

실리콘러버 기반의 히터제작에 관한 연구

홍정오^{1*}, 홍재택², 최신희³

¹강원대학교 제어계측공학과 석사과정, ²서울과학기술대학교 나노IT디자인융합대학원 박사과정, ³강원대학교 전기제어계측공학부 교수

A Study on the Fabrication of Heater based on Silicone Rubber

Jeong-Oh Hong^{1*}, Jae Tack Hong², Shin-Hyeong Choi³

¹Student, Dept. of Control & Instrumentation Engineering, Kangwon National University

²Student, Graduate School of Nano IT Design Fusion, Seoul National University of Science and Technology

³Professor, Division of Electrical, Control & Instrumentation Engineering, Kangwon National University

요약 실리콘러버히터는 플렉시블하기 때문에 평면, 곡면, 입체적인 형태에서도 직접 접촉이나 피가열물에 넣어 설치할 수 있다. 현재의 가열방식은 열이 필요하지 않은 영역 또는 위치를 무시하고 피가열물체 전체를 가열하여 필요한 온도로 상승시키기 때문에 일부분만을 부분집중 가열할 수 없었다. 멀티히팅존을 이용하면 피가열물체 전체를 가열하는 것보다는 공정에 따라 열이 필요한 부분만 집중가열하기 때문에 열이 필요한 장소마다 적은 전기용량으로 발열량을 다르게 적용하여 국소 위치별로 빠르게 가열할 수 있고, 열에너지를 줄일 수 있다. 본 연구에서는 열용착이 필요한 영역에서 균일한 온도 또는 온도 차이가 발생하도록 다중 가열영역 구조내의 부분집중 영역에 대한 온도 및 가열 시간을 측정한다. 최적의 전력밀도 범위 결정 및 전기용량을 감소하기 위해 멀티히팅존 구조로 제작된 실리콘러버히터의 안전성을 알아본다. 이와 같이 다중가열방식으로 실리콘러버히터를 제작하면 다중집중 가열기술을 모든 가열공정에 이상적으로 적용할 수 있다.

주제어 : 실리콘러버, 히터, 부분집중가열, 멀티히팅존, 전열선전력밀도

Abstract Since silicone rubber heaters are flexible, they can be directly attached or installed in objects to be heated even in flat, curved or three-dimensional shapes. Since the current heating method heats the entire object to be heated and raises it to a required temperature, ignoring areas or positions where heat is not required, partial intensive heating cannot be performed. When using multi-heating zones, rather than heating the entire object to be heated, only the parts that need heat are intensively heated according to the process, so it is possible to heat quickly by local location by applying different amounts of heat with a small amount of electric capacity to each place that needs heat, and heat energy can reduce. In this study, the temperature and heating time of the partially concentrated region in the multi-heating region structure are measured so that a uniform temperature or temperature difference occurs in the region requiring thermal fusion. In order to determine the optimal power density range and reduce capacitance, the safety of a silicon rubber heater manufactured with a multi-heating zone structure is investigated. If the silicon rubber heater is manufactured in a multi-heating method, the multi-intensive heating technology can be ideally applied to all heating processes.

Key Words : Silicone rubber, Heater, Partial intensive heating, Multi heating zone, Electric wire power density

*Corresponding Author : Jeong-Oh Hong(hjo228@daum.net)

