

우리조합에서는 2006년 7월부터 골판지용 옥수수전분을 양허관세로 할당을 받아 우리는 골판지포장업계에 수입추천을 해오고 있으며, 이에 수입 옥수수 전분을 사용하면서 발생될 수 있는 문제점을 해결할 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)

골판지 접착제 조제공정⑥



기술자료 | www.kcca.or.kr



번역 | 성용주 박사
KT&G 중앙연구원, 공학박사
yosung@ktng.com

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

◎ 액상접착제

골판지 제조공장에서 주로 적용되는 액상접착제로는 액상 방수수지를 들 수 있다. 과거 수십년 동안 미변성 전분 조성 시 그 특성을 보완 및 강화하기 위해 또는 변성전분을 대신해서 사용하기 위해 다양한 종류의 액상접착제가 등장하였고 발전되어 왔다. 액상 접착제 적용에서의 기본 전제는 골판지 생산 시 적용되는 위치나 또는 사용되는 양에 상관없이, 특별한 특성이 요구되는 제품에 대한 좀 더 충분한 가공성을 제공할 수 있어야 한다는 것이다. 골판지 제조 공정의 경우 종종 변성전분을 사용하여 골판지를 제조한 후, 이어서 적용이 쉽고 자극성이 낮은 접착특성이 요구되는 경량 골판지를 제조해야 할 경우가 있다. 이때 액상접착제는 특별한 수요가 있는 제품 생산 시에만 적용되고 수요가 없어진 경우에는 바로 공정에서 빼버릴 수 있는 장점을 가지고 있어 적용되고 있다. 또 몇몇 액상접착제 제조업체에서 주장하고 있는 바와 같이, 액상접착제를 사용하는 경우에는 방수골판지나 고중량 골판지 제조를 위한 특별한 추가적인 접착제 조성공정이 필요 없어지는 장점이 있을 수 있다.

◎ 액상접착제의 종류

현재 매우 다양한 종류의 액상접착제가 시중에 유통되고 있는데, 다양한 고분자, 약품들 그리고 접착제 조성 등에 따라 다양한 액상접착제가 제조되고 사용되고 있다. 통상적으로 많이 사용되는 액상접착제의 경우에 합성고분자와 천연고분자, 즉, PVA 수지와 호화전분 등의 조성으로 만들어 진다. 쉽게 예상할 수 있는 것처럼, 액상접착제는 그 구성물질의 종류와 양, 또 적용되는 제품 등에 따라 다양한 특성과 그 적용효과를 나타낸다. 액상접착제를 기존의 전분 접착제에 투입하기 위해서 다양한 방법들이 사용되고 있는데, 간단하게 통에 담아 투입하거나 자동투입기를 통해 전분 교반기나 전분 탱크로 투입하게 된다. 자동 계량 투입기의 적용 시에는 미리 준비된 접착제를 저장탱크에 저장했다가 필요시에만 일정량 계량하여 투입한다. 액상접착제는 종종 보통의 입자형 전분 접착제와 같이 사용되는데, 이렇게 미변성 전분에 직접 투입되어 사용되는 액상접착제의 조성예를 Table 4.2에 예시하였다.

Table 4.2. 미변성 전분 용액에 직접 첨가하여 사용되는 조성 예

PVA 액상 첨가제를 적용하는 전분 접착제 조성 (666-gal Mixer)

1차 교반기	
1. 용수투입	100gal(379L)
2. 표준형 전분 입자 투입	200lb(90kg)
3. 150°F (66°C) 도 까지 가열	150°F(66°C)
4. 50% 가성소다 투입 (입자)	56lb(25kg)
5. 교반	15min
6. 냉각 청수 투입	100gal(379L)
7. 교반	2min

Table 4.2. 미변성 전분 용액에 직접 첨가하여 사용되는 조성 예

PVA 액상 첨가제를 적용하는 전분 접착제 조성 (666-gal Mixer)

