

금속기와 생산자동화를 위한 최적 건조 기술 개발

나세흠,이기홍,이영미,이문용*
 영남대학교 공과대학 응용화학공학과
 (mylee@yu.ac.kr*)

Development Optimal Drying Method for Steel Roof process Automation

Seheum Na, Kihong Lee, Youngmi Lee, Moonyoung Lee*
 School of chemical Eng. & Tech. Yeungnam Univ.
 (mylee@yu.ac.kr*)

서론

금속기와는 제품이 가지는 여러 가지 장점으로 인하여 현재 국내외 지붕재 시장에서 많은 각광을 받고있다. 금속기와는 금속판에 다양한 색상의 돌가루를 입혀 제조되고 있는데 이때 금속판과 돌가루의 접착을 위하여 자기가교형 아크릴계 접착제가 금속판위에 도포된다. 현재 사용되고 있는 접착제는 일정 온도 이상에서 자기가교반응이 일어나 접착이 이루어지는 특성이 있다. 이러한 접착제 속의 다량의 수분을 건조시키기 위하여 일반적인 고온 대류 방식을 사용할 경우 도포 표면의 가교반응에 의하여 도포 내부의 수분이 밖으로 빠져나오지 못하여 도포면이 분리되는 문제가 있었다. 또 기존의 저온에서 서서히 수분을 건조시키는 방식은 과도한 건조시간이 소요 되었다.

이러한 문제점을 개선하기 위하여 본 연구에서는 도포막 영역에 단 방향 온도구배를 형성시켜 가교반응이 금속기와 표면으로부터 순차적으로 일어나게 하여 고속으로 건조가 진행될 수 있도록 하는 새로운 방식의 고속 건조기술을 개발 하였다.

이론

일반적으로 습윤상태에 있는 재료를 처리하여 수분을 제거하는 조작을 건조라 하는데,그과정을 보면 대류 및 피건조물 표면의 전도와 복사 열전달에 의해 가열되어 제거된 수분은 공기로 확산되어 건조되어진다. 재료의 건조정도는 내부에 포함된 수분량을 나타내는 함수율과 수분율에 의해 표현되며 일반적으로 재료에 포함된 수분이 많은 경우는 수분율을 수분이 적은 경우에는 함수율을 사용한다. 현재 현장에서 사용되고 있는 유기접착제는 자기가교형 아크릴계 접착제로서 일정 온도 이상에서 자기가교반응이 일어남으로써 접착이 이루어지는 특성을 가지고 있다.

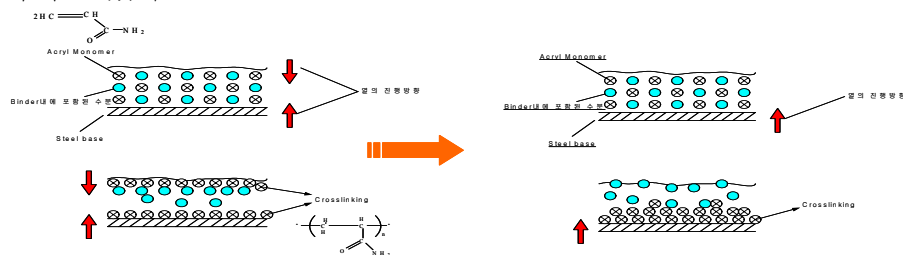


그림 1. 금속표면 유기도포제의 건조특성과 고속건조기술 개념도

실험

실험장치

bench-scale 건조실험 장치를 이용하여 다양한 건조조건에 따른 실험을 수행하였고 건조실험을 통하여 온도, 도포두께, 코팅효과, 풍량 및 풍온, 금속판 형상, 건조온도 궤적 등의 변수에 관한 정량적 건조특성을 분석하였다. 그결과 복사열과 대류열을 이용한 건조방식이 가장 적합한 것으로 나타나 이를 바탕으로 Pilot-scale 건조 실험장치를 제작하여 재연성을 확인하였다.



