

# 연사기계 기술의 현황과 발전 전망

윤 상 혁

## Perspectives of Twisting Machine Technologies in Textile Industries

Sang-Hyurk Youn



- 윤상혁 [대원기계(주) 기술연구소]
- 1950년생
- 기계공학을 전공하였으며, 섬유기계 준비기계 분야에 관심을 가지고 있다.

### 1. 머리말

연사(twisting)란 간단히 말해서 실을 꼬아 주는 공정을 말하며, 제직준비 공정 또는 방적 공정의 한 가지로 분류된다. 면사, 모사, 화섬 방모사 등의 단섬유로 이루어진 실은 연사공정을 통해 원사의 인장강도를 높일 수 있으며, 필라멘트와 같은 장섬유는 연사공정을 통해 자연사와 유사한 성질을 갖게 된다. 또 모후, 필링, 섬유의 거센특성(주로 굽힘강성에 기인함) 등을 감소시켜 실의 품질을 현격히 향상시키게 되며, 실의 구조가 균형을 이루게 된다. 연사된 실은 제직(천을 짜는 공정), 편직 등의 다음 공정에서 다루기가 쉬우며, 이로써 원단의 구조 및 형태가 확실하고 반듯하게 되어 최종 제품의 사용기간이 길어진다. 연사는 제직 준비 공정 가운데서도 기본적인 공정이므로 연사기의 성능은 전체 제직공정에 큰 영향을 미치게 된다.

근래 상당수의 연사기 제조업체가 급속도로 신설되어 업체마다 경쟁적으로 기계 성능의 개선을 위해 노력하고 있지만 지금까지도 연사 Maker의 기술적인 요구사항을 충족시키지 못함은 각 경쟁사의 영업, 판촉 활동에 비해 기술적인 투자가 미흡했음에 그 원인이 있다고 하겠다. 섬유기계 산업이 경쟁력을 강화하기 위한 공통된 사항들은 기업내 기술 개발 투자의 증대, 생산공정의 효율화 및 자동화 촉진, 기술력의 선진화 및 고도화, 고급기술인력 및 기능인력의 안정적 확보, 정보화 체제구축 등이며, 연사기의 경우도 마찬가지로 이러한 산업구조개선에 적극 동참하여 외국산보다 우수한 연사기를 제작하는데 적극 노력해야 할 때이다.

연사기의 선두주자인 외국 이태리의 경우 섬유기계협회(ACIMIT) 및 이태리 정부의 정책적 지원 아래 미숙련된 단계에 있는 외국 기술자를 중심으로 한 선진기술 전수단을 대거 초청하여 자국의 섬유기계에 대해 소개하고, 기술을 습득할 수 있는 연수기회를 제

공함으로써 이태리산 연사기에 대한 홍보와 친밀감 유발, 연사기술 숙련도 향상 등을 통해 개발도상국 시장확보에 노력하고 있다.

서독, 일본 등 섬유기계 선진국과의 경쟁력 강화를 위해서는 기계의 자동화에, 따르는 안전성 및 내구성 강화와 연사기 스피들(spindle) 구조 개선에 역점을 둔 신기종 개발을 적극 검토해야 한다.<sup>(1,2)</sup> 다른 섬유가공기는 일반적으로 고속성이나 범용성이 요구되는 경우가 적은 데 반해, 연사기는 사용특성상 범용성, 고속성이 요구된다는 측면에서 기술적으로 불리한 입장에 있으며, 또한 연사기 기종(주로 연사방식과 스피들 용량으로 구분)에 따라서도 현저한 차이가 있다.<sup>(3)</sup>

이 글에서는 연사기의 고속화를 위해 가장 중요한 스피들과 관련된 주변 기기에 대하여 몇 가지 기술적인 면을 소개해 보겠다.

