

도금 공장의 화재 예방을 위한 도금장비 개선에 관한 연구

김 성 재* · 김 성 곤* · 유 우 식*

*인천대학교 산업경영공학과

A Study on improvement of plating equipment for fire prevention

Sung-Jae Kim* · Sung-Gon Kim* · Woo-Sik Yoo*

*Department of Industrial and Management Engineering, Incheon National University

Abstract

A number of plating companies have been exposed to the risk of fire due to unexpected temperature increasing of water or other reasons in a plating bath. Since the companies are not able to forecast the unexpected temperature increasing of plating bath and most of raw materials in the bath have low ignition temperature, it is easy to be exposed to the risk of fire. Thus, in previous study, we tried to monitor and notice the dangerous change of temperature of water immediately to prevent the risk of fire from plating process. However, unfortunately previous studies were not able to shut out the fundamental cause of fire since bath temperature sensor can detect air temperature when the level sensor was malfunctioned.

In this paper we developed the Teflon heater which contains a built in temperature sensor and improved plating equipment system. Teflon heater is improved using Pt 100Ω sensor which can detect until 600° C . When the bath temperature sensor detects over 60° C or the Teflon heater sensor detects over 240° C they temporarily shut down the heater to control temperature. Also relay completely shuts down main power when detects instant temperature is detected over 5% of 240° C by the heater sensor to prevent teflon melting down and fire spreads. Developed plating equipment system can monitor a real time temperature in the teflon tube and bath water. Therefore we think the proposed plating equipment can eliminate the possibility of fire in plating processes fundamentally.

Keywords : Plating equipment, Fire prevention, Teflon heater, Temperature control

1. 서 론

1.1 연구 배경

도금 공정은 뿌리 산업의 하나로 많은 산업에서 사용되는 기초 공정 산업이다. 도금은 어떤 물체의 표면 상태를 본 재료의 성질보다 더 유용하게 하기 위해 다

른 물질을 해당 물체의 표면에 얇게 입히는 것을 말한다. 일반적으로 금속 제품에 다른 금속 재료를 입히는 것을 말한다. 여기서 말하는 금속에는 순금속 외에 합금도 포함되며, 금속이 아닌 플라스틱 등의 재료 위에 도금을 하기도 한다. 도금의 방법에는 전기도금, 용해 금속 침지도금, 용사분무 도금, 증착도금, 음극분무 도금이 있다[1]. 이러한 도금 방법의 대부분은 도금 용액을 일정 수준으로 가열하는 절차가 필수적으로 필요하

† This work was supported by the Incheon National University Research Grant in 2017.

† Corresponding Author : Woo-Sik Yoo, Industrial and Management Engineering, INCHEON NATIONAL UNIVERSITY, 119 Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon, M-P : 010-3277-8488, E-mail: wsyoo@inu.ac.kr Received December 4, 2017 ; Accepted December 12, 2017.

며 도금 용액을 가열하기 위해서는 시즈 히터라고 불리는 침전식 전기 히터가 필요하다.

시즈 히터는 가격이 상대적으로 저렴하고 사용이 간편하다는 이점으로 산업 현장뿐만 아니라 일상에서도 범용으로 활용되고 있다. 하지만 금속 재질의 피복재를 사용하는 시즈 히터의 경우 열전도율이 높아 도금액이 증발되거나 작업자의 실수로 히터가 꺼지지 않은 채로 도금 용액을 배수하는 등 여러 가지 이유로 히터가 공기 중에 직접적으로 노출되면 온도가 급격하게 상승하고 도금조 표면을 구성하고 있는 플라스틱 재질과 맞닿아 화재가 발생하게 된다. 외부 재질이 스테인레스나 티타늄으로 이루어진 금속 재질의 시즈히터의 경우에는 히터와 수용액을 담아 두는 용기가 접촉되어 있을 경우 물이 증발되지 않아도 용기가 변형되거나 화재를 일으키기도 한다. [2]

금속재질로 구성된 시즈 히터는 저렴한 가격으로 인해 수조의 수온을 높여야 하는 산업 군에서 많이 사용되고 있지만 도금 업체에서는 화학 약품을 혼배합 처리해야 하는 화학 공정이나, 화학적 특성의 전해질 용액을 다루는 습식 도금 공정이 많기 때문에 앞서 설명한 금속재질의 시즈 히터 대신 내 화학성, 내열성이 뛰어난 테프론(Teflon) 재질의 시즈히터를 사용하고 있다.

