



골판지製造 新技術



韓國紙技工社
代表 金 舜 哲

- 골판지 제조 신기술**
1. 머리말
 2. 종이원료는 무엇으로 만들어지는가?
 3. 펄프의 종류
 4. 종이의 제조
 5. 종이의 Formation과 물성
 6. 원지는 어떻게 사용해야 하는가
 7. 골판지(Corrugated Fiberboard)의 제조
 8. 양면기(Double Facer)
 9. 상자의 압축강도
(이상 통권 제2호~통권 제11호 게재)
 10. 접착제
(이상 본호 게재)

10. 접착제

10-4. 전분 접착제의 관리

10-4-2. 실제 작업현장에서 검토해 보아야 할 접착문제

일반적으로 접착기구는 계면(界面)접착, 침투(浸透)접착, 용융(溶融)접착 등으로 나누어 볼 수 있고, 그 접착강도는 표시 순서대로 강해진다.

그런데 접착이란 접착제를 매체로 두개의 피접착제를 접착시키는 것이고, 이때 피접착제가 약하면 접착제에서 떨어지지 않고 피접착제에서 떨어진다.

그런데 용융접착은 피접착제인 골심지나 라이너보다도 강한 것이므로 골판지 접착제에서 용융접착이란 생각할 가

치가 없다.

그래서 전분같은 접착제(界面, 浸透, 兩作用)를 이용하고 있는데, 그 내용을 보면 Single facer에서는 주로 계면접착이고, 여기에 침투접착이 작용하며 Double facer에서는 주로 침투접착이고 부수적으로 계면접착이 동반되고 있어서 계면이나 침투 어느 한쪽으로만 정리할 수는 없다.

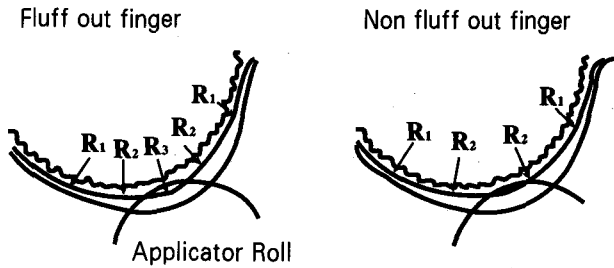
이와같이 전분접착제는 계면과 침투 두가지의 접착작용이 있으면서도 Single facer와 Double facer에서는 다음과 같은 점이 크게 달라, 편면접착 작업과 양면 접착작업은 달리 취급되어야 한다.

구분	편면 접착속	양면 접착속
접착양식	계면위주	침투위주
접착방법	가압	밀착
접착형식	Shoulder	전면
Killing 현상	있다.	없다.
Open time	1/250 sec 내외	1/2~3 sec
Close time	1/500 sec 이하	3 sec 내외
Dry-streak	있다. (Finger type) 없다. (No-finger)	없다.

● Single facer에서의 접착 : 맨먼저 사용해 온 Finger는 골심지가 밖으로 튀어나와(Fluff out) Glue Roll에서 접착제를 받아오도록 했다.

그런데 Glue Roll의 Glue접착폭을 조절할 수 있게 됨에 따라, 이 Fluff out(R3)를 없게 만들고, 이것을 "Non fluff out finger"라 부르는 대신, R3가 있는 것을 "Fluff out finger"로 구분하고 있다.

Fluff-out finger에서는 Applicator Roll을 골심지에



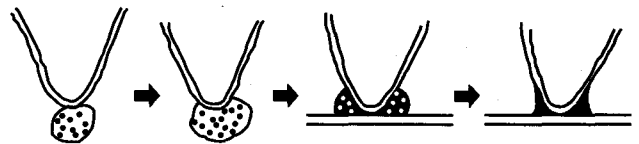
가깝게 접촉시키면 지폭에 상관없이 Applicator Roll의 전 폭에 풀이 묻어 지폭보다 넓은 양쪽의 풀이 골물에 묻는 여러가지 어려운 점이 많았다. 그래서 Glue Roll을 골심지에 접촉시키지 못하고, 반대로 골심지가 Glue - Roll쪽으로 튕겨 나오게 Fluff - out pit(R3)를 두었으며, Glue dam 폭을 조절 할 수 있게 됨에 따라 Non - fluff out finger 를 이용할 수 있게 되었지만, Finger의 조정, 골심지의 두께에 따른 간격의 변화, Glue가 Finger에 묻어 Glue 球를 만드는 등 여러가지 어려움이 있어 지금은 Fingerless 를 이용하고 있다.

Finger type에서는 Finger등이 주변의 복사열로 가열되어 Glue를 쉽게 가온함으로 가급적 점도는 낮고 가성소다를 적게 하여 호화온도가 높게 함이 좋지만, No - finger type에서는 골물의 내부에서 흡인작용을 하기 때문에 glue 속에 들어있는 수분이 쉽게 골심지에 순간적으로 흡수되어 가압시에 Glue가 팽윤되지 못할 위험이 있다. 그래서 Fingerless에서는 보수성(保水性)이 좋고, 점도가 너무 낮지 않고 호화온도가 약간 낮은 Glue를 이용해야 한다. 이것이 Finger type용 Glue와 다른점이다.

