

우수성의 추구를 통한

골판지포장 산업의 이미지 제고 ⑤

조한 정보기술팀 제공

골판지 산업의 과거와 현재의 경향을 파악하고 미래의 골판지 산업이 나아가야 할 길을 찾아보고자, 그것에 대한 기초사업으로 강원대 제지공학과 조병욱 교수에게 Brunton Group 사(Tony Pinnington 지)에서 발간한 "The Corrugated Industry-In Pursuit of Excellence"을 번역의뢰하여 본지에 연재한 후 골판지 포장 종사자 및 우리조합 편집위원회등의 검토를 거친 후 단행본으로 출간코자 합니다. 연재하는 동안 골판지 산업에 필요한 참고 자료를 독자분들께서 제공하여 주셨으면 합니다(편집자 주).

이 장에서 다루어질 자료들의 출처는 판지 업계에서의 전문 접착제에 대한 CPA 작업 그룹 보고서(Working Group Report)이다.
(회원 : P Crozier, R Boaden, M Georgeson, S Gribben, R Lown, R Pimbley, R Robinson)

8장. 전분과 접착제

코루게이터용 접착제

전분이 코루게이터의 생산성과 생산되는 판지의 품질에 미치는 영향은 종종 과소 평가되며 대체로 충분히 이해하지 못하고 있다.

최근까지 각각의 주요 골판지 제조 업체들은 공장이나 그룹 단위로 업체 내에 전분에 대한 고유의 전문적 기술을 가지고 있었다. 하지만 이러한 사람들은 상당수 감소하고 있으며 이들의 역할은 주요 전분 공급업자들의 기술고문으로 대체되고 있다. 본 장의 목적은 오늘날 사용되고 있는 접착제들의 기술적 평가 및 역사적 배경

에 대한 사항들을 설명하는데 있다.

올바른 전문 사용의 중요성과 적절한 접착제를 적절한 투입시기에 단속식으로 균일하게 생산하는 능력은 우수한 품질과 서비스를 제공하려는 골판지 업체에 있어서 매우 중요한 요소이다.

본 장에서 사용되는 용어 중 설명이 필요한 사항들에 대하여 다음과 같이 나타내었다.

- 레올로지(rheology) : 골판지 제조업계에서 전분 접착제나 인쇄 잉크와 같은 점성의 용액이나 페이스트(paste)상의 물질의 고유 특성을 연구하는 학문. 골 제조에 있어 흐름, 텍, 점착성, 이동성 등과 같은 성질과 관련을 가진다.
- pH : 산성도에 대한 측정 단위. 7은 중성이며, 이보다 낮으면 산성도가 증가하고 높으면 알칼리도가 최대한 14까지 증가하게 된다.
- 텍(tack) : 일반적으로 '습윤 텍'(wet

tack)을 의미하며 이는 두 표면을 서로 붙잡는 접착 제의 능력을 측정하는 것으로 손가락사이에서도 느낄 수 있다. 이 용어가 골 제조 시에 사용될 때는 '텍스처(texture)'라고 하는 것이 보다 정확 하지만 우리가 지금까지 알고 있는대로 텍이라는 단어도 써도 무방하다.

- 텍스처(texture) : 이 용어는 점착성이나 자체적으로 끈적거리는 접착제의 성질을 말한다. 점착성을 가지는 접착제는 매우 긴 텍스처를 가진다. 사이에 접착제가 존재하는 두 표면 사이가 분리될 때 접착제는 점질(粘質)을 나타내는 것처럼 보인다. 긴 텍스처를 가지는 전분은 어플리케이션 롤 부분에서 끈적끈적해지고, 종이 위에 전분이 튀게되면 장치 주변에 '스트링 스냅(strings snap)'과 같은 문제점을 일으킬 수 있다. 가장 이상적인 것은 전분이 롤로부터 종이로 전이될 수 있는 낮은 텍스처를 가지는 전분

일 것이다.

전분

전분은 식물로부터 얻어지는 천연 탄수화물로 옥수수와 밀과 같은 작은 낱알의 곡물에서 얻어지며 밀집된 형태의 엽록소를 가지고 있다. 하지만 전분은 감자와 같은 큰 낱알의 식물로부터도 추출될 수 있다. 이러한 곡물들은 직선상의 분자고리를 가지고 있는 아밀로스와 가지모양의 분자고리를 가지고 있는 아밀로펙틴의 두 가지의 탄수화물 고분자의 혼합물을 함유하고 있다. 전분은 상대적으로 저렴하면서 미생물에 의해 분해되며, 또한 재사용이 가능한 원료라는 장점으로 많은 업계에서 접착제로서 각광을 받고 있다. 이 두 가지 성질은 골판지의 재활용율을 저하시키는데, 이는 이 산업에서 중요한 요소인 강도에 영향을 끼치기 때문이다.

전분의 종류

전분은 옥수수, 밀, 쌀, 감자, 타피오카(tapioca), 사고(sago), 완두콩, 바나나와 같은 매우 다양한 종류의 식물로부터 추출된다. 옥수수 전분은 골판지 제조 업계에서의 접착제 제조에 있어 가장 일반적으로 쓰여왔다. 하지만 밀을 기반으로 한 접착제가 채택을 지연시킨 몇 가지의 제한들을 보다 중요하게 생각한 경제적인 고려 때문에 최근 들어 사용량이 증가하고 있다. 밀의 사용이 크게 증가할 것으로 예상되며, 특히 이 후의 변형된 설비

를 갖추는데 필요한 장치와 시스템에 투자될 주 사용자들 사이에서 크게 증가할 것을 생각된다. 감자와 같은 특별한 제품은 고 내구성 판지와 같은 산업 영역에서 여전히 사용되고 있는 것을 알 수 있을 것이다.

