Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers 27:4 (2018) 339~345

https://doi.org/10.7735/ksmte.2018.27.4.339

J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng.
ISSN 2508-5107(Online)

강판 위 코팅된 잉크의 건조를 위한 유도가열 공정의 적용에 대한 연구

신승항[a], 김찬규[a], 정윤교[a], 조영태[a*]

Study on the Application of Induction Heating for Drying Ink Coated on a Steel Plate

Seunghang Shin[a], Chan Kyu Kim[a], Yoon Gyo Jung[a], Young Tae Cho[a*]

[a] *Department of Mechanical Engineering, Changwon National University, 20, Changwondaehak-ro, Uichang-gu, Changwon, Gyeongnam-do, 51140, Korea*

ARTICLE INFO

Article history:

Received	9	April	2018
Revised	5	June	2018
Accepted	25	June	2018

Keywords:
Induction heating
Adhesion
Coated steel plate
Drying
Ink

ABSTRACT

Recently, coated steel plates are attracting attention for application in interior and exterior materials. Among the various methods for manufacturing coated steel plates, inkjet printing method is an emerging technology since it can form various patterns on substrates. Ink application necessarily involves a drying process. In this study, we explored the possibility of induction heating instead of hot air drying, which is mainly used in the drying process for ink coated on a substrate. First, an induction heating system was set up and drying experiments were carried out using a solvent ink and an eco-solvent ink. Although the results were slightly different depending on the solvent content, induction heating showed the best adhesion performance. Similar results were obtained when a Ag ink was used. Therefore, we insist that induction heating is the best drying method for steel substrates that can be heated differently than polymer substrates.

1. 서 론

코팅 강판은 기존의 일관된 형상을 가진 강판의 표면에 전처리 코팅을 통해 접착력을 향상시킨 후 필요한 색상의 도료를 최종적으로 코팅하여 적은 비용으로 높은 가격의 금속 또는 비금속 질감을 표현할 수 있는 제품이다. 기본적으로 냉장고, 세탁기, 에어컨과 같은 백색 가전 및 자동차 그리고 건축물의 인테리어 내 외장재로 사용되고 있다[1-5].

이러한 코팅 강판은 강판 표면에 도료의 접착을 위한 표면처리와 도료를 코팅하는 공정으로 크게 나눌 수 있는데 실제 제품의 색상 및 질감을 표현하기 위해 도료를 건조하는 과정이 필요로 하며 적외선, 마이크로웨이브, 열풍건조 및 UV를 이용한 건조방식이 사용되고 있다[6-8].

또한 잉크젯 프린터의 도입으로 다양한 패턴을 구사할 수 있고 연속적인 생산이 가능하며 패턴 전사과정에서 기존의 잉크 도료 대신 전도성 잉크를 사용하게 되면 인쇄전자 공정과의 접목도 가능하다.

도료의 종류에 따라 건조방식이 달라지는데 솔벤트를 함유한 도료를 사용하는 경우 주로 열풍건조를 이용한 건조방식이 사용되고 있다. 상대적으로 단가가 높은 UV 경화 도료와는 달리 건조 방식의 도료인 경우 비교적 낮은 제조 단가를 가지는 장점을 가지고 있으나 기판과의 접착성 및 색상의 재현에서 UV 경화 도료와 비교

* Corresponding author. Tel.: +82-55-213-3608
Fax: +82-55-275-0101

E-mail address: ytcho@changwon.ac.kr.(Young Tae Cho).

하면 낮은 품질을 보인다[9].

본 연구에서는 기존 코팅 강판 제조공정 중 건조방식의 도료를 코팅하는 경우에 있어 열풍건조를 이용하는 대신 유도가열을 접목하여 보다 높은 품질의 코팅 강판 제조 가능성을 확인해 보고자 한다.

일반적으로 유도가열의 경우 와전류를 형성시켜야 하므로 금속 소재에만 사용 가능하기 때문에 플라스틱 또는 PET film과 같이 금속이 아닌 소재에는 적합하지 않지만 본 연구에서 실험하고자 하는 코팅 강판의 제조에는 매우 유용하게 적용 가능한 방법이다. 유도 코일에 공급된 교류 전류는 피열물에 유도 기전력을 발생시켜 가열물인 금속에 와전류(eddy current)가 유도되게 된다[10-15].

