

# Heat Seal 강도와 Mechanism

## Heat Seal Strength and Mechanism

안광보 / (주)농심 상품개발연구소 포장개발팀 책임연구원

### 1. 서론

제품이 소비자에게 안전하게 전달되기 위하여는 어떠한 형태와 방법으로든지 포장공정을 거치게 되는데 Pouch 형태가 되기 위해서는 플라스틱 필름에 Heat(온도)를 가해야 한다.

Pouch는 Plastic Film을 사용하여 Heat Seal에 의하여 밀봉한 유연한 포장물로 정의되고 있다. Pouch의 강도는 구성하는 필름의 강도 뿐만 아니라 포장기에 의한 내용물의 충전, Seal접착 등 일련의 작업들이 조화를 이루어 지는 것이 중요하다.

포장작업이 잘 이루어지지 않을 경우 Pin-hole(Pouch Leak) 등이 잘 이루어지지 않을 경우 Pin-hole이 발생하면 내용물 불량률의 원인이 발생한다.

Pin-hole이 발생하면 내용물 보호기능이 상실되어 Claim 발생 원인이 된다. Laminate된 제품의 품질 Claim의 약 45%는 Heat Seal에 관련된 문제라는 보고가 있을 정도로 포장에서는 중요한 기술이라 볼 수 있다.

Pin-hole이 발생하면 흡습에 의한 Caking,

산화에 의한 산패, 해충의 침입, 이물의 혼입 등 다양한 형태의 품질변화가 일어난다. 품질변화가 일어나면 Shelf-life에 영향을 주어 고유한 상품가치가 상실되고 만다.

따라서 이러한 품질변화를 방지하고 소비자에게 신선한 제품을 공급하기 위해서는 Pin-hole을 방지하여야 한다. Pin-hole을 방지하기 위해서는 적정 Heat Seal 강도 유지가 가장 중요하다.

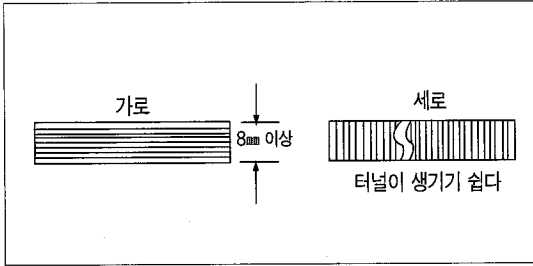
그러나 지나친 Heat Seal 강도 유지가 가장 중요하지만 Heat Seal 강도는 편리성을 추구하는 소비자에게는 불편함을 줄 수 있어 포장의 편리성 기능을 해칠 우려가 있으며 또한 Heat Seal강도와 Easy Open(Peel성)에는 상관관계가 공존하고 있어 더욱 세심한 주의가 필요하다. 따라서 Heat Seal 강도의 정의와 이와 관련된 Mechanism에 대하여 설명하기로 한다.

### 2. 본론

#### 2-1. Heat Seal강도

Heat Seal 조건에 관련하는 인자는 사용되는

(그림 1) Sealer의 무늬별 비교



원료 Resin의 성질, Laminate 가공조건, Heat Seal 조건, Film의 Seal면의 상태, 기계의 성능과 적성 등이 있으며, 일반적으로 Heat Seal 성능은 저온 Heat Seal성, Heat Seal 강도, 협잡물 Heat Seal성, Heat Seal 열간성(Hot Tack성) 등으로 표현된다.

Pouch의 강도를 고려해 볼 때에 소재 필름의 강도 뿐만 아니라 Heat Seal 부분의 강도 또한 똑같이 중요하다. 특히 소재 필름의 표면은 기본적으로 주름, 먼지, 이물질 등이 없어야 한다.

적정 Heat Seal 강도는 가열온도, 가압하는 압착력, 압착시간 등에 의해 결정된다.

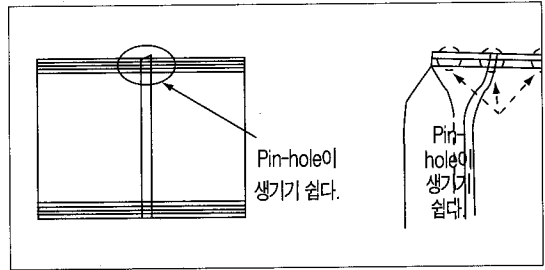
가열온도는 접착온도, 가압하는 압착력은 Heat Seal 조건, 압착시간은 생산속도(cut/min)라고 할 수 있다.

