

터치센서 직물(1)

아이치현 산업기술연구소

오와리섬유기술센터

1. 서 론

오래전부터 직물은 의류와 인테리어 소재로 사용되고 있는 인간이 몸에 접하는 소재로서 가장 친숙하다. 최근 들어 지금까지 거의 관계가 없었던 직물과 전자회로와의 인터페이스 가능성이 주목 받고 있어, 직물분야에 전자공학적인 하이테크놀로지를 접목한 연구가 활발히 진행되고 있다.

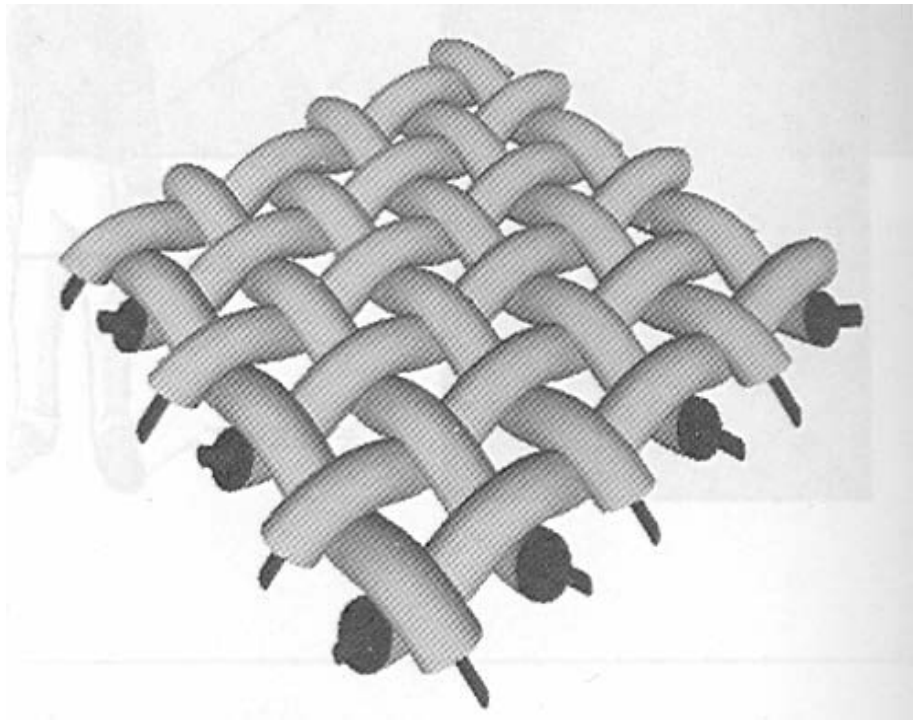
본 연구소에서는 약 4년 전부터 센서 기능을 갖는 직물에 관한 연구를 하고 있다. 개발품 중 하나는 위에서 압력이 가해지는 것을 감지할 수 있는 직물이다. 기존에는 압력분포를 감지할 수 있는 시트상의 센서에서는 필름이나 고무 등의 소재가 사용되고 있었다. 이러한 기존제품과의 차별화를 위해, 개발시 직물 본연의 외관을 가능한 손상시키지 않는 것을 목표로 하였다. 직물에 전기적인 기능을 갖도록 하는데 있어서 중요한 역할을 하는 전도성 섬유는 일반적으로 사용되고 있는 의류용 섬유와 비교하면 강직하고 광택이 있다. 이와 같은 섬유를 그대로 사용하면 직물 본래의 유연한 성질이 없어지며, 외관에도 영향을 미친다. 그래서 코어부분에 도전성섬유, 쉬스부분에 천연섬유를 배치하여, 직물소재로서의 물성을 손상시키지 않는 2층 구조사를 만들었다.

제조한 2층 구조사를 사용한 직물을 압축할 경우 정전용량이 변화하는 것을 실험에서 확인할 수 있었으며, 이 직물을 감시 카펫이나 보행센서로 활용하기 위해 실험을 진행하였다.

