

Efficient way to clean Solder Printer Nozzles

Young-Min Kim*, Chi-Su Kim**

*Technical Director, EGS Co., Ltd., ChungNam, Korea

**Professor, Dept. of Software, Kongju National University, ChungNam, Korea

[Abstract]

In surface mount technology (SMT), the screen printer, which is an equipment for applying solder cream, has a lot of poor coating as the pad becomes smaller. To solve this problem, a jet printer is being used recently. However, if the nozzle at the end of the valve applied to the jet printer head is not cleaned, solder cream remains or an error occurs. To prevent this, the nozzles should be cleaned periodically. In this paper, a more stable cleaning method than the existing technology is presented for the stable application of solder cream on a jet printer. In this method, cut a 35mm wide mujin cloth, wrap it in a roll, and rotate it with a DC geared motor on the other side to clean it. As a result, it was confirmed that the solder paste was not left on the nozzle surface and was well wiped when cleaning with about 2,000 dotting cycles.

▶ **Key words:** Jet Printer, SMT, Jet Dispenser, Nozzle Cleaning, Solder Paste, Mujin Cloth

[요 약]

표면실장기술(SMT)에서 솔더 크림을 바르는 장비인 스크린 프린터는 패드가 작아지면서 도포 불량이 많이 발생한다. 이를 해결하기 위해 최근에는 젯 프린터를 사용하고 있다. 그런데 젯 프린터 헤드에 적용하는 밸브의 끝단 노즐을 깨끗하게 청소하지 않으면 과납이나 오도포가 발생한다. 이를 방지하기 위해서는 노즐을 주기적으로 청소해줘야 한다. 본 논문에서는 젯 프린터의 안정적인 솔더 크림 도포를 위하여 기존 기술보다 더욱 안정적으로 청소하는 방법을 제시하였다. 이 방법은 35mm 폭의 무진천을 재단하여 롤 형태로 감아 놓고, 반대쪽에 DC 기어드 모터로 회전시켜 닦는다. 그 결과 약 2,000회 도팅 주기로 청소를 했을 때 노즐 표면에 솔더 페이스트가 남지 않고 잘 닦이는 것을 확인하였다.

▶ **주제어:** 젯 프린터, 표면실장기술, 젯 디스펜서, 노즐 클리닝, 솔더 페이스트, 무진천

• First Author: Young-Min Kim, Corresponding Author: Chi-Su Kim
*Young-Min Kim (crysily@naver.com), EGS Co., Ltd.
**Chi-Su Kim (cskim@kongju.ac.kr), Dept. of Software, Kongju National University
• Received: 2022. 09. 23, Revised: 2022. 10. 18, Accepted: 2022. 10. 19.

I. Introduction

표면 실장 기술(SMT: Surface Mount Technology)은 부품의 리드를 PCB 구멍에 삽입하지 않고, 패드에 솔더 크림(solder cream)을 바른 후 그 위에 표면 실장 부품(SMD: Surface Mount Device)을 삽입하여, 리플로우 오븐(Reflow Oven)에 구워 납을 굳힘으로써 표면 실장 부품을 부착시키는 실장 방법이다[1].

그러나 최근에 솔더 크림을 바르게 되는 패드 크기의 간격이 좁혀져 높은 수준의 정밀도를 요구하는 기술이 필요하다[2].

패드 크기의 간격이 넓은 것은 기존 스퀴즈(squeeze)를 이용한 도포 방식인 스크린 프린터를 사용하고, 후공정에서 디스펜서를 사용한다[3][4]. 그러나 패드 크기가 작고 간격이 좁은 경우에 기존 기술인 스크린 프린터를 사용하면 스텐실(stencil)을 부착하여 바르고 분리할 경우 도포된 솔더가 스텐실에 묻어 소량만이 도포될 수 있다. 또한, 간격이 좁아서 솔더 크림이 흐르면 패드 간 쇼트가 발생하여 불량으로 인한 폐기가 많아져 생산성을 떨어뜨리는 요인으로 작용한다[5].