가열온도와 Speed는 포장기 작업자가 손쉽게 조절할 수 있는 반면, Heat Seal의 압착력은 포장기 작업자가 조절할 수 없으며 정비사가 조절하여야 한다.

이 세 조건 즉 온도, 압력, Speed가 맞지 않을 때 Pin-hole이 발생하기가 쉽다.

또한 Heat Seal 작업공정 중 내용물에 따라 Pin-hole이 발생하기가 쉽다. 특히 내용물 충전

(그림 2) 포장형태별 Pin-Hole 형성이 쉬운 부위



후의 Seal부분은 내용물의 충전에 의해 Pouch가 변형되기도 하고, 분말스프나 내용물의 부스러기 등이 비산하여 Pouch 내면에 부착하기도 하여 Seal이 불완전하기가 쉽다.

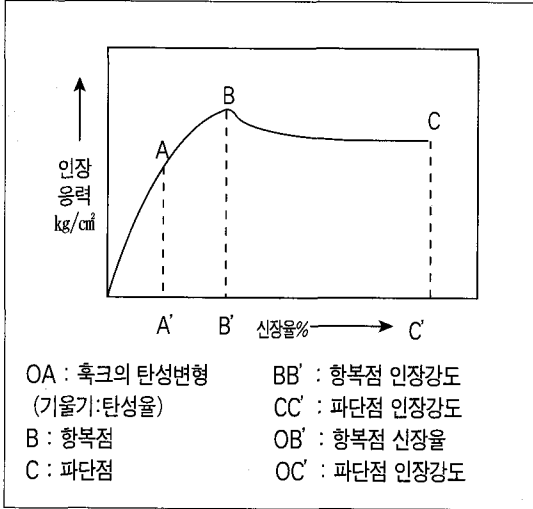
포장기 종류에 따라 차이가 있지만 포장 작업성 즉 생산성을 향상시키기 위하여 Seal 시간이 충분하지 않으면 Seal Bar(Sealer)의 온도가 변동되어 Seal이 불안정하기 쉽다.

Heat Seal의 Seal Bar(or Jaws)는 Seal 면적에 동일한 압력을 가해야 하는데 동일한 압력을 가하기 위해 Seal Bar 및 Cut Knife의 지속적인 정비가 필수적이다.

따라서 Pouch 포장에 있어서는 Seal 작업이 문제없이 행해질 수 있도록 관리하는 것이 중요하며, 특별한 경우를 제외하고는 현조건에서의 Speed를 지나치게 향상시키지 말아야 한다. 생산성을 향상시키기 위해서는 무조건 Speed를 올리게 되면 Pin-hole이 발생할 가능성이 많아진다.

일반적으로 소재필름의 Sealant의 두께가 두꺼울수록 Heat Seal 강도는 상승하며 소비자가 쉽게 이용 가능한 적정 Heat Seal강도는 일반적으로 800~1500g/15mm로 나타나 있으나 정형화된 수치는 아니다.

[그림 3] 응력과 변형 곡선의 일반형



또한 적정 Seal 강도를 유지하기 위하여는 Sealer의 폭은 가능한 8mm 이상이 적당하며, 가로 무늬형이 세로무늬형보다 Heat Seal 부위의 Pin-hole을 방지할 수 있다.

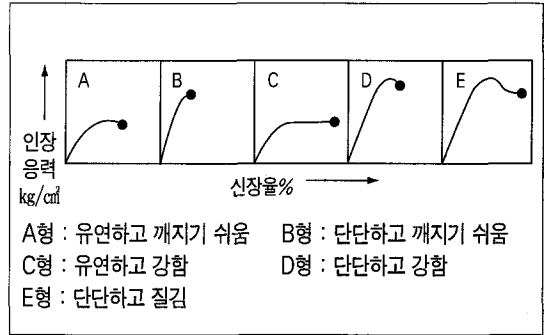
### 2-2. Heat Seal 부위의 파단 Mechanism

인장특성은 일정시편에 외력(인장하중)을 가하여 그 재료가 파괴될 때까지의 응력과 변형 (Stress-Strain)의 관계로 표시되는 기계적 성질이며 인장강도(항복점, 파단점), 신장율(항복점, 파단점) 등이 이에 속한다.

시험편을 사용하여 인장시험을 행하면 [그림 3]과 같은 측정결과가 얻어진다. 재질에 따라 응력과 변형곡선을 달리 나타내는데 곡선의 종류와 수치의 일반적 성질은 [그림 4]와 같다.

