

골판지 접착제 조제공정①



기술자료

| www.kcca.or.kr



번역 | 성용주 박사

KT&G 중앙연구원, 공학박사

yosung@ktng.com

서울대학교 임산공학과 학사 및 석사
뉴욕주립대학교 환경자원공학 박사
뉴욕주 펄프제지연구센터 박사후 연구원
토론토 대학교 화학공학과 박사후 연구원
화학연구원 펄프제지연구센터 선임연구원
KT&G 중앙연구원 주임연구원(현재)
한국펄프종이공학회 편집위원(현재)

우리조합에서는 2006년 7월부터 골판지용

옥수수전분을 양허관세로 할당을 받아 우리는 골판지포장업계에 수입추천을 해오고 있으며, 이에 수입 옥수수 전분을 사용하면서 발생할 수 있는 문제점을 해결 할 수 있는 기초자료를 제공하기 위하여 2001년 부터 TAPPI Press에서 출간한 골판지 접착제 조제공정(Corrugated Adhesives Preperation 5th edition)을 KT&G 중앙연구원 성용주 박사가 번역하여 제공할 예정입니다.(편집자주)



제1장 골판지 접착의 역사

골판지 업계에서 사용된 최초의 접착제는 6-8% 고형분의 접착제가 되도록 12~15파트의 물과 함께 열처리하여 만들어진 호화된 전분과 밀가루였다. 이 접착제는 현재의 골판지 공정과 거의 같은 방식으로 적용되었다. 이러한 접착제 조합은 접착력에 있어서는 충분히 만족스러운 결과를 가지고 왔지만 글루라인에서 상당한 양의 물을 건조시켜야 했기 때문에 매우 느린 속도로 공정이 운영되었다. 대개의 경우, 접착제가 건조되고 안정화 되기위한 시간이 필요했기 때문에 양면골판지공정과 편면골판지공정은 각각 분리되어 이루어졌다.

1차 세계대전을 거치면서, 종종 물유리(water glass)로 불리는 소다의 규산염이 소개되었는데, 품질 개선 및 생산성 향상에 도움을 주어 업계의 표준으로 빠르게 적용되었다. 규산염은 접착제 조제액 자체의 고형분을 30% 이상까지 만들어줄 수 있는데 그 결과로 이전의 접착제보다 훨씬 적은 양의 물이 접착제에 함유됨에 따라 골판지 산업 특히, 제한적인 건조시스템을 가진 골판지 공정에 매우 적절한 물질이었다.

이 접착제의 접착은 단순히 물이 골심지 또는 라이너지속으로 흡수되거나 또는 공기중으로 증발되면서 감소함에 따라 발생하는 매우 단순한 공정이었다. 이러한 접착은 실온에서도 이루어질 수 있고 물론, 대개의 공정에서 사용되는 열에 의해 가속화될 수 있다.

열을 가할수록 더 빠르게 접착력을 발생시킬 수 있는 것이다. 규산염은 강직하고 부서지기 쉬운 특성을

가지고 있기 때문에 이것으로 제조된 골판지의 경우에도 매우 딱딱하고 굳은 그러면서 평평하여 인쇄적성이 향상되는 특성을 가지게 된다. 물론 규산염도 여러가지 단점을 가지고 있는데, 예를 들어, 고온 또는 습도가 높은 경우에 그 접착력이 떨어지고 기계장치들의 금속표면에 매우 높은 접착특성을 가지고 있는 점 등이다. 이러한 단점에도 불구하고, 밀가루 전분 접착제에 비해 매우 향상된 골판지 품질과 생산성의 개선 때문에 많이 적용되었다.

1940년대에서 1950년대를 거치면서, 다양한 종류의 접착제가 개발되었고 특별한 용도로 사용되었다. 특히, 골판지의 글루라인에서 내수성을 부여하는 접착제 등이 개발되었는데, 이는 규산염 접착제가 물에 대한 저항성이 매우 낮았기 때문이다.