따라서 높은 정밀도를 요구하는 최근의 제품들은 기존 저속 디스펜서를 사용할 수 없어 점점 고속으로 솔더 크림을 바르는 젯 프린터(Jet Printer)를 사용하는 추세이다[6].

젯 프린터는 30 μ m 이하의 정밀도와 솔더 크림을 정량으로 도포하는 비접촉식으로 초당 300~400Hz로 솔더 크림을 바르는 장비이다[7].

그러나 젯 프린터를 사용하여 솔더 크림을 바를 때 노즐 끝단에 맺히는 솔더 크림을 주기적으로 청소하지 않으면 솔더 크림의 점도가 30Pas 이상으로 실리콘이나 에폭시보다 매우 높아져 노즐 끝단에 맺힌 솔더 크림이 랜덤하게 PCB 상면에 떨어져 불량을 초래하게 된다[8][9].

그렇다고 기존 실리콘이나 에폭시를 바르는 디스펜서에서 사용하는 노즐 청소 기술을 적용하면 깨끗하게 노즐이 청소되지 않기 때문에 기존 방법을 사용할 수 없다[10][11].

본 논문에서는 젯 프린터에서 안정적으로 노즐을 청소하는 방법을 제시한다.

II. Preliminaries

젯 프린팅은 오랫동안 프린팅에 사용된 스텐실 마스크 없이 초고속 분사를 통해 솔더 및 에폭시를 프린팅하는 기

술로 기존 프린팅 공정의 여러 문제점을 혁신할 수 있는 기술이다[12].

젯 프린터는 방수 용도의 실리콘 도포, 반도체부품을 PCB에 고정하려고 사용하는 에폭시, 납땜 용도의 솔더 페이스트를 젯팅으로 해당 제품에 도포하는 장비로서 젯 밸브의 내부에 공이(Tappet)를 이용하여 토출하려는 액상을 타격하여 노즐 홀을 통과시켜 해당 면적에 토출하는 방식을 말한다[13].

젯 프린터는 초당 300번 이상의 고속으로 젯팅할 수 있는 방식을 적용하고 있으며 이전 기술인 저속 디스펜서보다 고속으로 토출하는 기술을 필요로 한다[14]. 고속으로 토출하는 방식을 적용하기 위한 젯 프린터는 일반적인 액상 통에서 튜브를 통해 공급하는 방식이 아닌 젯 밸브에 주사기 모양의 시린지를 장착하여 사용한다. 또한, 젯 프린터는 일반 디스펜서에서 사용하는 모든 액체에 적용할 수 있다.

현재 국내 SMT 라인에서 겐트리 로봇 가속도 3G에 초당 300Hz 이상 젯팅할 수 있는 젯 프린터는 스웨덴의 M사의 제품을 사용하고 있지만, 제품의 가격이 매우 고가여서 젯 프린터의 국산화가 절실하다[13]. 특히 디스플레이에 적용하는 미니 LED(0.35mm 이하) 같은 미세 피치 제품은 노즐 끝단의 오염 문제를 해결하지 않고는 생산의 품질의 보장할 수 없다.

본 논문은 젯 프린터 개발에서 솔더 페이스트를 효율적으로 젯팅할 수 있도록 노즐 끝단의 오염 문제를 해결하였다.

우선 젯 프린터에서 사용되는 젯팅 밸브의 구조를 살펴보면 Fig. 1과 같다[15].

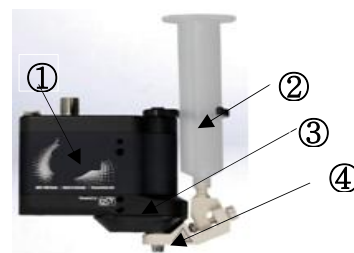


Fig. 1. Jetting Valve Structure

Fig. 1에서 ①은 젯팅 밸브 ②는 젯팅 액체가 담겨 있는 시린지 ③은 액체를 데울 수 있는 히터 ④는 액체가 토출되는 노즐을 나타낸다.

기존 방식의 진공을 이용한 노즐 청소는 진공을 이용한 노즐 청소는 점도가 약한 액상에는 유리하나, 점도가 강한 솔더 페이스트는 노즐 청소가 잘되지 않고 노즐 표면에 묻어 있는 경우가 발생한다. 노즐 표면에 묻어 남아 있으면 Fig. 2와 같이 뭉쳐서 토출되는 경우가 발생한다.