그림 2. 대류방식 건조기 내경

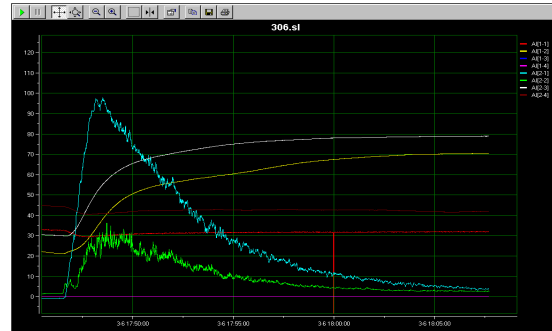


그림 3. 건조에 따른 온도, 습도 변화

먼저 건조기의 온도를 설정한 후 가로 1400mm, 세로 430mm, 무게 약 2000g의 금속판을 놓고 유기접착제 입히고 무게를 측정하였다. 그 위에 돌가루를 입힌 후 무게를 측정하고 2가지 방식(복사, 복사+대류)으로 건조를 시작한다. RTD센서를 8개를 건조기 내에 설치하여 온도를 측정하고 습도센서(HM1500)를 실내에 설치한 후 실내 습도를 측정하였다. Sample내의 수분이 모두 건조된 후 코팅제를 도포하여 무게 측정 후 180°C의 소성로에서 소성하였다. 건조가 끝난 sample을 100°C의 물에 2시간 동안 담귀 접착력 test를 하였다. Bench-scale에서는 코팅제를 도포한 후 건조를 시작하였으나 Pilot-scale에서는 건조 후 코팅제를 분사하였다. 이는 건조시 접착제 도포 표면의 가교반응에 의하여 도포 내부의 수분이 밖으로 빠져나오지 못하여 도포면이 분리되는 문제를 해결하기 위함이다.

결과 및 고찰

Pilot-scale에서는 온도, 흡, 배기량, 풍량 등의 변수들을 달리하여 총 100개 이상의 sample을 test하였다. sample내에 있는 수분함류량은 약 35~40% 정도였으며 이를 완전 증발시키기 위해서는 180°C의 고온으로 다시 한번 잔류수분을 증발시켜야 했다.

첫 번째 방식인 대류식 건조의 실험에서는 온도, 풍량, 내부습도에 따른 변화를 check하였다. 대류방식의 온도는 최대 80°C가 가장 적당하였고, 풍량과 내부습도에 관한 관계는 그림 4와 그림 5에 나타내었다. 건조기 내부에 풍량이 많이 공급될수록 내부 습도의 배출이 원활하게 이루어져 건조 효율이 그렇지 않을 때보다 훨씬 좋았고 건조 시간은 기존 건조방식의 24시간에서 50분으로 단축시킬 수 있었다.

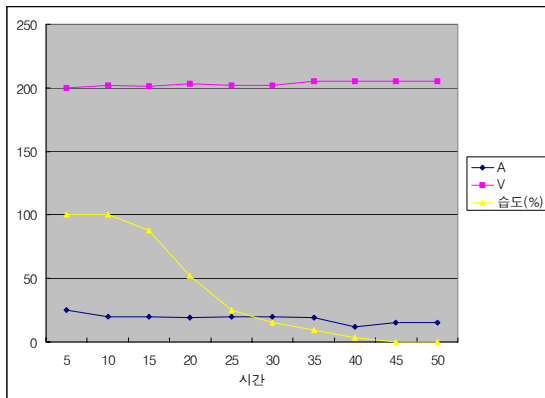


그림 4. 대류방식80°C,배기 밀폐, 풍량 25Hz 일때 시간에따른 Amp,Volt,내부습도

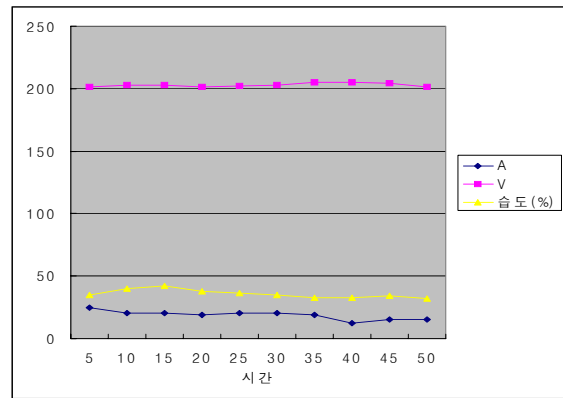


그림 5.대류방식80°C,배기 밀폐, 풍량 60Hz 일때 시간에따른 Amp,Volt,내부습도

두 번째로 복사와 대류를 혼합한 건조 실험에서는 적외선 heater를 이용하여 sample의 아래에서 복사열을 공급하였고, 대류는 기존의 건조기를 이용하여 실험하였다. 실험 결과 복사열의 온도는 95~100°C,대류열의 온도는 80°C가 가장 적합하였다.

세 번째로 위 두 실험의 결과를 바탕으로 선복사 후대류 실험을 하였다. 그림 6,7은 복사와 대류를 혼합한 방식과 선복사 후대류로 건조한 방식과 을 비교한 것이다