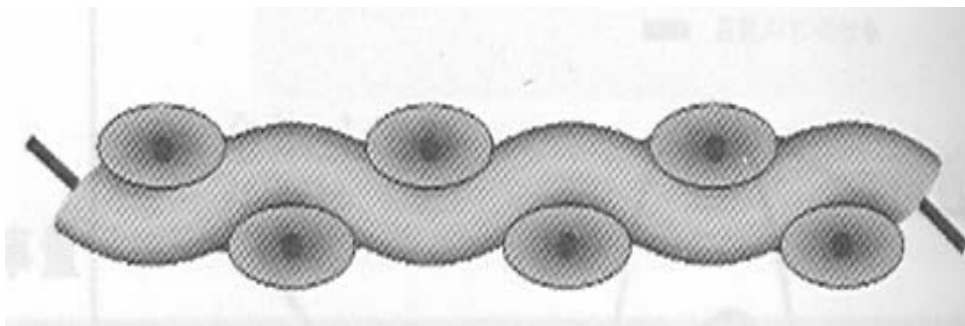
2. 본 론

(1) 센서 작동원리

코어부분에 도전성 섬유, 쉬스부분에 절연성 섬유를 배치한 도전성 2층 구조사를 사용한 직물의 구조를 <그림 1>에 나타내었다. <그림 2>는 이 직물의 단면구조를 나타낸 것이다.



<그림 1> 도전성 2층 구조사를 사용한 직물의 구조

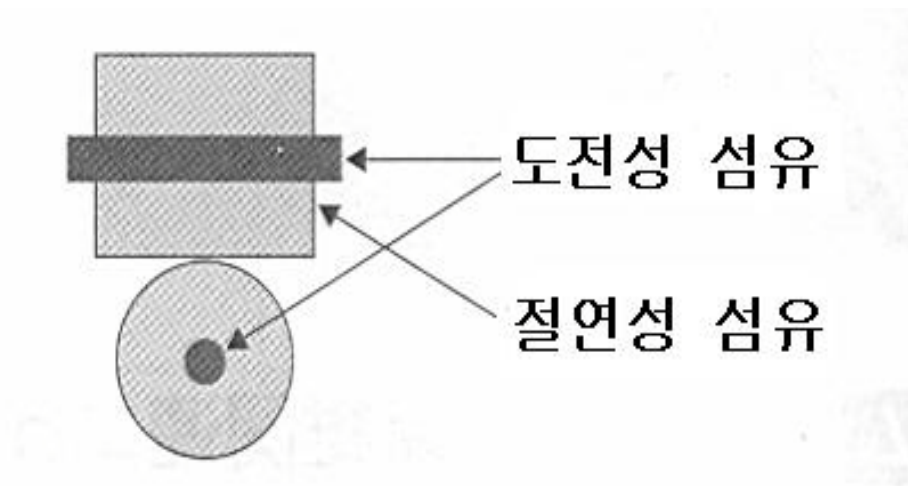


<그림 2> 도전성 2층 구조사를 사용한 직물의 단면구조

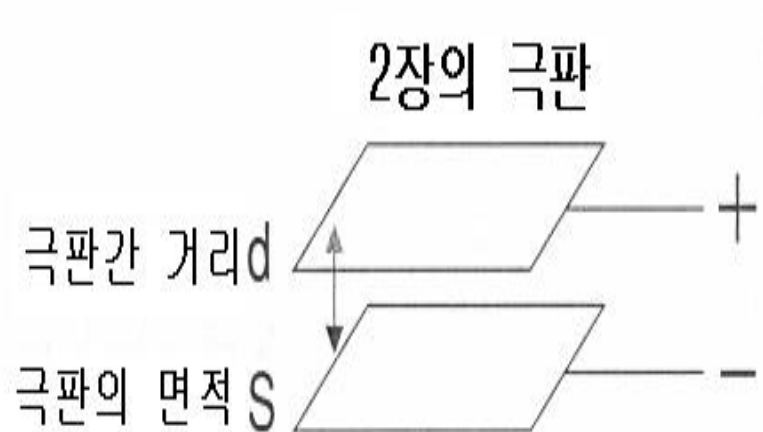
제작된 실의 교점부분은 <그림 3>에서와 같이 도전성 섬유가 교차한다. 2개의 도전성 섬유가 절연성 섬유를 사이에 둔 이 구조는 정전용량(전기 도체 또는 도체들의 집합의 성질로서 단위 전압의 변화로 이 도체에 충전될 수 있는 서로 분리된 전하의 양)이 생긴다.