이러한 특수한 접착제는 대개의 경우 전분과 식물성 단백질(콩), 종종 규산염이 주성분 또는 조성분으로 혼합되어 제조된 접착제였다. 이 시대의 접착제 중 가장 주목할 만한 접착제는 2차 세계대전으로 촉발된 수요를 충족하기 위해 개발된 “V board”였다.

이 “V board”는 매우 높은, 유래 없는 정도의 내수성을 가지고 있었는데, 열대에서 혹한의 양극지방까지 어떠한 기후변화에도 온전한 상태를 유지하는 것이 가능하게 하였다. 이 새로운 접착제는 강한 산성(pH ~5.0)을 가지고 두 가지 종류 전분(호화되지 않은 것과 호화된 것)을 사용하였다. 특히 매우 높은 내수성은 요소-포름알데하이드의 첨가로 이루어지는데, 이 열경화성 수지는 같은 수지 뿐만 아니라, 전분 및 지질의 셀룰로오스와 반응하여 결합하게 된다.

그러나 다양한 문제점들 때문에 이 접착제는 널리 적용되지 못했는데, 산성을 나타내는 특성 때문에 상

당한 수준의 열이 요구되었고 따라서 작업속도도 상당히 느렸었다. 또한 열경화성 수지의 화학적 반응성이 너무 뛰어나서 접착제의 저장 수명이 매우 짧은 단점이 있었다. 이어서 이 접착제로 인한 공정 기기들의 부식들도 문제점으로 나타났다.

1940년대 말부터 1950년대 초에 골판지 업계는 새로운 혁명적인 접착제를 경험하게 되는데 이것은 규산염 대신 전분을 사용한 것이다. 전분 접착제기술의 발전으로 골판지 업계는 저렴한 접착제를 대량으로 확보할 수 있게 되었고, 접착력 정도에 따라서 규산염 접착제를 대체하게 되었다.

• 전분 접착제

1934년, 그 당시 선도적인 전분 및 접착제 공급업체인 Stein Hall Co.의 Jordan V. Bauer는 1936년에 특허를 획득한 새로운 공정을 고안해내는데, 이 공정은 결국 현재의 골판지 업계에서 보편적으로 사용하는 공정이 된다. 이 새로운 접착제 제조공정은 골성형 기기 등에 달라붙지 않을 뿐 아니라 열이나 습기에 약해지지 않고 공정속도도 향상시킬 수 있는 접착제를 제공할 수 있게 하였다.

규산염을 적용한 골판지 공정에서 건조를 위해 적용한 높은 공정 온도와 골의 끝에서 접착제가 셋팅되는 이점을 활용한 “Stein Hall 방식”은 많은 수의 혁신적인 요소들을 가지고 있는데 이를 바탕으로 실제 규산염 접착제와 경쟁할 수 있는 경제적인 접착제가 되었다. 이 새로운 전분 접착제는 기존의 풀접착제와 유사한 호화된 전분 뿐만 아니라 천연의 미호화 전분을 사용하였다. 여기에 수산화나트륨(매우 강한 염기, 주로 가성소다(Caustic Soda)로 알려져 있음) 및

붕사(borax)를 첨가하여 접착특성을 개선하였다.

이 새로운 개념의 접착시스템에서 가장 중요한 특성은 접착제내의 고형분당 물의 비를 감소시킬 수 있는 점이다. 기존 풀접착제가 저고형분으로 조제되어 물의 함량이 높은 단점을 극복하기 위하여, 바우어(Bauer)는 상당한 양의 호화되지 않은 과립의 전분을 첨가하였다. 이 과립의 전분은 실제 골형성기에서 골심지의 골 끝으로 전이된 상태에서 호화되게 된다.

이러한 호화방식은 공정중의 열을 이용하게 되는데 글루라인에서 접착제가 매우 빠르게 응집되는 굳어지는 결과를 가져온다. 약 18~30%의 고형분을 적용하는 이 접착시스템은 1950년대 후반부까지 규산염 접착제를 상당부분 대체하게 된다. Robert Gair Co.사에서 양면 골판지를 개발하고 특허등록(1989년 3월)한 Lawrence L. Duerden이 이미 이전에 이러한 접착시스템에 대해 언급한 적이 있지만, 초기에는 그 아이디어에 대해 상업적으로 추진된 적은 없었다.

