

## 폴리에스테르섬유와 고무의 접착

정 경 호

### 1. 서 론

섬유와 고무의 접착은 고무산업에서 매우 중요한 관심사이다. 레이온과 나일론과 같은 전형적인 보강섬유들은 표면에 극성기를 가지고 있기 때문에 레소시놀-포름알데히드-라텍스(RFL) 접착제를 사용하여 이들 보강섬유들을 잘 접착시킬 수 있다. 그러나, 폴리에스테르 섬유의 경우는 표면활성도가 이들 섬유에 비해 떨어져 고무와 접착시키기 위해 RFL 접착제로 처리하기에 앞서 전처리가 요구되어진다.<sup>1-3</sup>

이러한 전처리 방법들은 여러 가지 단점들을 가지고 있다. 예를 들어 전처리에 사용되는 이소시아네이트는 독성 물질이며 또한 전처리 방법은 대기오염뿐만 아니라 인체에 해로운 유기용매를 사용한다. 더구나 섬유 표면에 존재하는 미경화 에폭시계 시약 역시 인체에 해롭다. 이를 해결하기 위해 본 연구진들은 레소시놀과 포름알데히드를 먼저 축합시킨 레진을 사용한 선축합 RFL 접착제 (pre-condensed resorcinol-formaldehyde, SJR-1)를 준비하였다.<sup>4,5</sup>

따라서, 본 연구는 해로운 유기용매 사용을 줄이고자 다음과 같은 연구를 수행하였다. 폴리에스테르 섬유 표면을 수용성으로 개질한 에폭시 수지 (SJR-2)로 전처리 하였고,<sup>6</sup> SJR-1을 채택하였으며, 폴리에스테르 섬유를 코팅시킬 RFL 접착제 조성 최적화와 열처리조건을 최적화하였다. 이와 같은 연구를 통해 폴리에스테르 섬유를 NR, CR, NBR, HNBR 및 CHR (chlorohydrin) 등에 잘 접착시킬 수 있었다.

### 2. 실험

#### 2.1 재 료

보강섬유로 사용된 폴리에스테르는 0.14 mm 두께의 aero 필름에 사용되는 폴리에스테르653이었다. Aero 필름은 항공기 부품에 사용되는 고무와 섬유로 이루어진 복합체이다. 접착제에 사용된 라텍스는 클로로프렌 라텍스, 비닐피리딘 라텍스 및 NBR 라텍스였다.

#### 2.2 실험절차

접착실험은 다음과 같은 과정을 통해 시험편을 준비한 후 중국 표준시험 방법인 GB532-91에 의거한 two-ply strip peel adhesion 시험방법을 사용하였다.

[폴리에스테르 섬유 → 표면 접착 활성제로 1차 코팅 → 건조 및 부분경화 → SJR-1을 사용하여 준비된 RFL 접착제로 코팅 → 건조 및 경화 → 고무가교 → 접착실험]

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 폴리에스테르 섬유의 표면 활성화 및 접착

현재 폴리에스테르 섬유의 경우 RFL 접착제를 처리하기 전에 에폭시계나 이소시아네이트계 접착제로 1차 전처리를 하고 있다. 이 전처리 절차를 폴리에스테르 섬유의 표면 접착 활성화라고 한다. 본 연구진은 수용성이면서 활성도가 매우 높은 개질 에폭시수지를 합성하였고 이 수지는 자체적으로 또한 SJR-1 수지와 동시에 축합시킬 수 있다. 폴리에스테르 섬유

를 이 수지와 SJR-1 수지로 이루어진 3% 수지 용액에 침지 시킨 후, 부분 경화를 시키면 폴리에스테르 섬유 표면에 활성도가 높고 확고하게 접착된 필름이 표면에 형성된다(섬유 무게 대비 약 3%). 일반적으로 peel 접착강도가 2 kN/m 이상이 요구되는데 Table 1에 나타난 바와 같이 나중에 RFL 처리를 하지 않고 이상의 처리만으로도 그 이상의 접착강도를 얻을 수 있었다. 본 연구의 경우는 전처리 방법에서 유기용매를 사용하지 않을뿐더러 인체에 해로운 미경화 에폭시도 표면에 남아있지 않는다.