유도된 전류와 금속의 표피 저항에 의하여 $P=I^2R[W]$만큼의 줄열을 발생시키는 원리를 활용하여 산업 곳곳에 이용되는 유도가열은 잉크의 외부면부터 건조시키는 열풍 건조와는 다르게 강판을 직접 가열시키는 특징을 가진다[16,17].

Fig. 1에 열풍건조와 유도가열을 이용한 건조 방식을 비교한 개략도를 보여주고 있다. Fig. 1(a)는 heat gun을 이용하여 열풍 건조를 수행하는 경우를 나타내었는데 코팅된 막의 겉면부터 순차적으로 건조가 일어나기 때문에 코팅 두께가 두꺼워지면 내부의 솔벤트가 빠져나가지 못하여 결함으로 나타날 가능성이 존재한다. 또한 건조가 시작되는 면이 바깥쪽 면이므로 기판과의 밀착력도 좋지 않을 것으로 예상이 된다.

반면 Fig. 1(b)에서 보여주는 바와 같이 유도가열 방식을 이용하여 금속 기판부터 가열을 하게 되면 기판과 닿은 면부터 건조가 시작되어 바깥쪽 면으로 진행되므로 내부의 솔벤트가 빠져나가기 쉽고 기판과의 밀착력도 개선될 것으로 예상이 된다. 코팅 두께나 솔벤트의 종류, 코팅 방식 등에 따라 그 특징은 달라지겠지만 건조의 방향을 기판면에 가까운 쪽에서부터 진행할 수 있다면 기판과의 밀착력을 개선하고 결함을 줄이는데 효과적일 것으로 예상이 되어 본 연구에서는 실험을 통해 이를 검증하고자 하였다. 또한 강판을 기판으로 사용하기 때문에 핫 플레이트를 이용한 열전도 방식으로도 기판 방향에서부터 건조가 진행되게 만들 수 있다[18,19].

따라서 본 연구에서는 film 위에 잉크를 코팅할 때 주로 사용하는 열풍 건조 방식과 강판을 기판으로 사용하기 때문에 새롭게 적용 가능한 유도가열 방식 및 핫 플레이트 가열 방식을 비교하여 그 특징을 분석하고자 한다.

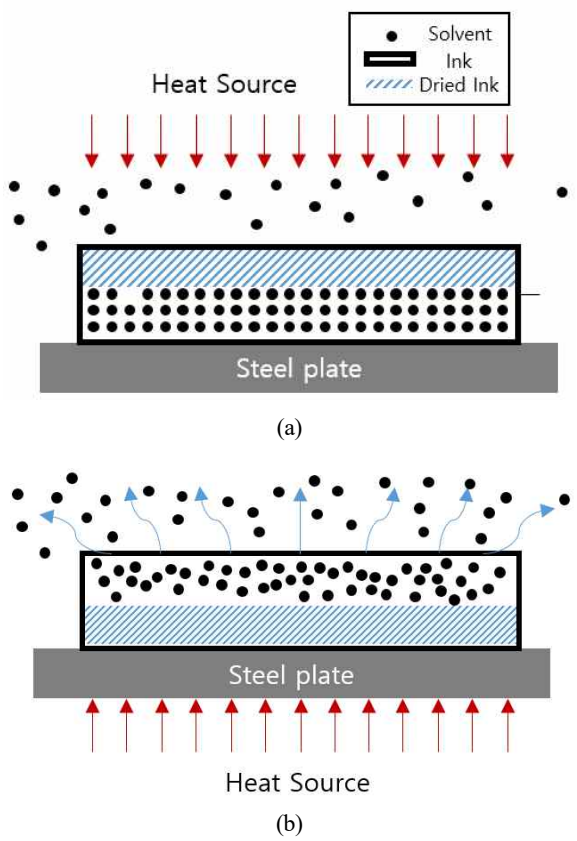


Fig. 1 Comparison between two types of drying: (a) Heatgun, (b) Induction

2. Solvent계 Ink의 건조방법에 따른 특성 비교

실험에 사용된 유도가열 장비는 자체 설계한 10 kW 급의 장비로 150 × 150 mm^2의 사각형 면적을 가열 할 수 있도록(Fig. 3b와 같이 설계하였다.)[20,21]. 사용한 강판은 1.2 t의 ss400이고 강판과 코일의 거리는 5 mm로 설정하였으며 실험 전 강판의 표면을 깨끗하게 하기 위해 IPA (Isopropyl alcohol)와 에탄올로 표면의 유분과 이물질을 제거 한 후 초음파 세척기로 10분간 세척하였다.