바우어의 새로운 접착개념은 다양하고 매우 혁신적인 전분 화학적 아이디어들과 결합되면서 골판지 공정의 효율성을 크게 향상시켰다. 새로운 스타인홀 방식의 접착시스템에서는 호화된 전분은 미호화 전분을 액상의 접착제에서 골고루 퍼지게 하고 가라앉거나 뭉치지 않은 상태를 유지하게 해주는 캐리어 역할을 하는데 이러한 기능 때문에 캐리어 전분(Carrier Starch)로 불리게 된다.

이러한 캐리어 전분은 대단히 중요한 역할을 수행하게 되는데, 골심지 골 끝으로 접착제 필름이 적절하게 이송될 수 있는 충분한 점도를 부여하고, 접착액의 물과 화학적인 결합을 유지하여 종이 속으로 물이 침투하는 정도를 조절하게 된다.

또한 미호화 전분과 지필의 섬유들이 최종적으로 접착층을 형성하기 전까지 어느 정도의 접착력을 부여하는 역할을 하게 된다. 바우어는 접착력을 향상시키기 위해 가성소다를 혼합하였는데, 가성소다로 인한 강한 염기성의 전분은 기존의 중성 전분 접착제에 비해 다음과 같은 장점들을 가지기 때문이다. 염기성 전분 접착제는 대단히 강한 필름을 형성함에 따라 강한 접착력을 나타내며, 골성형 공정 중의 호화온도를 낮추어 줄 수 있는 특징을 가진다. 또한 염기성 용액은 종이를 습윤시키는 데 효과적이다.

최종적으로 약간의 붕소를 점착성 증강제(Tackifier)로 첨가하게 되는데 이러한 붕소는 전분의 점도 및 끈적함 정도를 향상시켜주는 역할을 하게 된다. (붕소를 첨가하지 않는 경우에 같은 정도의 끈적함을 만들기 위해서는 상당한 양의 전분이 더 필요하게 됨)

바우어의 접착개념은 거의 모든 식물로부터 만들어진 전분들을 사용할 수 있게 하였다. 따라서 특성과 가격에 의해서 적용할 전분종류를 결정하게 되는데, 밀, 타피오카, 감자 전분 등이 대개의 경우 가장 만족스러운 접착제 특성을 나타내지만, 전 세계적으로는 옥수수 전분이 가장 많이 사용되고 있다.

• 전분 제조

전분 자체는 다양한 물질 특성을 가지고 있다. 우선, 천연의 전분은 매우 작은 입자상을 가지고 있다. 식물체에서 전분은 단백질, 다른 탄수화물, 오일, 섬유분, 무기물들과 결합된 형태로 존재하게 된다. 옥수수의 커널(Kernel)은 약 60~65%의 전분을 함유하고 있다. 다른 물질들과 분리된 후 전분은 입자상으로 얻

어지고 그 크기 및 형태는 원료 식물의 종류에 따라 다양하다.