전분 종류의 상대적 성질

골판지 제조 업계에서 주로 사용되는 전분의 종류는 옥수수와 밀이다. 이들의 접착제로서의 적합성에 가장 큰 영향을 미치는 성질은 호화 메카니즘과 호화 속도, 접착제의 텍스처와 사용 시의 안정성 등이다. 감자와 함께 이러한 고유의 접착제들의 성질은 아래의 표에 나타내었으며, 이들의 사용은 삼중 골판지의 상층결합에는 일반적으로 제한된다.

전분 종류	안정성	텍스처	호화
옥수수	매우 높음	길다	느림, 온화한 온도
밀	옥수수보다 온도에 민감	길다	느림, 낮은 온도
		(옥수수보다 약간 짧음)	
감자	낮음	매우 길다	느림, 매우 낮은 온도

고속의 코루게이터에 대한 이상적인 접착제는 낮은 호화온도, 짧은 텍스처와 함께 높은 안정성을 가져야 한다. 이는 낮은 에너지로 높은 생산속도를 얻을 수 있고, 낮은 점성과 튀김으로 양호한 적용을 가능하게 한다.

접착제 구성 요소

천연 전분의 형태와 성질들은 위에서 간략하게 설명하였다. 이것의 접착제로서의 사용은 작업가능하고 실질적

인 접착제를 제조할 수 있는 일정한 조건하에서 각 요소들의 조합에 의존한다. 이 공정을 조절함으로써, 접착제의 조성들은 특성화된 판지생산을 위한 다양한 코루게이터 요소에 부합할 수 있도록 변형될 수 있으며, 결합 시에 발생하는 문제점을 극복하고, 보다 높은 운전속도 및 최적의 소비를 달성할 수 있도록 수정될 수 있다. 이를 실행하기 전에 접착제의 조제과정에서 사용되는 각각의 구성 요소들의 역할에 대해 먼저 이해할 필요가 있다.

물

물은 접착제 내에서 두 가지의 기본적인 역할을 한다. 첫째, 물은 접착제가 물리적으로 매개물의 표면으로 이동되고, 이 후 내부로 이동될 수 있도

록 하는 이동 수단으로서 작용한다. 둘째, 물은 접착제 조성에 접착성을 부여시키는 전분의 팽윤 작용에 필요하다. 어떠한 과잉의 물은 결합을 고착시키기 위한 흡수나 증발에 의해 제거되어야 한다. 증발 현상은 판지전체와 다공성의 양면기 벨트나 골을 따라 증기가 내부로 들어갈 수 없도록 충분히 땀뻗어야하는 벨트의 모서리까지 아무런 방해 없이 증기가 통과할 수 있도록 이동 경로를 필요로 한다.

■ 열

열은 스테인 홀(Stein Hall) 공정에서 혼합물의 1차 부분의 호화를 준비하는 공정에 사용하거나 노-커리어(No-carrier) 공정에서 전분의 부분적인 팽윤을 촉진시키는데 사용된다. 이들의 공정은 이 후에 설명되었다. 열은 결합 과정에서 전분의 호화를 촉진시키는데 사용되고, 결합을 고착시키기 위해서 과잉의 물을 제거하는데 사용된다.

■ 수산화나트륨

가성 소다는 결합 형성이 보다 낮은 온도에서 이루어질 수 있도록 생전분의 호화 온도를 낮추는데 사용된다. 보다 안정된 접착제를 만들어 주는 반면 가성 소다는 또한 습윤제로서의 작용을 하여 접착제가 결합된 골심지로의 침투를 촉진시킨다. 스테인 홀(Stein Hall) 혼합 공정에서 수산화나트륨은 호화된 초기의 전분에 점도를 부여해준다. 또한 노-커리어(No-carrier) 공정에서 가성소다의 도움을 받은 전분의 팽윤은 점도를 부여해준다.

■ 교반

교반은 사용지점에서 펌프에 의한 접착제의 순환이나 기계 내부의 순환에 의해 점도가 급격히 저하되는 것을 방지하기 위해 조제단계에서 점도를 안정화시킨다.

■ 붕사(硼砂)와 붕산(硼酸)

전분이 호화 될 때 붕사(硼砂)는 접

착제의 점도를 향상시키고 보다 빠른 흡착을 이룰 수 있도록 하는 전분 입자의 가교 결합을 촉진시킨다. 이것은 또한 호화된 전분과 반응하여 유동 특성과 침투에 영향을 주는 접착제의 텍스처를 조절해 준다. 붕사(硼砂)는 일반적으로 스테인 홀(Stein Hall) 공정에 관계되어 사용된다. 붕산(硼酸)은 팽윤이 진행되는 동안과 요구되는 점도에 도달했을 때 반응을 멈추기 위해 노-커리어(No-carrier) 공정에서 접착제를 조제하는데 사용된다. 또한 초기의 택(tack)과 전단력에 대한 안정성을 향상시키는 붕사(硼砂)를 형성시키기 위해 수산화나트륨을 혼합한다.

■ 살균제(Biocide)

호화된 전분 페이스트(paste)와 팽윤된 전분 미립자는 박테리아에 의해 분해되는 경향을 나타낸다. 살균제는 주로 오염 방지 및 전분 배합시의 박테리아에 의한 점도 저하를 막기 위해 사용된다. 전통적으로 포름알데하이드(formaldehyde)가 살균제로 사용되었지만, 최근에는 상대적으로 위험한 물질들은 보다 사용자에게 안전한 제품들에 의해 단계적으로 없어지고 있다.