2차 교반기	
1. 용수투입	350gal(1325L)
2. 5mol 붕사 투입	24lb(11kg)
3. 가열 (필요한 경우)	90°F(32°C)
4. 미처리 입자 전분 투입	1300lb(585kg)
최종 교반	
1. 20~25분 동안 1차교반기의 내용물을 2차 교반기에 천천히 섞음.	
2. 14분 동안 교반하고 순환시킨다.	
3. PVA 첨가제를 투입한다.	90lb(41kg)
4. 교반	1min
5. 방부제 첨가	
6. 접착제의 특성 파라미터를 측정 후 저장탱크로 이송함.	
접착제 특성 파라미터	
1. 점도	30~35sec Steinhall
2. 온도	102°F(39°C)
3. 젤화 온도	142~144°F(61~62°C)
4. 부피	640gal(2574L)

* 적용되는 PVA 첨가제가 붕사에 내성이 있는지 확인할 것

◎ 방수 접착제

골판지 제조시 사용되는 보통의 전분 접착제는 방수성이 없다. 따라서 건조된 접착층은물에 쉽게 용해된다. 통상적인 싱글페이서 골판지는 물을 먹게 되면 쉽게 세 층으로 분리가 일어나고 골판지 상자의 경우에도 습기가 많은 공기에 노출되면 구조적 견고성이 떨어지게 된다. 육류 포장 또는 다른 다양한 제품의 포장을 위해 방습 또는 “24시간 함침-방수 기능”이 요구되는 골판지를 생산하기 위해서 기본적으로 적용되는 전분접착제에 접착도막의 방수성을 부여할

수 있는 특별한 수지류를 첨가하여야 한다. 이러한 방습 또는 “24시간 함침-방수 기능” 골판지의 가장 기본적인 차이는 전분접착제에 첨가되는 수지류의 양에서 나타난다. 몇몇 회사에서는 매우 높은 정도의 방수처리를 위해서는 수지의 기능성을 강화하기 위해 특별한 캐리어 전분을 사용하거나 고농도로 사용할 것을 추천하기도 한다.

미국에서의 방수수지의 사용은 미국산 골판지의 약 10~15% 정도로 상대적으로 꾸준히 그 사용비율이 유지되고 있다. 기존에 사용되던 보통의 전분접착제



가 수분에 저항성이 약하고 이를 극복하기 위해 방수 접착제가 추가로 첨가되는 것이 당연한 일이라고 할 때, 물에 대한 어느 정도의 저항성이 골판지 소비자들에게 필요한 지를 알아내는 표준화된 방법이 필요하게 된다. 사실 상자로 만들어진 골판지의 물에 대한 저항성은 골판지 상자에 포장되는 상품종류, 저장기간 및 사용조건에 따라 크게 달라진다. 즉, 단순한 방습특성이 필요한 경우부터 24시간 동안 물에 함침된 상태에서도 골판지의 분리가 발생하지 않는 정도에 대한 수요까지 다양한 골판지 방수특성 요구가 발생하게 되는 것이다.

불행히도, 서로 다른 수준의 방수수준 사이에서 그 특성평가 기준이 모호하기 때문에, 서로 다른 수준의 방수특성, 방수성을 결정하는 것은 거의 불가능하다. 즉, 어떤 특정 수준의 방수성은 골판지 제조사와 그것을 사용하는 최종 소비자간에 협의에 의해 결정되는 것이다. 대개의 경우에는 최종적으로 사용되는 조건을 모두 충족시킬 수 있는 최소한의 수준보다 높게 설정된 방수성을 제공할 수 있도록 골판지를 제조하게 된다. 가장 많이 사용되는 방수수지들은 알칼리성 조건 즉, 골판지 접착제의 높은 pH 조건(11-13pH)에서 반응성을 나타낸다.