Received March 20, 2023

Accepted June 20, 2023

Revised April 20, 2023

Published June 30, 2023

1. 서론

멀티히팅존 구성은 가열용도에 따라 라미네이터, 반도체 및 디스플레이 산업에서 부분집중가열을 요구하는 공정에서 가열영역별로 균일온도 및 위치별로 집중가열이 필요한 부분에 적용하기 위해서이다[1]. 실리콘 러버히터는 반도체 가열설비 및 측정기, 레이저탐지장치의 동결 방지 보호, 혈액분석기 및 검사기등 의료기기, 플라스틱 라미네이트 경화, 교통신호제어기, 제어벨브커버 동결 방지, 전기자동차 배터리가열, 위성 및 통신장비 동결방지 등에 적용되고 있다. 부분집중가열은 피가열물의 온도를 부분적으로 온도를 서로 다르게 발열되는 온도로 플레이트 성능에 중요한 관점이 된다. 부분집중가열 면적이나 크기에 따라 최소 가열영역은 2개에서 50개의 영역으로 구성할 수 있다. 가열구역은 독립적으로 제어가 가능하며, 영역마다 서로 다른 온도가 발생된다. 여러 영역으로 구성되기 때문에 사용중에 1개의 영역에서 고장이 발생하더라도 가열영역이 여러 영역으로 구성되므로 전체적으로는 큰 문제 없이 사용이 가능하다.

부분집중가열은 예열, 압착 및 본딩 등의 열융착이 필요한 가열공정에 널리 사용되지만 여러 가열 위치의 영역마다 균일한 온도 또는 온도차가 발생되게 가열하기 위해 멀티히팅존 구조를 적용한다. 또한, 전체면적에 대해서 균일한 온도와 영역별로 서로 다른 온도차를 갖는 독립적인 영역으로도 제어가 가능할 뿐만 아니라, 제품 설치시에도 설치와 제거는 맞춤형으로 설계가 가능하다는 장점이 있다.

2. 이론적 고찰

2.1 열에너지

전기용량(kWh)은 가열물체를 설정온도까지 가열하는데 필요한 열과 표면으로부터 열 손실이 포함된 조건으로 계산된 값으로 결정된다. 전기용량이 결정되면 피가열물체에 설치될 히터의 설치수량 및 크기와 형태를 결정한다[2].

멀티히팅존은 특정 부위의 집중가열이나 전체면적은 서로 다른 온도로 가열하거나 일정한 온도로 유지하는데 필요하다. 목표온도로 가열되도록 온도센서는 정확한 제어를 위해 가열물체 표면과 히터에 근접하여 설치해야 한다.

열 출력이 적절한 수준이 될 때까지 전압이 인가되어 전류가 흘러 필요한 전력이 계산되므로 자동온도조절장치의 제어방식으로 전력제어는 중요한 사항이다. 일반적으로 ON/OFF 제어가 사용되지만 이 제어방식은 마그네트의 접촉방식으로 설정온도에 도달하면 전원은 ON 또는 OFF의 작동으로 인하여 온도가 크게 변할 수 있으므로 SCR[silicon controlled rectifier] 전력제어를 적용하면 정확한 온도로 가열할 수 있으며, 히터의 수명도 연장하는데 널리 사용된다[3, 4]. 실리콘러버히터를 이용한 부분집중가열 구조는 모든 가열분야에서 응용이 가능하며, 고체, 액체 또는 가스와 같은 대부분의 가열에서 전도, 대류 또는 복사에 사용될 수 있다.

초기 가열[Start-Up] 전기용량은 피가열물체와 재료가 주위온도와 같기 때문에 열 손실은 거의 제로(0)이며, 장비의 작동이 시작되면서 열 손실은 최대로 증가한다. 이것은 설계온도까지 가열에 필요한 열에너지와 운전 또는 작동하면서 표면으로부터 손실되는 에너지를 합한 것이다. 장비를 가동하면서 재료의 가열이나 용융과정에서 열에너지가 필요하며, 주변 환경보다 높은 온도로 가열되는 물체나 재료는 전도, 대류 및 복사에 의한 열에너지와 대기에 노출된 액체 표면은 증발을 통해 열에너지를 잃는다[5,6].

열 손실계수는 재료에 따라 다르며, 피가열물체 표면적의 단위 시간당 전기용량으로 표시되며, 열에너지 계산식에서 운전 시간("t")에는 영향을 받지 않는다[7].