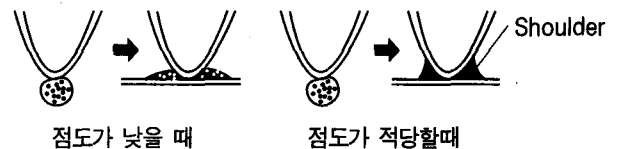
Singer facer에서의 Close time은 1/500 Sec내외이어서 이 짧은 시간에 팽윤 접촉시키는 방법은 Press Roll과 골롤 사이의 압력밖에 없다. 그래서 압력을 가하는데 이럴때 압력이 과다하면 그 압력에 밀려 Glue가 골(Flute)의 양쪽으로 밀려나가 Shoulder를 만들고 정작 접촉시켜야 할 골정(頂)에는 Glue가 없게 되는 소위 Killing을 일으킨다는 점을 유의해야 한다.

Glue Roll에서 Glue를 받아 접촉되는 과정을 그림으로 표시하면 다음과 같은데, 이 그림에서 I, II는 Open time 이고, III, IV는 Close time에 해당된다. 그리고 압력이 과다하면 IV처럼 Glue가 골의 양쪽으로 밀려나 제일 접착력을 지배하는 골정에 Glue가 없게 만든다.

A - Flute의 경우 접착강도는 15kg/40cm² 이상의 강도면 충분하다. 그리고 이런 정도의 강도를 유지하기 위해서는 2~3g/m²의 Starch면 충분하나, Roll의 평행도, Killing의 유무, Glue의 불안정한 전이(轉移) 등의 요인을 참작하여 3.5~4g/m²의 Glue를 이용하고 있다.



● 점도가 낮을 때의 문제점(Single Facer) : 점도가 낮으면 골심지의 골정에 전이된 Glue bulb가 Liner에 접촉되면서 골정의 양쪽에 이루어지는 Shoulder가 낮게 된다. 그래서 접착력이 약할 수 있다.



또 점도가 낮으면 골정에 만들어진 Glue bulb가 유동적이어서 진행 방향의 반대 방향으로 밀려 나서 심할 때는 한쪽만의 Shoulder를 이루는 경우도 있다.



Glue bulb가 공기저항으로 뒷쪽으로 밀린 현상과 그에 따른 한쪽만의 Shoulder접착

또 점도가 낮으면 보수성이 떨어져 Glue가 골심지에 전이되는 순간 수분이 골심지로 흡수되어 정작 Liner와 접촉할 때는 Main 전분을 충분히 Swelling시킬 수분이 없어 미호화 접착이 된다. 그러나 반대로 점도가 높으면 골심지층의 침투가 불가능하여 Liner층과 함께 계면접착이 될 뿐이다. 또 호화온도가 너무 낮으면 Open time에서 벌써 호화 되어버려, Close time에서 골심지에는 계면접착,

Liner측에는 접착이 발생치 않는 문제점이 있다.

그래서 호화온도나 점도는 사용하고 있는 Corrugator와 원지에 적합한 Gel point(호화점)와 점도를 유지해야 한다. 이런 점 등을 참작하여 특히 Fingerless형에서는 보수성이 좋은 화공전분을 Carrier에 사용하고 점도를 높게, 그리고 호화온도는 낮게 조절할 필요가 있다. 점도가 낮으면 골물의 흡인력에 따라 Glue의 일부가 골심지의 골짜기로 비산흡인되며 호화온도가 높으면 흡인력에 따른 수분부족으로 Close time에서 호화되지 못한다.

● Double facer에서의 접착제 : Single facer와 근본적으로 다른 것은 Open time과 Close time이 길고 골심지와 Liner의 접촉은 Single facer가 Hard touch인데 비하여 Soft touch라는 점이다. 그리고 냉각부를 지나자마자 Trimming을 하거나, Slisco에서 Slitting Scoring을 받으며 바로 그 다음에는 Cutter에서 절단 작용을 받는다. 이런 때에 Scorer나 Cutter에서 절단된 면의 접착이 떨어지지 않도록 해야한다.

대략 Close time 구간의 초기접착력(Green Bonding)이 Flute당 2.5cm 폭에서 500 - 600g의 접착력만 있으면 Cutter나 Scorer에서의 문제점이 없고, 이것이 건조되면 최소한 500 - 600g/flute 2.5cm의 접착력은 유지된다. 이와같이 초기 접착력은 중요하므로 이를 위해서 변성전분 등이 개발되고 있다. Glue Roll에 골심지가 접촉하는 골수는 2-3개가 필요하고 Glue Roll의 주속과 편면 골판지의 속도는 1:1이 좋다.