이러한 알칼리 반응 수지 제품류의 경우에는 골판지 접착제에 첨가되자마자 반응을 시작하게 된다. 몇몇 경우에 있어서 이런 특성은 레진쇼크(Resin Shock)라고 하는 갑자기 점도가 급격하게 높아지는 현상을 일으킬 수 있다. 대부분의 경우에서 수지가 첨가되는 접착제는 시간에 따라 그 특성이 변화된다. 접착제의 높은 pH 때문에 수지의 반응이 천천히 일어나게 되면, 접착제의 기능적 특성의 일부가 사라질 수도 있다. (가성소다의 일부가 소모됨에 따라서) 이것 외에도, 첨가된 수지 자체적으로 접착 도막 위에서 가

교결합을 일으키는 특성 역시 시간에 따라 사라지면서 골판지의 습강도가 떨어지는 결과를 가져올 수도 있다.

※수지의 적용에 있어서 가장 중요한 점은 일단 전분 접착제에 투입되어 일단 조제가 되면 그 방수 특성이 급격한 감소할 수 있다는 점이다. 이러한 방수성의 감소, 특히 방수성의 상당한 감소가 8시간도 안되어서 일어날 수 있다는 점에 주의하여야 한다.

접착제의 결합과정을 분석해보면, 가장 이상적인 것은 골판지에서 접착이 일어나기 직전에 액상수지가 첨가되어 액상수지가 라이너지와 골심지의 섬유안으로 흡수될 수 있도록 하는 것이다. 그 이후에 결합이 이루어지면서 액상수지는 전분, 섬유, 그리고 자체적으로 가교결합을 일으키면서 수분에 대한 방어막을 형성하게 된다. 이러한 가교결합 과정은 접착층에 수분과 온기가 있는 한 계속 진행 된다. 상당한 양의 습강 골판지를 생산하는 골판지 공장에서는 소위 “스택큐어링(Stack Curing)” 이라고 하는 생산된 골판지제품이 저장 기간 중에 습강도가 상당히 향상되는 현상을 경험해왔다. 이러한 스택큐어링은 생산 후 바로 골판지를 배송하지 않고 일정기간 동안 쌓아둠으로써 골판지 제품내의 습도와 온도가 유지될 수 있게 하는 기술이다. 관련 연구결과들은 단지 2~4시간 정도의 스택큐어링 만으로도 상당한 습강도가(여기서는 “wet pin adhesion”) 증가하는 것을 보여주었다. 보통의 경우에 대체로 16~24 시간 정도의 스택큐어링이 추천되고 있다.

방수 수지는 포름알데히드(formaldehyde)를 포함한 다양한 원료 물질로부터 만들어진다. 골판지 공장에서 사용되는 방수수지로는 케톤-포름알데히드 수지(Ketone-formaldehyde resins), 요소-포름알데



히드 수지(Urea-formaldehyde resins), 멜라민-포름알데히드 수지(Melamine-formaldehyde resins), 폴리페놀릭-포름알데히드 수지(Polyphenolic-formaldehyde resins) 등을 들 수 있다. 높은 농도의 포름알데히드는 신체의 점막, 특히 눈, 코, 목젖 등의 점막에 자극적이다. 또한 미국 노동안전위생국(OSHA)에서는 발암가능물질로 간주하고 있다. 그 결과로 미노동안전위생국에서는 ‘유리 포름알데히드(free formaldehyde)’에 관련되어 현장조건 등에 대한 엄격한 기준을 제시하고 있다.

즉, 포름알데히드가 공기 중에 노출되고 그러한 조건에 작업자들이 8시간 이상 노출되지 못하도록 하고 있다. 이 책이 쓰여지는 동안 그 기준은 0.75 ppm 수준에서 8시간 동안으로 규정되었다. 미노동안전위생국은 또한 생산현장에는 모든 작업자들에게 전달될 수 있도록 현장에서 사용되는 각각의 원료 물질에 대한 물질안전보건자료(MSDS)를 구비하도록 규정하고 있다. 유리 포름알데히드의 양과 미노동안전위생국에서 허용하는 작업자의 노출시간 한계 등도 이 물질안전보건자료에 설명되어 있다. 또한, 이러한 부분에 대한 더욱 자세한 정보는 “TAPPI TIP 0304-25”의 “포름알데히드 관리의 이해”에서 찾아볼 수 있다.