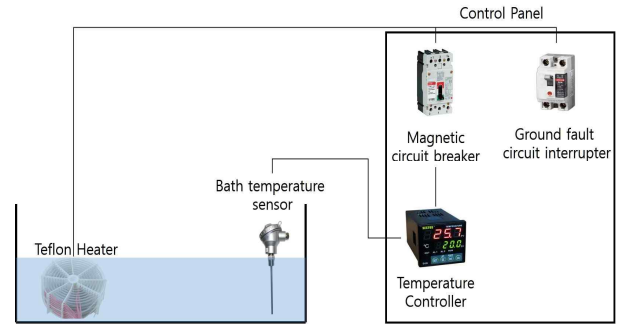
<Table 1> The number of fire outbreaks caused by mechanical overheating and overloading

Classification	Generate number	Generate Ratio
Overheating, Overload	19	65.5%
Oil, fuel leakage	4	13.7%
Automation control failure	0	0%
Manual control failure	2	7%
Poor maintenance	1	3.4%
Wornout	0	0%
Back fire	0	0%
Etc.	3	10.4%
Toal	29	100

고잔동에 위치한 남동공단은 도금 관련 중·소기업이 다수 위치하며 화재 또한 빈번하게 발생한다. <Table 1>은 2016년 인천광역시 고잔동에서 기계적 요인에 의해 발생한 국가화재 정보 센터 화재통계자료이다.[3] 이에 따르면 기계적 과열 및 과부하로 인해

발생한 화재인 실화 건수가 29건 중 19건으로 약 65%를 차지하며 높은 비율을 차지함을 알 수 있다.

1.2 선행 연구



[Figure 1] Common plating equipment to prevent fire

작업자의 실수로 찰나의 순간, 화재가 발생하기 때문에 도금 공장에서는 화재 예방을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 화재 발생을 방지하기 위한 일반적인 방법으로는 도금조 내에 용액 온도센서를 장착하여 도금액의 온도를 측정하고 용액의 온도가 일정 온도 이상 과열될 경우 히터를 잠시 멈추거나, 수위레벨 센서를 도금조 한쪽 벽에 설치하여 수위가 일정 수준으로 낮아지면 경고 알람을 울리게 하고 있다. 이와 더불어 도금조 내 누전 문제 및 히터의 노후화로 인하여 도금액에 전기가 흐를 경우 온도센서와 수위센서가 모두 작동을 멈출 위험이 존재하여 누전 감지기를 장착하여 이를 관리하고 있다. [Figure 1]은 일반적인 도금 장비의 화재예방기능을 그림으로 표시하였는데 수위레벨 센서는 생략하였다.

그러나 이러한 노력에도 불구하고 도금공장에서의 화재 위험은 여전히 상존하고 있고, 따라서 화재를 예방하기 위한 최근의 연구에서는 기존의 관리 기법에 IoT 기술을 접목하여 라즈베리 파이와 아두이노를 이용하여 도금조 내 실시간 온도를 측정하는 방법을 연구 하였다[4].

1.3 선행 연구의 한계점

일반적인 도금조 관리의 가장 큰 문제는 항상 예외 상황이 존재한다는 것이다. 예를 들어 설명하면 첫 번째로 기존 관리 기법 중 용액 온도 측정 방식은 구조적 특성상 도금조 바닥까지 탐지가 불가능하다. 이에 도금 용액이 관리자의 실수로 배수되거나 장시간 가열

하여 용액이 증발 된 경우 용액 온도센서는 공기의 온도를 감지하고 정상적으로 히터를 가동하게 된다. 따라서 용액이 없는 상황에서 테프론 히터는 급속도로 발열하고 결과적으로 발화가 될 가능성이 높다. 용액이 없는 상황을 방지하기 위해 수위 센서(Level Sensor)를 이용 하지만 현재 사용 하고 있는 물리적 신호를 이용한 수위센서는 고장이 잦다. 디지털 신호를 이용하는 초음파 등의 수위센서 또한 존재하지만 도금조의 온도가 변하거나 도금을 할 때 노이즈로 인해 측정이 어려워 도금조 내 수위센서로는 부적합하다. 누전 차단기는 테프론 히터가 손상 되었을 시 히터 내부로 용액이 흘러 들어가 누전이 될 시에만 작동이 된다. 이는 히터가 이미 손상되었을 경우에만 차단이 가능함으로 경제성의 문제가 있으며 차단하는데 까지 수초가 걸려 발화 가능성 또한 높다.