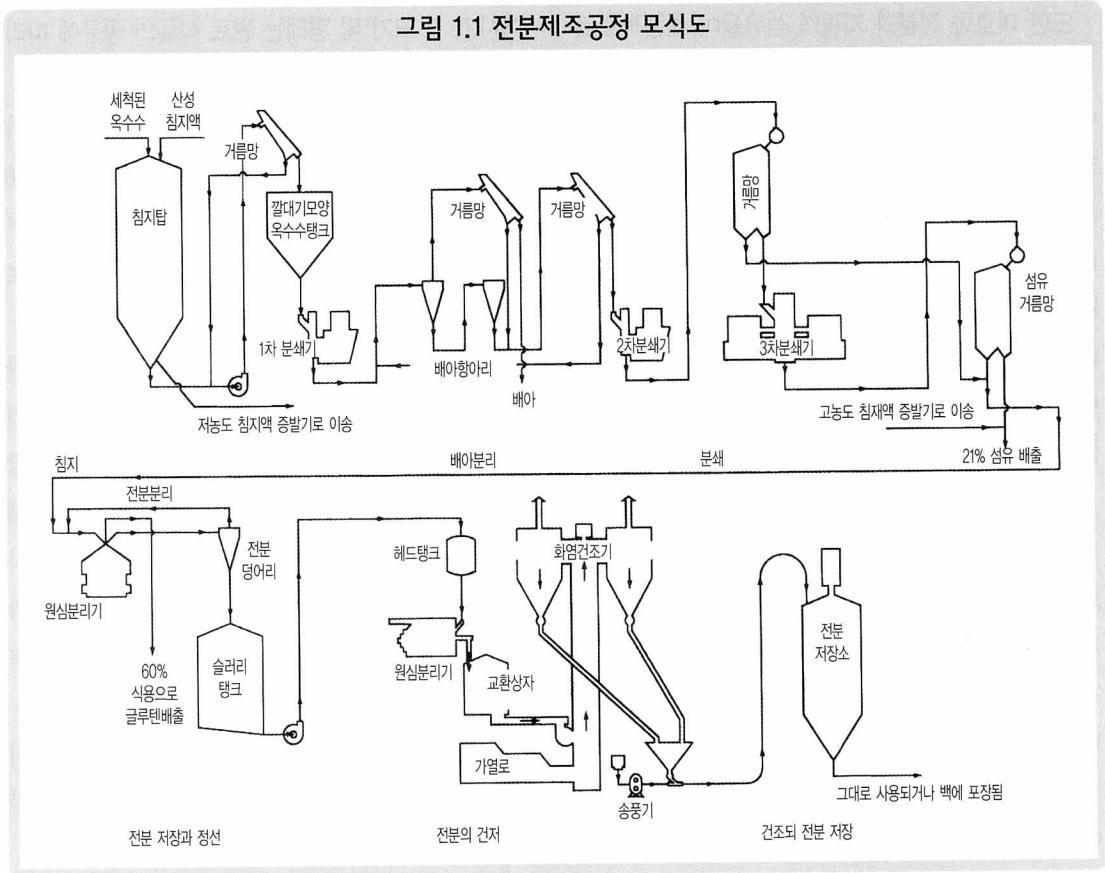
전분입자는 원추형, 타원형, 방추형, 무정형 등 다양한 형태를 가지고 있고 그 크기 또한 직경이 2~150 마이크로미터로 다양하다. 옥수수 전분 입자의 경우 그 형태가 상당히 균일하고 평균 직경은 25 마이크로미터 정도이다.

전분은 포도당(glucose)로 이루어진 고분자, 즉 탄수화물의 일종이다. 산 가수분해에 의해 완전히 분리가 일어났을 때 전분에서는 D-glucose만을 발견할 수 있다. 이러한 단위체가 중합되어 전분이 되었을 때 실제로는 두 가지 형태의 전분이 나오게 되는데 하나는 직선적으로 연결되어진 아밀로오스(Amylose)와 다른 하나는 포도당이 가지를 친 형태로 연결된 아밀로펙틴(amylopectin)이다.

이 두 전분의 비율은 원료 식물에 따라 상당한 차이가 있고 보통의 옥수수 전분과 감자 전분은 약 20~24%의 아밀로오스를 함유하고 있다.

전분은 탄수화물 이외에도 다양한 구성물질들을 소량함유하고 있는데, 지방산, 질소계 물질 등이다.

그림 1.1 전분제조과정 모식도



전분입자는 오랫동안 담가놓아도 찬물에서는 녹지 않는다. 뜨거운 물에서 특히, 적절한 온도에서 전분입자는 팽윤되어 붕괴되고, 용해되는데 이러한 현상을 호화(Gelling)라고 한다.