전분 접착제의 조제

전분 접착제의 가장 간단한 형태는 전분 미립자를 물에 직접 혼합시키는 것이다. 하지만 실제적으로 접착제를 이런 식으로 만들게 되면 전분 자체가 현탁액 상태로 유지하지 못하기 때문에 공정 상에 사용될 수 없고, 연속적

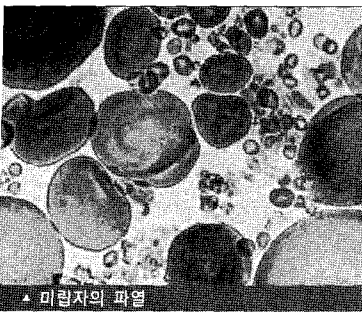
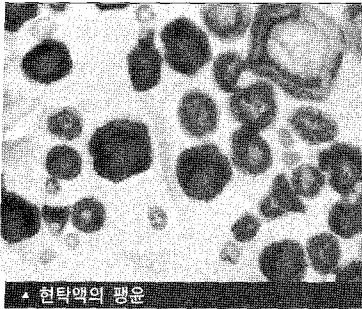
으로 교반을 해주지 않으면 굳어지게 된다. 또한 접착제의 점도는 투입하기 매우 어려운 상태로 되고, 호화 온도는 매우 높아지게 되어 느린 속도로 구동되어야 하며, 결합을 유지하기 위해 막대한 양의 열 에너지를 필요로 하게 된다. 이러한 전분 접착제의 특성을 향상시키기 위해 오랜 기간 동안 조제 공정의 발전이 이루어져왔다. 많은 공정들이 판지 업계에서 사용되었지만 특히, 두 종류의 방법이 가장 유효하다는 것이 밝혀졌으며, 이들은 다음과 같다.

■ 스테인 홀(Stein Hall) 공정

1936년경에 개발된 스테인 홀(Stein Hall) 접착제는 두 부분으로 이루어지는데, 커리어(carrier)는 호화된 전분이고, 둘째는 호화되지 않은 혼합물이다. 스테인 홀(Stein Hall) 접착제의 조제 공정은 다음과 같다.

- 전분 현탁액은 교반 하에서 미리 정해진 온도까지 가열된다.
- 이후 수산화나트륨이 첨가되고, 이 온도에서 전분의 호화를 시작한다.
- 교반에 의한 전단력 작용은 안정된 점도를 얻기 위해 사용된다.
- 호화되지 않은 두 번째의 전분을 가하기 전에 첫 번째 용액은 물로 희석된다.
- 약한 결합을 향상시키고 보다 우수한 전단력의 안정성을 부여하기 위해 붕사(硼砂)가 투입된다.
- 살균제는 접착제가 미생물에 의한 부패되는 것을 막기 위해 첨가될 수 있다.

- 혼합물의 점도를 필요한 만큼 낮추기 위해 전단력이 가해진다.



스테인 홀(Stein Hall) 접착제에서 1차 또는 커리어(carrier) 부분은 용액 내에 현탁액 상으로 존재하는 미호화 전분 또는 생전분을 유지하는데 이용되어 접착제에 점도를 부여하고 2차 전분의 호화에 필요한 물을 수용하며, 종이에서의 젖음성 또는 흡수성에 영향을 미치고 약한 결합 강도에 기여한다.

커리어(carrier) 부분은 일반적으로 총 혼합물의 15-20%를 차지한다. 2차 전분의 역할은 골 끝부분의 접착제에 가해지는 열과 압력으로 호화되어 점도를 빠른 속도로 높이고 결합을 형성시켜주는 것이다.

스테인 홀(Stein Hall) 공정에는 다양한 변화가 존재하는데, 'one-bag mix'와 업계 내에서 특수한 적용을

위해서 주요 전분 제조업자에 의해 출시된 특수 접착제가 이에 해당한다.

■ '노 커리어(No-carrier)' 공정

'노 커리어(No-carrier)' 접착제는 혼합물에 충분한 점도를 부여해주고, 침전을 막아주는 전분 미립자가 부분적으로 팽윤된 상태로 구성되어 있는 한 상태로 이루어져 있다. 노-커리어(No-carrier) 접착제의 조제 공정은 다음과 같다.

- 가소제가 물에 3-5 %로 희석되어 있는 수산화나트륨 용액탱크가 존재하며, 미리 정해진 온도로 가열된다.
 - 전분 현탁액은 교반되는 혼합 탱크에서 조제되고, 다시 미리 설정된 온도까지 가열된다.
 - 수산화나트륨 용액이 전분 미립자를 팽윤시키기 위해 혼합 탱크에 존재하는 전분 현탁액에 첨가된다. 그러나, 전분 미립자를 호화시키거나 파열시키지는 않는다.
 - 필요한 점도에 도달되었을 때, 팽윤 과정을 정지시키기 위해 붕산(硼酸)이 첨가된다. 붕산(硼酸)은 약한 결합과 전단력의 안정성을 향상시키는 붕사(硼砂)를 형성하기 위해가 성소다와 반응한다.
 - 살균제는 접착제의 미생물에 의한 분해를 막기 위해 경우에 따라 첨가될 수 있다.
 - 혼합물의 점도를 요구되는 수준까지 낮추기 위해 교반에 의한 전단력을 가한다.
- '노 커리어(No-carrier)' 시스템은

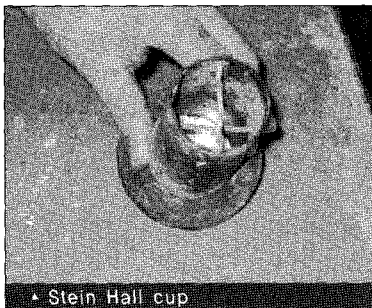
영국보다 유럽에서 주로 이용되는데, 이는 단 한 종류의 전분만이 필요하고, 큰 포대(包袋)의 형태로 공급되는 전분을 사용하는 사람들에게 의해 선호되기 때문이다. 기계 장치의 높은 속도와 고평량 제품에 대한 요구는 특별한 '노 커리어(No-carrier)' 접착제의 개발을 촉진시켰다. 이것들은 높은 고형분/낮은 호화 온도를 가지는 혼합물과 짧은 텍스처(texture), 보다 다양한 접착제의 적용을 가능케 하는 특수한 유동 특성을 가진 혁신적인 제품들을 포함하고 있다.

