시험편

200: 온도조절부

210: 액체헬륨 탱크

211: 플랜지 커버

212: 액체헬륨 추출배관

213: 레벨게이지

214: 증발가스 추출배관 (제1 변형 실시예)

220: 액체질소 탱크

221: 플랜지 커버

222: 액체질소 추출배관

223: 레벨게이지

230: 냉매공급라인

231: 제1 냉매공급라인 (제2 변형 실시예)

232: 제2 냉매공급라인 (제2 변형 실시예)

240: 홀더

250: 온도센서

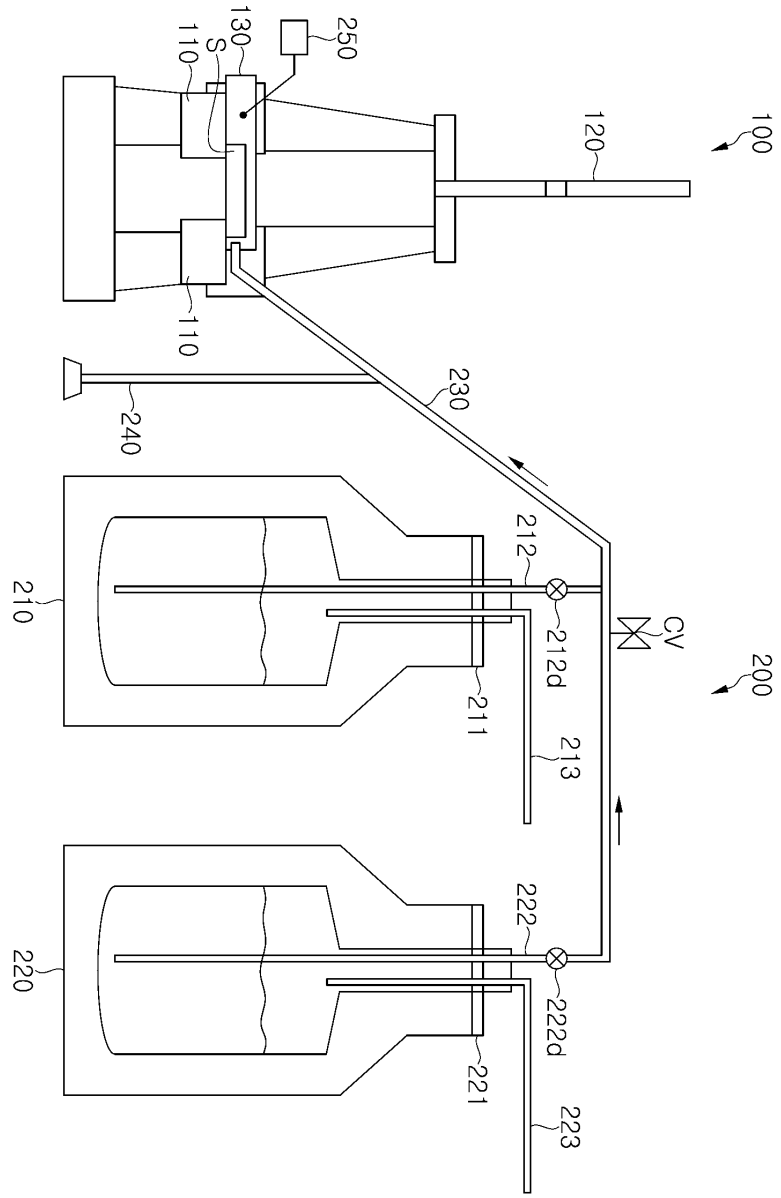
CV: 컨트롤밸브

CV1: 제1 컨트롤밸브

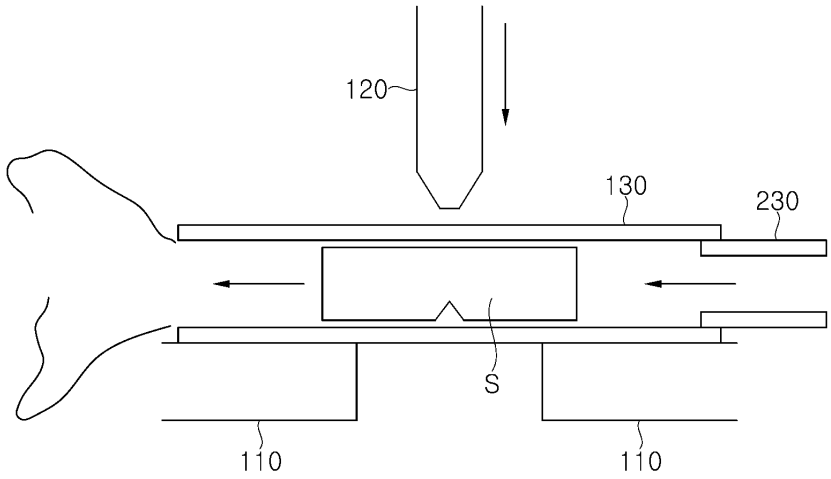
CV2: 제2 컨트롤밸브

도면