정전용량의 모델을 <그림 4>에 나타내었다.

일반적으로, 절연체를 사이에 둔 경우 도전체에 전압을 가하면 양전극에 전하를 저장할 수 있다. 극판이 평면일 경우의 정전용량은 식 (1)과 같이 나타낸다.



<그림 3> 실의 조직점 구조



<그림 4> 평판 축전기 모델

$$C = (\epsilon S) / d \quad \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

C : 정전용량(F)

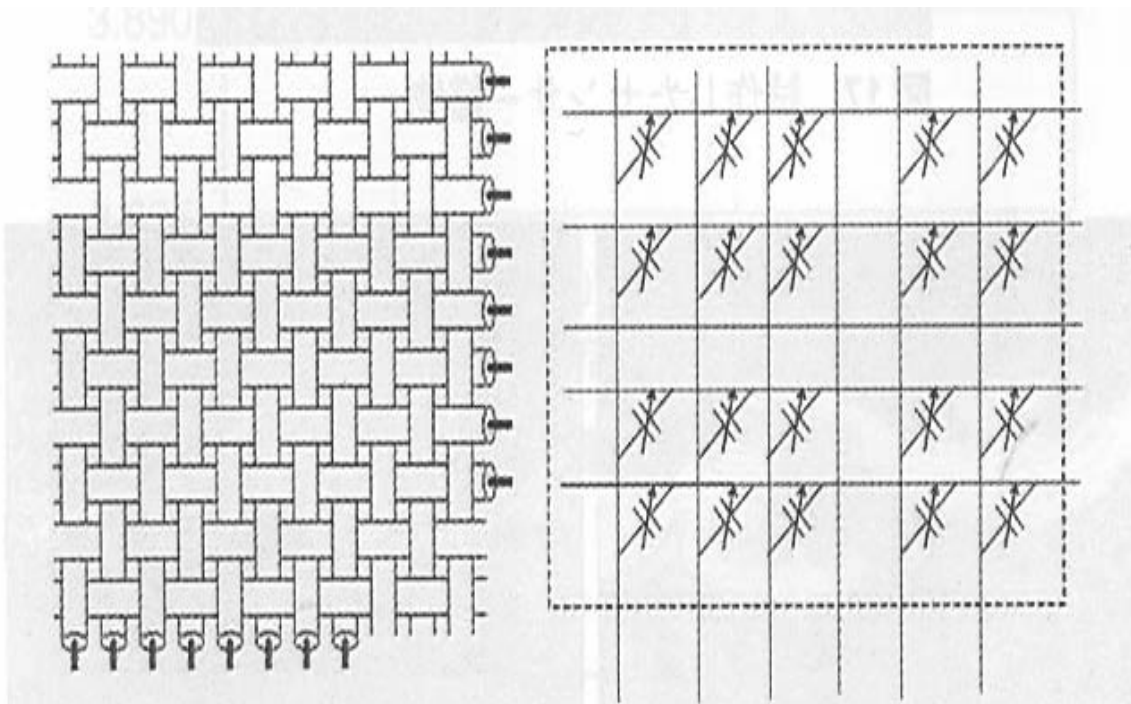
ϵ : 유전율(F/m)

S : 극판의 면적(m^2)

d : 극판 사이의 거리(m)

직물내의 교차점에 있어서 ϵ , S는 거의 일정하다고 하면, 정전용량 C는 거리 d에 의존해 직물을 압축한 경우에 생기는 실의 변형에 의해 정전용량이 증가한다. 이 경우, 정전용량의 변화를 계측하여 직물을 압축한 압력(힘)을 검출할 수 있다.