Glue Roll에서 Glue를 받아 Open time구간을 지나는 동안에 수분이 건조되거나 골심지로 흡수되어 버리면 Close time에서 호화될 수분이 없어 접착력이 발생되지 못한다. 그래서 점도와 Gel point가 일정해야 하나, 이것들이 일정하다 해도 Double facer의 운전속도가 변하면 그 적절 Point가 변해 버린다.

그래서 Steam Jet Set등을 Open time 구간에 설치하여 Glue의 수분과 Gel Point를 조절한다고 하나, 이의 적절한 사용이란 참으로 어렵다. 잘 쓰면 약이고 잘못 쓰면 병이 되는 이 Steam Jet Set는 잘쓰기가 극히 어렵다는 것은 상식적이다.

접착만 완전하다면 가급적 전분은 감량사용해야 한다. 따라서 골판지중의 전분량을 수시 분석해야 하는데도 이에 관한 적절한 방법이 없었다.

물론 태피(TAPPI = Technical Association Pulp and Paper Industry) T419m - 60을 보면 옥도(沃度) 카리(KI)반응을 이용한 것이 있으나, 전분을 캐티온 변성시켰거나, 합성수지를 혼합할 때는 무용의 방법이고, 가용성 전분일 때는 수용추출 감량 등으로 체크할 수 있으나, 완전 가용성의 전분을 사용치 않는 등으로 이제까지 정확한 전분의 분석이 불가능하였다.

그래서 일반적으로는 골판지중의 전분함량을 분석하기 전에 일정 면적의 골판지생산에 소모되는 전분량으로 역산하여 전분함량을 표시하여 왔는데 최근에 코발트추적법(Co - Tracer)이 개발되어 응용하게 되었다.

코발트(Cobalt)는 일종의 중금속으로서 X - 선형 광분광법(X-ray Fluorescent Spectroscopy)으로 검출가능한 점을 이용하여 다음과 같은 Co 화합물을 전분액에 혼합해서 접착제로 사용한 골판지중의 회분을 분석하여 Co를 산출하고, 이를 역산하여 전분량을 분석하는 방법이다. Co 화합물은 다음과 같이 조절한다.

A액 : 질산코발트 (Co(NO₃)₂·6H₂O) 1.360gr을 물에 용해시켜 2.800cc로 만들고

B액 : 가성소다 (NaOH) 37.5gr을 물에 녹혀 600cc로 한다.

C액 : A, B를 완성접착제와 혼합하여 5가론으로 만들고

D액 : C를 다시 완성접착제와 혼합하여 660가론을 만들어 접착제로 사용한다.

이상과 같은 방법으로 만들어진 접착제로 골판지를 만들고, 이 골판지를 회화(灰化) (595℃에서 48hr)한 다음, 이 중의 코발트를 측정하여 다음 식에 따라 전분량을 역산한다.

$$S = CABGT / IM \times 3.17 \times 10^5$$

- S = 전분 Lb/1000 ft² 골판지
- C = 회분(灰分)중의 코발트 ppm
- A = 골판지중의 회분 %
- B = 골판지의 중량 gr
- G = 전분액(澱粉液)의 비중
- T = 전분의 고형율(固形率) %

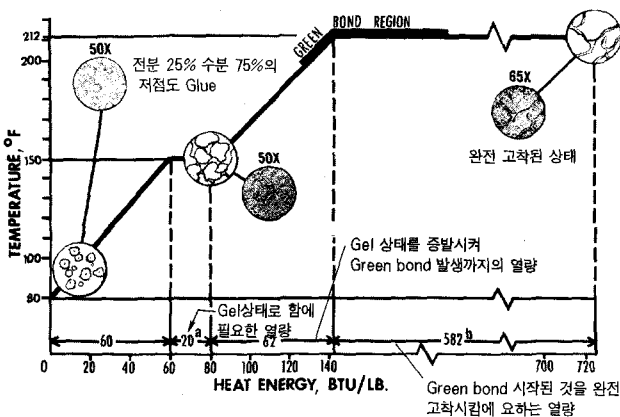
l = 골판지의 평방인치수

M = 코발트 gr수/전분 l 중

Glue line의 접착력 조사 : 1초에 500개의 Glue line을 통과시키는 (A/F의 경우 250m Corrugator speed에 해당) Corrugator에서 어떻게 해야 완벽한 접착이 일어나고 Glue량이 적게 소모되며, 균일한 접착력을 갖게 할 것인가 등에 관해서는 보다 세밀한 과학적인 분석이 필요하다.