최근 연구한 IoT 활용방법은 도금조의 온도를 실시간 모니터링 하고 온도가 높을 경우 작업자 및 기술자에게 스마트폰 알림을 전송하지만 사용자가 알림을 수신하지 못하거나 인지하더라도 사용자가 직접 수동으로 전원을 차단 시켜야 한다는 단점이 존재하고 도금조까지 도달하는데 수분이 걸릴 경우 또한 화재의 가능성이 높다.

본 연구에서는 지금까지의 설명한 바와 같이 원인을 알 수 없는 센서의 오작동, 예외 상황 등으로 기존 방법에서 도금장비를 제어하지 못하고 도금 공장에 화재가 발생할 위험이 있다고 판단하였다. 따라서 도금 장비의 가열장치인 테프론(Teflon) 히터를 개선하여 발화 지점 자체의 과열을 감지하여 화재의 가능성을 원천적으로 방지하는 방법을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 개선된 장비의 구성

본 장에서는 연구를 통해 개발된 테프론 히터와 화재 예방을 위하여 개선된 도금 장비를 설명하고자 한다. 기본적으로 히터에서 발화가 일어나는 이유는 발열 원인 니크롬선이 최고 900~ 1000° C까지 발열하며 [5] 그 속도 또한 매우 빨라 히터 전체가 대기중에 노출되지 않고 일부가 노출 되더라도 일부분의 외부 피복이 용융된다. 이때 히터 발열부 표면과 열 가소성 용기의 접촉이 이루어지며 히터가 담겨져 있던 용기는 변형 및 파괴 되어 누수가 된다. 따라서 발열부 모든 부분이 대기중에 노출된 이후 발열부와 열 가소성 용기의 접촉 면적은 더욱 확대되며 수 십초 후에는 화재

가 발생하게 된다.[6] 따라서 우리는 니크롬 선의 온도를 계측할 수 있는 초소형 온도센서를 내장하여 도금 장비의 화재를 예방하였다.

개발된 테프론 히터는 내부에 가열에 필요한 니크롬선이 들어있고 테프론 히터 최상단에는 <Figure 2>와 같이 니크롬 선의 온도 계측을 위해 온도센서가 내장된다. 온도센서가 최상단에 위치하는 이유는 여러 예기치 못한 상황으로 용액이 증발하거나 배수될 때 최상단이 가장 먼저 대기 중에 노출되기 때문이다. 외부에는 내 화학성, 내열성이 뛰어난 테프론 튜브를 이용해 마감 처리를 하였다. 또한 도금조 벽면에 용액 온도센서를 설치, 마그네틱 센서를 이용하여 용액의 온도를 조절 할 수 있도록 하였다.

마그네틱 스위치는 설정된 온도보다 계측된 온도가 높을 경우 전원을 잠시 차단하고 온도가 내려갈 경우 전원을 다시 인가하는 스위치이다. 따라서 용액센서와 테프론히터 내장센서에서 설정 한 온도를 초과하는 값이 계측되면 전원을 잠시 차단하는 방법으로 1차 실험을 하였다.

[Figure 7]과 같이 최종적으로 개선된 도금 장비는 좀 더 안정적으로 전원을 차단하기 위해 2차 실험에는 히터 내 온도센서에 릴레이를 추가하였으며 성공적으로 화재 발생 전에 히터를 차단하였다. 구성도에는 도금조 용액의 온도를 모니터링 하며 담당자 휴대폰으로 통보하는 내용도 포함되어 있다.

2.1.1 개선된 도금 장비 작동 방법

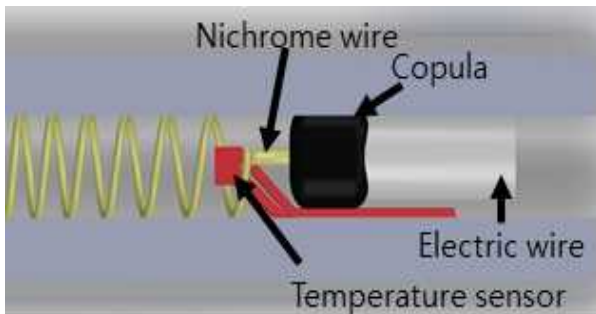
개선된 도금 장비에는 용액 온도센서와 히터내 온도센서 총 두 개의 온도센서가 포함된다. 첫 번째로 기존 장비에도 있는 용액 센서이다. 도금조 벽면에 붙어있는 용액 온도센서는 용액의 온도를 사용하고자 하는 온도를 맞추기 위해 존재하며, 작동 조건은 용액 온도센서의 계측 값이 설정 온도 값보다 낮을 경우 히터를 작동한다. 설정 온도보다 계측된 온도 값이 높을 경우 마그네틱 스위치가 작동하며 온도가 내려갈 때 까지 작동하지 않는다.