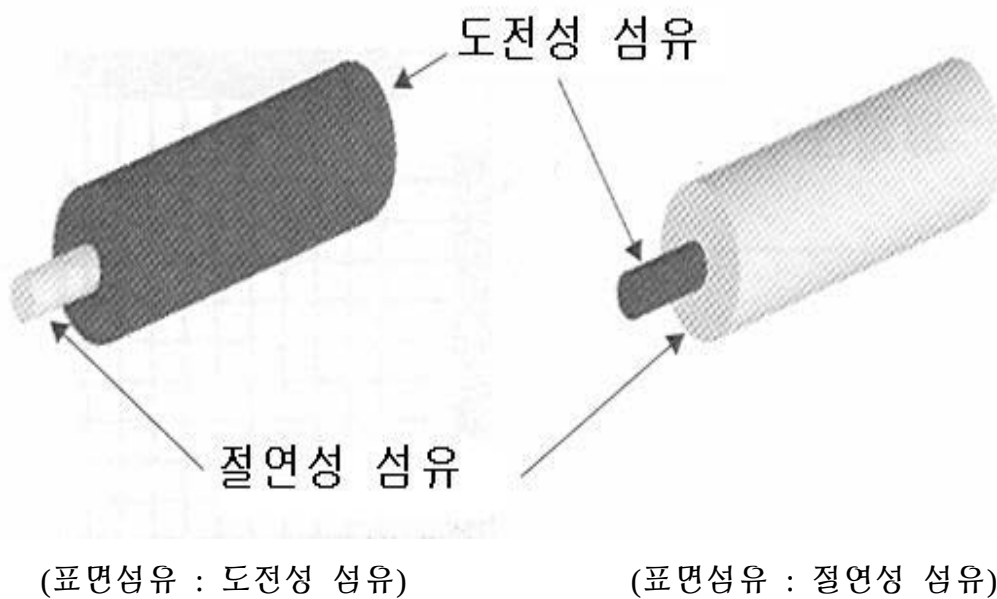
정전용량은 도전성 섬유를 함유한 <그림 5>의 모든 조직점에서 형성된다. 이 직물의 등가회로를 <그림 5>에 나타냈다. 각 조직점은 아래실과 위의 실이 만나는 조건에서 선택할 수 있도록 임의 조직점의 정전용량을 계측하는 것이 가능하다. 따라서 정전용량이 변화한 조직점의 위치를 특정하는 것이 가능하다.



<그림 5> 직물 구조와 등가회로

(2) 도전성 2층 구조사

도전성 섬유와 절연성 섬유를 2층으로 배치한 실의 구조를 <그림 6>에 나타내었다. 쉬스부분에 도전성 섬유를 배치한 실은 제전효과가 있어, 의류제품을 비롯하여 많이 사용되고 있다. 한편, 도전성 섬유를 코어부분에 배치한 실은 용도가 제한되며, 더욱이 도전성 섬유를 완전하게 피복하는 것이 용이하지 않아 지금까지 많이 사용되지 않았다.

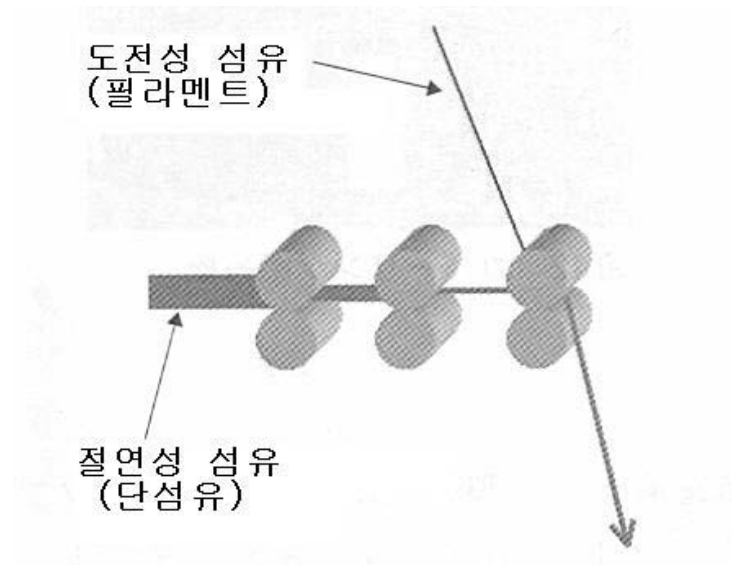


<그림 6> 도전성 2층 구조사

도전성 섬유를 센서직물에 사용하기 위해서는 도전성 섬유를 절연성섬유로 완전하게 피복해야만 한다. 같은 모양의 2층 구조물로서는 도전성 섬유를 수지로 피복한 구조가 고려되고 있다. 이와 같은 소재는 전기배선 등에서 사용되고 있고, 제조방법이 확립되어 있으나, 수지층을 함유하는 직물에 들어가는 경우 직물 특유의 유연한 촉감을 유지하는 것이 어렵다. 이와 같은 이유로 직물에 절연체로서 섬유를 채용하였다.