## 2. 연사기 구조와 스피들 회전 관계

### 2.1 연사기 구조

연사기는 용도에 따라 분류할 수도 있지만 연사방식에 따라 크게 분류하면 이태리식 연사기, 링연사기, 투포원연사기, 가연사기 등으로 구분된다. 그림 1의 이태리식 연사기는 패키지에 감긴 실을 스피들과 함께 회전하는 플라이어(flyer)가 원사보빈(bobbin: 원사가 감겨있는 실감개)의 실을 풀어 주면서 실감개에 다시 감는 과정에서 실을 꼬아주게 된다. 대개 10,000rpm 이하로 운전되며, 통상 6,000~7,000rpm 범위의 속도에서 사용된다. 주로 가공사를 연사하는데 사용되어 왔다. 그림 2의 링연사기는 보빈이 2단으로 설치되며, 여기서 공급되는 여러 가닥의 실이 snarl guide라는 고리(링)를 통과하여 보빈에 감기는데 이 고리가 상하로 왕복운동하는 동안에 실이 꼬인다. 보빈 1회전당 한 번 꼬인다는 점은 이태리식 연사기와 같다. 장섬유 원사를 합사하면서 연사하는 기능을 갖고 있

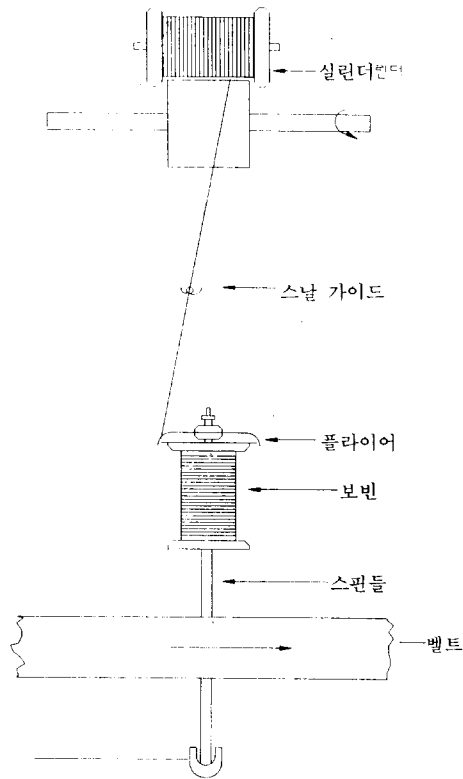


그림 1 이태리 연사기

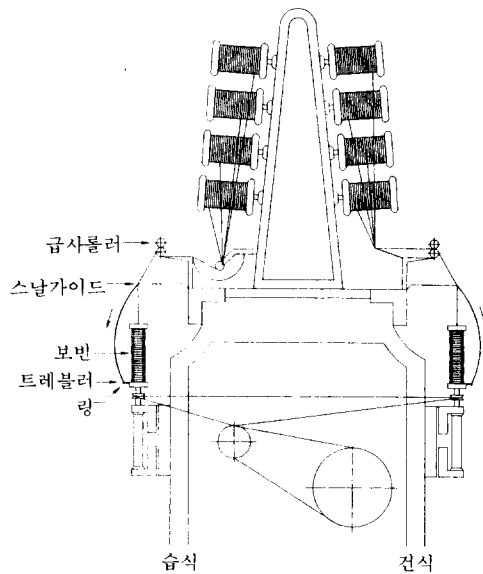


그림 2 링연사기

으며, 보통 10,000rpm 이하의 속도로 운전된다. 그림 3의 투포원연사기는 고정된 급사보빈과 이것을 관통하는 중공스핀들, 실이 통과하는 구멍(yarn guide)을 갖고 있는 디스크 및 실을 다시 감는장치 등으로 구성되어 있다. 급사보빈은 고정되어 있고 중공스핀들과 디스크는 함께 회전하는데 실은 급사보빈에서 풀려나와 중공스핀들을 거쳐 회전하는 yarn guide를 통과한다. 이 과정에서 디스크 또는 스핀들 1 회전당 실이 한 번 꼬인다. yarn guide를 통과한 후 실이 다시 감