그러나 용액 온도 센서는 기존에도 있던 센서로 용액의 증발 및 작업자의 실수로 용액이 없을 경우 용액 온도센서는 대기 온도(약10~20° C)를 계측하여 일반적으로 설정한 온도 (약50~60° C)보다 낮게 되어 히터의 작동 조건을 만족하고 히터가 작동하게 되어 화재가 발생하게 된다.

두 번째로 센서는 히터에 내장한 것으로 센서의 작동 조건은 온도 센서의 계측 값이 설정 온도 값보다 낮을 경우 히터가 작동하며 초과할 경우 용액 센서와

동일하게 온도가 낮아질 때까지 작동하지 않는다. 온도센서를 마그네틱 스위치로만 연결할 경우 온도가 낮아지면 다시 작동을 한다. 이러한 과정을 몇 차례 반복하면 온도센서에 지속적으로 스트레스가 쌓이고 이로 인해 결국 온도센서가 파괴된다. 1차 설계는 이러한 점을 이용하여 화재가 발생하기 전에 히터를 성공적으로 차단하였다. 그러나 이러한 방식은 히터 또한 손상을 입어 재사용이 불가능하다는 단점이 있어 2차적으로 온도센서에 릴레이를 추가하여 온도센서의 계측 값이 설정값의 5%를 초과 할 경우 컨트롤 패널 자체의 전원을 즉시 차단하도록 설계 하였다. 최종적으로 개선한 히터의 작동은 용액 온도센서와 히터 내 온도센서가 동시에 가동이 가능 한 상황 일 때 작동한다. 따라서 개선된 테프론 히터는 내장된 센서가 스트레스로 인해 쉽게 파손되지 않으며 알 수 없는 이유로 센서가 고장 나더라도 히터가 작동하지 않으며 사용자의 부주의 및 실수로 인해 대기 중에 테프론 히터가 노출 되더라도 릴레이가 작동하여 화재를 예방할 수 있다.

2.1.2 히터 내부 온도센서



[Figure 2] Overview of the temperature sensor's position which is built in teflon heater

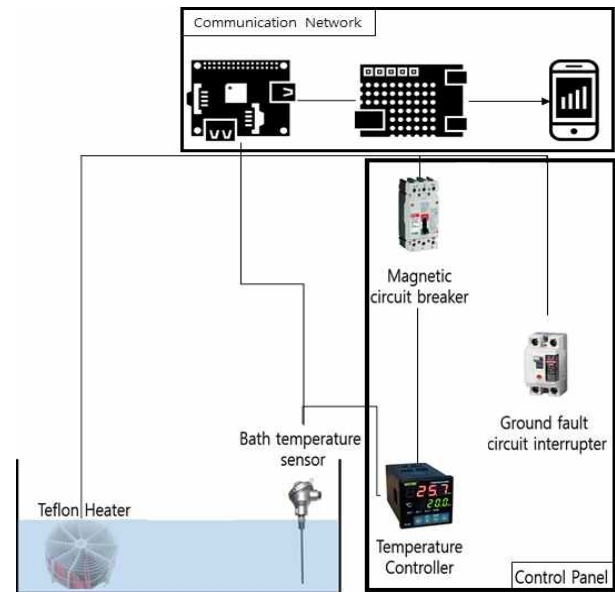
테프론 히터의 직접적인 온도를 계측하기 위해 테프론 히터 내부에 초소형 Pt 100Ω 센서를 내장하였다. 본 연구에서 사용한 Pt 100Ω 센서는 -20° C ~ 600° C의 온도를 측정할 수 있으며 크기는 2 * 1.2 * 0.4 (mm)인 초소형 온도센서를 사용하였다.[8] 센서의 위치는 발열부인 니크롬 선과 전선이 연결되는 위치에 놓아 테프론 히터내부의 온도를 직접적으로 계측할 수 있도록 하였다.