도전성 섬유를 코어부분에 배치한 2층 구조사를 제조하는 방법으로 링정방기를 사용하는 방법이 있다. <그림 7>에 그 방법을 나타내었다. 이 방법에 의해 제조된

실을 관찰해보면 대체적으로 쉬스·코어구조를 유지하고 있다. 그러나 <그림 8>과 같이 코어사가 표면에 노출되는 부분이 드물게 존재한다. 아래실과 위의 실의 코어사는 1개 부분에서라도 접촉하여 합선되면 정전용량을 측정하는 타입의 센서직물로 사용할 수 없다.



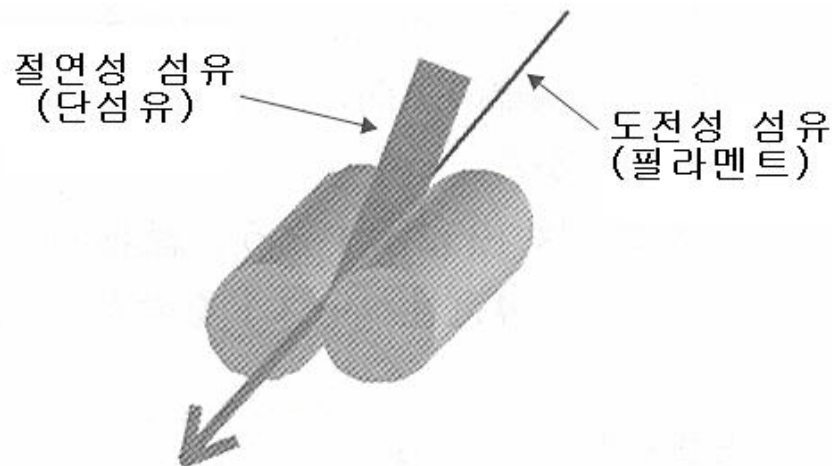
<그림 7> 링 정방 방식



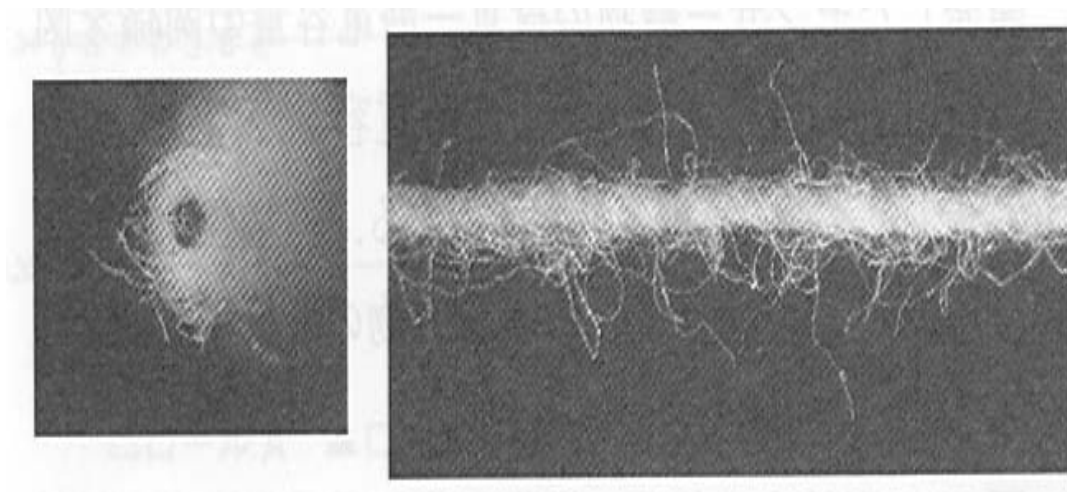
<그림 8> 링 방적사

<그림 9>에 마찰정방기를 사용한 2층 구조사 제조방법을 나타냈다. 이 방법은 개섬한 섬유를 다공성 롤러와 고무롤러의 사이에 공급하여, 롤러 표면에서 도전성 섬유로의 집속과 가연이 동시에 이뤄진다. 마찰정방기를 사용하여 제조한 2층 구조사의 단면 및 측면을 <그림 10>에 나타내었다. 코어사가 거의 중심에 배치하고 있어 피복성이 유지되며, 또 이 실을 사용한 직물은 유연한 촉감을 가진다. 일

본내에서 가동되고 있는 마찰정방기의 수가 적어 공급 측면에서 문제가 남아있다.