S/F나 Double facer를 막론하고 Glue가 접착력을 발휘하기 위해서는 물이 흡착 증발되어 없어지고, 그 물이 없어지기 전에 전분이 호화 응고해서 건조되어야 한다. Single facer의 경우, 증발과 건조에 필요한 열량은 Glue가 상온에서 Gel온도(66℃)에 도달하는데는 66 BTU/Lb (33cal/g)의 열량이 필요하며, 다시 Glue가 호화(Gelatinization)되기 위해서는 다시 20 BTU/Lb(11cal/g)의 열량이 필요하다. 이때 Starch가 Gel상태가 되면 점도는 급격히 상승하나, Glue속의 물이 완전 제거 되기까지는 강한 접착력이 발생되지 않는다. 그래서 계속해서 수분을 증발시켜야 하는데, 이 공정에서 62BTU/Lb의 열량을 공급하면 초기접착(Green bond)이 시작되고, 계속해서 582 BTU/Lb의 열량을 공급하므로써 80%정도의 수분이 증발되어 비로소 강한 접착력을 얻게 된다. 물론 이때의 수분은 전량이 증발에 의존되지 않고 일부는 원지에 흡수되나, 그 량은 아주 적고 빠른 증발이 있어야 Green bond에서 수배 완전접착에 이른다.

● 250m 작업 속도일때(A/F) Glue를 고착화 시키는데 필요한 단계별 소요열량도 물속에서 Liner와 골심지를 분리시켜 이것을 Iode로 염착하는 방법으로 Glue line을 조사하는 것은 이 과정에서 Starch의 일부가 용해 손실되어



부적합 함으로 건조 상태에서 강제 분리시키거나 접착된 상태의 Sheet를 현미경으로 분석하는 방법이 좋다.

다만 현미경의 경우 관측하는 범위가 좁아, 주변을 연속 Check하는 것이 불가능하므로 비전도체인 원자를 금속박 판으로 덮고 여기에 Scanning electron microscope을 이용하여 10만배까지 확대 조사할 수 있는 방법이 동원되고 있는데, 다음 그림은 8 - 687배로 확대하여 Single facer glue line을 조사한 것이다.

Scanning electron microscope을 통해서 본 S/F의 Glue line은 그 Glue line의 중심선을 중심으로 좌우가 대칭으로 되어 있는데, 그 한쪽을 보면 다음 그림에서와 같이 4개의 구간이 분명하게 나타난다.

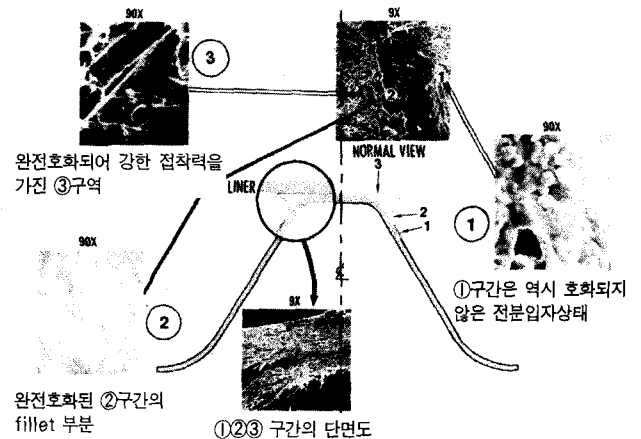
1구역 - Glue line중에서 가장 변두리에 있는 전분으로서 갑작스런 Medium 흡수력으로 수분을 빼앗겨 Starch가 Gel화 되지 못한 Film상태로 있게 된다. 따라서 이것은 Glue의 손실 뿐이며 접착력에는 아무런 도움이 없다.

2구역 - Liner와 Flute가 이루는 Gap으로 매꿔 놓은 상태로 있어 이를 Fillet Region으로 부르는데, 이것은 Liner와 Medium이 접촉할 때 Glue가 밀려나온 것인데, 이것이 두꺼울수록 물을 보호하여 gel화 시켜 접착력을 발휘한다.

3구역 - 이곳의 Glue는 Liner와 Medium간에서 완전하게 Gel화 되어 가장 강한 접착력을 발휘하는 곳이다.

4구역 - Glue line의 Centre로서 가장 많은 압력을 받는 곳이다. 압력이 높기 때문에 양쪽으로 밀려나고 따라서

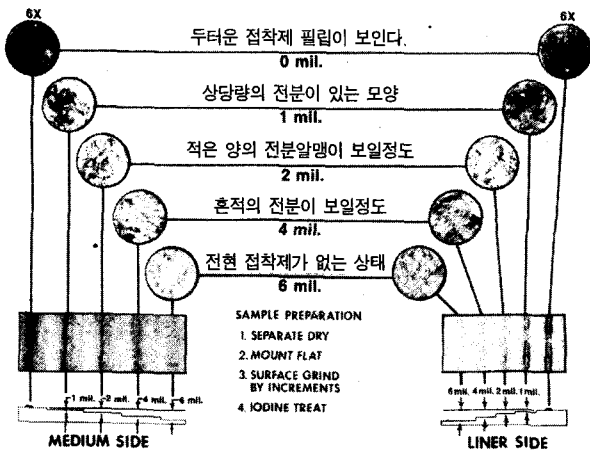
Double facer의 Glue line 분석



물이 부족하여 호화 고착되는 부분이 극히 적다. 이 4구역을 다시 현미경으로 확대하여 보면 호화되지 못한 전분 입자가 Liner와 골심지가 골몰에 눌린 자국으로 들어가 있게 된다.