옥수수로부터 전분을 제조하는 기본 공정은 습밀링 공정과 분리공정이다. 껍질이 벗겨진 옥수수는 그림 1.1에서 보여지는 바와 같이 스크리닝과 공기에 의한 분리공정에 의해 첫번째로 정선되어 진다. 정선된 옥수수를 따뜻한 아황산 용액에 담그게 되는데, 이 공정에 의해 옥수수의 글루텐(gluten)은 부드러워지고 껍질도 느슨해진다. 또한 이 공정에 의해 무기염, 탄

수화물 및 단백질 중의 일부가 녹아나오게 된다. 부드러워진 커널(kernel)은 특별히 제작된 분쇄기에서 갈려지는데 이때 커널이 조각지게 되지만 유지가 들어있는 배아는 손상이 되지 않는다. 커널과 배아는 부유부상기 또는 원심분리기에 의해 서로 분리된다. 가라앉은 부분은 가능한 미세하게 분쇄되고 섬유질부분은 체로 걸러져서 제거된다. 단백질이 들어있는 글루텐은 부상부유 또는 원심분리 방식으로 글루텐보다 무거운 전분입자와 분리된다. 전분액은 물기가 제거되고 건조된다. 보통의 상업용 전분의 함수율은 약 9~12%정도이다.

제2장 전분조제기기

현재의 새로운 전분제조기기는 그 자체적으로 거의 자동화된 상태이다. 유럽에서 유래된 자동화 시스템에 대한 요구에 부응하여, 미국의 회사들은 자동화 설비 기술의 수준을 상당히 높은 수준으로 끌어올렸는데 예를 들어, 자동세척장비, 배치 관독기, 탱크 레벨 검출기, 원거리 공정 관리기, 고전단 교반기 등이다.

이러한 혁신적인 기계개발은 평균 수준의 골판지 공정 수준을 상당수준 끌어올려 인력, 폐기물 뿐만 아니라 많은 경우에서 전분 사용량을 감소시키고 동시에 전분 접착제의 품질을 향상시키는 결과를 가져왔다. 전분 접착제 품질 향상은 안정적인 점도와 접착제 한 배치를 더 적게 더 신선하게 제조할 수 있게 하였다.

이러한 기술개발을 바탕으로 현재의 저장탱크는 더 작게, 부식이 되지 않는 소재로 만들어지는 것이 일반화되고 있다. 그 결과로 수명이 늘어날 뿐만 아니라 박테리아나 곰팡이의 번식을 막을 수 있게 되었다.

그렇다고 해서 모든 골판지 공정에서 기존의 낡은 시스템을 새로운 자동 교반 시스템으로 교체해야 된다는 말은 아니다. 반대로 실제 많은 공장에서는 기존의 기계를 지속적으로 개조하거나 개선하고 있는 실정이다. 본 장에서는 새로운 자동 기기뿐만 아니라 기존 기계의 개선과 관련해 다양한 기기들의 특징과 기기 발전에 대하여 논의해 보았다.

• 교반기의 종류

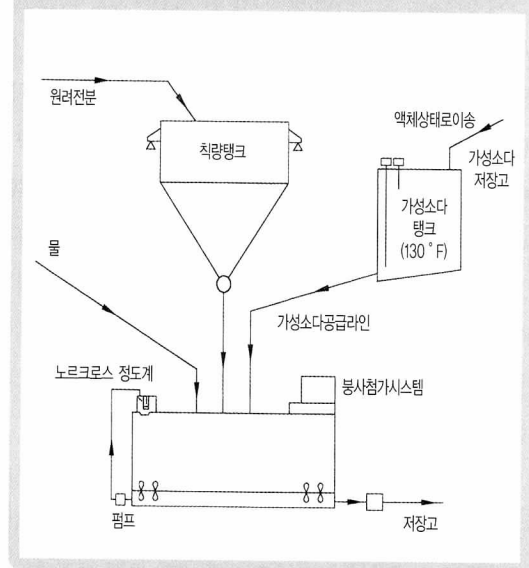
전형적인 두 단계 수동 시스템

표준 방식의 교반 시스템은 1950년대부터 사용되어온 헨리 프랫 교반기(Henry Pratt Mixer)이다.(그림 2.1.) 원래 기존 시스템은 두 개의 교반기를 포함하는 시스템인데, 호화전분을 만드는 교반기 하나와 호화된 전분과 미호화 전분 및 물을 섞어 주는 교반기로 되어있다.