■ 영향인자들에 대한 이해

전분 접착제의 결합 작용을 지배하는 데에는 4가지 주요 특성이 존재하며, 이들은 다음과 같다.

- 고형분 함량 : 고형분 함량은 일반적으로 상업적인 기준으로 18-32%나 건조 고형분 기준으로 16-28%의 범위를 가진다. 통상적으로 전분은 11-13%의 물을 함유하고 있기 때문에 건조 고형분의 함량은 대략 88% 정도가 된다. 실질적으로 물리적인 측정으로 고형분 함량을 측정하는 것은 어렵다. 그러므로 오븐 건조 고형분 측정(2시간)이나 하이드로미터 비율(hydrometer Baume) 측정(눈금 보정을 통한) 등의 자동 검사 시스템을 통해 출력되는 무게를 판독함으로써 측정할 수 있다.
- 점도 : 간단히 말해 구성 물질의 점도는 흐름에 대한 저항으로 정의될 수 있다. 이 특성은 점도 컵(일반적으

로 스테인 홀(Stein Hall)이나 로리(Lory)형이 가장 일반적으로 사용)을 사용하여 측정된다. 이 장치들은 철제의 컵과 수직 형태의 손잡이, 그리고 컵의 바닥 부분의 정밀하게 뚫은 구멍으로 구성된다. 탱크 내에서 전분용액이 컵의 횡단 철선을 지나도록 전분 용액을 떠냈을 때, 타이머가 전분이 두 번째의 횡단 철선에 닿을 때까지의 시간을 측정하게 되며, 이 사이의 부피는 10cc이다. 점도는 이들의 시간(초)으로 측정된다. 측정값은 스테인 홀(Stein Hall) 30-38초의 범위를 가지게 될 것이다. 또한 일부 자동 시스템은 자체적으로 점도 측정기를 장착하고 있다는 것을 알아야 한다.



Stein Hall cup

점도의 수치는 기름과 같이 온도에 따라 변화하기 때문에 점도의 측정은 온도를 고려하여 측정되어야 하고, 특히 주말의 작업 중단 이후에는 정밀한 측정을 행해야 한다. 점도는 매우 중요한 요소로 점도가 너무 낮아질 경우, 접착력과 결합력이 저하되게 된다.

- 호화 온도 : 호화 온도는 전분 미립자의 팽윤이 시작되고 가시적으로 농후해지는 현상이 발생할 때의 온도로

정의된다. 일반적인 측정값은 54-64°C의 범위를 가지며, 이 측정값은 전분 표본을 농축이 발생할 때까지 가열함으로써 측정할 수 있다. 안정된 온도의 상승은 어느 지점에서 중단되는데, 이 때의 온도를 호화 온도라 한다. 만약 호화 온도가 너무 높다면, 호화는 지연되고 결합상의 문제점이 발생할 것이며, 생산 속도 또한 감소될 것이다. 반대로 호화 온도가 너무 낮다면, 불안정한 팽윤이 발생하게 되어 전분 탱크, 트레이(tray)와 분배 시스템 내에서 접착제의 호화에 의해 약한 결합을 형성시킬 것이며, 이것은 작업자에게는 매우 부적절한 현상이다.

- 저장 및 순환 온도 : 이 온도는 쉽게 조절될 수 있지만, 종종 간과하는 경향이 있다. 균일한 결합력은 온도가 적절하게 조절될 때만이 만들어질 수 있다. 저장 온도의 결정은 사용되는 접착제의 종류, 조성 및 호화 온도에 의해 결정된다.

문제 해결 표

아래의(Page)표는 전분 접착제의 조성에서 일반적으로 발생하는 문제점들의 원인과 해결방법을 보여준다. 어떠한 문제점이 발생하더라도 고형분 함량, 점도, 호화 온도를 측정 한 후, 이 값들을 올바른 설계상의 값과 비교해 보는 것이 중요하다.

결합 공정

전분의 조제와 적용의 마지막 공정

은 결합 공정이다. 효과적인 접착제의 요구사항을 이해하기 위해서는 결합 메커니즘의 몇 가지 기본사항에 대해 이해하는 것이 중요하다. 기본적으로 결합 과정은 다음 요소들의 작용에 의해 이루어진다.

■ 접착제 도포

결합 과정의 첫 번째 단계는 골 끝 부분으로의 접착제 도포이다. 효과적인 도포는 접착제 필름의 균일성과 균일한 접착제 필름의 두께 유지에 따라 결정된다. 접착제 자체는 골 끝부분에 정확한 양이 도포되어야 하며, 접착제의 도포와 특성은 모든 코투게이터 속도에서 일정해야 한다. 접착제의 텍스처(texture)가 짧을수록 접착제를 사용함에 있어 보다 약한 점질성을 보이게 될 것이다.