전기용량 계산은 작동조건, 열 손실과 가열공정에 영향을 미치는 조건에서 주위온도, 단열재, 구성 재료 및 전압변동을 보완하기 위해서 안전계수를 고려하여야 한다. 예를 들어, 5%의 전압변동이 발생되면 전력 출력에서는 11%의 변화를 가져온다. 안전계수는 가열공정 및 손실 조건에 따라 5 ~ 35%를 적용하며, 열에너지 흡수 및 열에너지 손실에 대한 계산된 값의 총합계에 포함된다.

2.2 전력밀도

전압을 높이면 전력은 그에 따라 커져 열이 발생되어 고온이 되며 공기와의 산화반응, 열에 의한 변형, 피가열물체의 용융 등을 걸쳐 최후에는 단선되어 전기히터로서의 역할을 못하게 된다. 이와 같이 전기히터를 가열하여 부가되는 전력은 그 발열체의 성질과 가열온도와 관계가 있다. 전기히터에서 발생하는 열은 전열선의 온

도에 따라 소비를 하게 되지만, 최종적으로는 전기히터 표면에서 주위를 향해 열을 발산하게 된다. 여기서 발생하는 열을 전기히터 표면에서 뺀 값, 즉 단위 면적만의 전력을 전력밀도라고 하며, 이것은 주위의 온도, 설계온도, 분위기 조건, 발열체의 조성 및 설치 방법 등에 따라 다르다[8-9].

전력밀도는 열 흐름 속도 또는 표면적당 밀도를 나타내며, 정격용량을 전기히터의 유효가열영역 또는 발열 가열표면에서 나오는 용량(watt)이다. 유효가열면적은 전기히터의 표면적에 가열부의 길이를 곱한 것이며, 전력밀도는 다음 공식에 의해 결정된다.

$$\text{전력밀도} = \frac{\text{정격용량(Watt)}}{\text{유효가열면적(가로} \times \text{세로)}} \quad (1)$$

3. 실리콘러버 기반의 히터

실리콘러버히터는 히터의 수명과 성능을 손상시키지 않으면서 반복적인 굽힘을 견딜 수 있는 우수한 물리적 강도를 갖는다. 3차원 형상을 포함하여 기하학적으로 어려운 형상을 제조하는 데 매우 효과적이다. 실리콘러버히터의 독특한 구조가 희망하는 장소를 최고 260°C 까지 가열이 가능하다. 금속재료의 카트리지히터와는 달리 고무재질(Fiberglass Fabric에 실리콘 코팅)로서 두께는 1.6mm다. 이것은 플렉시블하기 때문에 평면, 곡면, 입체적인 형태에서도 직접 접촉이나 피가열물에 설치할 수 있다. 실리콘러버히터는 금속 블럭에 홀 가공이 필요 없이 설치할 수 있다.

현재 반도체장비에서는 웨이퍼 가열장치를 여러 영역별로 금속재료의 히터를 설치하여 가열하고 정하는 온도에 따라서 히터의 공급 파워를 인가 시간에 의해 전압 및 전류를 함께 조정하는 방법이다. 그러나 본 논문에서는 히터에 공급되는 전압 및 전류를 PID제어 [Proportional Integral Derivation Control]기에서 조정하는 것이 아니라 각 영역별로 미리 결정된 온도를 전력밀도를 이용하여 파워가 결정되기 때문에 전압 및 전류를 조정하지 않고 동시에 하나의 영역의 온도를 기준으로 가열하는 것이 다른 점이다. 부분집중가열방식은 열이 필요한 위치별로 부분집중 가열할 수 있기 때문에 피가열물체로부터 소비전력을 낮출 수 있으며, 이와 더불어 매우 빠른 가열과 냉각의 응답 반응 시간을 나타낸다. 앞서 설명한 것처럼 실리콘러버히터를 영역

별 온도로 가열하기 위해서는 발열온도를 측정하여 전력밀도를 산출하고 이 수치를 기준으로 멀티히팅존에서 균등한 발열이 되도록 균일 비율을 조정하거나 1개의 발열부에서도 가열부마다 권선 비율을 각기 다르게 조정하여 발열온도를 서로 다르게 할 수 있다.