**Table 1. Effect of Pretreatment of the Subcoat on Adhesion**

| stocks | peel strength (kN/m) |
|--------|----------------------|
| CHR    | 2.7 - 3.3            |
| NBR    | 2.6                  |

전처리를 할 때의 열처리 조건은 폴리에스테르 섬유 표면 활성도에 영향을 미쳐 결국 최종 접착력에서 영향을 미친다. Table 2에 150℃에서 건조 시간에 따른 접착력 변화를 나타내었는데 4분의 건조시간이 최적이었으며 dip pick-up (DPU)는 약 5%이었다.

**Table 2. Effect of Heat Treatment Condition of the Subcoat on Adhesion(the stock is CHR)**

| time (min.)          | 3   | 4   | 5   |
|----------------------|-----|-----|-----|
| peel strength (kN/m) | 1.8 | 3.3 | 2.8 |

### 3.2 RFL 제조와 열처리 조건

RFL 접착제에 사용되는 라텍스는 반드시 접착될 고무와 상용성이 있어야 한다. 따라서 폴리에스테르 섬유가 접착될 고무 종류에 따라 접착제에 사용될 라텍스도 달라져야 하는데 Table 3에 이를 요약하였다.

**Table 3. Latices Selected for Different Stocks**

| stock | CHR     | CR      | HNBR   | NBR    | NR |
|-------|---------|---------|--------|--------|----|
| latex | LDR-403 | LDR-403 | NBR-26 | NBR-26 | VP |

RFL을 접착제로 사용할 경우 최종 접착력에 영향을 미치는 여러 가지 요소들이 있는데 이를 요약하면 다음과 같다. RFL 제조방법, RFL 조성, 섬유 표면에 접착제 코팅량, 열처리조건 등이다. Table 4에 RFL 접착제에서 RF/L의 무게비에 따른 접착력을 비교하였고 Table 5에는 열처리 조건의 영향을 비교하였다.

**Table 4. Effect of RF/L Weight Ratio on Adhesion (the stock is CHR)**

| RF/L weight ratio   | 1/4 | 1/5 | 1/6 |
|---------------------|-----|-----|-----|
| peel strength(kN/m) | 4.1 | 3.8 | 3.4 |

**Table 5. Effect of Heat Treatment Time at 160℃ on Adhesion (the stock is CHR)**

| time (min.)          | 4   | 5   | 6   |
|----------------------|-----|-----|-----|
| peel strength (kN/m) | 3.1 | 3.1 | 4.3 |

본 연구의 경우 subcoat는 SJR-1과 SJR-2 수지로 제조하였으며 topcoat는 SJR-1 수지 그리고 라텍스는 다양하게 시스템에 부합하는 여러 종류를 사용하였다. 일련의 RFL 조성과 열처리 조건 등을 최적화 한 후 폴리에스테르 섬유와 여러 종류의 고무 사이의 우수한 접착을 달성할 수 있었으며 그 결과를 Table 6에 나타내었다.

**Table 6. Adhesion Results of Polyester Textile to Several Rubber Stocks**

| stock                | NR  | CR  | NBR | HNBR | CHR     | CHR |
|----------------------|-----|-----|-----|------|---------|-----|
| peel strength (kN/m) | 4.5 | 5.0 | 5.0 | 4.9  | 4.0-5.6 | 4.1 |

## 4. CHR 고무복합체의 내피로특성과 내유성

### 4.1 피로저항성과 내유성

Table 7은 10만회의 피로시험 후 접착강도 유지력을 나타낸 결과이다. 시험편들은 피로시험으로 인해 벗겨지는 현상도 발생하지 않았다. 시험편이 상온에서 24시간 동안 항공기 제트

연료유에 담가졌을 경우도 90% 이상 접착강도를 유지하는 것으로 나타났다.