■ 접착제 침투

종이에 대한 접착제의 침투정도는 우수한 결합을 형성시키는데 매우 중요하다. 과도한 침투는 불충분한 침투와 마찬가지로 부적절한 결과를 가져올 것이다. 접착제의 침투에 영향을 주는 인자에는 접착제의 pH, 종이의 함수율과 다공성 등으로 다양하다. 접착제의 침투는 접착제가 침투되는 동안 화학 첨가제 사용의 조절에 영향을 받을 수 있는데, 예를 들어 수산화나트륨의 첨가량이 증가하게 되면 침투는 향상되지만 호화점은 낮아지게 된다. 붕사 또한 침투를 도와주지만, 과도한 양이 가해질 경우 호화하는 동

상질	문제점	가능한 원인	적절한 조치	
			stain hall	no-carrier
고형분	과도한 함량	높은 전분량 낮은 증기량 낮은 물량	2차 전분의 감소 2차 물량의 증가 측정치의 검토	전분양의 감소 첨가 물량의 증가
고형분	부적절한 함량	낮은 전분량 높은 증기량 높은 물량 이후의 회석	2차 전분의 증가 2차 물량의 감소 측정치의 검토 물/증기 유출에 대한 코루게이터의 검사	전분 첨가량의 증가 물 첨가량의 감소
호화온도	매우 높은 경우	낮은 수산화나트륨량 낮은 고형분 낮은 점도	수산화나트륨의 양을 3%로 증가	수산화나트륨의 양을 3%까지 증가
호화온도	매우 낮은 경우	높은 수산화나트륨량 높은 고형분 높은 점도	수산화나트륨의 양을 3%로 감소	수산화나트륨의 양을 3%로 감소
점도	높은 경우	높은 전분량 높은 수산화나트륨량 높은 borax acid 양 낮은 스팀 낮은 온도 낮은 물 첨가량 높은 '최종'검도	초기 전분을 3%로 감소 수산화나트륨을 3%로 감 borax acid를 10%로 감소 온도와 증기량의 검토 온도와 증기량의 검토 온도와 증기량의 검토	무관 수산화나트륨을 3%까지 감소 borax acid를 10%까지 감소 필요한 경우 물 첨가량의 감소
			무관	'최종' 점도의 검토
점도	낮은 경우	낮은 전분량 낮은 수산화나트륨량 낮은 borax acid 양 높은 증기 높은 온도 높은 물 첨가량 낮은 '최종' 점도 이후의 회석 과도한 전단력 미생물의 침투	초기 전분을 3%로 증가 수산화나트륨을 3%로 증가 borax acid를 10%까지 감소 온도와 증기의 검토 온도와 증기의 검토 온도와 증기의 검토 무관 물/증기의 유출에 대한 코루게이터의 검사 펌프의 마모 검사 필요한 경우 보존 정도와 청결에 대한 검사	무관 수산화나트륨을 3%까지 감소 borax acid를 10%까지 감소 온도와 증기의 검토 온도와 증기의 검토 필요한 경우 물 첨가량의 증가 최종' 점도의 감소 필요한 경우 물 첨가량의 감소 펌프의 마모 검사 필요한 경우 보존 정도와 청결에 대한 검사

안에 전분의 빠른 팽윤을 촉진시킴으로서 접착제의 접착속도에 영향을 미칠 것이며, 조성을 변화시키기 전에 정확한 검토를 행해야한다. 침투를 조절하는 방법 중 가장 간단한 것은 기계 장치에서 골심지의 공극이 열리게

하여 수분은 흡수성을 높여주기 위해 예비 조습처리를 실시하는 것이다.

■ 호화

호화는 전분의 미립자가 물을 흡수함으로써 급속한 팽윤이 일어나는 것

으로 우수한 접착력 결합 강도에 있어 매우 중요한 사항이다. 이것이 접착제의 반응을 촉진시켜 주는 전분의 호화이다. 호화점은 주로 혼합물에 가해지는 수산화나트륨의 양에 의해 영향을 받을 수 있다. 효과적인 수산화나트륨의 첨가는 호화점의 온도를 주변의 온도까지 낮추게 된다.

■ 초기 결합과 최종 결합

초기 결합은 호화에 따라 형성되며 강하게 나타나지만 아직 경화되지 않은 결합이다. 판지는 이 단계에서는 과도한 파괴력이 가해져서는 안되며, 건조되어 완전히 경화된 결합이 형성 될 때까지 적절한 힘이 가해져야 한다.

■ 일반적인 결합 문제점

결합의 문제점을 발생시킬 수 있는 원인들의 목록은 다른 보고서에서 보다 자세하게 다루어졌을 것이며, 아직 까지 문제를 해결하기 위해서는 전문가의 도움이 필요하다. 이러한 원인에 대해 전문가의 제조와 관련되는 문제점들을 정의하고, 직접적으로 결합 과정에 영향을 미치는 외부 인사들에 대해 다루었다. 이 중 3가지의 중요한 문제점들을 아래에 기술하였다.

- zip 결합(zip bonding(또는 지퍼보드(zipperboard))은 불충분한 아교 침투의 일반적인 증상으로 여러 가지 원인에 의해 발생될 수 있다. 이 기본적인 문제점은 접착제가 종이에 적절하게 침투할 수 있을 정도로 충분한 시간동안 액체로 존재하지 못한다

는 것이다. 그래서 최종적인 결합이 종이의 섬유에 작용하지 못하여 결과적으로 판지에 있어 섬유의 인열 강도가 매우 약하게 되거나 거의 나타나지 않게 되는 것이다. **Zip 결합(zip bond)**을 발생시킬 수 있는 원인에는 초기 종이의 과도한 가열, 접착제 내의 수산화나트륨이나 봉사의 부적절한 조성(점도와 소화점을 측정) 및 불충분한 접착제의 도포 등이 있다.