골판지생산에 사용되는 다양한 방수수지들의 종류로는 크게 열경화 수지류와 폴리페놀 수지류로 나눌 수 있다.

◎ 열경화 수지류

• 레조르시놀 포름알데히드

(Resorcinol Formaldehyde)

레조르시놀 포름알데히드는 매우 많은 양의 유리 포름알데히드를 방출하기 때문에 미국내에서는 사용

이 금지된 방수수지이지만, 아직도 유럽이나 그 밖의 지역에서 많이 사용되고 있다. 대개 강한 방수성이 필요한 경우에 사용된다. 레조르시놀 포름알데히드 수지에서 수지는 바로 만들어지거나 접착제 조성 공정 중에 만들어진다. 원료인 레조르시놀은 보통의 경우 변성 전분과 혼합되어 공급되고, 전분 조제 공정 초기에 호화되면서 캐리어전분 제조 및 레조르시놀의 용해를 일으킨다. 나머지 전분 접착제 배치의 경우 정상적으로 조제되고 조제공정의 마지막에 포름알데히드 용액이 첨가된다.

이 포름알데히드는 레조르시놀과 급격하게 가교결합을 일으키면서 접착용액의 색이 붉은 색이나 핑크색으로 변화된다. 이 수지는 봉사에 대한 내성이 없어서 기존의 전분접착제와 같이 사용할 수 없기 때문에, 이 수지접착제가 만들어지면 가능한 한 빨리 골판지 공정에 적용해서 사용해야 한다.

• 요/멜라민-포름알데히드 수지

(Urea/Melamine-formaldehyde resins)

요소-포름알데히드 수지와 멜라민-포름알데히드 수지는 pH가 산성조건일 때 경화가 발생한다. 레조르시놀 포름알데히드와 마찬가지로 이 수지들도 봉사가 없거나 적을 경우에 (산성조건일 경우에) 최적의 기능성 나타낸다. 실제로는 이 수지들을 사용하는 작업자들 대부분은 보통의 알칼리성 표준 접착제 조제공정에 적용한 경우에도, 봉사의 적용량에 따라 다소 방수성의 감소가 발생하지만, 상당한 수준의 방수성이 발현되는 것을 경험해왔다. 요소-포름알데히드 수지의 경우 제조가 끝난 접착제 배치에 첨가하게 되는 경우, 갑자기 상당한 점도의 증가가 발생할 수 있기 때문에 주의 하여야 한다.

• 케톤 포름알데히드 수지
(Ketone-formaldehyde resins)

대개의 경우, 케톤 포름알데히드는 안정성이 뛰어나고 적용이 용이하기 때문에 수지 접착제 중 가장 널리 사용되는 수지이다. 케톤수지는 아세톤 베이스로 제조되는데 경화하기 위해서는 알칼리(가성소다)가 필요하다. 이러한 이유로 케톤 포름알데히드 수지는 보통 매우 활성이 뛰어나다. 이 수지는 호화 되지 않은 전분을 조기에 경화시킬 수 있고 전분의 호화를 저해시킬 수 있기 때문에 골판지 접착제로 제한된 양만 사용된다. 그러나 조제가 완성된 접착제에도 직접 투입하여 사용할 수 있기 때문에 널리 사용되고 있다.

