

한국산학기술학회 발표논문 탄소발열체와 펠티어소자를 활용한 냉온열벤치 설계 방안1)

정호연^{1*}, 김은영*, 신동주*, 하시은*
¹전주대학교 산업공학과
*(주)타이탄

hychung@jj.ac.kr, ey12kim3@naver.com, shinway@hanmail.net, rita3679@naver.com

The Korea Academia-Industrial Cooperation Society A Design Method for Cold and Heat Bench Using Carbon Heating Element and Peltier Element

Ho Yeon Chung^{1*}, Eun-Young Kim*, Dong-Ju Shin*, Si-Eun Ha*

¹Department of Industrial Engineering Jeonju University

*TITAN Co. Ltd.

hychung@jj.ac.kr, ey12kim3@naver.com, shinway@hanmail.net, rita3679@naver.com

ABSTRACT

This paper presents a design plan for a cold and hot bench using a carbon heating element and a Peltier element that can contribute to providing convenience to citizens, saving energy, and carbon neutrality policies. Existing thermal benches not only fail frequently due to high power consumption and complex assembly structure, but also provide some cooling functions, but there were not many cases where they were installed in the field due to condensation due to lack of cooling function. In this study, to solve this problem, the individual sitting method is used to quickly raise the temperature to a preset temperature when a load is applied to the seat, and when cooling, the air cooled in the Peltier element is developed by applying an energy-efficient method that quickly cools the air using a heat pipe and a cooler thermal pad. At this time, by developing and utilizing a cold and hot functional panel that enables the rapid delivery of cold airflow generated from the Peltier element in a short time using a cooler thermal pad and a heat pipe, the failure rate is lowered and the product manufacturing time is shortened, thereby fundamentally solving the problem of follow-up management, and the problem is developed to differentiate it from other companies' products because it can be expected to reduce A/S costs, improve quality levels, and customer satisfaction.

1. 서론

1.1 연구 필요성 및 목적

현대 사회에서 사람들의 일상생활에서 중요한 역할을 하는 것 중 하나가 벤치이다. 벤치는 휴식을 취하고, 사람들과 소통하며, 다양한 활동을 할 수 있는 공간을 제공하는 공공재로서의 역할을 수행하고 있다. 최근에는 벤치에 온열 기능을 추가하여 추운 날씨에도 사람들이 따뜻하게 이용할 수 있는 온열 벤치가 많이 보급되고 있다. 그러나 기존의 온열 벤치는 전력 소모가 크고, 조립 구조가 복잡하여 고장이 잦은 문제점이 있다.

1) 본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 연구개발특구진흥재단의 2023년 연구소기업 씨앗자금 사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호: 2023-JB-RD-0107-01-101)

최근에는 벤치에 냉각 기능을 제공하는 제품이 출시되었으나 냉각 기능의 미흡으로 결로 현상이 발생하여 현장에 설치되는 경우는 많지 않다.

이런 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 탄소 발열체와 펠티어 소자를 활용한 냉·온열 벤치를 개발하였다. 본 연구에서 개발한 냉·온열 벤치는 개별좌석 방식을 적용하여 좌석에 하중이 걸릴 때 미리 설정된 온도까지 빠르게 온도를 올려주고, 펠티어 소자와 히트 파이프, 쿨러 서멀 패드를 사용하여 에너지 효율적으로 공기를 냉각시키는 방식을 적용하였다. 또, 쿨러 서멀 패드와 히트 파이프를 사용하여 펠티어 소자에서 발생된 냉기류를 짧은 시간 내에 빠르게 전달할 수 있도록 하는 냉온 기능 패널을 개발하여 활용함으로써 고장률을 낮추고 제품 제작 시간을 단축하여 사후관리 문제를 해결하였다.

이러한 기술 개발은 시민들의 편의 제공과 에너지 절감, 탄소 중립 정책에 기여할 것으로 기대된다.