본 연구에서는 알루미늄 재료의 플레이트를 사용하였으며 그림은 플레이트에 설치될 실리콘러버히터 구조를 설명하기 위해서 나타낸 구성도이다. 플레이트(규격: 가로 200[mm] × 세로 200[mm] × 두께 5.5[mm])에는 Fig. 1 및 Fig. 2의 실리콘러버히터에는 5개 영역의 히터와 기준온도 측정용으로 5개의 온도센서를 측정 위치에 그림과 같이 부착하고 온도조절기에서 160[°C]로 설정하고, 데이터 로그에 온도센서를 연결한다. 히터를 목표 온도까지 자동온도조절장치에서 가열하면서 온도센서로부터 측정된 온도를 데이터 로그와 컴퓨터에 실시간으로 저장한다.

Fig. 1은 멀티히팅존을 나타내며, Fig. 2는 영역별 목표 온도로 설계된 것이다.

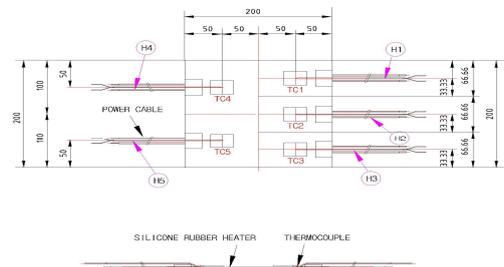


Fig. 1. Multi-heating zone silicone rubber heater

Fig. 1은 플레이트 내부에는 멀티히팅존이 5개로 구성된 실리콘러버 히터 1개, 실리콘러버히터 표면에는 자동온도제어장치용 온도센서와 데이터로그의 온도기록용으로 각 영역별로 2개씩 총 10개의 온도센서가 설치된다. 플레이트에 실리콘러버히터를 설치 후에 멀티히팅존에는 각각의 히터와 온도센서의 전원선을 자동 온도조절장치로 연결한다.

일반적인 전기히터는 전체면적에 대해 중심부에서는 발열온도가 상당히 높기 때문에 밝은 적색으로 보이고 중심부로부터 떨어질수록 대기로부터의 열 손실로 인하여 온도는 낮아져 좌, 우측면에서는 약간 붉게 보인다. Fig. 1은 실리콘러버히터를 멀티히팅존 구조의 부분집중가열에 적용하여 실리콘러버히터의 가열영역은

5영역으로 제작한다. 전체면적을 서로 다른 온도로 가열하기 위해서 필요한 영역마다 설계온도로 가열하기 위해서 열이 필요한 위치별로 동시에 실리콘러버히터를 제작하여 영역별로 발열되는 발열온도를 측정하여 표면 가열상태를 확인하여 전력밀도를 결정한다. 그림 2는 영역별 목표온도로 설계된 형태로 전원선은 하나로 제작된다. 예를들어 H1의 온도는 70[°C], H2는 95[°C], H3는 100[°C], H4는 115[°C] 및 H5는 150[°C]로 가열한다.

Fig. 1은 플레이트의 가열면적이나 가열온도, 전력밀도에 관계없이 가열존을 자유자재로 가열하지만 가열영역별로 전원과 온도센서를 설치하여 온도를 설정하여야하는 점이 단점이다.

Fig. 2는 전원선이 하나로 제작되며, 각 영역의 온도 측정을 위해 온도센서는 영역별로 설치한다. 사용이 편리하지만 영역별 전력밀도의 범위에 따라 제작 여부가 결정되는 것이 단점이다.