**Table 7. Effect of RFL Filled with CB on Textile Adhesion Strength (kN/m)**

|                       | 1   | 2              | 3              | 4              |
|-----------------------|-----|----------------|----------------|----------------|
| RFL with no CB filler | 3.8 | 2.6<br>(68.4%) | 3.7<br>(97.4%) | 2.0<br>(52.6%) |
| RFL with CB filler    | 3.5 | 3.6<br>(100%)  | 3.5<br>(100%)  | 2.6<br>(74.3%) |

1. 피로 혹은 노화 시험을 거치지 않은 원 시료
2. 10만회 피로시험을 겪은 시료
3. 상온에서 24시간 동안 #2 kerosene에 침지된 시료
4. 10만회 피로시험을 겪은 3번 시료

#### 4.2 카본블랙의 영향

RFL 접착제에 카본블랙을 분산시켜 사용하면 섬유와 고무의 접착을 증진시켜 피로저항과 내구성 특성을 향상시킨다. Table 7에 그 결과를 나타내었는데 카본블랙/라텍스의 비율은 대부분의 경우 15/100으로 조절하였다.

#### 4.3 코팅된 폴리에스테르 섬유의 보관 안정성

두 종류 CHR 고무혼합물을 2개월과 4개월 동안 보관한 후 저장 안정성을 시험하였다. Table 8에 그 결과를 나타내었는데 접착력의 큰 변화가 없는 것으로 보아 저장안정성은 매우 우수한 것으로 생각된다.

**Table 8. Storage Stability of Treated Textile**

| compound | original peel strength (kN/m) | peel strength after 2 months storage (kN/m) |
|----------|-------------------------------|---|
| CHR 1    | 4.5                           | 4.3   |
| CHR 2    | 3.8                           | 3.8   |

\* CHR1과 CHR2는 고무혼합물 조성만 다름

### 5. 결 론

개발된 에폭시 수지 용액으로 폴리에스테르

섬유를 처리함으로써 우수한 접착강도를 얻을 수 있었다. 현재 폴리에스테르 접착을 위해 사용되는 2단계 접착 시스템과 비교시 본 기술은 유기용매를 사용하지 않을 뿐만 아니라 코팅된 섬유 표면에 미경화된 에폭시로 인한 독성 문제도 해결할 수 있었다. 따라서, 본 기술은 기술적, 경제적 또한 안정성 측면에서 실제 응용될 수 있는 우수한 접착시스템이라고 생각된다.

### 참 고 문 헌

1. W. E. Weening, Proceedings for IRC '86, Sweden, pp. 298-303, 1986.
2. T. Takeyama and J. Matsui, Rubber Chem. & Tech., 42, 229(1969).
3. T. S. Solomon, Rubber Chem. & Tech., 58, 566 (1985).
4. J. Yuan, MS Thesis, Xi'an Jiaotong University, 1989.
5. S. Yuexian, MS Thesis, Xi'an Jiaotong University, 1991.
6. W. Youdao, W. Bihe, Z. Yuansuo and S. Yuexian, "The manufacturing technology of high pressure hydraulic hose reinforced with aramid cord", CN1088156A, 2000.

본 「고무산업 기술 서비스」는 Rubber World의 Tech Service에 수록된 내용을 Rubber World Magazine으로부터 번역 허락을 득하여 2002년 1호지 부터 계속해서 수록하기로 하였습니다. 고무관련 일을 하시는 모든 분들에게 많은 도움이 되길 바랍니다.

"This article appeared previously in Rubber World Magazine(Vol. 225, No.4, 2002)" Authors: S. Yuexian, W. Youdao and X. Chuanxiang (Xi'an Jiatong University)