한편 다음 그림은 Glue Line의 Centre가 얼마만큼 강하게 눌러 있느냐에 따라 전분의 잔유량을 볼 수 있는 것을 분석한 사진이다. 여기에서 Flute의 Tip압력이 약하여 Liner나 Medium의 두께가 변하지 않고 그 위에 미호화된 전분이 두꺼운 상태로 보이는 것이 ① 번의 예이고, 골심지와 Liner가 1 mil(1/1000인치)만큼 눌린 때가 ② 번이고, ③ 번은 2 mil(2/1000인치)만큼 눌린 것 ④ 는 4mil(4/1000인치)만큼 눌린 것 ⑤ 번은 6mil(6/1000인치)만큼이나 눌러 Glue가 흔적도 없는 경우를 촬영한 사진이다. 어느 경우를 막론하고 원지가 눌러 두께가 줄어든 경우는 호화되지 않은 Glue가 눌러진 골짜기에 있을 뿐이므로 접착력에는 큰 영향을 주지 못하며 전혀 원지의 두께 변화가 없는 ① 의 경우도 두꺼운 Film상으로 있지만, 반정도가 호화되지 못하여 아주 적은 접착력을 갖을 뿐이다. 따라서 Single Facer의 접착력은 ② 구간과 ③ 구간의 접착력이 지배하고 있음을 파악할 수 있다.

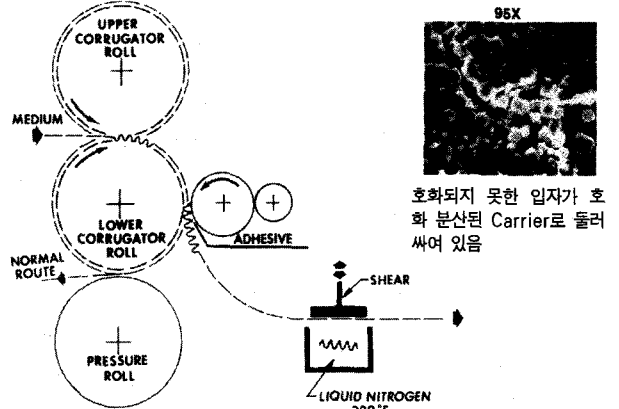
Glue line(S/F)의 중심선이 가압력에 따라 변한 전분의 잔존 상태도 (원지의 두께가 0, 1, 2, 4, 6mil만큼 감소됨에 따른 호재의 변화)



앞에서 말한 바와 같이 Glue Line의 Centre 부분의 전분이 호화되지 않고 있음은 다음 그림과 같은 급격 냉동장치로서도 확인할 수 있다.

아래 그림에서 만들어진 골지를 Press Roll과 아래 골몰

Glue Roll에서 골심지에 전이된 풀이 어떤 상태인가를 조사하는 시험장치 1"폭의 Single facer에서 만들어진 골지를 -196℃의 용기 위에서 절단 투입시켜 급속냉동시키는 장치



사이로 통과시키지 않고 바로 -196℃가 되는 질소액체 용기에 밀어 넣어 냉동시키고 Flute Tip의 Glue를 조사한 사진을 보면 부분적으로 팽윤된 전분입자가 용해된 Carrier로 둘러싸여 있음을 보게 된다.

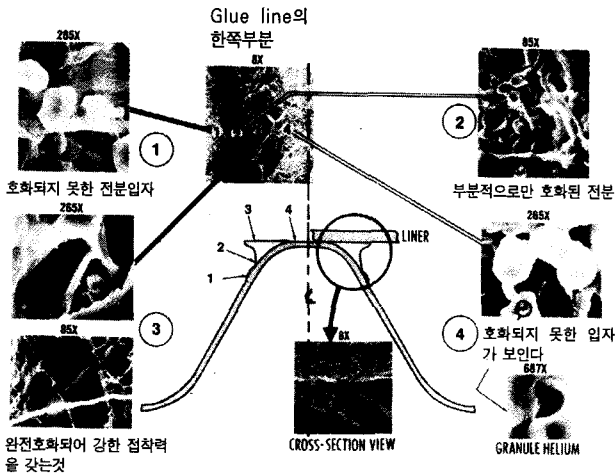
● Double facer glue line 조사 : Single facer와 같이 골정과 Liner의 접착이 일어나지만, 이것은 Single facer와 달리 접착부분을 3구역으로 나누어진다.

① 구역과 ② 구역은 Single facer와 똑같은 접착내용이고 다만 ③ 구역만 다르다. ③ 구간에서는 골심지의 골정에 liner가 접촉하지만, Single facer처럼 Hard touch가 아니고, 또한 가압력도 Ballast roll과 Canvas만의 가중가압이어서 5PSI에 불과하다. 그래서 Glue는 가압력에 의해서 밀려나지도 않아 원지를 적시면서(Rewetting) 접착제의 Film을 균일하게 형성한다. 그리고 열판에서 계속 열을 공급하며 Liner가 또한 열판과 마찰함으로 Flute tip은 Single facer에서의 Flute tip보다 높은 온도를 유지하기 때문에 충분한 호화가 일어난다. 따라서 ③구간의 접착은 완벽하며 접착의 주체 구간이 된다.