소재필름의 인장시험을 행하면 [그림 5]의 0-a-b(접선 부분)과 같은 인장하중-신장곡선이 되는데 똑같은 소재필름에서 Heat seal 부분을 가

[그림 4] 응력과 변형 곡선의 종류와 수치의 성질



진 시험편을 인장시험을 행하면 인장하중-신장 곡선은 b점의 피크에 도달하지 않으며 도중의 a 점에서 파단된다.

인장을 개시하고 난 후 파단할 때까지 Heat Seal 부위가 강하게 인장되면 우선 Delami를 발생시킨다. 그리고 일단 Delami를 발생하여 복합필름의 외면층과 내면층이 분리되어 그 부분은 역학적 강도가 극단적으로 약하게 되어 최내면의 Heat Seal층이 늘어나 파단에 이르게 된다.

Heat Seal부위 강도는 어떤 요인에 의해 영향을 받는지의 관계를 나타낸 것이 [그림 6]이다. Heat seal부의 강도는 다음 요인에 의해 영향을 받는다.

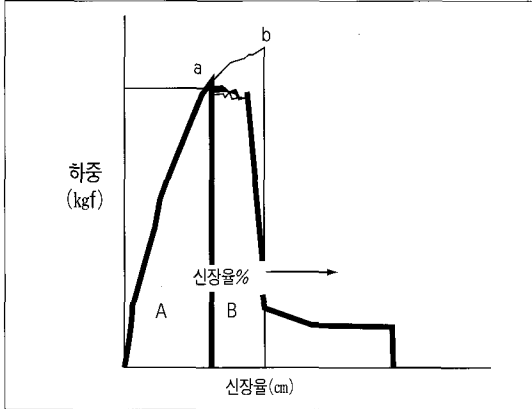
#### 2-2-1. Heat seal 부분의 접착강도

Heat Seal층이 충분히 접착하지 않으면 그 부분은 벗겨지고 만다.

#### 2-2-2. 접착한 Heat Seal 층의 신장강성

인장시험으로 시험편의 양끝을 인장하면

[그림 5] Heat Seal 부분의 인장시험에 있어서 인장하중-신장곡선



Heat Seal 층도 늘어난다. 내면의 Heat Seal 층과 비교하여 외면층은 통상적으로 신장율이 적은 재질을 사용하기 때문에 내면층이 어느 일정량 이상으로 늘어나면 Delami를 발생시킨다.

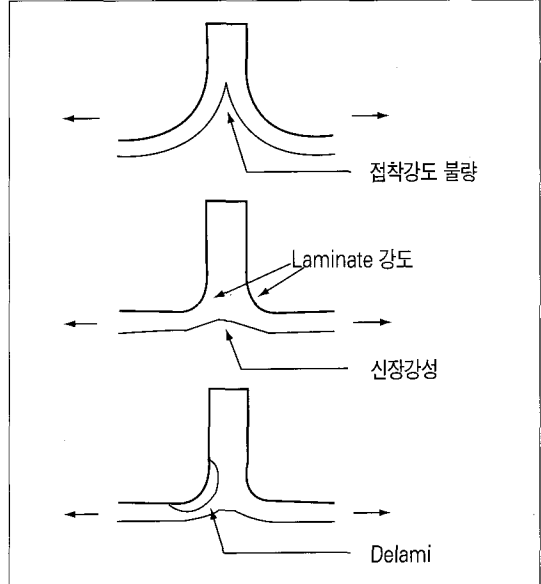
따라서 인장하중에 의하여 내면층의 신장율이 적은 것이 중요한데 이것을 신장강성이라 부른다. 복합필름의 Heat Seal 부위의 파단층의 두께가 증가하면 인장에 대한 단면적이 증가한다.

단 면적이 증가되면 인장에 대한 Heat Seal 층의 신장량이 감소하며 그만큼 Delami가 발생하기 어렵다는 의미이다. 따라서 복합필름의 Heat Seal 층의 두께를 증가시키면 Heat Seal 부위의 강도가 증가한다고 하는 이유를 설명할 수가 있다.

### 2-2-3. Laminate 강도

위에서 설명한 바와 같이 내면의 Heat Seal 층과 외면층과의 사이에는 인장에 의해 신장응력의 Unbalance를 발생하여 Laminate 부분을 충분히 접착하고 있는 사이에는 Laminate 필름이

[그림 6] Heat Seal 부분의 강도에 영향을 주는 요인



일체가 되기 때문에 강한 인장강도를 가진다.