• 폴리 페놀릭 수지(Polyphenolic resins)

폴리 페놀릭 수지의 경우 1970년대에서 1980년대 사이에 미국에서 대중적으로 사용되었었다. 이 독특한 수지는 원래 호주 골판지 공장에서 사용하기 위해 개발되었는데, 이 수지 개발의 가장 중요한 목적은 습강 골판지의 제조이었다. 이 수지에 사용되는 갈색의 첨가제는 매우 반응성이 뛰어나 알칼리 조건에서 가교결합을 일으킬 수 있는데, 이 특성은 거의 대부분의 골판지 접착제가 pH 11-12.5 사이의 알칼리 조건에서 사용되는 상황에서 기존의 전분 접착제에 적용하기에 가장 이상적인 특성이라고 할 수 있다. 폴리 페놀릭 수지에 사용되는 가교결합 향상제로는 주로 포름알데히드가 스프레이 방식 또는 액상첨가제 투입 방식으로 사용되었다. 포름알데히드와 관련한 여러 가지 환경 및 작업조건 관련 규제에도 불구하고, 폴리 페놀릭 수지는 현재까지 많은 골판지 공장, 특히 강력한 습강도를 요구하는 고평량 골판지 제조를 위하여 사용된다. 이러한 공장들은 매우 훌륭한 원자재 관리 기술을 가지고 있어서 포름알데히드의 배출을 위한

조화시설 및 배기시설 또는 자동 수지 공급 장치 등을 구비하고 있다.

◎ 기타 첨가제

• 살균제 (Biocides)

박테리아, 곰팡이, 효모 등은 전분 접착제에 유해한 효과를 가져온다. 이 미생물들이 발생되면, 전분 입자의 자체구조가 파괴되면서 점도의 감소가 유발된다. 미생물이 발생하는 가장 큰 원인은 구식탄소강 탱크에서 많이 발견되는 탱크 표면에 발생한 구멍이나 움푹해진 부분 때문이다. 살균제는 가루형태 또는 액상 형태로 공급되는데, 이러한 미생물의 확산을 막기 위해서 다양한 형태의 포장으로 공급된다. 정기적으로 살균제를 투입하는 것은 미생물의 확산을 막는데 확실한 효과를 가져올 수 있다. 최근에 이루어진 새로운 전분 조제 기기의 발전은 이러한 문제의 발생을 감소시켜 왔지만 완전한 문제의 제거를 가져오지는 못했다. 유리섬유, 폴리에틸렌, 스테인레스 강 등으로 만들어진 전분 탱크의 적용은 탱크의 움푹 들어가는 부분이 발생하는 것을 막을 수 있었고 또한 강력한 고전단 교반시스템을 적용함으로써 좀더 적은 양의 전분을 저장해도 괜찮은 저용량의 전분 접착제 제조를 가능하게 하였다. 그 결과로 이러한 발전된 설비들을 장착한 많은 골판지 제조 공장에서는 살균제 사용량을 감소시킬 수 있게 되었다.

※주의: 각 골판지 제조 공장 관리자는 각각의 공장에서 요구되는 살균제의 양이나 종류에 대해 주의 깊게 조사하여야 한다.

미생물을 제거하기 위하여, 골판지 공장에서는 대개 두 종류의 살균제를 사용하는데, 하나는 장기적인 목적을 위한 방부제이고 또 하나는 발생된 미생물을



바로 제거하는 살균제이다. 장기적인 목적의 방부제의 경우에는 미생물을 죽인다기 보다는, 그 양을 조절하지 않으면 전분 접착제 점도의 감소를 가져오는 미생물의 번식을 막는 역할을 한다. 단기적으로 적용되는 살균제의 경우에는 미생물을 바로 소멸시키는 효과를 가지고 있다. 이러한 살균제 제품은 전분 접착제를 조제하기 위해 공정 내 공정수를 사용하는 골판지 공정에서 필수적이라고 할 수 있다.