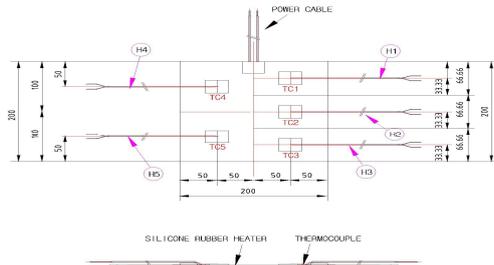


Fig. 2. silicone rubber heater designed to target temperature by area

Fig. 2는 H1, H2, H3, H4 및 H5 영역중에서 H4의 영역을 115[°C] 기준으로 하면, 각 영역의 온도는 전력밀도와 전열선등의 요소를 기준으로 그림 1과 같은 영역의 온도로 가열을 할 수 있다. 1개 영역의 목표온도를 설정하면 그에 따라 다른 영역의 온도를 서로 다르게 또는 같게 제작이 가능하다. 실리콘러버히터는 실리콘시트(silicone Sheet), 발열선(Heating wire), 터미널핀(Terminal Pin) 및 리드인출부(Lead arrangement)로 구성된다. 피가열물체를 가열하기 위해서는 피가열물체의 분위기 온도 및 최대 가열온도에 견딜 수 있는 재질을 적절하게 선택하여 사용해야 한다. 시트의 최대 발열온도는 가열 중의 손상을 방지하고 합리적인 수명을 유지하기 위해 최대 가열온도 이내로 제한하여 사용해야 한다. 실리콘 시트의 사용온도는 최대 가열온도

범위 이하에서 결정해야 한다.

실리콘러버히터는 수명과 직접적인 관계가 있기 때문에 설계조건에 따라 전열선이 결정되며, 일반적으로 니크롬선(Ni-Cr Heating Wire, NCHW)과 철크롬선(Fe-Cr Heating Wire, FCHW)이 널리 사용된다.

전원선과 터미널 핀을 연결하여 전기가 통하는 역할을 하며, 리드선은 고온의 전기 절연체를 사용하며 기계적인 마모에는 거의 문제점이 발생되지 않는다.

멀티히팅존은 특정 부위의 집중가열이나 전체면적을 서로 다른 온도로 가열하거나 일정한 온도로 유지하는데 필요하다. 목표온도로 가열되도록 온도센서는 정확한 제어를 위해 가열물체 표면과 실리콘러버히터는 근접하여 설치해야 한다.

전압을 높이면 전력은 그에 따라 커져 열이 발생되어 고온이 되며 공기와의 산화반응, 열에 의한 변형, 피가열물체의 용융 등을 걸쳐 최후에는 단선되어 전기히터로서의 역할을 못하게 된다. 이와 같이 전기히터를 가열하여 부가되는 전력은 그 발열체의 성질 및 가열온도와 관계가 있다. 전기히터에서 발생하는 열은 전열선의 온도에 따라 소비를 하게 되지만, 최종적으로는 전기히터 표면에서 주위를 향해 열을 발산하게 된다.

플레이트를 설계온도로 가열하기 위해서 전기용량을 계산하여야 하며, 전기용량이 부족하면 설계온도로 발열이 되지 않으므로 열에너지 계산이 중요하다.

표면 전력밀도는 실리콘러버히터 표면적에 대한 지표이며, 전열선 전력밀도는 히터의 수명을 추정하는데 사용된다. 표면 전력밀도[W/cm²]는 전기용량을 히터 표면적으로 나눈 값으로서, 전력밀도가 높으면 표면 온도는 높고 가열은 빠르게 진행된다.

전열선 전력밀도를 계산한 이유는 전원을 인가하여 발열되는 온도를 측정했을 때 실리콘러버히터의 과열상태로 인하여 실리콘 시트가 타거나 화재 우려가 발생하는 전력밀도 경계 범위를 확인하기 위해서이다.

피가열물체의 부분집중가열에 필요한 가열영역, 전기용량, 발열구조, 발열온도 및 실리콘 시트 재질 등을 결정하여 선정된다. 부분집중가열이 필요한 위치에 멀티히팅존을 구성하여 가열하는데 현재는 전체면적에 실리콘러버히터를 설치하거나 열이 필요한 만큼의 히터를 설치하고 나머지 공간은 비워놓고 가열하는 실정이다.