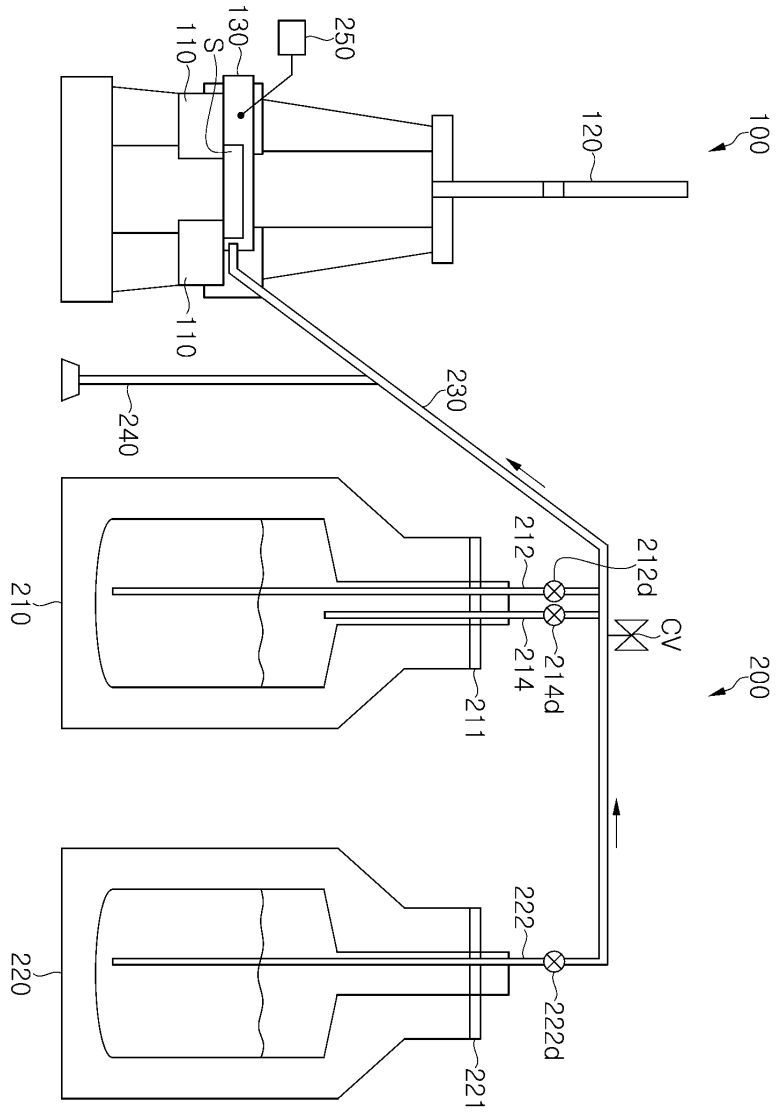
도면1


130
S
110
250
120
100
110
230
240
212
210
CV
212d
200
211
213
222
220
222d
221
223

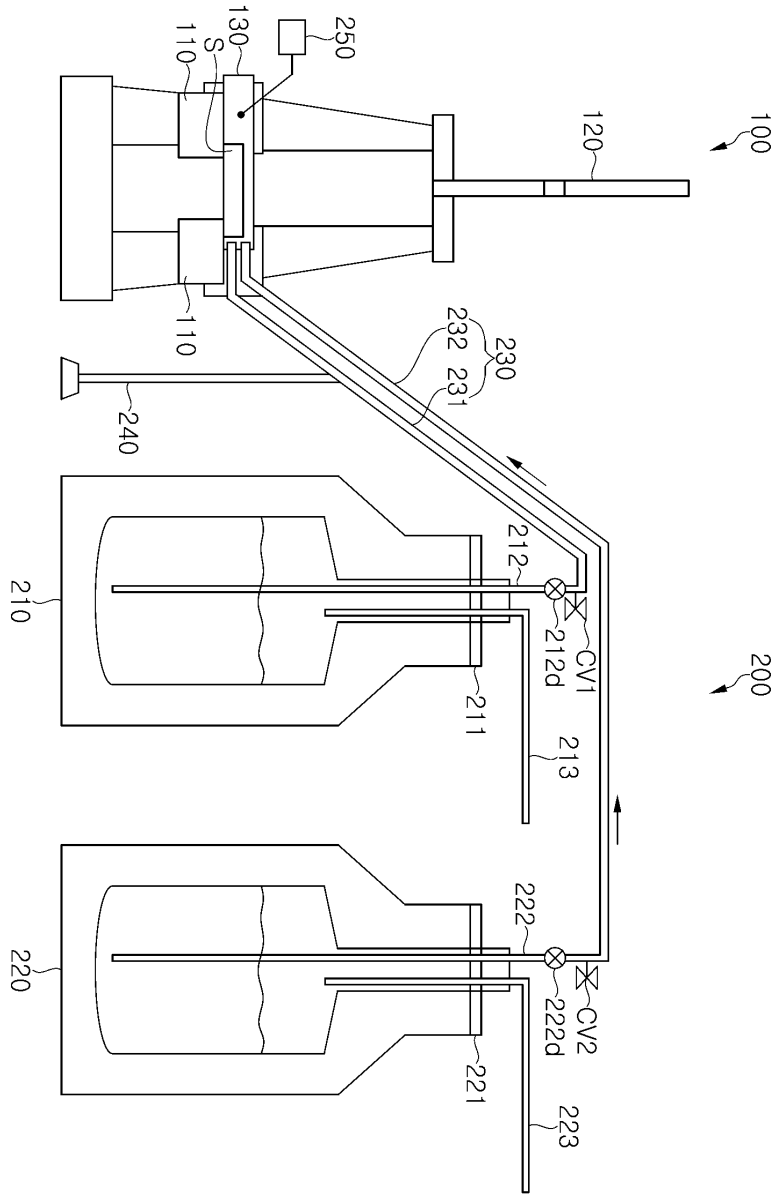
도면2


120
130
230
S
110
110

도면3


130
S
110
250
120
100
110
230
240
212
212d
CV
210
214
214d
211
200
222
220
222d
221

도면4


100
110
S
130
250
120
110
232
231
230
240
212
212d
CV1
210
211
213
200
222
222d
CV2
220
221
223