기는 과정에서 실은 또 한 번 꼬이게 되므로 결과적으로 스핀들 1 회전당 실이 두 번 꼬이기 때문에 투포원(two for one)이라는 이름이 붙여졌다. 투포원연사기에서 실의 장력은 그림 4에 나타난 중공스핀들 내부의 볼텐서(ball tensor)라는 기구에 의해 미리 조절된 크기로 유지되는데 이 조정과정이 연사의 품질에 큰 영향을 미친다. 그림 5의 가연사기에서는 두 가닥의 실이 하나는 중공스핀들을 통과하고 다른 하나는 스핀들과 함께 회전하는 보빈에서 풀려나와 스핀들을 통과한

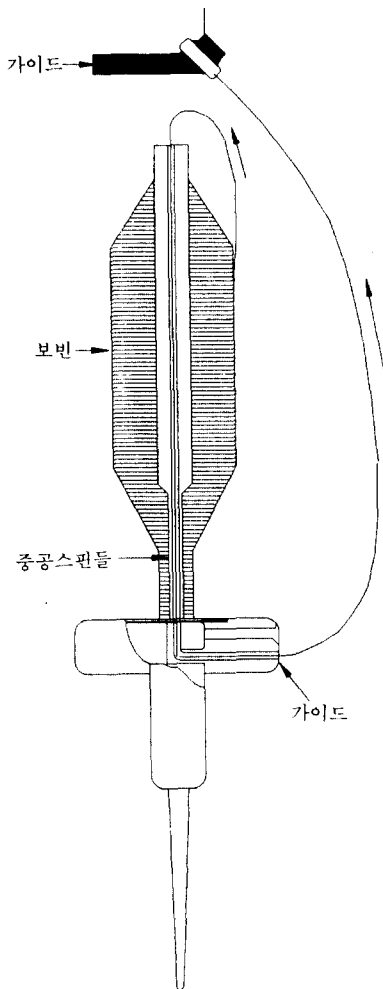


그림 3 더블트위스터(보빈급사형)

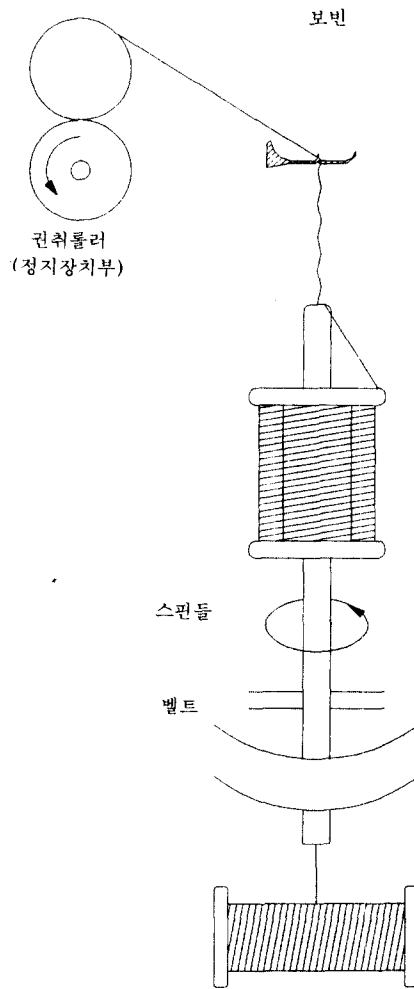


그림 4 투포원 연사기의 스핀들과 볼텐서

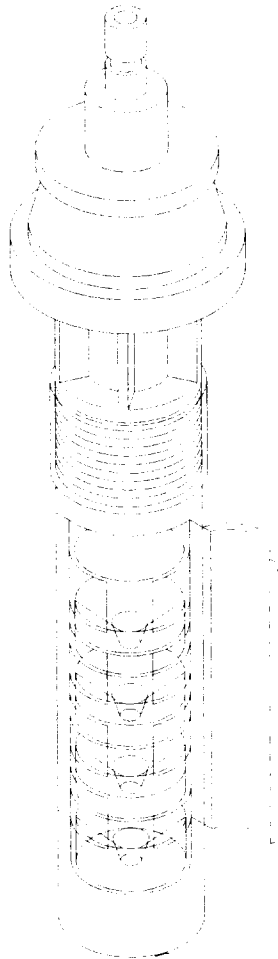


그림 5 식연사기(의장연사기)

실 주변을 돌면서 감기게 된다. 엄밀한 의미에서는 꼬이는 것이 아니고 한 실이 다른 실을 감아 도는 것이므로 가연사기(假撚絲機)라는 이름이 붙여졌다.