다양한 코팅 방법 중 가장 간편하면서도 균일하게 코팅할 수 있는 바코팅 방식을 적용하였으며 본 실험에서는 6.9 μm의 두께로 일정하게 코팅할 수 있는 바코터를 사용하였다. 잉크에 포함된

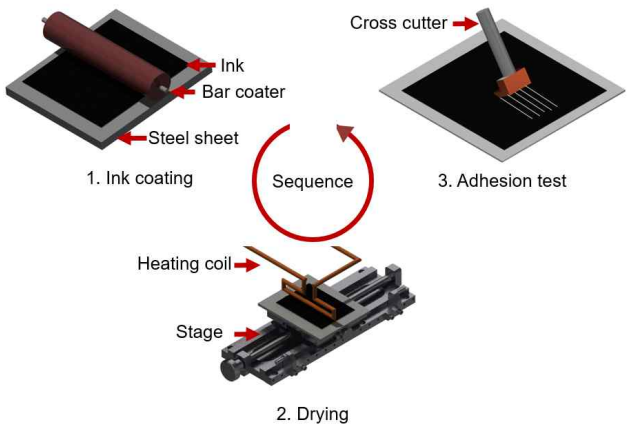
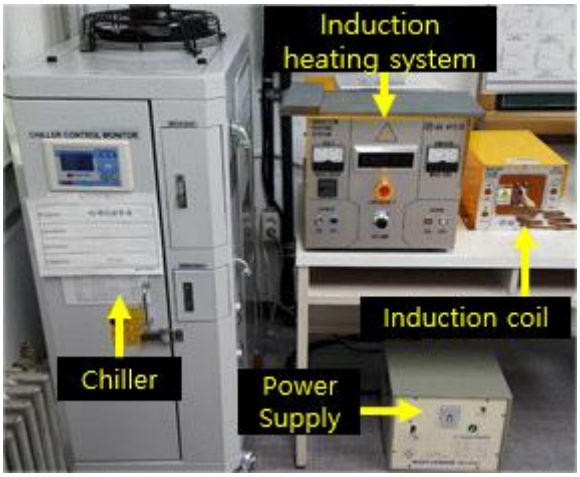
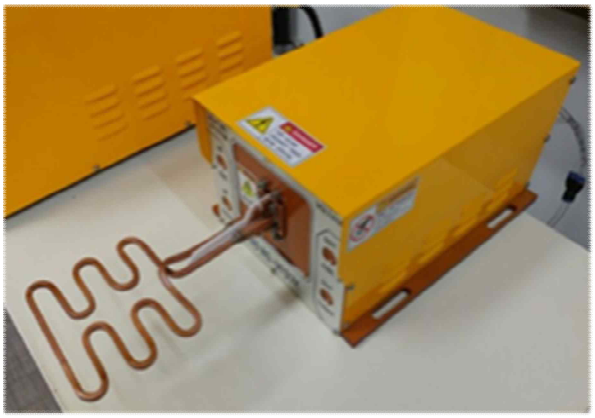


Fig. 2 Schematics of experimental process

solvent의 함량이 건조시간에 크게 영향을 주므로 solvent의 함량이 서로 다른 잉크를 사용하여 비교 실험을 실시하였다. 실험에 사용한 잉크는 solvent의 함량에 따라 solvent 잉크와 eco solvent ink로 구분하였다. Solvent ink의 구성물질은 Table 1에 나타내었는데 ink remover 및 spot removers제거제의 성분으로 주로 사용되는 2-butoxyethyl Acetate가 많이 포함되어 있다.



(a)



(b)

Fig. 3 Induction heating system for heating of steel plate: (a) Chiller controller, Transformer, (b) Induction heating coil for heated area of 150 mm × 150 mm

Table 1 Compositions of Solvent Ink

Ingredients	wt%
2-butoxyethyl Acetate	30 - 40
2-methoxy-1-methylethyl Acetate	20 - 30
Bis(20methoxyethyl) Ether	10 - 20
Cyclohexanone	3 - 10
Carbon Black Pigments	1 - 5
Vinyl Chloride/Vinyl Acetate Copolymer resin	1 - 5

2-butoxyethyl Acetate는 높은 고비점으로 인하여 주로 용매로 사용된다.