- 백색 결합은 탈층(delamination)이나 판지가 분리될 때 전분 선이 백색으로 나타나는 것으로 정의되며, 전분의 불완전한 소화에 의해 발생한다. 기본적으로 접착제내의 물은 종이로 흡수되고, 전분 입자의 완전한 소화에 적절하지 못한 물은 제거된다. 백색 결합을 발생시킬 수 있는 원인들에는 특히 양면기에서의 낮은 열 전달율과 낮은 점도, 과도한 함수율 등이 있다.
- 결정화 결합은 약한 결합 강도, 브리스터링(blistering), 접착제 결합의 결정화 등을 유발시키며, 결합이 되는 부분에서 종이간에 약한 접촉이 이루어질 때 발생한다. 육안으로 확인할 수 있는 징후는 접착제 라인에서 유리와 같은 현상이 나타나는 것으로, 이 현상은 일반적으로 양면기에서 발생하는 문제점으로 기계상의 문제점에 의해 발생될 수 있지만 우선적으로 양면기의 하중 시스템(loading system)의 상태를 검사해야한다. 결정화 결합은 편면기에서는 잘 발생하지 않는다.

- 봉괴된 결합은 지필이 편면기로 들어갈 때 지필이 펠러이는 현상에 의해 발생한다. 만약 최종적으로 양면기로 들어가기 전에 골 끝부분에서 라이너와 하나 또는 그 이상의 접촉을 하게되면(일반적으로 키스(kiss)와 파트(part)로 알려진) 물과 전분의 손실이 발생하게 되고, 두 번째의 최종 결합이 부적절하게 된다. 다시 말해 이 현상은 전적으로 양면기에서의 문제점으로 종이의 장력을 증가, 접착 장치와 양면기 사이에 유도 막대나 롤을 설치함으로써 개선될 수 있다.

첨가제

■ 습윤지력 증강제

몇몇의 판지 제조 시에는 강한 내수성을 가지는 아교 결합이 요구된다. 전형적인 예로 냉장이나 냉동 조건하에서 저장되는 포장용지이다. 이러한 결합의 형태는 접착제에 레진을 첨가함으로써 얻어진다. 이 레진의 역할은 전분을 불용성으로 만들어주어 종이에서 호화가 되도록 해주는 것이다. 이러한 결합들의 내수성 강도 평가는 FEFCO No.9 테스트를 이용하여 측정할 수 있다.

습윤 강도를 부여하기 위해 고려해야 할 몇 가지의 중요한 사항들을 아래에 기술하였다.

- 접착제는 항상 사용될 때마다 사용할 양만큼 단속식으로 조제되어야 하며, 접착제의 도포 이전에 레진을 첨가해야한다.
- 종이의 과도한 예비 가열과 예비 조

습저리를 피해야 한다.

- 모든 위치에서의 접착제의 도포량을 증가시켜야 한다.
- 코루게이터에서 판지가 나올 때 평균보다 높은 함수율을 가지게 해야하며, 종이에 존재하는 수분은 다량의 전분 내에서 레진이 내수작용을 일으킬 수 있도록 해 준다.
- 가능한 접착제 고형분의 함량을 28-30%의 건조 고형분 농도까지 증가시킨다.

■ 택(tack) 첨가제

다양한 종류의 택 첨가제가 주요 전분 공급업자들에 의해 유용하게 쓰인다. 이 첨가제들은 일반적으로 접착제의 결합 특성을 향상시키기 위해 사용된다. 정상적인 환경 하에서 택 첨가제는 필요치 않고, 결합 문제의 특성에 대한 완전한 이해와 기계 장치나 조성에 의한 문제가 아니라는 것의 확인 없이는 그 사용이 장려되지 않는다. 택 첨가제들은 매우 특별한 적용(삼층 판지)이 필요할 때나 클레이로 도공된 경우와 같이 사용되기 어려운 종이의 경우에 가장 일반적으로 사용된다.

■ 접착제 세이버(Adhesive Saver)

접착제 세이버는 접착제 점도의 손실을 보정하는데 사용된다. 이 점도의 하락은 과도한 전단력이 가해지거나 희석 이후, 미생물의 공격 등에 의해 발생한다. 세이버는 접착제에 첨가된 후 5-10분 사이에 점도를 회복시키며, 24시간동안 접착제의 점도를 안

정된 상태로 유지시킨다. 세이버는 일반적인 경우 보다 특별한 경우에 사용되며, 점도 저하의 근본적인 원인에 대한 평가가 이루어져야 한다.

전분 조제 시스템

■ 수동 방법

장치는 조제 탱크와 무게 측정용 계량기, 물 공급 장치의 유량계로 구성된다. 작업자는 신중하게 무게를 측정할 구성요소를 탱크로 옮기고, 수동으로 필요한 조성의 접착제를 조제한다. 수동에 의한 방법의 이점은 유연성과 낮은 자본 비용이다. 하지만 위생과 안전 및 취급 방법의 규정 등이 이 방법을 안전하게 실행하는데 있어 어려움을 주고 있다.

■ 반자동 방법

이러한 결함을 극복하기 위한 반자동 작업을 가능하게 하기 위해 수동 시스템에 적용할 수 있는 다양한 자동화 정도가 있다. 일반적으로 이 자동화에는 작업 공정의 조절과 몇 가지의 구성 요소의 자동적인 실행을 위한 컴퓨터가 포함된다. 전분 자체의 제조와 모든 살균제나 전분 접착제는 일반적으로 수동에 의해 이루어진다. 반자동 시스템은 자본 비용을 적절한 수준으로 유지시키지만 생산되는 접착제의 농도와 품질은 아직까지 작업자의 수작업에 의해 결정된다.