2. 기존 제품 시장 및 특허 분석

2.1 탄소온열 벤치 시장분석

탄소온열 벤치 산업의 시장분석을 위해 국내 온열벤치의 대표적인 기업인 피치케이بل, 넥스트윈, 아리산업의 2020년 조달청 납품 실적을 참조하였고, 이들 3사의 2020년 납품실적이 대략 300억 원 정도이며, 타 중소기업의 납품실적을 포함하면 1년에 대략 500억 원 정도의 시장 규모를 갖고 있다고 분석되었다. 여기에 냉·온열 벤치의 경우 온열 벤치에 비해 혁신적인 제품이기 때문에 연평균 10%의 성장이 가능하다고 가정하여 시장 규모를 예측하였고, 해외시장은 국내시장 규모의 약 50배라고 가정하여 추산하였으며 국내시장 규모 예측과 비슷하게 연평균 10%의 성장이 가능하다고 가정하고 해외시장 규모를 예측하였다.

[표 1] 탄소온열 벤치 산업 시장 분석

(단위 : 억원)

구 분		2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년
해외 시장	규모	250,000	275,000	302,500	332,750	366,025	402,628	442,890
	성장률	10	10	10	10	10	10	10
국내 시장	규모	500	550	605	665.5	732.05	805.255	885.780
	성장률	10	10	10	10	10	10	10
합계	규모	250,500	275,550	303,105	333,415.5	366,757.05	403,433.26	443,775.8
	성장률	10	10	10	10	10	10	10

2.2 제품 생산업체의 제품 현황 및 특허분석

최근 버스, 택시 승강장, 공원 등 다수의 사람들이 이용하는 공공시설물로서의 벤치는 온열 기능 뿐만 아니라 냉각 기능을 갖는 냉·온열 벤치 겸용 벤치를 요구하고 있으나, 냉온열 기능이 약하거나 고장률이 높고 전기 소모량이 높은 제품이 대부분이어서 보급 진척률이 낮은 것으로 분석된다.

기존 업체에서 냉·온열 벤치를 개발하여 보급하고 있으나 좌판 아래에 부착된 냉각판에 의한 온도 차에 의해 결로현상이 발생하여 현장 설치가 어려운 실정이며, 다른 경쟁업체의 냉각 방식도 수분흡수 증발 패드에 수분을 분사하여 증발 냉각 시키는 방식을 사용하고 있어 냉각 효과가 떨어지고 고장률만 높아 실용성이 낮은 실정이다.

최근 5년간 관련 제품에 대한 특허를 분석한 결과 5개의 기업에서 13개의 특허를 등록한 것으로 분석되며, 탄소 발열 벤치에 관한 특허는 대부분 온열 벤치에 관한 것이지만 최근 들어 냉·온열

벤치에 관한 특허의 출원이 점차 증가 되고 있는 추세로 분석된다.

[표 2] 냉온열 벤치 특허 - 국내

특허명	등록일	소유자	권리범위	특허형태
옥외용 냉온열벤치	2019.10.21	(주)아리산업	청구항 1개	특허등록
옥외용 냉온열벤치 제어방법	2019.10.21	(주)아리산업	청구항 1개	특허등록
주변온도에 따른 분사제어 기능을 가진 냉온열벤치	2022.04.15	(주)피치케이بل	청구항 1개	특허등록
다발성 분사를 이용한 냉온열벤치	2022.04.15	(주)피치케이블	청구항 1개	특허등록
증발냉각을 이용한 냉온열벤치	2020.12.29	(주)피치케이블	청구항 2개	특허등록
제습 및 증발냉각을 이용한 냉온열 벤치	2021.02.22	(주)피치케이블	청구항 3개	특허등록
흡습속건 패턴을 가진 냉온열벤치	2021.03.15	(주)피치케이블	청구항 4개	특허등록
스마트 벤치	2022.03.23	루넥스 주식회사	청구항 5개	특허등록
음이온과 지열을 이용한 냉온기능을 갖는 의자	2021.06.04	(주)에코러너코리아	청구항 3개	특허등록
음이온과 지열을 이용한 냉온기능을 갖는 의자	2021.12.22	(주)에코러너코리아	청구항 1개	특허등록
히트파이프를 이용한 냉온겸용 벤치	2021.09.30	(주)동광	청구항 1개	특허등록
냉온기능을 갖는 의자	2020.01.09	(주)동광	청구항 1개	특허등록
방열판을 갖는 의자	2019.12.04	(주)동광	청구항 1개	특허등록