보통 1차 교반기는 2차 교반기 위에 설치하게 된다. 적당한 시간 동안 호화한 후, 자유낙하 또는 이후에 나온 시스템의 경우 1차 교반기 옆에 설치된 펌프에 의해 1차 교반기의 내용물은 2차 교반기로 이송된다.

2차 교반기는 호화된 캐리어 전분과 미호화 전분을 섞어 주는 역할을 하게 된다.

그림 2.1. 표준 방식 프랫(Pratt) 1차, 2차 교반기. 1차 교반기는 펌프 옆이나 또는 자유낙하를 적용할 시에는 2차 교반기 위에 설치된다.





기존의 1차 교반기는 250겔론(926L)의 용량을 가지고 두 개의 서로 다른 방향으로 호화 전분을 저어주는 1개의 카운터 기어를 사용한다. 중심축에는 회전 방향으로 전분을 회전시키는 가로대(Arms)가 바닥부터 꼭대기까지 부착되어있다. 중심축 안에는 두 번째 축이 들어있는데 교반기의 벽을 따라 반대방향으로 돌아가는 풍차날개(Sweep Arms)가 연결되어 있다. 이후에 2차 교반기의 크기가 커짐에 따라, 1차 교반기의 용량도 350겔론(1325L)까지 커지고 몇몇 모델은 카운터 기어 대신에 2차 모터를 설치하여 사용하기도 하였다.

최초의 2차 교반기의 용량은 333겔론(1260L)였다. 이 정도 용량은 몇몇 특별한 작은 공장을 제외하고는 현재 거의 사용되지 않는 것으로 보인다. 이 후에 그 용량은 두배가 되어 666겔론(2521L) 용량 교반기가 현재까지도 널리 사용되고 있다. 그러나 고전단 교반기의 등장은 이러한 구식 교반기를 대체시키거나, 좀더 나은 품질과 공정을 위해 기존의 시스템을 보완 하게 되었다.

이 666겔론 교반기는 4ft×8ft 크기를 가지고 있는 정사각형의 탱크로 바닥쪽에 8ft의 면을 따라서 경사가 저인 구조로 되어 있다. 교반축은 브이자 형태의 밑바닥에 위치하고 5마력 모터, 감속기 그리고 교반기 바깥쪽에 있는 팩킹박스 구성되어 있다. 네개의 보트 프로펠러(boat-type impeller)가 같은 간격으로 축에 장착되고, 기어감속에 의해 약 435에서 450rpm으로 교반한다. 이후 장비의 개발에 의해 모터의 마력이 20~25마력까지 향상되었고 속도도 550~600 rpm까지 증가하고, 좀더 많은 임펠러를 장착하여 사용하게 되었다.

1950년대부터 1980년대까지 두개의 탱크를 가지는 시스템이 가장 보편화된 형태였지만, 갖가지 이종 교반시스템들도 소개되었다. 아마도 이종 가장 흔한 이종 교반

시스템으로는 1차 교반기를 사용하지 않는 시스템으로, 이 시스템에서는 2차 교반기 하나에서 전분을 호화시키고 찬물을 섞어 주고 다른 배합원료들을 교반하여 접착제를 조제하게 된다.

현재 사용되는 대부분의 프랫(Pratt) 방식의 교반기는 수동으로 전분을 제조하게 되는데, 몇몇의 경우에는 가성소다와 물의 첨가가 자동으로 이루어지기도 한다. 이러한 교반시스템을 통하여 수십년 동안 좋은 품질의 접착제를 조제하여 왔지만, 현대적인 교반기에 필요한 일정한 농도로 배송할 수 있는 능력, 안정성, 자동화 특성 등이 부족하다고 할 수 있다.

(다음호에 계속..)