Pt 100Ω 온도센서는 마그네틱 스위치에 연결되어 있으며 별도의 온도 컨트롤러를 이용하여 온도 설정 값을 설정하고 온도를 계측을 한다. 이와 관련된 개요 도는 [Figure 2]와 같다.

2.2 화재 예방 실험

본 장에서는 앞서 설명한 개선된 도금 장비를 활용한 실험 내용을 설명하고자 한다. 실험은 두 가지로 진행 되었다. 첫 번째는 기존연구로 구성된 현재의 도금 장비<Figure 3>를 활용하여 공기 중에 노출된 히터의 화재 발생 상황 실험을 하였으며 두 번째는 본 연구에서 제안하는 개선된 도금장비에서 같은 실험을 반복하였다. 제안하는 시스템은 테프론 히터 내에 <Figure 2>와 같이 내장된 온도센서가 있고 도금조 용액 온도센서에 릴레이가 연결되어 설정온도를 5% 초과할 때 전원을 차단하도록 구성된 장비이다.

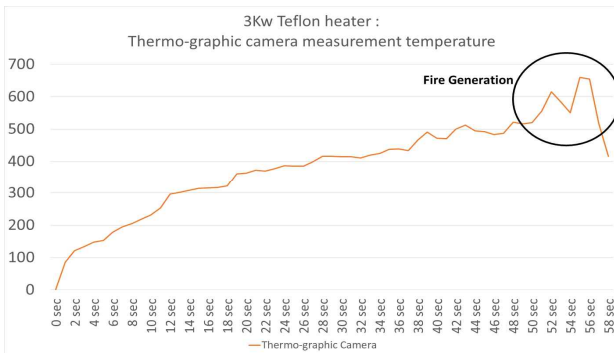
2.2.1 화재 발생 상황 실험



[Figure 3] Current plating equipment

화재 발생 실험은 [Figure 3]과 같은 현재의 도금 장비에서 3Kw용량의 테프론 히터를 가지고 실험하였다. 도금조에 실온의 용액을 넣고 히터가 정상 작동 된지 30분 후에 이유를 알수 없는 원인으로 도금조의 용액이 모두 배출되거나 증발하였다는 가정 하에 히터를 들어 올려 히터가 대기 중에 노출 되는 상황으로 실험 하였다. 정상적인 상황이라면 수위레벨센서가 작동하여 경고음을 알려주어 작업자가 전원을 차단하도록 한다. 그러나 수위센서가 고장나 작동을 제대로 안하고 야간에 작업자가 없는 상황이 되면 용액 온도센서는 대기의 온도를 계측하여 테프론 히터가 과열되게 된다. 본 실험은 공기 중에 노출된 테프론 히터의 발화시점을 규명하기 위한 것으로 테프론 히터는 공기중에 노출된

후 50-60초 사이에 열화상 카메라로 촬영한 결과 655도까지 온도가 올라가며 불꽃이 생기며 화재가 발생하였다.