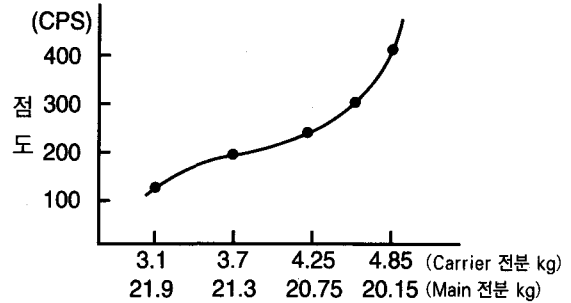
우리가 Pintester로 접착강도를 측정할 때, 항상 Double facer측의 접착력이 Single facer측 보다 높은 접착강도를 갖는 것은 ③구간의 Glue가 충분한 물과 열이 있어 호화접착되기 때문이다. 그러나 이런 일은 Glue unit에서 Double facer까지 들어가는 시간과 온도가 적절한 조건으로 운전될 때(표준 작업시)의 경우이고, Speed가 너무 높거나 낮아 소정의 온도와 수분을 동반하지 못한 Glue의 경우는 예외로 보아야 한다.

Glue line(S/F)의 중심선 한쪽을 4개 구간으로 나누어 분석해 본 전분접착체의 접착상태도

Single facer의 Glue line 중 압력이 제일 높은 Glue line의 중심선



Carrier의 전분비에 따른 점도 상승곡선



올라가는데, 그 점도는 아래 그림과 같다. 특히 Carrier부의 전분이 18%에 달하면 점도가 갑작스레 상승한다.

한편 Carrier의 농도가 낮으면 알칼리 농도가 자연히 낮아 호화시간이 길어진다. 그렇다고 알칼리를 중량 배합하는 것은 금물이고, Carrier의 농도를 높은 상태에서 호화시킨 다음 Main과 혼합할 때 배수(倍數)를 조절하는 요령이 필요하다.

Carrier에서의 알칼리 농도(%)	0.91	1.04	1.20	1.43
Carrier의 완전 호화에 필요한 시간(Sec)	80 - 150	35-50	20 - 25	10

● 붕사(硼砂) : 인도, 미국의 캘리포니아 등지에서 천연 채취하는 것으로($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 물속에서 용해되면 Dihydra - Tetra - Boric Acid가 되고, 이것이 여분의 물과 회합하거나 전분과 수소결합하여 전분의 결집력을 크게 해준다고 보고 있다.

실지로 붕사를 배합하면 알칼리 정도는 아니지만, 점도가 올라가면서도 교반할 때 특유의 유동성을 준다.

그리고 Main부의 미호화 전분과 반응하여 호화를 빠르게 하면서도 풀의 외주를 감싸 막을 일으킨다. 그래서 너무 많은 붕사를 사용하면 이 막이 고무처럼 응집하면서 접착력을 약하게 한다.

또 Glue roll등에 균일하게 접착되지 않고 반대로 너무 적으면 접착력이 약해진다. 항상 알칼리보다 적은 양을 사용하는 것이 좋다.

● 물(H_2O)과 Carrier, Main : 물은 전분을 분산시키고 알칼리, 붕사를 용해시키며 그 농도와 온도에 따라 점도를 크게 변화시킨다.

Carrier부의 전분이 증가되면 완성호액의 점도가 자연히

배합 조건

구분	물(l)	소맥전분(kg)	가성소다(kg)	붕사(kg)
캐리어	76.5	×	0.653	-
메인	40.0	25 - ×	-	0.653
총	116.5	25	0.653	0.653

10-4-4. 전분 접착체의 첨가물

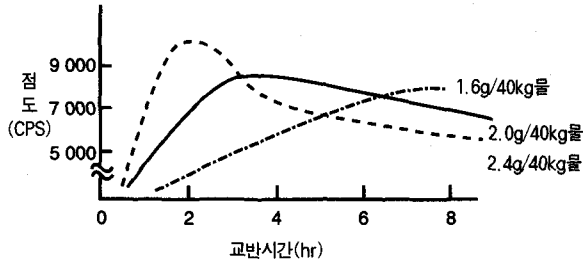
● 가성소다(NaOH)

속칭 양잿물(洋灰物)이라는 가성소다(NaOH)는 물속에서 $\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ 로 전리되어 강한 알칼리(OH^-)로 작용한다.