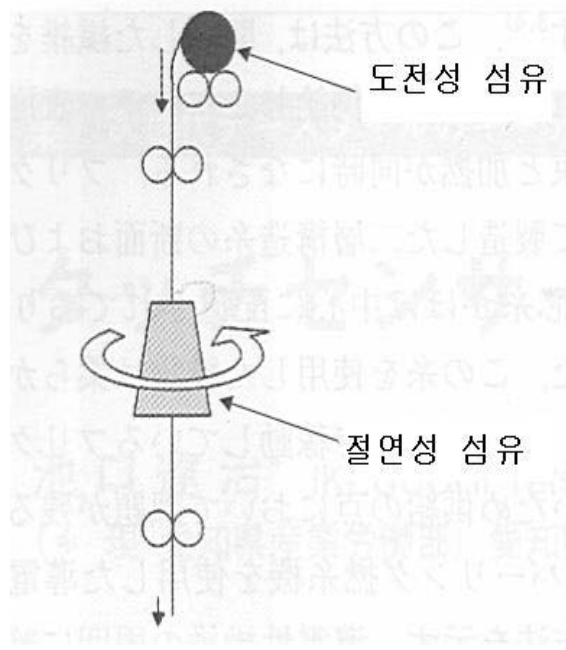


<그림 9> 마찰정방 방식

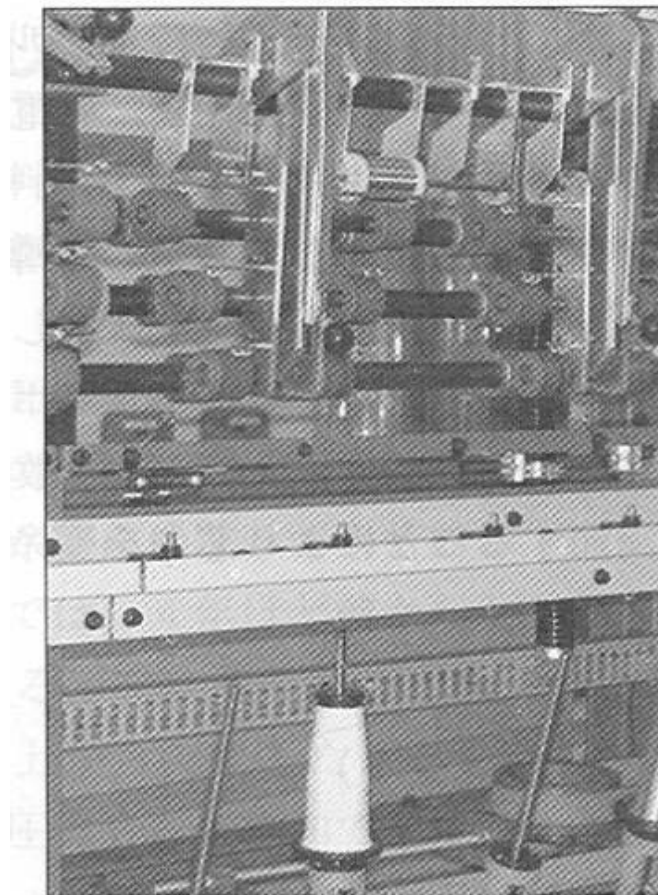


<그림 10> 마찰 방적사의 단면 및 외관

<그림 11>에 커버링연사기를 사용한 도전성 2층 구조사의 제조방법에 대해 나타냈다. 도전성 섬유의 주위에 절연성섬유를 감싼 구조의 실을 얻을 수 있다. 절연성 섬유의 보빈은 복수로 늘리는 것이 가능하기 때문에 한 공정으로 2중 커버링사를 제조할 수 있다. <그림 12>에 도전성 2층 구조사를 제조하는 커버링연사기를 나타냈다.