■ 자동 방법

자동 시스템은 전분 사일로와 컴퓨터

에 의해 완전히 조절되는 첨가와 혼합 시스템을 포함한다. 이러한 시스템의 자본 비용이 상대적으로 높고, 노동력을 절감시킨다는 것을 증명하기는 어렵지만, 이 시스템의 부가적인 이점은 다음과 같다.

- 접착제 품질의 균일성
- 조성 변화의 간단함
- 수작업에 의한 포대(包袋) 취급의 제거
- 공장의 청결
- 원료 수준 조절에 대한 기록
- 공정 조절에 대한 기록
- 모델 장치

■ 소단위 대(對) 대단위 단속식 조제

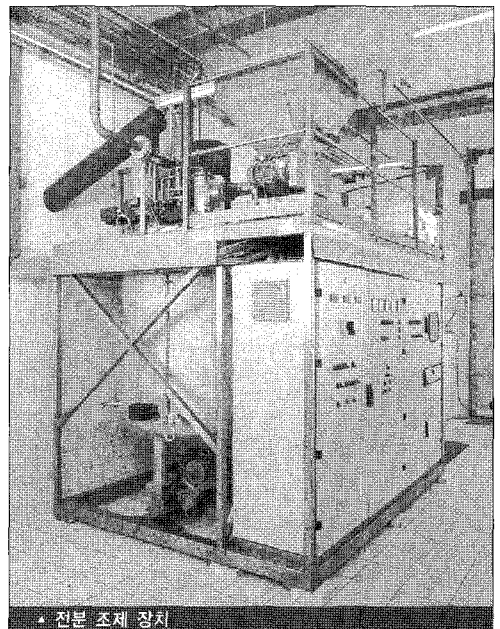
최근 몇 년 동안의 일반적인 견해는 대체적으로 소단위로 제조된 단속식 접착제를 선호한다는 것이다. 이 방법은 생산 공정에서의 사용에 있어 유연성을 제공하고, 종지와 판지의 차이와 다양한 적용을 위한 최적의 결합 작용을 갖는 접착제를 제공한다.

■ 조제 시스템에서의 위생과 안전성

전분의 조제에 사용되는 서로 다른 형태와 강도를 갖는 화학물질로 합성된 다양한 시스템의 여러 가지 특성 때문에 모든 요구 조건을 충족시키는 위생과 안전에 대한 개념을 조합하는 것은 불가능하

다. 하지만 접착제 조제 과정에 효과적으로 위생과 안전에 대한 정책(H & S policy)을 수립할 수 있도록 하는 몇 가지의 기본적인 지침이 있다.

- 모든 작업자들이 적절한 정도의 훈련을 받도록 한다.(임시 고용된 정비 및 유지 직원을 포함)
- 작업 과정에서 사용되는 위험한 화학물질의 사용 시 위험성에 대한 지도와 감독 (COSHH)
- 인력에 의한 중단, 세척, 정비를 포함하는 모든 작업을 위한 안전 지침서 준비
- 봉사, 살균제, 기타 첨가제 등과 같은 소재형(素材形) 화학 물질을 수작업으로 다룰 경우의 위험성에 대한 평가
- 작업 과정 중에 발생할 수 있는 먼지에 대한 발생 억제나 방지 설비 설치



• 전분 조제 장치

접착제 조제에서 재활용수의 사용

최근 몇 년 동안 용수의 구입 비용 과 이 용수의 처리비용이 급격히 상승 함에 따라 용수의 사용량에 대한 주의 와 재활용의 가능성에 초점이 맞추어 지고 있다. 가장 분명하게 적용할 수 있는 방법은 페 플렉소(flexo)를 세척 한 물을 접착제의 조제과정에 사용하는 것이다. 하지만 이 물의 사용하는 데는 한계가 있다. 이 문제에 대한 사항들을 아래에 기술하였다.

■ 재활용수의 상태

일반적으로 판지 변환 공장으로부터 나오는 처리되지 않은 폐수는 중 금속을 포함하며 상대적으로 높은 함량의 현탁 고형분, 상당히 불균형한 pH, 박테리아의 함유 가능성, 높은 COD와 BOD(Chemical Oxygen Deman d/Biochemical Oxygen Demand)를 포함하고 있다. 어떠한 공장에서는 pH를 중성으로 하고, 현 탁 고형분의 함량을 줄이는 처리를 위한 장치를 설치하고 있다. 또한 몇몇의 공장에서는 공장 주변에서 재사용하기 위해 처리액의 '끝마무리 공정(polish up)' 을 하기 위한 2차 처리 과정이 포함되기도 한다. 모든 공장이 자체적으로 순환을 위한 특별한 설비를 갖추고 있더라도 어떤 경우에는 점차 비용이 증가하고 있는 정부 당국의 특별한 승인 하에서 배출하는 것보다는 물의 재활용을 위해 2차 처리 장치를 설치하여 사용하는 것이 보다 많은 비용절감을 이룰 수 있다.

■ 스테인 홀(Stein Hall) 접착제에서 재활용수의 사용

일반적으로 처리되지 않은 폐수를 이러한 형식의 접착제 조제 과정에 사용하는 것은 바람직하지 못하다. 물의 다양한 조건은 전분의 일정한 단속식 조제를 매우 어렵게 한다. 어떤 경우의 자동 시스템은 변하기 쉬운 물의 특성을 보완해주는 장치를 갖추고 있지 않으며, 또한 수동이나 반자동 시스템도 가지고 있지 않은 데, 물의 특성은 안정적인 결합특성을 이룩하는데 있어 매우 중요한 역할을 할 수 있다.

적합한 환경 하에서 처리된 물은 스테인 홀(Stein Hall) 접착제에 사용되며, 오직 2차 용수로만 사용되어야 한다.