단백질, 모사(毛絲) 등을 쉽게 용해시키고 전분 등을 쉽게 팽윤시켜 호화(糊化)상태로 만든다. 그 실례로 다음의 그림과 같이 340gr의 물속에 16g의 전분을 풀어준 다음, 물 40cc속에 가성소다를 1.6g, 2.0gr, 2.4g씩 용해량을 증가시켜가면서 전분과 혼반 교반하여 보면 알칼리의 증가량에 따라 점도가 급작히 올라 가면서도 교반 시간이 길어지면 반대로 점도가 서서히 떨어진다. 이것을 정리하여 보면

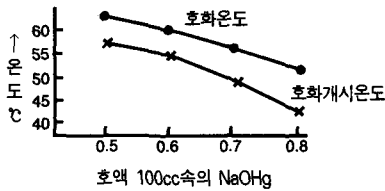
- 알칼리의 증가에 따라 전분의 점도는 급격히 상승하고
- 시간이 지남에 따라 점도가 내려가는 것이 빠르다.
- 점도의 안전성이 없다.
- 안정 점도를 얻는데는 시간이 길고
- 안정 점도는 낮은 점도에서만 얻을 수 있다.

알칼리 함량에 따른 점도변화



또 저온에서도 호화가 됨으로 알칼리를 증가시키기에 따라 호화개시 온도가 낮아져 호화 온도와의 차(Gap)가 벌어진다. 이와 같이 호화개시 온도와 호화 온도간의 차가 심할수

4.5배수 봉사 0.59g/100cc 전분접착제의 경우



록 초기접착력은 약하다.

● 전분 접착제와 보조제

상자의 용도와 원지의 종류에 따라 다음의 접착조제를 이

목적	보조제 명칭	첨가량	기 타
호화안정과 증점용	CMC(Carboxy - Methyl Cellulose)	對전분 10-15%	호액은 열에 안정하고 점도저하 없음.
	초산Vynil 無水	"	기어펌프 등으로 강제 순환시켜도 점도안정
	Maleic(酸共)重合物	10-15%	"
	PVA	" 20%	기계적 충격에도 점도안정
침전방지제	벤토나이트, 백토	예) 1-2%	전분입자의 분산 균등화
방부제	37% 공업용 포르말린	對호액 0.1%	
침수제	로드 油	對호액 0.05%	내수원지 침수용이나 과용 시는 발포
소포제	인산 Tri - Butyl	對호액 0.01%	

용한다.

10-5. Cold Set와 Cold Corrugation

골판지를 만드는 공정을 보면, 먼저 골심지로 골지(Wally paper)를 만든 다음, 이것에 한장의 Liner를 접착시키는 Single facer가 있고, 편면 골판지의 다른 한쪽에 Liner를 접착하여 주는 Double facer공정이 있다.

여기에서 Single facer의 작업 공정을 다시 세분하여 보면, 첫째로 골심지로 골을 만드는 일(Corrugation)과 여기에 한장의 Liner를 접착시키는 일(Hot set)로 구분되며, Double facer는 단순히 편면 골판지에 한장의 Liner를 접착시키는 일만을 하고 있다.

그런데 현재 이들 Corrugator는 Single facer나 Double facer를 막론하고 12kg/cm² 내외의 Steam으로 가열되는 상황에서 이루어지고 있다. 그래서 현재까지의 수단으로는 아무리 절약해도 양면 골판지 1,000m² 생산에 15l 이상의 증유가 필요하며, 작업속도에 따른 온도조절이 어려워 생산된 골판지에는 Warp에 따른 손실을 면할 수가 없다.

여기에서 만일에 Steam을 사용하지 않고도 골판지 작업이 될 수 있다면 Energy를 크게 절약할 수 있으며, 골판지의 생산 Loss를 대폭 적게 할 수 있다. 이런 관점에서 생각하게 된 것이 Cold corrugation(골을 만드는 작업)과 Cold Set(상온 접착 작업)이라 볼 수 있다.

이와 같이 열이 전혀 없는 상태에서 골판지를 만들어야 하기 때문에 상온에서 골판지를 만들기 위해서는 먼저 다음과 같은 몇가지 문제점을 해결해야 한다.

● Single Facer에서 만들어진 골이 정상적인 Profile을 유지해야 한다. 가열된 Single facer에서는 골심지가 Moistener에서 예비 가열 되었을 뿐 아니라 골롤 사이에서 다시 가온됨으로 섬유나 리구닌 등의 성분이 부드러워져서 골이 잘 형성될 뿐 아니라, 골롤 사이의 압력을 받아 골의 정갱이 등에 골심지의 두께 변화가 일어나 골이 원상으로 퍼지려는 힘(Fluff out force)이 약해진다. 따라서 한번 만들어진 골은 정확한 Profile을 유지하게 되지만, Cold Corrugation에서는 골이 잘 형성되지도 않을 뿐 아니라 정확한 Profile이 유지되지 않는다. 그래서 50m이하에서는 다소 가능하나, 200m의 Speed에서 정확한 Profile을 유지할 수 있다는 보고는 아직까지 없다.