건조 시간은 15, 30, 45, 60초로 설정하였고 160°C의 동일한 실험 조건을 주기 위해 장비의 설정 온도가 아닌 적외선 thermometer를 이용하여 heat gun의 출구 온도, hot plate의 상판을 측정하였으며 induction의 경우 강판의 표면 온도를 기준으로 설정하였다. 코팅된 잉크의 밀착 특성을 평가하기 위해 ISO 2409를 참조하여 adhesion test를 실시하였는데 1 mm 간격으로 6줄을 직각으로 긁어내어 총 25칸으로 잉크의 건조 표면을 커팅한 이후 접착 테이프를 박막 표면에 붙였다가 떼어내면서 남아있는 잉크의 양을 규격표와 비교하여 접착력을 평가하였다. 접착테이프로는 3M사의 Scotch tape No.600이 사용되었다[22].

Fig. 4는 solvent ink (Table 1)의 건조 실험 결과이다. 실험 결과는 크게 건조 방법에 따라 분류하였으며 정량적 비교를 위해 커팅한 25칸의 면적중 남아있는 잉크의 양을 비교하였다. 15초가 지난 후 결과를 보면 heat gun을 이용한 열풍 건조의 경우 20%가 남아 있고 hot plate를 이용한 건조의 경우 10%가 남아 있는 반면

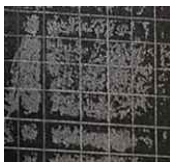
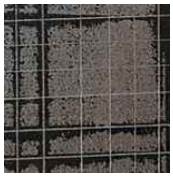
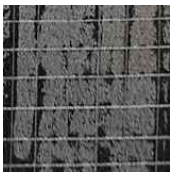
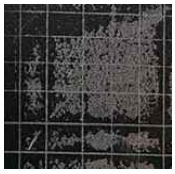
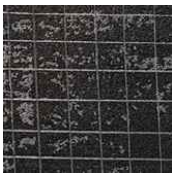
Time (s)	Remained Ink (%)		
	Heat gun	Hot plate	Induction heater
15			
	20	10	100
30			
	14	8	99
45			
	30	10	100
60			
	45	92	100

Fig. 4 Result of tape test with solvent ink

induction heater를 이용한 경우 100%의 잉크가 기판에 접착된 상태로 남아 있었다. 시간을 점점 늘리면 점점 건조가 이루어지면서 기판에 남아 있는 잉크의 양 또한 늘어나게 되며 60초 건조의 경우를 비교해 보면 열풍 건조의 경우 45%가 기판에 남아 있고 hot plate의 경우 92%가 남아 있어 역시 기판 방향에서 먼저 건조가 일어나는 방식이 훨씬 기판과의 접착 특성이 좋음을 알 수 있다. 이는 예상했던 대로 잉크의 표면부터 가열시켜 건조시키는 heat gun과 달리 induction heater의 특성상 잉크와 강판의 접촉부에서부터 잉크의 건조가 시작되기 때문이라고 생각된다. 또한 induction heater를 이용하여 건조하는 경우 앞의 두 방법과는 다르게 15초라는 짧은 시간에도 대부분의 잉크가 건조되고 기판에 접착된 채로 남아 있음을 볼 수 있다. Hot plate를 이용하는 경우에는 강판의 아랫면에서 윗면으로 열이 전도되는데 시간이 소요되기 때문에 induction heating 방식보다 느리게 건조되는 것으로 판단된다. 결론적으로 solvent ink를 건조하는데 있어 유도가열 공정이 가장 빠르면서 접착 특성이 좋은 방식이라고 할 수 있다.

다음은 eco-solvent ink의 실험 결과이다. Eco-solvent ink 는 보다 강화된 환경 규제를 만족하기 위하여, 색 재현력을 높이는데 사용되는 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds; VOCs)의 사용을 줄인 제품으로 VOCs의 함량이 줄어 보다 긴 시간동안 가열하여야 건조되는 특성을 가지고 있다.