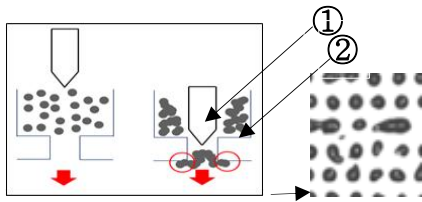


Fig. 2. Discharge without cleaning

Fig. 2에서 ①은 태핏(Tappet)이고 ②는 노즐 내부를 나타낸다. 오른쪽 확대 부분은 노즐 끝단의 청소가 안 되었을 때 타원 형태의 변형된 토출 현상을 나타낸다.

따라서 본 논문에서는 무진천을 이용한 노즐 청소 방법을 제시하였고, 이를 기반으로 노즐 청소기를 제작하였다.

III. The Proposed Scheme

젯 프린터에서 젯 밸브는 압전(Piezo) 방식 또는 에어(air)를 제어하여 노즐 안쪽에 솔더 페이스트를 담아두고 이를 태핏 로드(Tappet rod)로 강타하여 토출하는 방식을 채택한다[16]. 일반적으로 SMT 라인에서 사용되는 300 μ m 패드 크기에 토출하는 경우 Table 1.의 타입 4 또는 타입 5를 사용하나, 200 μ m 정도를 토출하기 위해서는 토출되는 노즐 구경이 작아서 타입 7의 솔더 페이스트를 사용한다[17].

Table 1. Particle size for each solder paste type

Type	less than 0.5%(μ m)	up to 10% (μ m)	less than 90%(μ m)
1	160	150~160	75~150
2	80	75~80	45~75
3	60	45~60	25~45
4	50	38~50	20~38
5	40	25~40	15~25
6	25	15~25	5~15
7	15	11~15	2~11

Table 1과 같이 타입 7의 경우 알갱이 크기가 2~11 μ m로 노즐 구경이 50~60 μ m 정도이고 노즐의 토출 높이가 0.5~0.7mm에서 이루어지기 때문에 노즐 청소가 제대로 안 되면 뭉친 솔더 페이스트가 토출된 것을 밀어내거나 밸브가 이동 중에 랜덤한 위치로 떨어질 수가 있다[18].

점도가 500,000cps 정도 되는 솔더 페이스트를 기존 방식인 진공 노즐 클리너(vacuum box)를 제작하여 청소를 해보았으나 노즐 표면에 묻어 있는 솔더 페이스트가 잘 닦

이지 않았다.

따라서 본 논문에서는 진공을 이용한 노즐 클리너로 노즐 청소가 잘되지 않아 기구물 상면에 여성용 화장품에 사용하는 쿠션을 배치하고 쿠션에 IPA 청소용 액체를 부어 놓고 최상면에 무진천을 고정해 놓았다. 장비에 이 기구물을 배치하고 겐트리 로봇에 장착되어있는 밸브의 노즐을 청소하고자 할 때 기구물 상면에서 0.3mm 정도 눌러 원형 모션으로 노즐을 닦도록 소프트웨어 모션을 수정하였다. 이 방법은 청소용 IPA와 무진천으로 닦는 방식이므로 노즐이 깨끗하게 닦아지는 것을 확인하였다.

그러나 노즐 클리너를 사용하여 생산설비에서 반복 테스트를 해본 결과 잘 닦이는 것을 확인했으나, IPA를 20분 이내에 주입을 자주 해줘야 하는 문제가 발생하였다. 또한, 약 20회 정도 노즐 청소를 한 후 상면의 무진천을 갈아줘야 하는 비효율적인 문제가 발생하였다. 그런데 생산설비에서 활용하기 위해서는 최소 1시간 이상 사용할 수 있어야 하므로 이 방법은 사용할 수 없었다.

이 문제를 해결하기 위해 Fig. 3과 같이 칫솔 형태의 브러쉬를 아랫부분에 AC 모터로 회전시키고 상부에 노즐을 대기시켜서 닦는 방식으로 설계하여 테스트를 해보았다.