냉·온열 벤치에 관한 특허를 가지고 있는 업체는 (주)피치케이블과 (주)동광이며, 그 외 업체는 지열을 이용한 특허를 등록한 업체도 찾아볼 수 있다. 하지만 (주)피치케이블의 제품은 주변 온도에 따른 분사 제어 기능을 갖는 냉·온열 벤치나 증발 냉각을 이용한 냉·온열 벤치와 같이 수분을 기판에 분사하여 주변의 온도를 낮추는 수증기 분사 방식을 사용하고 있어 구조가 복잡하고 효율성이 낮아 실용성이 낮은 실정이다. (주)동광의 제품은 펠티어 열전소자를 이용하고 있으나 다량의 펠티어 소자를 냉각판에 밀착시켜 온도를 냉각시키는 접촉 방식을 사용하고 있어 구조가 복잡하고 다량의 펠티어 열전소자를 이용하기 때문에 높은 전기 소모량과 주변 온도차에 의한 결로현상의 발생으로 실용성과 현장 적용성이 떨어진다는 문제점이 있다.

2.2 본 과제 제품의 차별점

본 연구에서 개발한 제품은 탄소 발열체와 펠티어 소자를 활용하여 벤치에 냉·온열 기능이 가능하도록 하는 혁신 기술로 온열 기능은 탄소 발열체를 활용하여 겨울철 따뜻함을 제공하고 냉각기능은 펠티어 소자, 쿨링 서멀패드, 히트 파이프를 사용하여 여름철 시원함을 제공할 수 있다. 좌판 아래에 ON/OFF용 푸시버튼을 설치하여 사람이 앉았을 때 체중을 감지하여 냉온 기능이 순간적으로 작동되는 개별좌식 방식을

적용하여 에너지를 절감할 수 있게 설계하고, 벤치의 좌우에 무선충전장치와 원격 모니터링 장치를 설치하여 스마트기기의 무선충전 기능과 벤치의 작동상태를 원격지에서 모니터링 할 수 있게 하여 시민들에게 사용의 편의성과 제품의 신뢰성을 제공한다. 전력공급은 승강장 루프에 태양광 패널을 설치하여 신재생에너지를 통해 전기를 공급하고 부족한 전력에 한해 기존 지자체 전력선에서 전기를 끌어와 사용하는 2-way 방식을 적용함으로써 전력 소비를 최소화하여 탄소 중립의 정부 정책에 적극 부응하는 방식을 사용한다.

따라서 본 연구에서 제안한 제품은 쿨러 서멀 패드와 히트 파이프를 사용하여 펠티어 소자에서 발생 된 냉기류를 짧은 시간 내에 빠르게 전달할 수 있도록 하는 냉온 기능 패널을 개발하여 활용함으로써 고장률을 낮추고 제품 제작 시간이 단축되어 사후관리의 문제를 근본적으로 해결하였으며, 이로 인한 A/S 비용 절감 및 품질 수준 향상과 고객 만족을 기대 할 수 있어 기존 제품과 차별성이 있다.

3. 연구 내용

3.1 탄소 발열체와 펠티어 소자의 작동 원리

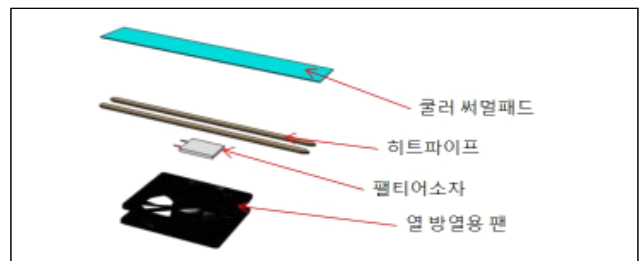
탄소발열체는 탄소 소재의 특성을 이용하여 열을 발생시키는 발열 소자로, 전기에너지를 열에너지로 변환하는 방식으로 작동하며, 높은 효율, 균일한 열 분포, 빠른 열 상승 속도, 긴 수명, 안전성 등의 장점을 가지고 있다. 탄소발열체는 전기에너지를 열에너지로 변환하는 과정에서 높은 효율을 보여주는데 일반적인 히터에 비해 에너지 손실이 적고, 원하는 온도를 빠르게 달성하여 에너지 낭비를 줄일 수 있어 경제적이다. 탄소발열체는 넓은 면적에 균일하게 열을 분포시킬 수 있는데, 이는 온도 편차를 줄여 쾌적한 환경을 조성하고, 특정 부분만 과열되는 것을 방지하여 안전성을 높여주며, 고장 가능성이 낮고 교체 주기가 길어 유지 관리 비용을 절감할 수 있다. 또한, 과열 방지 기능을 탑재하고 있으며, 유해 물질을 발생시키지 않아 환경친화적이며 화재 위험이 낮고 안전하다.