Fig. 5는 eco-solvent ink의 건조 실험 결과로, 본 실험에서 사용

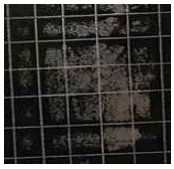
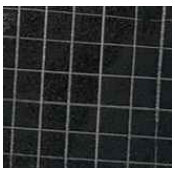
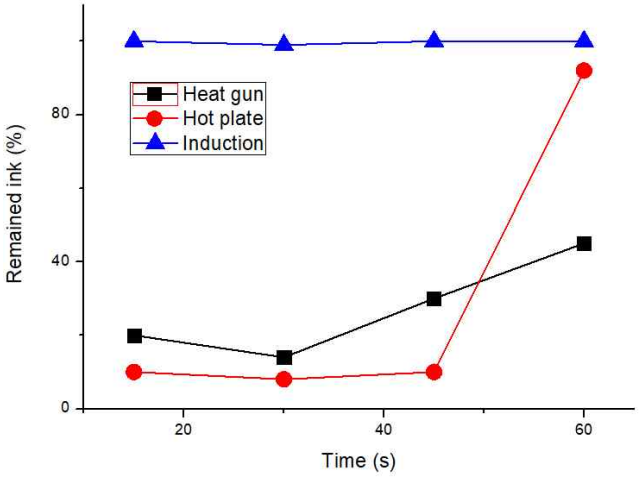
Time (s)	Remained Ink (%)		
	Heat gun	Hot plate	Induction heater
15			
	19	22	98
30			
	14	25	100
45			
	20	25	100
60			
	40	28	100

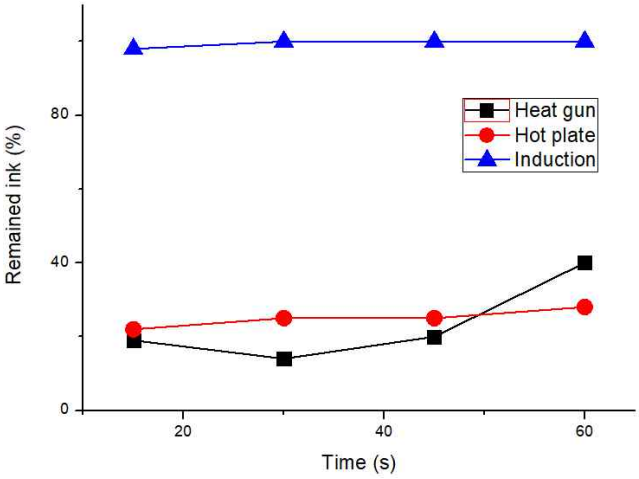
Fig. 5 Result of tape test with eco-solvent ink

Table 2 Compositions of eco-solvent ink

Ingredients	wt%
2-Ethoxyethyl ether	10 - 20
2(3H)-Furanone	10 - 20
Tetraethylene glycol dimethyl ether	10 - 20
polymer	1 -10
Carbon black pigments	1 - 5
Ethanem, 1-ethoxy-2-(2-methoxyethoxy)	20 - 50



(a)



(b)

Fig. 6 Comparison of drying experiment results: (a) Solvent, (b) Eco solvent

한 eco-solvent ink의 구성 성분은 Table 2에 나타내었다. Heat gun의 경우 solvent ink의 결과와 비슷한 결과를 보였지만 hot plate 실험 결과에서 solvent ink와 달리 60초간 건조시킨 후에도 기판과의 접착력이 좋지 않음을 볼 수 있다. Solvent ink의 결과와는 상당히 다른 결과로 이는 앞서 설명했던 VOCs의 함량에 따른 건조 상태의 차이를 이유로 설명 할 수 있다. 반면, 15~45초의 건조 시간에 따른 테이프 테스트 결과는 오히려 eco-solvent ink의 경우가 solvent ink보다 더 기판에 많은 잉크가 남아있는 것으로 보이는데 건조가 덜 된 상태에서의 비교이므로 잉크 자체의 특성이라 할 수 있어 큰 의미는 없는 것으로 생각된다.