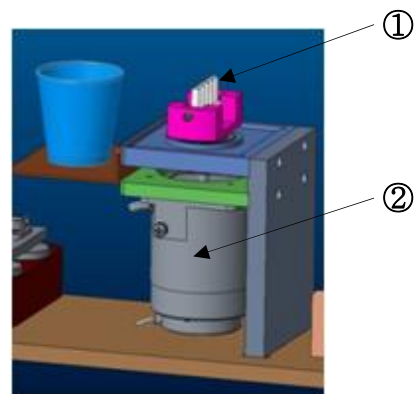


Fig. 3. Nozzle cleaner that rotates brushes

여기서, ①은 0.15mm 나일론 브러쉬 ②는 60 각 AC 모터이다. 이 방법으로 노즐을 브러쉬에 1mm 정도 깊이로 위치시키고, 브러쉬를 회전시켜 청소하였다.

그러나 이 방법도 노즐 표면에 솔더 페이스트가 완전히 닦이지 않고 원형형태로 남아 있었다. 또한, 브러쉬가 회전하면서 솔더 페이스트를 주변으로 날리는 문제까지 발생하였다. 그 원인은 점도가 높은 이유도 있고 표면을 닦기에는 나일론 브러쉬가 적합하지 않다는 결론을 내렸다.

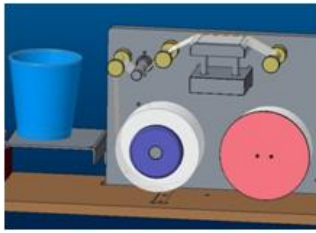


Fig. 4. Nozzle cleaner using dust-free cloth

젯 프린터를 테스트하면서 무진천을 이용하여 노즐을 손으로 닦으면 잘 닦이는 것에 착안하여 새로운 형태의 기구류를 구상하여 Fig. 4와 같이 35mm 폭의 무진천을 재단하여 롤 형태로 감아 놓고, 반대쪽에 DC 기어드 모터로 회전시켜 닦는 방식으로 제작하여 장비에 부착하여 테스트했다. 그 결과 노즐을 좌측으로 이동하고 다시 우측으로 이동하는 모션으로 청소를 하면 솔더 페이스트가 완전히 묻어나지 않았으나 노즐 표면에서 우측으로 다시 이동하면 잘 닦이지 않았다. 이것은 같은 자리에서 좌우로 모션을 취하여 발생한 문제이기 때문에, 한쪽으로는 닦는 모션으로 수정하여 다시 테스트한 결과 잘 닦이는 것을 확인하였다.

```

BOOL CThread_CleanZone::RollWinderAction(int iRunMode)
{
    int iCnt=0;
    int iChkValue;
    DWORD dwTime;
    CString strJamCode = _T("");
    gEncoderHoleCount = stVar.nCleanRollDiskCount;
    if(gEncoderHoleCount < 10) gEncoderHoleCount = 20;
    CIO.SU_output(OUT_CleanZoneMotorRunStop, S_ON);
    do{
        dwTime=CUTIL.time_get();
        iChkValue =
(CIO.SU_inport(SEN_CleanZoneMotorDiskCheck, S_OFF)==S_ON) ?
S_ON : S_OFF;
        while
(CIO.SU_inport(SEN_CleanZoneMotorDiskCheck, (iChkValue ==
S_OFF) ? S_ON : S_OFF) == iChkValue){

if(CUTIL.time_elapsed(dwTime) > 2500){

CIO.SU_output(OUT_CleanZoneMotorRunStop, S_OFF);
strJamCode.Format(_T("000013 %d"),
SEN_CleanZoneMotorDiskCheck);
CMCS.JamSend(strJamCode, TRUE, M_WARNING, iRunMode);
stResponse.iCleanZoneRollWinderStatus=eWinderError;
return(FALSE);

        Sleep(0);
    }
        iCnt ++;
if(iCnt>=gEncoderHoleCount) break;
    }while(TRUE);
    CIO.SU_output(OUT_CleanZoneMotorRunStop, S_OFF);
    Sleep(1000);
    return(TRUE);
}
    
```

Fig. 5. Part of Nozzle Cleaner Code

이와 관련된 코드는 Fig. 5처럼 노출된 무진천 상면에서 0.2mm 정도 눌러놓고 한쪽으로 이동시켜 닦는 모션으로 수정하였다.