본 논문에서 설계한 실리콘러버히터를 실험하기 위

해 전원선을 영역별 목표온도로 제작하는 방식과 개별 전원을 통한 멀티히팅존 방식으로 제작한다.

피가열물체의 가열용도 및 설계온도에 따라 실리콘러버히터는 전열선에 따라서 Resistance Wire, Etched foil을 사용하며, 이 전열선을 가열영역의 설정 온도에 따라 권선하여 터미널 핀으로 연결하고, 가압재 등으로 도포하고, 실리콘러버시트를 이용하여 전용기계를 사용하여 제작한다.

4. 실험환경

표면전력밀도가 1W/cm² (200mm × 200mm 히터라면 67W)에서, 무풍의 공기중에서 전기를 인가하면 50초에 약 58.8℃(75초에 약 74.95℃)가 된다. 일반적으로 실리콘러버히터는 전기용량에 따라서 일정한 양의 열을 발생한다. 그러나 목표온도로 설정하여 제작하면 가열영역별로 온도를 다르게 가열할 수 있으며, 그 외의 전기히터에서는 일정한 온도가 되는 것은 없다. 온도가 일정한 것은 비등한 용탕에서 가열하는 경우 100℃가 일정한 온도이지 열량은 일정하지 않다는 것이다. 실리콘러버히터를 여러 영역으로 나눠 사용하면 전기용량이 높을수록 승온 시간이 경과되면서 열 손실이 없어 전도열로 인하여 발열온도는 높아지고 온도차는 점차 줄어든다. 전기용량이 높은 조합인 H4+H5의 영역의 경우에는 H5가 전기용량이 높기 때문에 H4는 승온 속도가 상대적으로 느리게 발열된다.

본 논문에서는 실리콘러버 히터를 5개의 영역으로 나누어 구성하였으며, 67W, 90W, 100W, 180W 및 312W로 설정온도까지 가열하는데 영역별 목표 온도로 제작된 물품의 경우 H5는 승온 시간 50초까지는 약 153.9[°C]로, H4는 75초, H2와 H3는 100초 및 H1은 140초가 소요되어 초기 가열 시 온도차가 있었지만 설정 온도에 도달하면서 발열되는 온도차는 점진적으로 낮아진다. 실리콘러버 기반의 히터 표면에 피 가열체를 접촉시켜 가열한다면 금속판을 올려 가열할 때 보다 대략 열 에너지 효율은 부분집중가열을 하면 피가열물체 전체를 가열하지 않고도 필요한 부분만 가열할 수 있으므로 열 에너지를 계산한 효율은 58% ~ 91%이다. 상승온도는 전기용량이 적으면 열손실로 인하여 승온 시간이 단축되는 시간은 적으나 전기용량이 크면 승온 시간은 최저 82% 이상 빠르게 승온 시킬 수 있다는 결과가 나온다.

Table 1. silicone rubber heater designed to target temperature by area.

Set temperature [°C]	Heating time [s]	Measurement temperature[°C] (Measurement temperature in automatic thermostat : 154[°C])				
		H1	H2	H3	H4	H5
		TC1	TC2	TC3	TC4	TC5
160	25	38.2	49	50.6	63.55	91
	50	67.8	95.0	102.4	115.2	153.9
	75	96.1	136.2	148	149.6	
	100	120.8	147.9			
	125	142.2				
	140	152.2				

직접 피가열물체와 실리콘러버히터를 직접 접촉시키면 효율을 더 높일 수 있다. 따라서 피가열물체 전체를 가열하는 것보다는 공정에 따라 열이 필요한 부분만 집중가열하면 전체면적을 가열하는 것보다 열이 필요한 장소마다 적은 전기용량으로 발열량을 다르게 적용하여 국소 위치별로 빠르게 가열할 수 있다. 멀티히팅존은 원하는 온도로 가열이 가능하며, 부분집중가열로 발열과 승온 시간이 빠르고, 소비전력량을 줄여 에너지를 감축할 수 있다. 실리콘러버히터를 사용하는데 있어서 안정성을 유지하는 최적의 실리콘러버 시트의 발열온도는 150℃이며, 이상적인 전력밀도의 경계범위는 2W/cm² 이다.