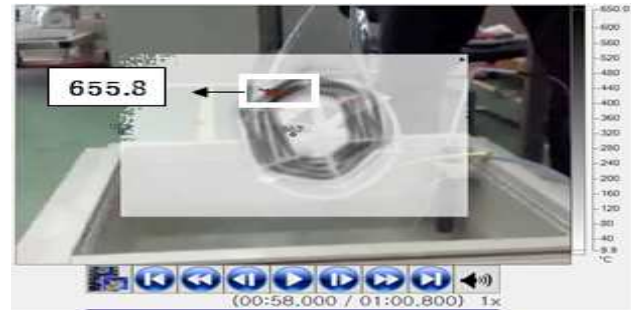


[Figure 4] Experiment of fire generation for current equipment

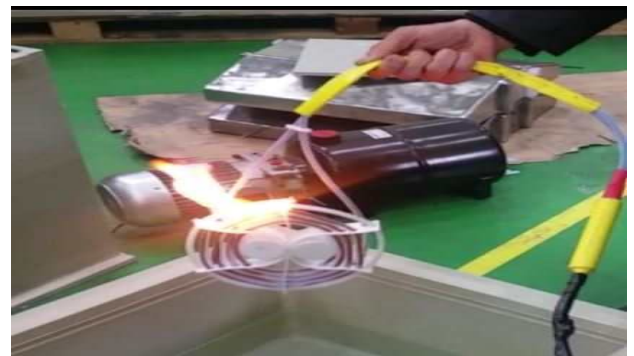
[Figure 4]는 화재 발생 실험에서 그래프이며 실선은 열화상 카메라의 온도 측정 값(섭씨)을 의미한다. 측정에 사용된 열화상 카메라의 감지 범위는 -20° C ~ 660° C이다. 화재발생 상황실험은 두 번 실험하였으며 두 실험 모두 정상 작동 한지 30분 후 히터를 들어 올렸다. 온도 측정은 열화상 카메라를 작동하자마자 측정하여 최초 온도는 실온인 15° C를 기록하고 있으며 히터가 들어 올려져 카메라 앵글에 잡힐 때 온도가 급격하게 상승한다. 그래프의 검은색 원 부분(52초)에 화재가 발생하였다. 이는 금속 재질의 시즈 히터의 평균 발화 시점인 1분8초와 비슷한 결과였다.[9]

테프론 튜브의 녹는점은 330° C이상이며 권장 사용 온도는 260° C이하로 알려져 있다[7]. 테프론 히터가 용액 안에 있을 때에는 니크롬선의 열이 용액으로 빠르게 전도되어 테프론이 녹는 330도까지 온도가 오르지 않지만 테프론 히터가 공기 중에 노출되었을 때 전원이 차단되지 않으면 [Figure 6]과 같이 화재가 발생된다는 것을 확인할 수 있었다. 테프론 히터 내부에서는 20초 이후에 온도가 330도를 초과하여 테프론이 녹기 시작하는 것으로 파악 되었다.

즉, 현재의 화재방지기능을 가진 도금 장비는 원인을 알수 없는 센서가 고장이 나 공기 중에 테프론히터가 화재에 취약한 것으로 파악 되었다.



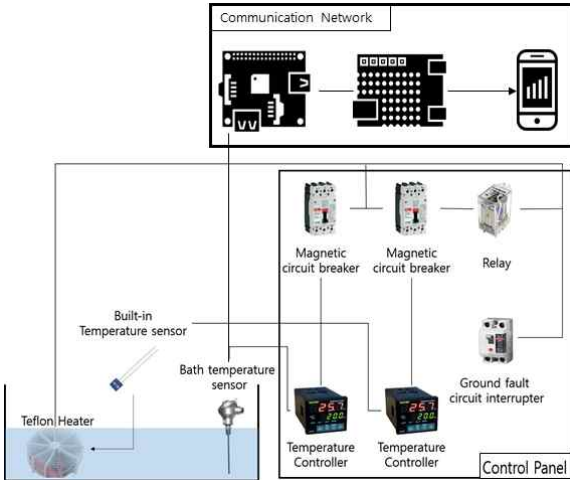
[Figure 5] thermo-graphic camera in experiment of fire generation



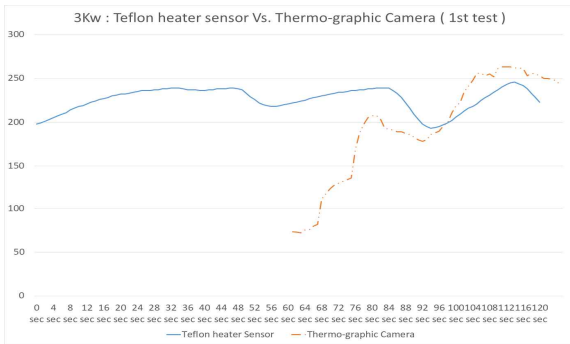
[Figure 6] Picture of fire in heater

2.2.2 개선된 도금 장비 실험

앞에서 설명한 문제를 해결하기 위하여 개선된 도금 장비는 테프론 히터 내부에 온도센서를 부착하고 과열 방지 릴레이를 추가하여 [Figure 7]과 같은 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 히터 내 온도센서의 설정 값을 240° C로 안전하게 낮추었는데, 온도센서의 설정 온도 값을 권장온도 260° C보다 낮은 240° C로 한 이유는 실험에서 테프론 튜브 내부의 온도가 상승하는 속도가 빨라서 온도센서와 릴레이가 이상을 감지하고 전원이 성공적으로 차단되더라도 내부의 온도가 높아져 테프론 튜브의 내부가 미세하게 녹은 것이 관찰됐기 때문이다. 따라서 추가적인 실험을 통하여 안전하게 240도로 설정하였다.