그리고 이 기구류는 무진천 1회전에 15회 정도 청소할 수 있고, 무진천을 약 5m 정도 롤 형태로 감아서 사용할 경우 1롤로 생산설비에서 약 15일 정도 사용할 수 있는 용량을 확인하였다. Fig. 6은 무진천 1회전에 몇 회 정도로 청소할 것인지를 설정하는 화면이다.

지금까지 무진천을 이용한 방법으로 노즐 청소 문제를 해결하였다면, 이제 남은 것은 도팅 후 노즐을 어느 정도의 주기로 청소했을 때 가장 최적으로 낭비 없이 청소할 수 있을까 하는 문제이다.

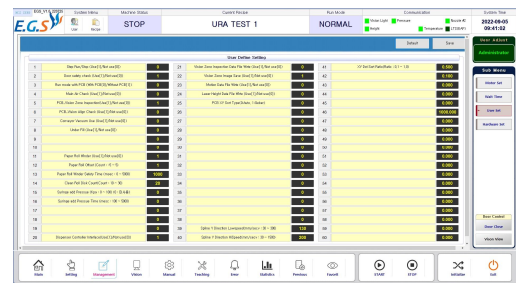


Fig. 6. Clean Roll Disk Count

먼저 약 1만 회 정도 도팅 후 청소했을 때의 테스트 결과를 보면 닦이는 솔더 페이스트가 많음을 확인하였다. 이것은 너무 오랫동안 닦지 않아 장비에 에러를 유발할 수 있으므로 적합하지 않다. 따라서 도팅 횟수를 점차 줄여가면서 테스트한 결과 약 2,000회 도팅 주기로 청소를 했을 때 노즐 표면에 솔더 페이스트가 남지 않고 잘 닦이는 것을 확인하였다.



Fig. 7. Dust-free cloth wiped after 2,000/1,000 dotting

Fig 7의 왼쪽 무진천은 2,000 도팅 후 무진천에 닦인 흔적을 나타낸다. 이 그림을 통하여 노즐 표면의 솔더 페이스트가 잘 닦였음을 알 수 있다.

이번에는 주기를 더 짧게 하여 1,000 도팅 후 노즐 청소한 무진천의 흔적을 살펴보았다. 그 결과 Fig 7의 오른쪽 무진천처럼 거의 닦이는 것이 없는 것을 알 수 있다. 이것

은 얼마 사용하지 않고 자주 닦는 경우로 무진천의 낭비와 장비의 효율을 떨어뜨릴 수 있다고 볼 수 있다.

결과적으로 젯 프린터에서의 노즐은 2,000 도팅 후 청소하는 것이 가장 효율적인 것임을 테스트를 통하여 확인하였다.

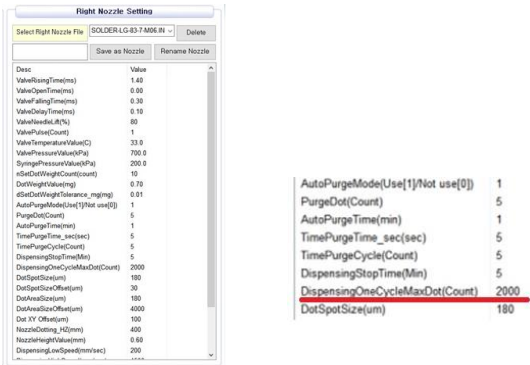


Fig. 8. Dispenser One Cycle Max Dot(Count)

Fig 8은 매개변수(parameter) 설정 창에 청소주기를 수정한 화면이다.

작업자가 설비에 최적화된 청소주기를 설정할 수 있도록 Fig 8처럼 만들었다면, 이제 클린 롤의 속도도 설정할 수 있도록 해야 한다. 그 화면이 Fig 9에 나타내었다.