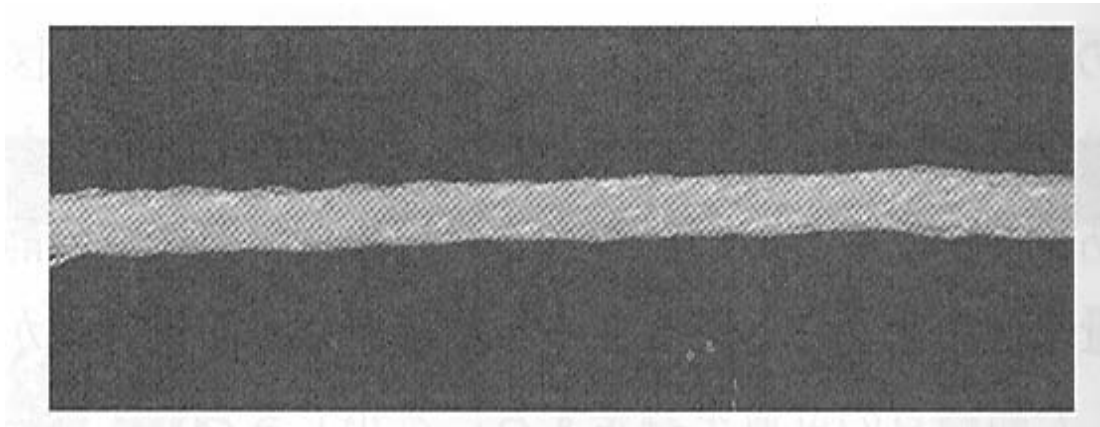


<그림 11> 커버링 연사의 제조방법



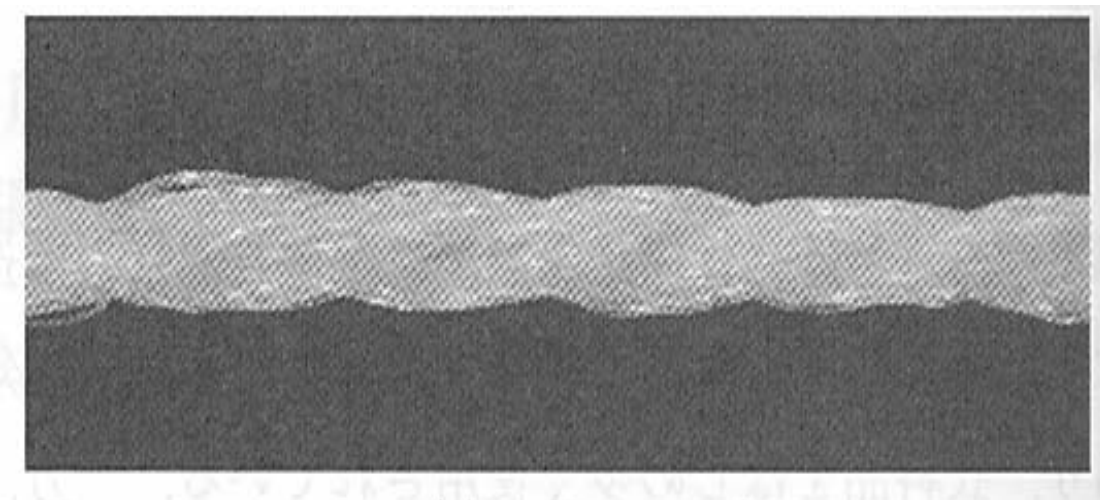
<그림 12> 커버링 연사기

커버링연사기를 사용하여 제조한 도전성 2층 구조사의 측면 사진을 <그림 13>에 나타냈다. 도전성 섬유로 스텐레스선(직경 0.04mm), 절연성 섬유로 폴리 에스터 필라멘트(33.3tex)를 사용하였다. 꼬임수 및 실의 장력을 적절하게 조절하면 코어사를 쉬스사로 피복할 수 있다.