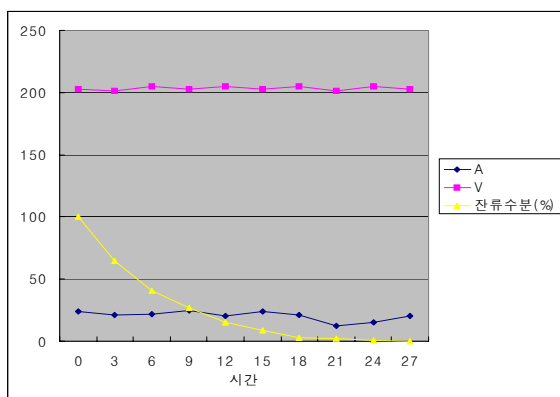


그림 6. 복사와 대류를 혼합한 건조 그래프

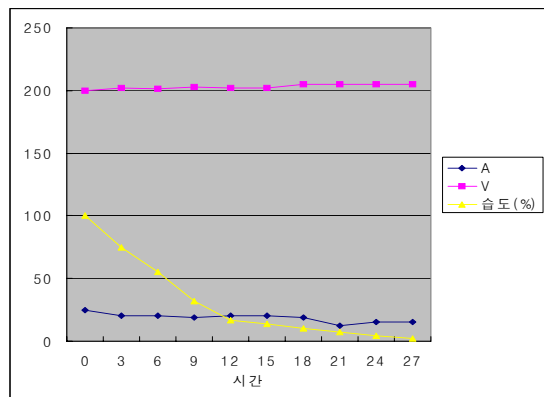


그림 7. 선복사 후대류의 시간에따른 건조그래프

그림 6,7의 잔류수분을 보면 복사와 대류를 혼합한 건조방식이 대류 건조방식보다 건조시간을 2배가량(25분) 단축시킨 것을 볼수 있다. 건조 초기단계에서 대류식은 약 25분이상이 지나야 잔류수분이 50%에 도달하지만 복사와 대류를 혼합한 방식은 5~6분만에 50%에 도달하였다. 대류방식,대류와 복사의 혼합방식, 선복사 후대류방식의 시간에 따른 잔류수분의 비교는 그림 8.에 나타내었다.

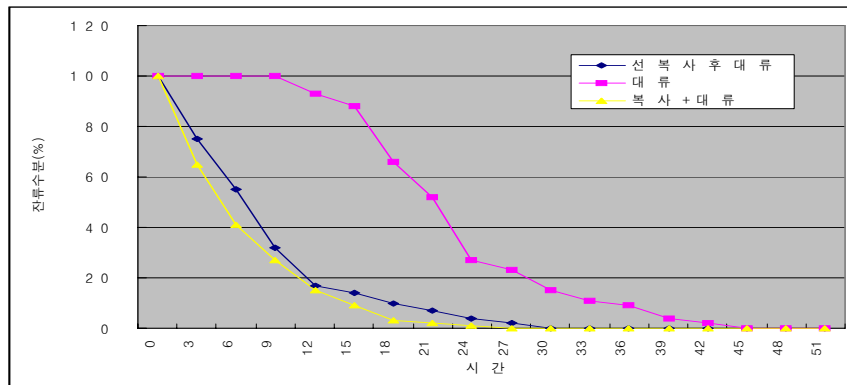


그림 8. 세가지 방식의 시간에 따른 잔류수분(%) 그래프

결론

본 연구에서는 연속식 금속기와 건조공정을 설계할 때 대류,복사와 대류의 혼합,선복사 후대류 세가지 방식으로 건조할 때 각각의 장단점을 파악할 수 있었다. 대류 방식은 시간이 많이 걸린다는 단점이 있었으나 연속식 공정에서 금속판의 위치가 어떤 형태이든 상관없이 없기 때문에 건조기의 길이를 크게 단축시킬수 있는 장점이 있었다. 복사와 대류의 혼합형태는 시간은 대류식의 반으로 단축시킬수 있으나 복사열이 아래에서 공급되기 때문에 금속판이 반드시 누운 형태여야 하므로 건조기의 길이가 많이 길어진다는 단점이 있다. 따라서 현장의 조건에 따라 대류,복사와 대류의 혼합 혹은 선복사 후대류의 방식을 채택할 수 있다. 본 연구에서는 현장의 조건을 토대로 하여 선복사 후대류의 방식을 채택하여 상용급 건조장치를 위한 scale-up에 필요한 기본 및 상세 설계 데이터를 확보하였다.

감사의 글

본 연구는 영남대학교의 지원으로 수행 되었습니다. 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] George Odian, "Principles of Polymerization", 3rd ed., Wiley & Sons(1991)
- [2] Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott, "Unit Operations of Chemical Engineering", 6th ed., McGraw-Hill(2001)
- [3] Dale E. Seborg, Thomas F. Edgar, Duncan A. Mellichamp, "Process Dynamics and Control", Wiley & Sons(1989)
- [4] Malcom P. Stevens, "Polymer Chemistry", 2nd ed. Oxford Univ. Press(1990)
- [5] Kenneth A. Solen, John N. Harb, "Introduction to Chemical Process Fundamentals & Design", McGraw-Hill(2000)
- [6] 이인범,이의수,정창복,이경범,이범석,신동일, "화학공정 최적화", 아진(2002)
- [7] 김영미, "저압 복사식 건조기의 건조특성에 대한 연구", 영남대학교 기계공학부 석사 학위 논문(2002)
- [8] Arun S., Mujumdar, "Hand book of Industrial Drying", 2nd ed., McGill Univ.