미생물에 의한 문제가 발생되고 있는지 아닌지를 확인하기 위한 방법은 여러 가지가 있다. 점도의 감소, 물처럼 열린 전분 접착제, 젤화 온도의 흔들림, 골성형기에서 전분 덩어리가 떨어지는 현상, 달걀 상한 냄새의 발생, 결합강도의 감소 등은 이러한 문제의 조짐을 알려주는 신호가 된다. 이러한 문제들 중 하나 또는 그 이상이 나타나기 시작하면, 문제의 정도에 대한 정확한 평가가 이루어져야 한다. 장기적인 또는 단기간에 미생물을 소멸시키는 살균제의 적용 양과 적용속도는 미생물 발생 정도에 따라 크게 달라질 수 있

다. 이러한 살균제의 첨가가 박테리아, 곰팡이, 효모 등의 성장을 조절하는 데 매우 효과적일지라도, 미생물에 의한 문제를 막는 가장 좋은 방법은 전분 저장 탱크와 이송라인에 대한 정기적이고 철저하게 세척하는 방법이다.

※Note: 제7장에 박테리아의 성장과 조절에 대한 추가적인 설명이 주어졌다.

• 계면활성제 (Surfactants)

많은 골판지 제조 공장들은 경험을 통해 약간의 계면활성제를 첨가함으로써 전분 접착제의 특성이 상당히 개선되는 것을 발견하였다. 이러한 용도로 사용되는 계면활성제 첨가제는 대개 아주 작은 양이 접착제 제조공정 중 마지막 단계에서 첨가된다.

기본적으로 계면활성제는 표면장력을 감소시키는 역할을 하는데, 이러한 기능에 의해 전분접착제가 라이너보드나 골심지로 쉽게 흡수될 수 있도록 도와주게 된다.

제 3 장 골판지제조 공정에서 접착 기작

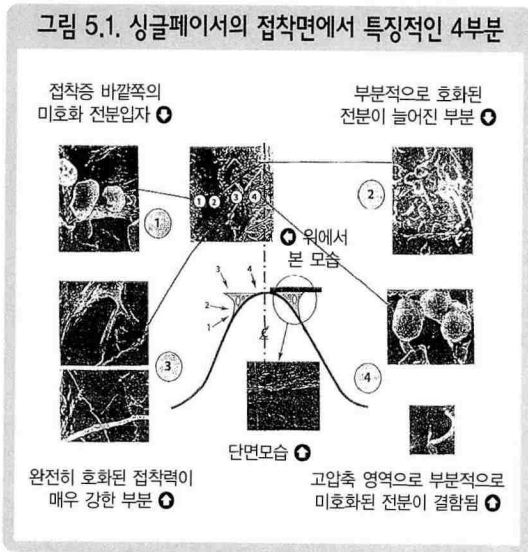
싱글페이서의 라이너지와 골심지 사이의 결합특성과 더블페이서의 라이너지와 골심지 사이의 결합특성에 대한 연구는 그 자체만으로도 매우 어려운 연구이다. 기본적으로는 호화된 전분과 라이너지 및 골심지의 셀룰로오스 섬유 사이 화학결합이 발생하게 된다. 현장 작업자 각자가 골성형기에서 생산되는 골판지의 접착특성을 평가하고, 결합을 찾아내고, 그 원인을 이해하고, 적절한 품질의 제품이 생산될 수 있도록 문제를 해결하는 것은 대단히 필수적인 일이다. 이러한 목적을 염두에 두고 본 장에서는 기술적인 부분보다는 원리적인 부분에 대한 설명을 자세히 제공하였다.

◎ 싱글페이서에서의 접착

접착층의 두 영역, 즉 고압축 영역(high-pressure area)과 골주위 결합 영역(shoulder-bonding area)이 싱글페이서의 접착기작의 특성을 결정하게 된다. 고압축 영역은 골심의 골위로 라이너보드가 접촉한 상태에서 압착롤이 그 부위에 압력을 가하게 되는 부분을 가리킨다. 골성형기의 골에 접촉한 골심지에서 위쪽으로 가하는 압력과 라이너지 위를 누르는 압축력에서 가해지는 압력에 의해 접착제는 효과적으로 흡착되고 골의 양쪽으로 짜여져 나가게 된다. 이 부분에 남아있는 접착제는 대부분 물이 부족하여 미호화

된 전분으로, 이것들도 역시 압착에 의해 바깥부분으로 밀려 나가게 된다. 그 이후 접착제가 밀려 나간 부분을 골주위 결합영역이라 하는데, 이곳은 라이너지와 골심지 사이의 간격이 있어 골 끝에서 밀려나간 접착제가 잔류하는 부분을 말한다. 이 영역은 전분 호화를 위한 충분한 물이 존재하고, 접착제 필름에서 물이 증발하면서 다공질 형태를 나타내는 특징이 있다.