8세대 LCD(2,200 × 2,500mm)[10] 패널장치에서는 전체면적을 균일온도 또는 부분 가열하는 방법이 있는데 아래 사진은 멀티존을 적용한 가열장치이다. 전기용량은 220V/87KW, 3상이며, 전체면적을 24개로 나눠 패널상부(PV-S)와 패널내부(PV-H)에 온도센서를 각각 24개씩 48개를 설치하여 측정된 값이다. 패널 상부는 히터가 설치된 패널 내부보다 5-6℃가 낮으며, 패널 상부에서는 설정온도와 같은 온도로 가열이 이루어지는 것을 확인할 수 있다. 멀티존을 이용한 실리콘러버히터에서는 일반형에 비하여 160℃에서 215로 전류가 측정되어 약 5.83%의 전력이 감축된다.



Fig. 3. Laminating equipment with Multi zone silicone rubber heater

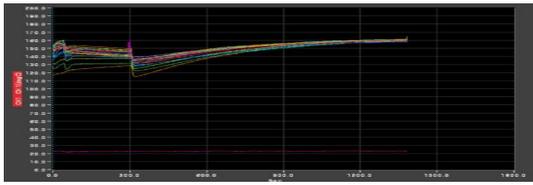


Fig. 4. Measurement pictures of datalog

Table 2. Measurements in the datalog

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SV	162	162	162	160	160	159	159	158	158	155	155	155
PV-H	168.5	168.3	166.8	165.6	165.3	164.1	165.7	164.2	164.1	165.1	160.5	160.2
PV-S	162.1	162.1	162.1	160.3	159.2	159.7	159.4	158.3	158.5	155.2	155.4	155.4

ZONE	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
SV	155	155	158	158	158	159	159	160	160	160	162	162
PV-H	161.2	161.6	163.2	163	163.2	164.1	165.7	165.4	166.1	166.6	167.7	167.3
PV-S	155.3	155.2	158.2	158.3	158.2	159.7	159.4	160	161	159.1	162.1	161.9

5. 결론

면상발열체의 일종인 실리콘러버히터를 부분집중 멀티히팅존으로 제작하면 열이 필요한 영역별로 부분가열이 가능하며, 열이 필요하지 않은 부분은 가열이 이루어지지 않으므로 열이 전도되지 않아서 가열과 냉각이 빠르다. 하나의 히터에서 가열영역을 각각 다르게 전기용량(또는 같은 전기용량)을 주어 서로 다른 온도(또는 균일한 온도)로 가열이 가능하다. 피가열물체 전체를 가열하는 것보다는 공정에 따라 열이 필요한 부분만 집중가열하면 전체면적을 가열하는 것보다 열이 필요한 장소마다 적은 전기용량으로 발열량을 다르게 적용하여 국소 위치별로 빠르게 가열할 수 있다. 현재의 가열방식은 열이 필요하지 않은 영역 또는 위치를 무시하고 피가열물체 전체를 가열하여 필요한 온도로 상승시키기 때문에 일부분만을 부분집중 가열할 수 없었으나, 멀티히팅존을 이용하면 이러한 문제를 개선을 할 수가 있기 때문에 다중집중 가열기술을 모든 가열공정에 이상적으로 적용할 수가 있다.