[Figure 7] Improved plating equipment to prevent fire in final plan



[Figure 8] First 3Kw experiment on improved plating equipment

개선된 도금 장비의 실험은 히터를 들어 올려 진행했던 화재 발생실험과 다르게 실제로 작업자의 실수로 배수가 되는 상황과 동일하게 용액을 배출 할 수 있는 장치를 만들어 실험을 진행하였다. 본 실험에서 추가된 릴레이는 마그네틱 방식과 다르게 온도센서가 설정 값보다 5% 높은 값을 감지 할 경우 곧바로 주 전원을 차단한다. 최종적으로 개선된 테프론 히터의 시스템 구성도는 [Figure 7]과 같다.

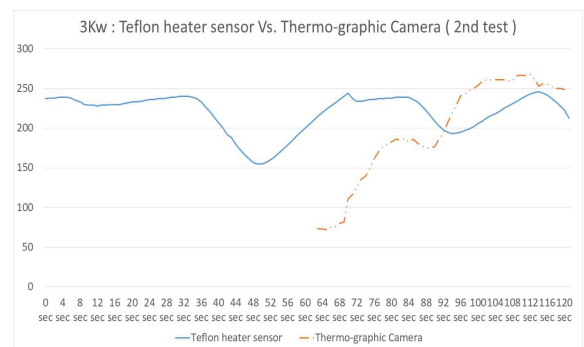
[Figure 8]과 [Figure 9]은 각각 3Kw 히터에 릴레이를 추가한 1차, 2차 실험 그래프이다 실선은 히터 내 온도센서의 계측 값을 의미하고 점선은 열화상 카메라의 계측 값을 의미하지만 릴레이를 추가한 실험에서는 배수하는 방식이 달라져 열화상 카메라의 시작 온도가 도금 용액의 온도인 70° C이다.

실험 결과 배수 직후 물이 완전히 빠지기 전까지 히터는 온도 컨트롤러의 마그네틱에 의해 켜다 켜지며 정상적으로 작동을 한다. 이후 물이 빠지고 히터가 대기 중에 드러났을 때 히터 내 온도센서가 각각

244° C와 246° C를 계측하고 이내 릴레이가 히터의 전원을 차단한다.

또한 릴레이에 의해 전원이 차단 된 이후에도 온도 센서의 값이 계측 되는 이유는 1차 실험과 다르게 온도센서가 망가지지 않아 히터의 전원이 차단 된 이후에도 온도를 계측하고 있기 때문이다.

[Figure 10] 열화상 카메라를 통해 계측한 테프론히터의 최대 온도를 계측한 사진이다. 열화상 카메라로 계측한 외부 온도는 최대 264.4° C로 테프론 튜브의 녹는점인 330° C를 초과하지 않아 히터가 대기중에 노출 되더라도 화재가 발생하는 것을 막을 수 있음을 확인할 수 있다. 정상적으로 도금공정이 이루어지다가



[Figure 9] Second 3Kw experiment on improved plating equipment

갑작스러운 배수상황의 실험은 10회 실시하였으며 모두 안정적으로 전원이 차단되는 것을 확인할 수 있었다.



[Figure 10] Maximum temperature on thermo-graphic camera in experiment on improved plating equipment

3. 결론

본 연구를 통하여 도금 공장의 화재 예방을 위한 도금장비 개선을 하였다. 기존 화재 예방을 위해 연구된 도금 장비는 각종 센서를 이용하여 화재 가능성이 있을 시 사용자에게 알려주는 시스템으로 여러 한계점이 있었다.

첫 번째로 기존 연구는 직접적인 화재 발생원인 히터를 제어하는 것이 아닌 외부적인 센서를 이용함으로써 화재 발생 조건을 통제하는 것이었다. 따라서 조건을 통제하는 센서가 고장날 경우 알람을 전송하는 시스템은 작동하지 못하는 문제가 있었다. 두 번째로 센서가 정상 작동 하여 알람을 전송하더라도 주변 소음 등으로 사용자가 알람을 받지 못하거나 받았더라도 멀리 있는 경우 히터는 계속 작동하여 화재 가능성이 있었다.

