

금속기와 생산자동화를 위한 최적 건조 기술 개발

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

Development Optimal Drying Method for Steel Roof process Automation

Seheum Na, Kihong 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 유기접착제가 금속판위에 도포되게 된다. 현재 사용되고 있는 유기접착제는 자기가교형 아크릴계 접착제로서 일정 온도 이상에서 자기가교반응이 일어남으로써 접착이 이루어지는 특성을 가지고 있다. 이러한 접착제 속에 함유된 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 현재는 저온에서 서서히 수분을 건조시키는 방식을 사용하고 있는데 이러한 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 조작용 건조라 하는데, 그 과정을 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.

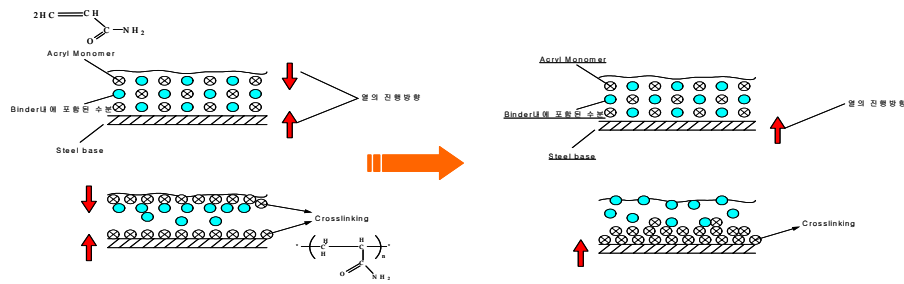


그림 1. 금속표면 유기도포제의 건조특성과 고속건조기술 개념도

실험

실험장치

유기도포의 연속식 고속 건조기술 개발을 위하여 고속건조기의 최적설계 및 운전조건을 찾기 위하여 소형 금속판 샘플을 대상으로 건조 과정 중의 모든 주요한 상태변수들을 정밀하게 측정할 수 있는 bench-scale 건조실험 장치를 제작하여 다양한 건조조건에 따른 실험을 수행하였다. 건조실험을 통하여 전도판 온도, 도포두께, 코팅효과, 풍량 및 풍온, 금속판 형상, 건조온도 궤적 등의 변수에 관한 정량적 건조특성을 분석하였다. 건조 방식으로는 전도식, 대류식, microwave 가열방식 등을 시험하여 최적의 건조 방식을 선정하였다.



그림2. 건조기 내경

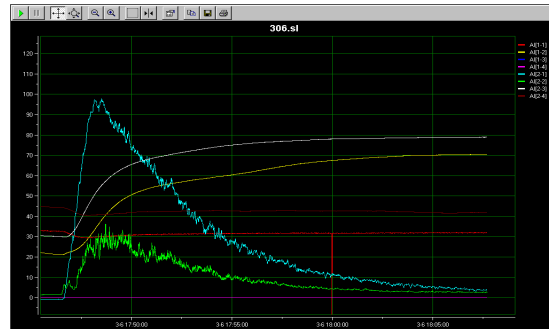


그림 3. 건조에 따른 온도, 습도 변화

본 연구의 실험은 다음과 같은 방법으로 수행되었다.

먼저 건조기의 온도를 설정한후 가로 100mm, 세로 150mm, 무게 48~50g의 금속판을 놓고 두께 400 μ m와 600 μ m의 롤로 유기접착제를 입히고 무게를 측정하였다. 그 위에 돌가루를 1m높이에서 뿌린후 무게를 측정하고 코팅제를 입히고 최종 무게를 측정하여 건조를 시작한다. 건조기의 RTD센서를 sample의 돌가루 위와 알루미늄판위에 올려놓고 온도를 측정하고 습도센서(HM1500)를 돌가루 위와 실내에 설치한후 sample의 습도와 실내 습도를 측정하였다. Sample내의 수분이 모두 건조된 후 50 $^{\circ}$ C의 항온조에 2주일간 보관하여 sample의 정상정도를 test하였다. 이와 동일한 실험방법으로 전도판 온도, 도포두께, 코팅효과, 풍량 및 풍온, 금속판 형상, 건조온도 궤적 등의 변수에 관한 정량적 건조특성을 분석하였다