그림 5.1. 싱글페이지의 접착면에서 특징적인 4부분



접착은 막 만들어진 골심지 골 끝으로 접착제 전이롤에 의해 접착제가 전이되면서 시작된다. 막 접착제가 골 끝에 발라지는 순간, 골심지의 표면온도는 접착제의 호화온도보다 높다. 상대적으로 낮은 온도의 접착제가 골 표면과 접촉하면서, 접착제는 종이표면의 섬유를 적시고 열에너지가 접착제 액체필름으로 전이되기 시작한다. 이러한 열의 전이는 골심지가 전이롤에서 압착물까지 이동하는 동안 계속된다. 그러나, 아직 전분의 호화는 이루어지지 않은 상태로, 만약 호화가 발생하였다면, 고압축 영역에서의 전분입자는 젤화되어 있어야 하는데 앞에서 설명한 바와 같이 실

제로 그렇지 않다. 접착제 필름으로 열이 전이되는 동안, 접착제의 물과 캐리어 전분은 골심지 섬유 사이의 공극과 빈 공간으로 퍼지게 된다.

접착제가 도포된 골심지 골이 압착물을 지나면서 라이너지가 매우 높은 선압, 거의 5000 psi 정도의 압력 아래서 골심지와 접착하게 된다. 이러한 높은 압력은 골끝의 접착제를 라이너지 표면으로 빠르게 이송시켜 라이너지 표면의 섬유를 젖게 하고 골의 양쪽 빈 공간으로 접착제를 밀어내어 접촉면이 젖어 있더라도 거의 수분을 가지고 있지 않은 필름을 라이너지와 골심지 골사이에 형성시키게 된다.

골관지가 압착물과 골성형롤 사이를 빠져나오면서 압력이 제거되고, 종이의 압축된 부분의 확장이 일어난다. 이러한 현상은 얇은 접착제 필름이 더욱 얇아지게 만든다. 고압축 영역에 남아있던 작은 양의 수분도 모두 없어지면서 얇은 접착제 필름은 수분 부족 상태가 된다. 골의 양쪽으로 밀려져 나간 접착제의 경우 충분한 수분을 함유하고 있는데, 이때 다양한 현상이 동시에 발생하게 된다. 골심지에 있던 접착제의 수분과 호화된 캐리어 전분은 라이너지 섬유사이의 공극으로 이동하기 시작하고, 아직 호화 되지 않은 전분입자들은 호화온도에 이를 때까지 열에너지를 계속 흡수하게 된다. 남아있는 상당한 양의 물이 사용되면서 새롭게 호화 된 전분이 두 매체의 접착을 완성시키게 된다.

캐리어 전분과 미호화 전분의 역할을 살펴보면 몇 가지 중요한 부분을 다시 확인할 수 있다. 즉, 처음 접촉을 형성시키는 캐리어전분의 역할로서, 캐리어전분은 라이너지와 골심지의 첫 결합을 형성시키게 된다. 또한 전분 접착제의 보통 80%를 차지하고 있는 미호화 전분의 역할도 대단히 중요하다는 것을 기억해야 한다. 이렇게 호화 되기에 충분한 물을 공급받지

못해 미호화된 전분에 의해 문제가 발생하면, 그 결과로 “white glue line”이라는 현상이 나타난다. 반대로, 미호화 전분이 호화를 위해 너무 많은 물을 차지하여 종이의 공극으로 충분한 물이 흡수되지 않게 되면, 다른 형태지만 역시 같은 정도의 문제를 일으키는 “zipper board” 라고 불리는 현상을 가져온다. 이러한 현상에 대해서는 제8장에서 좀더 깊게 설명하였다. 여기서는 제대로 된 접착층이 이루어지기 위해서는 미호화전분의 역할이 매우 중요하다는 것을 지적하고자 한다.