Fig. 6은 scotch tape test 후 남아있는 잉크의 양을 그래프로 도식화 하여 나타낸 그림으로 heat gun 및 hot plate의 경우 solvent, eco-solvent ink에 따라 다른 성향을 보이긴 하였지만 induction heating을 이용한 결과의 경우 두 잉크 모두 많은 양의 잉크가 남아 있음을 보이고 있다. 남아있는 잉크가 많음에 따라 잉크와 강판사이의 adhesion이 높으며 코팅 강판을 제작할 경우 보다 높은 내구성을 보일 것이라 판단된다.

3. Metal Ink의 건조방법에 따른 특성 비교

코팅 강판의 제작에 일반적으로 사용되지는 않지만 전자소자의 제작을 위해 metal particle이 포함된 ink를 많이 사용하는데 코팅된 metal ink를 건조하는데 있어 만약 유도 가열을 이용하게 되면 solvent ink와는 또 다른 특성이 예상되므로 이를 확인하기 위하여 전도성을 가지는 metal ink로 코팅된 박막을 건조하는 실험을 진행하였다. 사용된 ink는 2-propanol base에 silver complex compound 조성 10 wt% silver ink를 사용하였으며 앞선 실험과 동일한 강판과 동일한 세척을 진행한 후 동일한 코팅 방법으로 실험을 진행하였다. 즉, 1.2 t의 ss400 강판을 IPA와 에탄올로 표면을 세척하고 초음파 세척기로 sonication을 10분간 진행한 후 잉크를 바코터로 6.9 μm의 두께로 일정하게 코팅하였다. 평가기준 또한 이전과 동일하게 ISO 2409를 참조하여 tape test를 실시하였다.

건조 시간은 사용된 잉크의 specification을 참조하여(170 μm, 2 Mins) 90, 120, 150, 180초 동안 160°C의 조건으로 실시하였다. Fig. 7에 실험 결과를 보여주고 있는데 앞선 결과와는 반대로 scotch tape에 남아 있는 잉크의 결과를 도시하였다. 강판에 남아있는 잉크의 경우 그 색상이 강판의 색상과 유사하여 남아있는 잉크의 양을 판단하기 어렵기 때문에 scotch tape를 흰색 바탕의 종이에 다시 붙여서 묻어 나온 잉크의 양을 확인하였다. 즉, 앞서 solvent계 잉크의 비교 결과와는 달리 육안으로 보이는 잉크의 양이 적을수록 높은 adhesion을 보이며 우수한 건조 결과라고 할 수 있다.

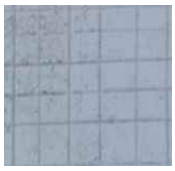
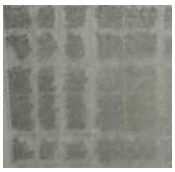
Time (s)	Remained Ink (%)		
	Heat gun	Hot plate	Induction heater
90			
	4	20	40
120			
	15	35	60
150			
	90	30	94
180			
	65	40	15

Fig. 7 Result of tape test with the silver ink

Heat gun을 이용한 건조 실험 결과는 150초에서 90%에 가까운 잉크가 남아 있음을 볼 수 있는데 이 조건에서 높은 adhesion을 보이는 이유는 silver ink의 specification에서 제시한 소결 조건(170°C, 2 Mins)과 유사한 에너지가 가해 졌기 때문이라고 생각된다. 이러한 결과는 induction을 이용한 건조 방법에서도 동일하게 확인할 수 있다. 즉, 160도에서 150초 동안 가열한 결과가 가장 기판과의 adhesion이 좋음을 확인할 수 있다. 또한 추가적인 열이 가해져 180초 이상 건조하는 경우 건조된 메탈 잉크 박막이 오히려 기판에서 탈락되는 현상을 보인다. 염료를 코팅하는 앞선 경우와 달리 metal particle이 소결되어 코팅되는 경우 금속(silver)과 금속(steel)의 접촉이 이루어져 있는 상황으로, 과다한 열에너지가 공급되면 두 금속의 서로 다른 열팽창 계수차이로 인해 박막이 기판에서 분리되는 박리 현상이 발생하기 때문이다.