결과 및 고찰

온도를 비롯한 여러 가지의 변수들을 달리하여 총 400개 이상의 sample을 test하였다. sample내에 있는 수분함류량은 약 40~45%정도였으며 이를 완전 증발시키기 위해서는 200 $^{\circ}$ C에 가까운 고온으로 다시한번 잔류수분을 증발시켜야 했다. 일반적인 시간에 따른 건조속도는 그림 4.와 같이 15분이내에 반이상의 수분이 증발하고 나머지 나머지는 건조

방식에 따라 시간의 차이가 났다.

첫 번째 방식인 전도식 건조의 실험에서는 sample이 평판인 것과 휘어진 것의 열전달 차이가 많아 주로 평판인 sample을 실험하였다. 건조기 밑판의 온도를 80,90,100,120℃로 점착제의 두께를 400,600μm로 변화시킴과 동시에 건조기 내로 냉풍의 유무를 달리하고 실험하였다. 전도식 건조기에서 건조기 바닥 온도를 90℃이상 높였을 때는 도포 표면의 교반에 의하여 도포 내부의 수분이 밖으로 빠져나오지 못하여 도포면이 분리되는 문제가 발생하였다. 따라서 70~90℃를 중심으로 test한 결과 그림 5와 같이 온도는 10℃높을 수록 건조시간이 3~5분 단축되었고, 두께는 400μm가 10분가량 건조시간이 단축되었다.

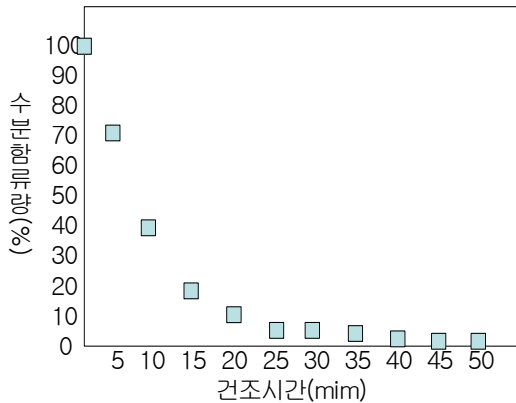


그림 4. 대류방식 80°C 400μm에서 시간에 따른 수분함량

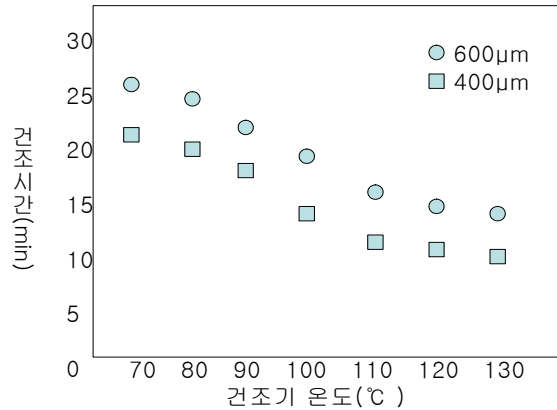


그림 5. 냉풍이 있는 전도식 건조기

두 번째로 대류식 건조방식은 건조기 내에 온도, 습도 센서가 없기 때문에 sample의 무게를 시간마다 측정함으로써 수분함량을 측정하였다. 대류식 건조 또한 온도를 50,60,70,80,90,100℃로 변화시키고 두께를 400,600μm로 변화시킴과 동시에 열풍의 유무를 달리하여 실험하였다.