Fig. 9. Set the motor speed of clean roll

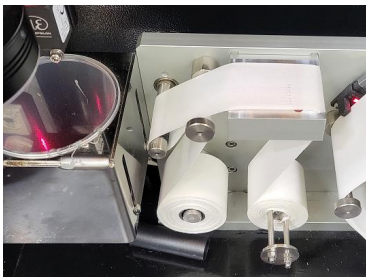


Fig. 10. Nozzle cleaner

Fig 10은 지금까지 연구한 것을 토대로 제작하여 실제 사용하고 있는 젯 프린터의 노즐 청소기의 사진이다. 이 젯 프린터를 가지고 테스트한 결과 100만 회 정도 도팅을

하면서 2,000회마다 노즐 청소를 하도록 설정하였더니 Fig 11과 같이 안정적으로 180~210µm 크기가 형성되는 것을 확인하였다.

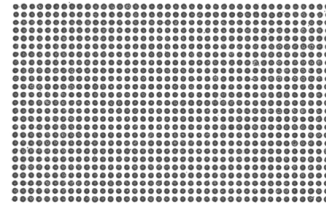


Fig. 11. Stable dotting shape

또한, PCB에 도팅 한 후 SPI(Solder Paste Inspector)에서 검사한 결과 Fig 12와 같이 볼륨이 안정적으로 토출된 것을 확인하였다.

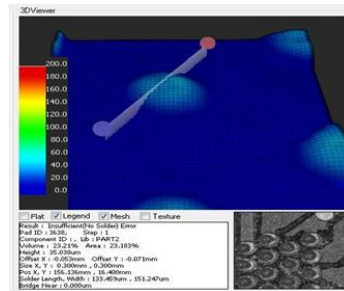


Fig. 12. Soldering image of SPI test result

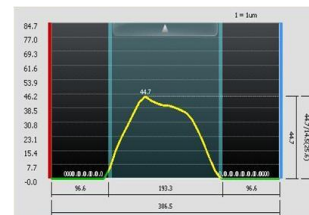


Fig. 13. 3D image height profile

Fig 13은 SPI를 사용하여 검사한 솔더링 이미지를 그래프 프로 나타낸 사진이다. 이 그래프를 살펴보면 볼륨의 높이가 44.7µm로 안정 범위 안에 들어오고, 크기 또한 193.3µm로 200µm 이하로 서로 간의 간섭을 유발하지 않는 것을 확인할 수 있었다.

IV. Conclusions

기존의 진공을 이용한 노즐 청소 방법은 저점도 액체는 가능하나, 도트 크기가 작아야 하는 고점도 솔더 페이스트에서는 천으로 문질러 닦는 것이 가장 깨끗하게 닦이는 것

을 확인할 수 있었다. 또한, 청소주기에서도 너무 오래 사용하고 닦으면 도팅 품질에 문제가 발생하고 너무 자주 닦으면 천 교환주기가 빨라 지므로 테스트 결과상 약 2,000도트 이후에 닦는 것이 가장 효율적이었다.

본 논문에서 제시한 젯 프리터의 노즐 청소 방법은 자동차 통신 모듈 생산에 투입된 장비에 추가하여 사용 중이고, 자동차 전장 부품 생산에도 투입될 예정이다.

향후 연구는 국내에서 생산되는 시린지 타입 솔더 페이스 트 점도 관리가 550,000~600,00 cps로 관리되어야 하나 현재는 오차가 450,000~650,000 cps로 관리되어 공차가 너무 크고 시린지에 담는 생산공정에서 탈포를 제대로 하지 않거나 장비에 투입되기 전 교반하는 과정이 아직 표준화되어 있지 않아 이를 표준화해야 하는 연구가 필요하고, 점도 차이에 따라 도트 크기가 10% 이상 변할 수 있는 문제가 있어 이를 안정적으로 생산할 수 있도록 밸브 세팅 파라미터(Parameter)를 표준화하는 방법을 연구할 예정이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was researched by the research project of Kongju National Univ.