Hot plate를 이용한 건조 결과는 비교적 낮은 adhesion을 보였는데, 이는 강판으로 열이 전달되는 시간이 필요하기 때문으로 생각되며 건조가 덜 된 120초 이하의 데이터에서는 heat gun이 다른 두 건조 방식에 비해 낮은 adhesion을 보이는데 이는 앞에서 설명

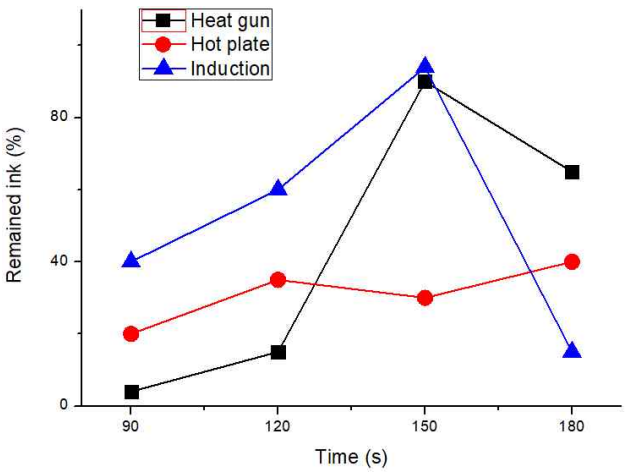


Fig. 8 Comparison of drying experiment results (Silver ink)

한 ink의 건조 방향(Top-down, Bottom-up)의 차이에 따른 것으로 보인다.

Fig. 7의 결과를 Fig. 8에 그래프로 도시하였다. 적절한 열에너지 양이 공급되는 150초에서 최대의 adhesion을 나타낸다. Solvent ink의 경우와 크게 다른 점은 heat gun을 이용한 열풍 건조와 induction을 이용한 건조에 있어 적절한 열에너지가 공급되면 adhesion의 차이가 크지 않다는 점인데 열풍으로 건조하는 경우에도 금속이 소결되면서 전도에 의한 열전달이 이루어지기 때문으로 생각되며 특이한 점은 180초 가열의 경우 induction heating을 한 경우에 더 빠른 박리현상이 생긴다는 점이다. Induction heating이 표면을 순간적으로 빠르게 가열하는 방법인 만큼 더 빠른 박리가 발생한 것으로 볼 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 기존의 열풍을 이용하는 코팅 강판 제조 공정에 유도가열 방식을 접목하기 위하여 평판 유도가열 장치를 셋업하고 이를 이용한 강판 상의 잉크 건조 실험을 실시하여 유도가열을 이용한 잉크의 건조 특성을 확인하였다.

Heat gun, hot plate, induction heating을 이용한 3가지 방법을 비교하였으며 solvent, eco-solvent, metal ink를 이용하여 실험을 진행 한 결과 induction을 이용하여 건조한 박막의 adhesion이 다른 건조 방법에 비해 매우 견고하고 건조 시간 또한 가장 빠름을 알 수 있었다. Induction heating 방식이 금속의 표면을 순간적으로 빠르게 가열할 수 있는 방법이기 때문에 건조 시간을 획기적으로 줄일 수 있으며 열풍을 이용한 건조 방식과는 달리 강판을 직접 가열하여 건조하기 때문에 강판과 접한 면에서 바깥쪽 면으로 건조가 이루어져 결함의 발생 가능성도 적고 기판과의 접착력도 향상시킬 수 있는 방법이라는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 제안한 유도가열 방식을 코팅 강판의 제조에 적용하게 되면 공정시간을 획기적으로 줄일 수 있고 박막의 접합 품질 또한 향상 가능함을 알 수 있다.

후 기

이 논문은 2017학년도 창원대학교 연구교수 연구비에 의하여 연구되었음.

References

[1] Santos, D., Raminhos, H., Costa, M. R., Diamantino, T., Goodwin, F., 2008, Performance of Finish Coated Galvanized Steel Sheets for Automotive Bodies, Progress in Organic Coating, 62 265-273.

[2] Srivastava, A., Agarwal, D., Mistry, S., Singh, J., 2008, UV Curable Polyurethane Acrylate Coatings for Metal Surfaces, Pigment & Resin Technology, 37:4 217-223.

[3] Lee, J. M., Lee, C. J., Ko, D. C., Lee, S. B., Kim, B. M., 2009, Estimations of the Adhesion Strength of Galvannealed Coatings on Coated Sheet Using Single Lap-Shear Test, Korean Soc. Mech. Eng. A, 33:6 560-567.