본 논문에서 개선한 화재 예방을 위한 도금장비는 기존 장비와 두가지 차이점이 있다. 첫 번째로는 직접적으로 화재를 일으키는 니크롬 선에 온도센서를 내장하고 마그네틱 스위치와 병렬로 연결함으로써 센서가 고장 나더라도 히터는 작동하지 않는다. 두 번째로 릴레이를 추가, 마그네틱 스위치와 병렬연결을 함으로써 온도가 급격하게 상승할 때에만 히터를 차단한다.

이러한 개선된 도금 장비는 기존 수위센서 도금조 온도 모니터링 및 휴대폰 알람 시스템과 융합하여 내·외부적으로 화재 위험을 차단할 수 있으며 도금공정 및 기타 히터를 사용하는 산업의 화재 발생률을 감소시킬 것으로 기대 되며, 사용자가 화재 경보 알람을 듣지 못하거나, 들었더라도 현장과 멀리 있을 때에도 자동으로 히터를 차단함으로써 인적자원 운용에 대한 효율성도 높아질 것으로 기대된다.

본 연구를 통해 테프론 재질의 시즈 히터에 자체적인 안전장치를 내장하여 근무자의 휴면 에러로 발생하는 화재의 가능성을 한층 더 줄일 수 있게 됐다. 개선된 도금장비의 활용은 단순히 화재 발생률을 줄이는 것에서 뿐만 아니라 뿌리산업인 도금 산업의 원가절감 및 안전성 확보로 이어져 기초부품의 품질을 향상시키고 이는 곧 제조업에서 생산되는 완성품의 경쟁원동력이 될 것이다.

추후 테프론 히터뿐만 아니라 민간에서 가장 많이 사용하며 사용자의 부주의로 인한 화재가 빈번하게 발생하는[10] 스테인레스 히터나 티타늄히터 등의 제품에도 확장하여 적용이 가능하도록 연구를 할 계획이다.

4. References

- [1] <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%8F%84%E A%B8%88>
- [2] SH. LEE, SJ. LEE, SB.Choi, YS, Ryu, Yg. Park, YH. Kim, MK. Choi, BY. Oh, DM. Choi,(2013) "A study for fire mechanism of the Sheath heater in the thermal plastic container", Korean Institute of Fire Investigation symposium, PP.29-41
- [3] <http://www.nfds.go.kr>
- [4] Sun-Wung Jung, Tae-Lin Choi, Woo-sik Yoo, Byung-soo Kim,(2015) "A Real time Temperature Mornuitoring System for Plating Proce", Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering, Vol 38, No. 4 PP.72-79.
- [5] <https://www.heatersplus.com/nichrome.html>
- [6] Y.S Moon, J.H Myeng, J.M Choi, Y.S Kim "The Study of the Fire Possibility of Sheath Heater without Safety Device in Use(Focused on the fire cases)", Journal of Korean Institute of Fire Investigation Vol 4. No1
- [7] http://www.ptfefep.com/plus/view.php?aid=43&gclid=Cj0KQCjw_JrMBRDPARIsACis1HxpndmticHomm54tF7Zu6BDv8Iuu-uu1SHhbvgq6EP SsizgnXdGyfEaAp1tEALw_wcBtrem.co.kr/
- [8] Yong-Soo Moon, Jung-Mi Yun, Ha-Sung Kong,(2017) "The stydu on the fire dagers of Sheath heater", Korea Safety Management and Science symposium
- [9] JS. Choi, KW. PARK, KH. Lee, KW. Park, (2017) "The Possibility of accidental Sheath heater careless use research", Journal of fire investigation society of korea, Vol 8, No 1, PP.35-36

저 자 소 개

김 성 재



인천대학교 공과대학 산업경영공학
과를 졸업하였으며 동 대학원 석사
과정에 재학 중이다.

관심분야 : CAD/CAM, AI , 3D
Printer,

주소: 인천시 연수구 연수동 승기
마을 111동1408호

유 우 식



서울대학교 산업공학과를 졸업하였
으며, 과학기술원 산업공학과 에서
석사, 박사를 취득하였다. 현재 인
천대학교 산업경영공학과 에서 교
수로 재직 중이다

관심분야 : CAD/CAM, 제조시스템
공학, 물류정보시스템

주소:서울시 양천구 목동서로 340

목동아파트 910동302호

김 성 곤



인천대학교 공과대학 산업경영공학
과를 졸업하였으며 동대학원 석사
과정에 재학 중이다

관심분야 : 생산정보시스템

주소: 인천 남동구 영고개로65번길
113 (주제이엔이