재활용된 물을 사용할 때에는 박테리아에 의한 오염이 접착제로 옮겨지지 않도록 많은 주의를 기울여야하며, 효과적인 살균제를 사용함으로써 이 문제를 해결할 수 있다.

■ '노 커리어(No-carrier)' 접착제에서 재활용수의 사용

혼합과정 중에 점도가 조절되는 노 커리어(No-carrier) 접착제들은 스테인 홀(Stein Hall) 방법보다 재활용된 물에 의한 영향을 보다 적게 받는다. 그럼에도 불구하고 처리되지 않은 물의 사용은 접착제의 특성 발현에 악영향을 끼치게 된다. 처리된 물은 이러한 문제점이 적게 발생하지만, 스테인 홀(Stein Hall)의 경우와 마찬가지로 박테리아

함유에 대한 측정이 이루어져야 한다.

밀 대(對) 옥수수 - 미래의 활용 가능성

밀을 이용한 전분은 최근 들어 접착제 제조 업계에서 일반적으로 사용되고 있다. 이러한 움직임의 가장 큰 원인은 경제적인 측면으로서, 이 글이 쓰여질 때만 하더라도 밀이 접착제 시장에서 옥수수보다 큰 점유율을 가지고 있었다. 몇몇의 사용자는 이를 적절히 사용할 경우, 적용의 이점을 가지고 있다고 결정하였기 때문에 밀로 교체하였다. 이 부분에서는 한 생산 체계로부터 다른 생산 체계로 변화할 시에 일반적으로 발생하는 문제점에 대한 안내를 하였다.

■ 장치

최신의 자동화된 전분 제조 장치의 95 %가 밀이나 옥수수를 이용한 생산을 별다른 개조 없이 모두 사용할 수 있다는 것은 상식적인 것이며, 구형의 기계 대부분도 마찬가지이다. 하지만 매우 오래된 일부 장치는 밀을 이용한 접착제를 사용하기 위해서 개조가 필요할 것이다. 만약 이 장치의 안정성에 대한 의문이 생긴다면 공급업자에게 밀과 옥수수를 혼용하는 것에 대한 자문을 구해야할 것이다.

■ 조성

간단히 말해 밀 전분은 옥수수 전분에 비해 온도에 민감하기 때문에 화학첨가제의 첨가량을 밀에 비해 1/2-

2/3 사이로 감소시켜야 한다. 이러한 이유에서 한 생산 체계에서 다른 생산 체계로 변화시킬 때에는 완전히 새로운 조성을 적용하는 것이 필요한 것이다. 마지막으로 접착제를 변화시킬 때에는 기존에 사용하고 있는 살균제가 새로운 접착제에 사용되기에 적합한지에 대한 검사가 이루어져야 한다. 다시 한번 말하지만 공급업자는 이 문제에 관한 조언을 할 수 있어야 한다.

■ 코루게이터

앞에서 언급한 것처럼 밀 전분은 옥수수 전분보다 온도에 민감하다. 코루게이터에 있어서 밀은 옥수수에 비해 보다 낮은 온도에서 호화가 이루어진다는 것을 뜻하며, 이 사실로서 옥수수의 장점과 단점에 대해 알 수 있다. 낮은 호화 온도는 고속에서 보다 우수한 결과를 얻을 수 있으며, 특히 변성 전분과 같은 짧은 텍스처를 가지는 접착제에 있어서 우수한 성질을 가진다. 하지만 이러한 성질은 저속에서는 접착제가 초기에 과도하게 호화가 진행됨에 따라 탈층

(delamination)이 발생할 수 있다. 최신의 코루게이터에서는 저속에서의 접착 곡선을 자동으로 조절함으로써 이 문제를 해결하고 있으며, 구형의 기계 장치의 작업자들은 접착제의 종류간의 차이에 대해 주의를 기울일 필요가 있다. 마지막으로 밀을 이용한 접착제를 사용하는 기계 장치의 핑거(finger)나 다른 부분에서 전분 호화 진행에 따라 발생하는 문제점에 대해서도 살펴보아야 한다.

■ 고 내구성 판지

감자 전분은 특히 삼중양면 골판지의 상층 결합(top bond)에 자주 사용되고 있다. 감자 전분은 PVA 접착제 이상의 재활용성에 장점을 가지고 있다. 감자 전분은 커다란 크기의 전분 입자를 가지고 있기 때문에 현탁액에서 침전되는 경향을 최소화하기 위해 일정하게 교반을 해주어야 한다. 또한 감자 전분은 긴 텍스처를 가지는 매우 끈적끈적한 점착성의 접착제이기 때문에 호화가 진행되면 매우 끈적끈적하게 되어

많은 양의 물을 보유하게 되어 건조 시간이 오래 걸린다. 감자 전분의 이러한 성질은 낮은 호화 온도를 적용할 때에 매우 중요한 장점이 된다.

■ 미세골 판지

밀 전분은 특히 사용되는 접착제의 변형된 형태에서 몇 가지의 장점을 가지고 있다. 접착제 흐름의 높은 밀도, 제한된 증기의 배출 통로, 저평량지의 폭넓은 사용 등을 살펴보면 결합내의 자유수의 감소는 매우 중요하다. 그러므로 일반적인 골의 경우보다 높은 고형분 함량을 가지는 조성을 사용하는 추세이며, 종종 33-34%의 높은 함량을 가지게 된다. 실험적으로는 40%까지 함량을 높이는 등 성공적인 결과를 얻을 수 있었다.



번역 | 조병목 교수
강원대학교 산림과학대학 제지공학부

(주)디와이기계의 경남무역인상 영예

귀사의 무궁한 발전과 앞날의 눈부신 번영을 기원합니다.

한국골판지포장공업협동조합