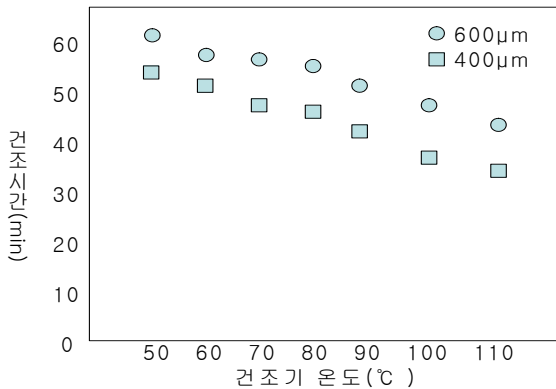


그림 6. 열풍이 없는 대류식 건조기

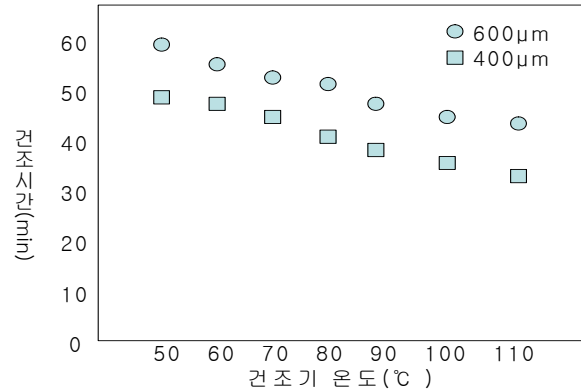


그림 7. 열풍이 있는 대류식 건조기

마지막으로 Microwave방식으로 건조만 할 경우 건조속도는 대류방식에 비해 10분 정도 빨랐다.

세 종류의 건조방식을 검토한 결과 전도식 건조가 건조시간은 가장 단축시킬수 있었으나 실제 현장에서 쓰여질 연속공정에는 적합하지 못했고 열전달 면적에 따라 건조시간의 차이가 너무 컸다. 대류식 건조방식은 건조시간은 다른 방식에 비해 길었으나 안정적이고 열전달 또한 균일하였다. Microwave방식은 시간이 많이 단축되고 다른 방식에 비해 잔류 수분을 더 증발시키는 장점이 있었으나 건조시 철판과 점착도료 사이의 접착력이 상대적으로 저하됨을 알 수 있었다.

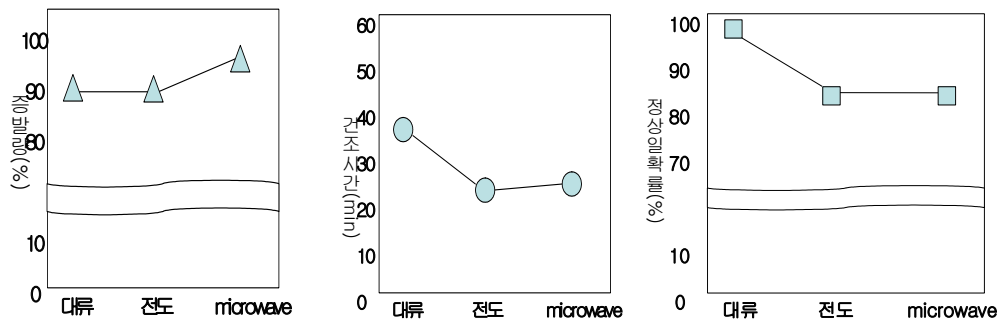


그림 8. 세가지 건조방식의 비교그래프

결론

본 연구에서는 연속식 금속기와 건조공정을 설계할 때 전도, 대류, Microwave 세가지 방식으로 건조할 때 각각의 장단점을 파악할 수 있었다. 전도식 방식은 시간을 단축시킨다는 장점이 있었으나 연속식 공정에서는 여러 가지 문제점이 많아 제외하고, 연속공정에 맞는 대류방식과 Microwave 방식을 혼합한 형태의 건조기를 채택하였다. 앞의 bench-scale 실험에서 얻은 결과를 토대로 실제 금속기와 샘플을 대상으로 건조실험을 수행할 수 있는 pilot-scale 자동 건조장치를 제작하여 현재 문제점과 설계조건을 확인 검증하였고 이를 토대로 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)