펠티어 소자는 전기에너지를 직접 열에너지로 변환하는 소자로, 높은 에너지 효율을 가지고 있다. 일반적인 히터나 쿨러에 비해 에너지 소비를 줄일 수 있으며, 환경친화적이다. 펠티어 소자는 전류를 조절하여 매우 정밀하게 온도를 조절할 수 있어 냉각 및 가열 온도 범위를 설정할 수 있으며, 특정 온도를 유지해야 하는 경우 유용하다. 펠티어 소자는 극저온에서 고온까지 넓은 온도 범위를 가지고 있고, 소형 및 경량화가 가능하여 공간 제약이 있는 곳에서도 사용할 수 있다.

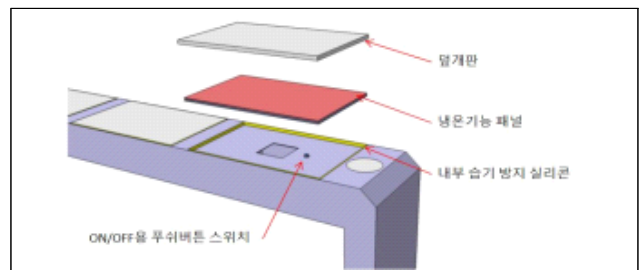
탄소 발열체와 펠티어 소자를 활용한 냉·온열 벤치의 작동 원리는 탄소 발열체가 전기에너지를 열에너지로 변환하여 펠티어 소자의 한쪽 면을 가열하고, 펠티어 소자는 열을 흡수하여 다른 한쪽 면을 차갑게 만든다. 차가운 면은 냉·온열 벤치의 표면을 식혀주고 벤치 표면에 놓인 물체는 냉각되거나 가열되는 원리이다. 실제 개발 제품에는 냉·온열 벤치의 예열온도를 25℃로 유지하다가 벤치 주변에 사람의 동작이 감지되면 벤치 온도를 겨울철에는 35℃로 올리고 여름철에는 23℃로 내려 사용자가 느끼는 체감온도를 신속하게 제공하도록 냉·온열 기능을 설정하고, 온열 벤치의 특성상 전원 비인가시 급속히 차가워지는 특성이 있어 축열이 가능하도록 ESS를 설치하여 낮 시간에 충전된 전기에너지를 저장하여 사용할 수 있게 구성하였다. 냉·온열 동작 스위치에 의한 전원 비인가시 온도 반응 보완사항으로는 인체 온도 및 동작 센서 추가(3m 이내에서 감지)하고 상시 예열 동작에 따른 인체 근접 또는 압력 SW 반응에 의한 동작 수정하고, 예열 기능에 의한 결로현상이나 습도 제거 향상, 외부 온도에 따른 온도제어 방식 추가하였다.

냉·온열 벤치에 공급되는 전기는 버스 승강장 위에 설치한 태양광발전시스템을 통해 발전된 전기를 통해 공급받을 예정이다. 밤이나 흐린 날에 한해 스위칭 장비에 의해 지자체 전기를 사용하는 2-way 방식의 전원 체계를 구현하여 전력 소비를 최소화할 예정이다. 또 원격감시제어시스템인 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) 시스템을 설치하여 원격지에서 모니터링이 가능하도록 할 예정이다.