[4] Lee, J. W., Lee, M. G., 2014, Forming Technology in Advanced High Strength Steels, Auto Journal, 36:3 33-38.

[5] Lee, W. R., Lee, J. H., 2011, Joining of Zinc Coated Steel and Aluminum Alloy for Car Body, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 20:2 145-150.

[6] D'Anna, G., Monroe, S. H., Angelini, P. J., Goettmann, J. A., Boylan, J. R., 1998, High Gloss Ultraviolet Curable Coating for Porous Substrates, US Patent: 5800884A.

[7] Ting, V. W., 1978, U.V. Curable Poly(ester-urethane) Polyacrylate Polymers and Wet Look Coatings Therefrom, US Patent: 4072770A.

[8] Kim, Y. S., Kim, C. I., Nam, J. B., Yang, S. H., 2014, Press Forming Characteristics and Recent Forming Technologies of High Strength Steel Sheets, Transactions of Materials Processing, 23:7 453-464.

[9] Rudnev, V., Loveless, D., Cook, R. L., 2017, Handbook of Induction Heating, Second Edition, CRC Press, US.

[10] Lucia, O., Maussion, P., Dede, E. J., Burdio, J. M., 2014, Induction Heating Technology and Its Applications: Past Developments, Current Technology, and Future Challenges, Journal of IEEE Transactions on industrial Electronics, 61:5 2509-2520.

[11] Dolezel, I., Karban, P., Kropik, P., Panek, D., 2010, Accurate Control of Position by Induction Heating-Produced Thermoelasticity, Journal

of IEEE Transactions on magnetics, 46:8 2888-2891.

[12] Miyagi, D., Saitou, A., Takahashi, N., Uchida, N., Ozaki, K., 2006, Improvement of Zone Control Induction Heating Equipment for High-speed Processing of Semiconductor Devices, Journal of IEEE Transactions on magnetics, 42:2 292-294.

[13] Okamoto, Y., Imai, T., Miyagi, D., Takahashi, N., Ozaki, K., Ono, H., Uchida, N., 2004, Optimal Design of Induction Heating Equipment for Highspeed Processing of a Semiconductor, The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering, 23:4 1045-1052.

[14] Yun, J. O., Yang, Y. S., 2004, A Study on the Flat-Type Induction Heating of Steel Plate, Korean Soc. Mech. Eng. A, 28:7 948-954.

[15] Ryu, K. H., Lee, D. J., Kim, D. J., Kim, B. M. Kim, K. H., 2001, Process Design of the Hot Pipe Bending Process Using High Frequency Induction Heating, Journal of the Korean Society of Precision Engineering, 18:9 110-121.

[16] Choi, W. D., Ko, D. C., Min, G. S., Kim, B. M., Choi, J. C., 1997, Finite Element Analysis for Forming Process of Semi-Solid Material Considering Induction Heating, Journal of the Korean Society of Precision Engineering, 14:8 82-91.

[17] Jo, S. H., Kim, B. I., Son, Y. S., Yun, D. W., 2013, A Basic Study on Induction Heating and Water Cooling System Hybrid Roll for Fine Pattern Processing, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 22:5 871-878.

[18] Oh, Y. H., Cho, Y. T., Jung, Y. G., 2015, Simulation of Thick Plate Preheating Process Using Induction Heating, Journal of the Korean Society of Precision Engineering, 32:12 1017-1021.

[19] Ahn, S. D., Cho, Y. T., Jung, Y. G., 2015, Analysis of Induction Heating according to Coil Shapes on the V-groove Weld Joint, Journal of the Korean Society of Precision Engineering, 32:2 167-172.

[20] Chaboudez, C., Clain, S., Glardon, R., Rappaz, J., Swierkosz, M., Touzani, R., 1994, Numerical Modelling of Induction Heating of Long Workpieces, Journal of IEEE Transactions on magnetics, 30:6 5028-503.

[21] Kagimoto, H. M., Daisuke, T. N., U, N., Kawanaka, K., 2010, Effect of Temperature Dependence of Magnetic Properties on Heating Characteristics of Induction Heater, Journal of IEEE Transactions on Magnetics, 46:8 3018-3021.

[22] ISO, 2013, Paints and varnishes — Cross-cut test, ISO 2409:2013, International Organization for Standardization, Geneva.