따라서 부분집중가열에 따른 실리콘러버히터가 제작된다면 열이 필요한 장소만 집중적으로 가열할 수 있으며 전기용량 감축 및 사용 중 파손이나 화재 발생을 미연에 방지할 수 있다. 발열온도는 전기용량이 적으면 열 손실로 인하여 승온 시간이 단축되는 시간은 적으나 전기용량이 크면 승온 시간은 최저 82% 이상 빠르게 승온시킬 수 있다는 결과가 나온다. 실리콘러버히터의 발열체를 초박막구조로 변경하면 고기능성 박막기술로

면상발열체를 더욱 얇게 히터를 제작할 수 있다. 위와 같은 실험을 통하여 멀티히팅존(영역)은 원하는 온도로 가열이 가능하며, 실리콘러버히터는 부분집중가열로 발열과 승온 시간이 빠르고, 소비전력량을 줄여 에너지를 감축할 수 있다. 실리콘러버히터를 사용하는데 있어서 안정성을 유지하는 최적의 실리콘러버 시트의 발열온도는 150℃이며, 이상적인 전력밀도의 경계범위는 2 W/cm² 이다.

REFERENCES

- [1] Ahn, D. W., & Park, M. H. (2017), Industry and technology trends of ceramic heaters for semiconductors, *Ceramist*, 20(4), 6-14.
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/Capacitance>
- [3] Huynh, A. T, Chun, T. W., & Lee, H. H. (2019), Control techniques of transformer - SCR power regulator for heater temperature control, *2019 KIPE Conference*, 265-266.
- [4] Moon, Y. J., Park, S. S., Kim, S. H., Shin, S. H., Hwang, J. Y., Nam, S. H., & Lee, C. H. (2011), Using a SCR Controller to High-Voltage Control, *2011 KIPE Conference*, 115-117.
- [5] Cho, H. S. (2016), The Study of Induction Heating Apparatus with High Efficiency, *JKIIECT*, 9(2), 185-189. DOI : 10.17661/jkiiect.2016.9.2.185
- [6] Yoo, K. P., Han, M. S., Kim, J. D., & Choi, W. T. (2013), A Computational Study on the Cooling Performance of a Near Infrared Radiative Heating System, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, 25(5), 289-296. DOI : 10.6110/KJACR.2013.25.5.289
- [7] Jung, H., & Hwang, G. W. (2009), Feasibility Study on Thermal Power Plant Condenser Heat Recovery for District Heating and Fuel Line Preheating, *New & Renewable Energy*, 5(3), 40-48.
- [8] Shin, D. C., & Woo, H. G. (2012), A Study on the Electrical Fan Heater using High Efficiency Induction Heating, *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 26(3), 24-30. DOI : 10.5207/JIEIE.2012.26.3.024
- [9] Kwak, Y. A., Park, K. W., & Kim, E. K. (2015), Automatic Control System of Vertical Agitation Heater for Controlling Temperature of

Greenhouse, *JKIECS*, 10(5), 623-628.

DOI : 10.13067/JKIECS.2015.10.5.623

- [10] Hanil Electric Heat Engineering Company. (n.d).
Website, <http://www.han-il.com>

홍 정 오(Jeong-Oh Hong) [정회원]



- 2022년 3월 ~ 현재 : 강원대학교
제어계측공학과 석사과정
- 2019년 3월 ~ 현재 : (주)경인기술
감리원 재직
- 관심분야 : 부분집중가열, 멀티히팅
존 및 전열선전력밀도
- E-Mail : hjo228@daum.net

홍 재 택(Jae-Tack Hong) [정회원]



- 2023년 6월 : 서울과학기술대학교
NID 대학원 박사과정 재학
- 2014년 4월 ~ 현재 : (주)한일전열
엔지니어링 기술이사
- 관심분야 : 자동제어패널설계 제작
및 시공
- E-Mail : 930hjt@naver.com

최 신 형(Shin-Hyeong Choi) [중신회원]



- 2002년 8월 : 경남대학교 컴퓨터공
학과(공학박사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 강원대학교
전기제어계측공학부 교수
- 관심분야 : 임베디드시스템, 사물인
터넷, 정보보안
- E-Mail : cshinh@kangwon.ac.kr