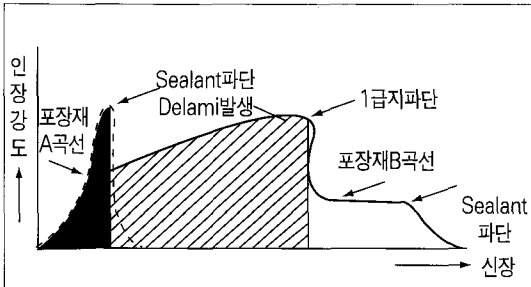
일단 Laminate 부분이 Delami되면 외면층과 내면층이 각각 인장되기 때문에 인장강도는 저하되며 곧바로 파단된다.

이상과 같이 Heat Seal 부분의 강도는 복합필름 자체의 신장강도가 필요한 것은 물론이지만 Heat Seal 부분에 있어서 (1) Heat Seal 층의 동일한 접착강도, (2) 접착한 Heat Seal 층의 신장강성, (3) 복합필름의 Laminate 강도의 Balance가 중요하다. 이 중에 어느 조건이라도 불충분하면 전체적으로 Heat Seal 강도를 저하시키는 요인이 된다.

### 2-3. 피우지의 충격강도와 파단 에너지

복합필름의 Heat Seal 부분에 관하여 인장시험을 행하면 [그림 4]에 있어서 0-a까지 행동을

〔그림 7〕 인장하중-신장곡선



개시하며 a점에서 파단하는 곡선이 되는데 그때 a점의 파단시의 하중을 통상 Heat Seal 강도라고 부른다.

그런데 복합필름으로 구성된 파우치의 실제 충격강도는 하중의 Peak치인 a점이 아니라 인장하중 신장곡선내의 면적의 크기(파단에너지)로 결정되는 것으로 알려져 있다.

〔그림 7〕과 같이 포장재 A와 포장재 B를 비교하면 인장강도의 Peak치는 거의 동일하나 파단 에너지(신장율-하중곡선의 면적치)로 비교하면 포장재 A와 비교하여 포장재 B의 경우가 파단에 이르기까지의 신장율이 크며, 매우 큰 파단에너지를 나타내는 것을 볼 수 있다.

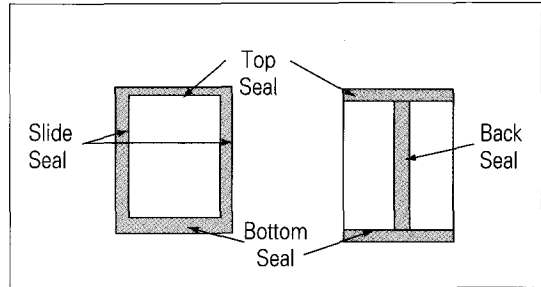
이와 같이 파우치의 충격강도는 인장강도의 Peak치 뿐만 아니라 인장하중-신장곡선의 면적치(파단에너지)로 평가해야 한다.

또한 측정치에 대한 공정성을 기하기 위하여 〔그림 8〕과 같이 Pouch의 각 Seal 부위를 측정하는 것이 바람직한 방법이라 할 수 있다.

### 3. 결론

이와 같이 Pouch에 있어서 Heat Seal 강도에

〔그림 8〕 Pouch의 Heat Seal 강도 측정용 시험편



영향을 주는 요인, 파단 Mechanism과 Pin-hole에 대한 내용을 대략적으로 설명하였다. 포장된 Pouch의 강도는 Pouch를 구성하는 필름의 강도 뿐만 아니라 여러 요인에 의해 영향을 받는다.

포장재질의 선정은 제품의 유통조건, Pouch를 구성하는 필름재료의 강도, 포장작업(필름의 권취에서 Pouch를 Seal 성형하는 작업, 내용물의 충전작업, 내용물 충전후의 밀봉성 Seal 작업 등) 등 제반조건에 따라 Pouch의 성능에 영향을 준다. 즉 Pin-hole 발생에 영향을 준다. 실제적으로 최종 소비자에게 전달되는 것은 필름상태가 아니라 Pouch 형태이다.

포장의 기능 중에는 보호성과 편리성이 공존하고 있고, 소비자의 편리성 추구에 따라 포장의 편리성은 더욱 요구되는 기능의 하나임에 틀림없다.

식생활 및 식문화의 변화로 소비자의 요구특성이 다양화됨에 따라 포장재 및 포장기 또한 하루가 다르게 변화되고 개선되어진다. 포장재의 요구특성, 포장기의 처리능력, 내용물 특성, 포장형태 등을 충분히 고려하여 적절한 Heat Seal 방법과 기술을 확립할 필요가 있다. 