REFERENCES

- [1] S. H. Kim, E. S. Lee, C. S. Kim, "The Fastest Path Search and Defect Inspection of Type (sLa-pRc)," KIPS Trans. Software. and Data Eng., Vol. 10, No. 10, pp. 385-390, October 2021. DOI: <https://doi.org/10.3745/KTSDE.2021.10.10.385>
- [2] Hyun Pil Shin, "Characteristics of Solder Paste for the Optimal Soldering of LED Manufacturing Process," A Thesis, Graduate School of industrial Technology&Management Korea Polytechnic University, pp. 21-58, 2013.
- [3] G. H. Kim, "Optimal Production Condition of the SMT Screen Printer using Taguchi Method," A Thesis, Graduate School of industrial AJu University, , pp. 34-60, 2010.
- [4] S. M. Hong, "Fabrication and Characteristics of Jetting dispenser with Dual Piezostack Actuators," A Thesis, InHa University, pp. 47-72, 2010.
- [5] J. H. Lee, "Solder ball manufacturing of wafer bumping by solder jet method," A Thesis, GeongGi University, pp. 9-18, 2002.
- [6] Mycronic Jet Printer - Self Made Video <https://www.youtube.com/watch?v=rS4O7F4bPCg>
- [7] Solder Cream <https://solder.tistory.com/19>
- [8] Solder Paste https://www.youtube.com/watch?v=aqv_UO-2GR0&t=10s
- [9] Solder Paste Dispenser https://www.youtube.com/watch?v=aqv_UO-2GR0&t=10s
- [10] SMT PCB Manual Precision Solder Paste Stencil Printer | Fortex, https://www.youtube.com/watch?v=_sDVc2kfX9M
- [11] Vermes Microdispensing Jetting Valve Systems for Fast Precision Dispensing <https://www.youtube.com/watch?v=94SBnyceG28>
- [12] My600 Paste Jet Dispenser Demo, <https://www.youtube.com/watch?v=rSvLfYIYBY&t=5s>
- [13] C. Y. Shin, "A Study on Nano Printer Design using Piezoelectric with Open and Close Control AFPN(Active Fountain Pen Nanolithography)," A Thesis, Mechatronics Engineering Graduate School Sungkyunkwan University, pp. 35-62, 2008.
- [14] All Soldering <https://blog.naver.com/alldispenser/221578244438>
- [15] Y. B. Ham, S. J. Ph, W. S. Seo, J. H. Park, S. N. Yun, "Technologies and Trends in Functional Fluid Droplet Dispensing" Journal of the Korean Society for Fluid Power, pp. 26-33, 2009. for Cluster Web Servers," IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems, Vol. 16, No. 3, pp. 219-232, March 2005. DOI: 10.1109/TPDS.2005.38
- [16] M. W. Ha, K. H. Lee, J. W. An, J. H. Park, C. H. Lee, "Wear Characteristics for Rod and Nozzle of Jetting Dispenser Driven by Dual Piezoelectric Actuators Under High Frequency with Phosphor-containing Liquid" Journal of the Korean Society of Tribologists & Lubrication Engineers, pp. 52-58, 2017.
- [17] J. W. Sohn, S. M. Hong, G. W. Kim, S. B. Choi, "Experimental Analysis of Operating Parameters for Piezoelectric Jetting Dispenser" Trans. Korean Soc. Noise Vib. Eng., pp. 685-691, 2015.
- [18] Y C. Joo, H. M. Lee, K. S. Kwon, "A Numerical Analysis for Droplet Formation of Needle-Type Jet Dispenser for High Viscosity Ink" Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, pp. 170-178, 2022.

Authors



Young-Min Kim received the B.S. degrees in Electronic Engineering from Hoseo University, Korea and M.S. degrees in Multimedia Engineering from Kongju National University, Korea, in 1988 and 2014 respectively.

Young-Min Kim is currently working as a Technical Director of ESG Company, Cheon-An, Korea, since 2017. He is interested in software engineering, mechatronics and software design.



Chi-Su Kim received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science and Engineering from Chung-ang University, Korea, in 1984, 1986 and 1990, respectively.

Dr. Kim is currently a Professor in the

Department of Software, Kongju National University, Cheon-An Korea, since 1990. He is interested in software engineering, and smart factory.