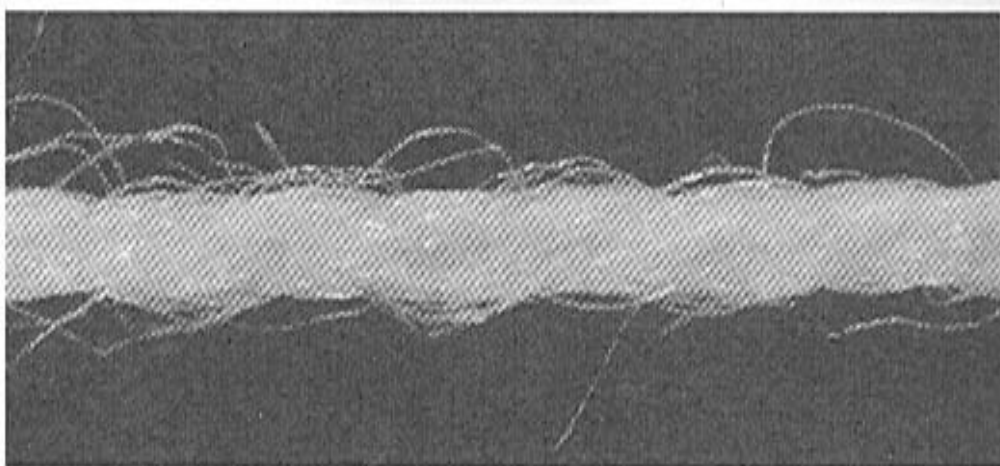


<그림 13> 도전성 2층 구조 커버링사

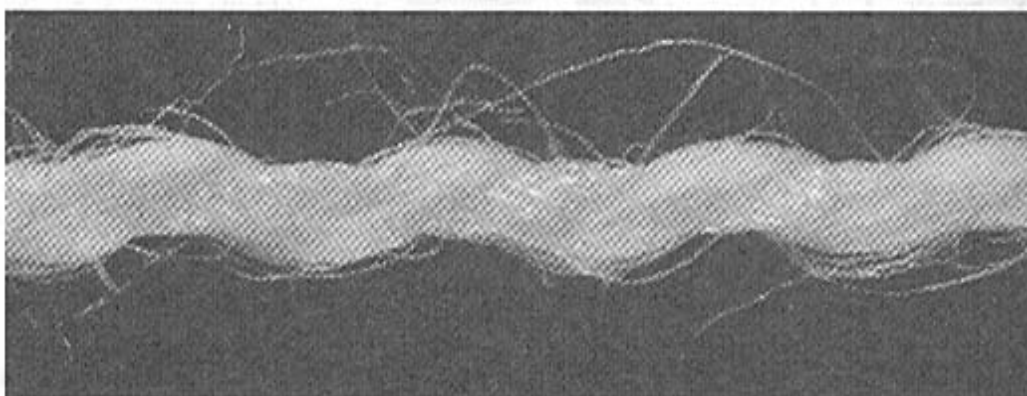
이 실을 기초로 만든 쌍사, 교연사, 이중 커버링사를 <그림 14~16>에 나타내었다. 또 이중 커버링사를 사용하여 제작한 직물을 <그림 17>에 나타내었다.



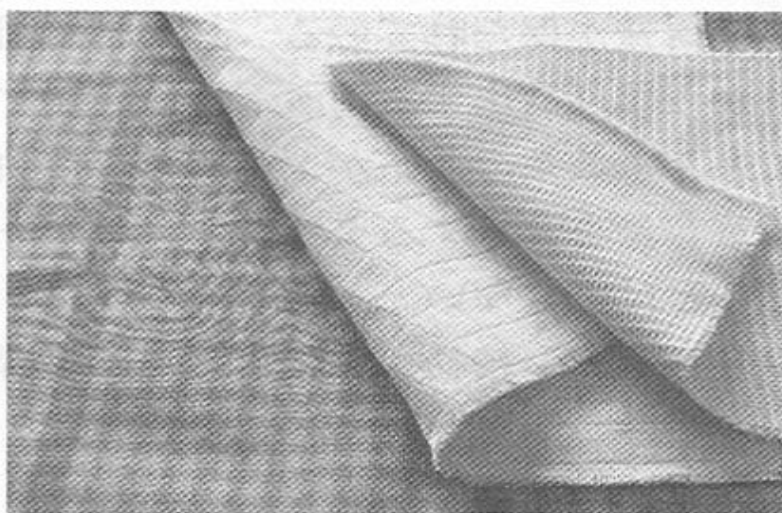
<그림 14> 커버링사를 이용한 쌍사



<그림 15> 커버링사와 면사의 교연사



<그림 16> 커버링사에 면사를 감싼 이중 커버링사



<그림 17> 센서직물 시작품