뿐만 아니라 온도에 따른 종이의 마찰계수는 다음 표와 같이 큰 차가 있어 골롤 사이의 마찰저항에 따른 지질의 가

온도에 따른 골심지와 금속간의 동(動)마찰계수

시료	동 마찰계수(철판과 골심지간)		비 고
	23℃(RH 50%)	154℃	
1	0.58	0.44	23℃때의 마찰계수는
2	0.52	0.24	154℃때 것의
3	0.54	0.25	약 배가 된다
4	0.54	0.28	

능성이 많다.

그래서 만족한 골의 성형과 동 마찰 계수감소를 위해서 소량의 Stearin 산, Graphite Silicon Oil, Paraffin wax 등의 혼합물로 만들어진 2개의 막대 사이로 골심지를 통과시켜 골심지를 부드럽고 마찰계수를 적게 하고 있다. 이때의 도포제 소모량은 골판지 100만 ft²에 수 Pound면 가능하여 원가에는 큰 부담이 없다고 보고되고 있으나, 작업이 그만큼 복잡해진다.

● 상온에서 만들어진 골은 Hot Corrugation에 비하여 골심지의 골정에 받는 압력이 1/3정도로 적어 비교적 높은 골을 형성한다. 그래서 골의 Profile 설계시 좀더 낮게 할 필요가 있다.

● 또 저온의 경우는 골심지에 포함되어 있는 여러가지 합성수지류나 비닐 등이 골물에 쉽게 달라붙어 골물이 끈 더럽혀지는 것도 한가지 문제점이다.

● Double Backer에서 열판은 필요치 않으나, 일정시간 가압해 주어야 함으로 Steam이 들어가지 않는 지지대는 있어야 한다.

이때의 지지대가 철판일 경우 동마찰계수의 증가로 너무 많은 장력이 걸려 지질의 위험과 골의 변형이 일어날 수 있다. 그래서 고밀도의 Poly ethylen 등으로 열판부를 Coating 해 주어야 한다.

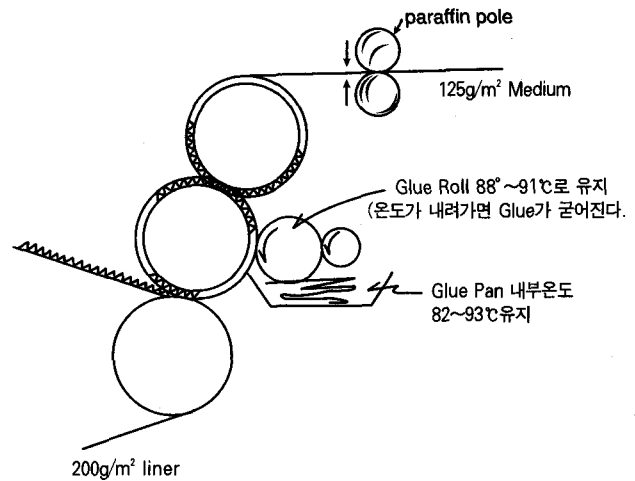
● 전분 접착제는 많은 물을 가지고 있어 농도도 낮고 점도도 낮다. 그러나 Cold set의 경우, 접착제는 수분이 적어야 함으로 자연히 농도는 높기 때문에 점도는 자동으로 높아진다. 이런때는 현재의 Glue Roll이 사용될 수 없다. 아무리 Doctor Roll로 Gap을 Control 한다해도 많은 접착제가 따라가기 때문이며, Speed가 올라가면 그 양은 더욱 많아지고 고점도에서 일어나는 사상(絲狀)분산으로 Cold Set 접착제의 Loss가 발생한다.

● Cold Set Adhesive(저온 접착제) : 지금까지 여러

연구기관(USA의 Institute of paper chemistry, Gerad de knegt Swiss, 일본의 유니치카 화학)에서 실험적으로 사용되어온 Cold Adhesive를 보면 다음과 같은 것들이 있다.

● 전분계 접착제 : 미국의 IPC(Institute of paper Chemistry)가 개발한 전분계 접착제를 보면, Cornstarch를 0.1~1%의 Na₂SO₃ 또는 NaHSO₃와 0.3%의 NaOH나, Na₂CO₃, NaHCO₃를 첨가해서 만든 수용액(이때의 농도는 24~34%)에 (NH₄)₂SO₄를 0.25~2% 배합한 후 110~138℃의 고온에서 순간 용해시킨 것이다.

이 용액은 고온에서는 액상이지만, 온도가 떨어지면 바로 Gel화되어 Cold Set 작용을 하게 된다.



이 실험은 IPC의 Clyde H. Sprague가 중심이 되어 실험한 것인데, 그 작업 조건은 아래와 같다.

여기에서 얻어진 제품을 조사하여 본즉(고형분 21~23%로 Speed 200m/M) Hot Corrugation에서 얻어진 제품과 대동소이 했으며, 고형분이 높아짐에 따라서 30% 이상의 접착강도가 상승하기도 했다. 그러나 이때의 접착제 소모량은 명시되지 않았고, 어떤 Glue Roll을 이용한 것도 분명하지 않다.

<계속>