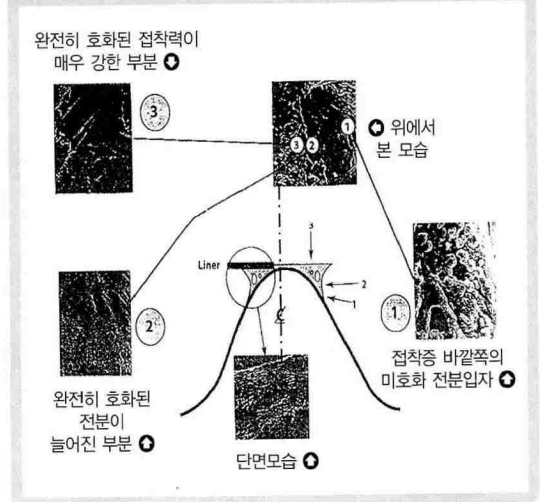
◎ 더블페이서에서의 접착

더블페이서에서도 그림 5.2에서 보여지듯이 싱글페이서에서 설명된 것 같은 기작으로 전분 접착층이 형성된다. 싱글페이서 지필이 브릿지로부터 아래쪽으로 방향을 바꿀 때 골 끝은 접착물과 접촉하면서 접착제를 묻히게 된다. 골 끝의 접착제 온도는 싱글페이서의 경우보다 천천히 상승하게 되는데 이때 온도를 상승시키는 에너지는 골성형기의 열판으로부터 전이된다.

이렇게 공정 시간이 더 소요됨에 따라 미호화 전분 부분에서 더 많은 양의 물이 증발되고 이것은 접착제의 온도상승 속도를 더 낮추게 된다. 보통 에너지의 전이를 원활하게 하기 위해, 싱글페이서 지필은 140 °F에서 190 °F 온도까지 되도록 예열된다. 이때의 온도는 초지속도, 예열기의 방향, 종이의 평량 등에 따라 다르게 조절된다.

습윤작용과 지속적인 흡수가 골판지가 골성형기를 지나 1차 열판기로 이송될 때까지 계속된다. 싱글페이서가 열판기로 들어가면서, 싱글페이서는 바닥면 라이너지와 결합하게 된다. 여기서 오버헤드 벨트가 각각의 중력을 아래로 약 5 psi(35kPa)정도의 압력

그림 5.2. 더블페이서의 경우 싱글페이서의 접착면과는 달리 3가지 특징적인 영역으로 구분할 수 있다



정도의 낮은 압력을 가하거나 최근에 개발된 압착기(non-roller)를 적용하여 같은 정도의 압력을 지속적으로 가하게 된다.

이 압력은 골끝에 형성된 접착필름이 라이너지의 표면 섬유를 적시게 만들어 준다. 싱글페이서와 바닥면 라이너지가 접촉할 때 압착물을 적용하지 않음에 따라 골끝 중심에 있는 접착제 필름이 눌러지지 않고, 다만 적당량의 접착제만 골 주위로 밀려져 나가게 된다. 그 결과로 골 끝의 폭 넓이 정도로 구슬을 이어놓은 형태로 나타나는 필름이 형성된다.

싱글페이서의 접착기작과 마찬가지로, 초기 결합을 가져오는 것은 접착제의 캐리어 전분이고 미호화 전분 부분은 최종 접착층에서의 단단한 결합을 가져오게 된다. 싱글페이서와 더블페이서의 접착과정에 대한 매우 상세한 설명이 Bill Tharyer와 Charles Thomas 등에 의해 1971년과 1972년에 발표되었다. 좀더 자세한 내용을 위해서는 참고문헌을 참조하기 바란다.