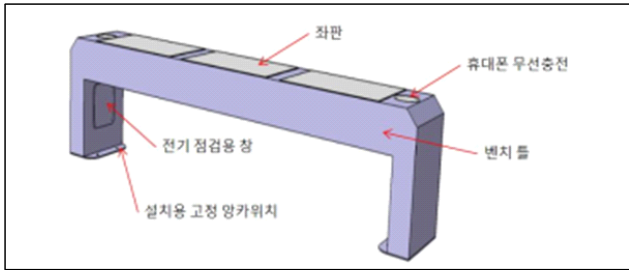
3.2 냉·온열 벤치의 설계 방안



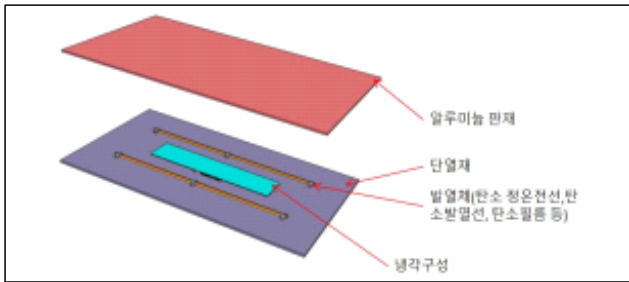
[그림 1] 냉온 기능의 구성



[그림 2] 좌판 내부 구성



[그림 3] 기본 구성



[그림 4] 냉온 기능 패널의 구성

4. 결론

4.1 결론

본 연구에서는 탄소 발열체와 펠티어 소자를 활용한 냉·온열 기능을 갖춘 벤치와 이에 전기를 공급해주는 태양광발전시스템을 개발하여 계절에 상관없이 편리하게 냉·온열 기능을 사용하게 하고 필요한 전력공급은 태양광과 같은 자연 친화적 신재생에너지를 활용하게 하여 탄소 중립에 기여하는 냉·온열 겸용 벤치 개발을 목표로 하였다.

본 연구에서 개발한 냉·온열 벤치는 다음과 같은 점을 고려하여 개선 및 보완한다면 더욱 효과적인 시스템으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 다양한 기후 환경에 적용 가능하도록 냉난방 성능을 개선하고, 소비자 니즈에 맞춰 벤치 디자인 및 기능을 다양화하며, 제작 및 설치 비용을 절감하여 대중화를 확대한다. 또 정부 및 기업과의 협력을 통해 벤치의 상용화를 추진한다면 본 연구가 탄소 중립 시대에 시민들에게 편리하고 쾌적한 휴식 공간을 제공하는 데 기여할 수 있기를 기대한다.

4.2 기대효과 및 활용방안

탄소 냉·온열 벤치 제품은 기존 온열 벤치 기술을 냉·온열 벤치 기술로 한 단계 업그레이드시킨 혁신 제품이기 때문에 기존 제품보다 더 큰 부가가치를 창출할 수 있는 제품이라 할 수 있다. 또한, 냉·온열 기능을 운영할 때 필요한 전력공급을

기본적으로 태양광 시스템에서 공급받기 때문에 전력 소모를 최소화할 수 있어 비용 절감 효과를 기대할 수 있다. 탄소 냉·온열 벤치 기술은 국내에서 개발한 기술이지만 전 세계의 공통 관심사인 탄소 중립에 기여할 수 있는 기술이기 때문에, 해외에서도 큰 관심과 주목을 받고 있고, 이에 따라 환경친화적인 벤치 제품은 수출증대로 해외에서 수익을 창출하여 수출증대 및 수입대체 효과를 불러올 수 있다. 또 탄소 냉·온열 벤치의 사업화를 통해 연구 및 개발, 생산 및 마케팅 등에 일자리가 창출될 수 있으며, 에너지 절감 효과로 인해 기업의 경쟁력이 향상되어 더 많은 일자리가 창출될 수 있다.

참고문헌

- [1] <https://patentimages.storage.googleapis.com/35/d3/65/f0fe333454f55e/KR102036712B1.pdf>
- [2] <http://kpat.kipris.or.kr/kpat/searchLogina.do?next=MainSearch#page1>
- [3] 첨단 섬유산업의 시장분석과 탄소/나노소재 기술개발 동향, RIssearch센터, 산업정책분석원, 2019
- [4] 송의수, 탄소섬유면상발열체 적용 발열벤치의 열적특성에 대한 연구, 전주대학교 문화산업대학원, 2023
- [5] 전술아, 탄소섬유 부직포 면상발열체의 특성 분석, 전주대학교 일반대학원, 2018