## 2.2 스핀들 회전 관계

연사기에서는 스핀들이 자동차의 엔진에 해당하는 중요한 부분으로 이 부분에서 꼬임이 이루어지며 스핀들의 회전수는 생산량 및 제품의 질을 좌우하는 중요한 요소로서 연

사기의 성능을 결정하는 척도가 되고 있다.

상기 그림과 같이 스핀들구조를 비교해 보면 이태리식연사기(그림 1)는 보빈에 권취된 실이 스핀들과 함께 회전하므로 스핀들 1회전에 1회 꼬임이 가능하지만, 스핀들과 보빈이 단일체로 회전하기 때문에 회전체의 중량이 커지고 불평형(unbalance)이 나타날 수 밖에 없어서 고속회전에는 부적합하다.

따라서 현재는 이태리식연사기의 결점을 보완한 투포원연사기가 주종을 이룬다. 그림 3의 투포원연사기에서는 원사보빈을 볼베어링으로 지지하여 스핀들의 회전에 따라 돌지 못하게 한 후 ① 마그넷(magnet)으로 고정시키고 ② 디스크(disk)만 회전한다. 이로써 스핀들 1회전에 2회 꼬임이 발생되어 생산량이 증대되고 패키지(package) 대형화, 스핀들 회전 고속화를 실현하게 되었다.

그러나 기계가 고속화됨에 따라서 기계소음이 상승되므로 업체에서는 환경 소음 공해를 문제 삼는 경우가 있어 현재는 고회전 저소음 연사기 개발에 주력하고 있다.

## 3. 투포원연사기의 기술현황

미국 섬유 산업계에서는 1940년대 이후 투포원연사기에 의한 연사기술(이하 TFO 기술이라 약칭함)의 유용성이 알려지기 시작하였다. TFO 기술이 다른 연사방식에 비해 뒤늦게 보급된 이유는 첫째, 이 기술이 주로 면이나 화섬사 링 트위스트(ring twist)의 연사에 국한하여 사용되었다는 점을 들 수 있다. 다른 이유는 supply package 교체 없이도 링 연사기를 몇 주간 가동할 수 있는 패키지 대신 warper beam을 사용했기 때문에 더 많은 노동력을 필요로 했다는 점이다. 또한 연사물(연사된 실로 직조된 천)의 수효는 계절에 따라 큰 기복을 보이며, 시장 경기에 따른 변동이 심했다. 이러한 사실로 인해 TFO기술의 초기에는 연사공정이 별로 중요시되지 않았다.

그러나 일부 면사(spun yarn) 공장에서 다음과 같은 투포원 연사기의 몇 가지 이점이 관찰된 이후 급속히 보급되기 시작하였다.

- 품질향상 — 투포원 연사기의 제품은 보다 깨끗하고 취급이 보다 최소로 되어 제품손상이 적다. (특히 화섬사 Fillarment Yarn)
- 생산력 증대 — 단위 스핀들로 비교해서 링이나 업 트위스트(up twist)보다 2배 이상 생산가능
- 패키지에 매듭이 없다 — 카페트사인 경우 151LB, PIRN-FED인 경우 71LB 마다 매듭이 있었음.
- 공정이 단축된다. — 연사후 Cone-Winding공정을 줄일 수 있다.

투포원연사기는 발룬(baloon : 원사 보빈에서 풀린 실이 상·하 yarn guide 사이에서 고속으로 회전하면서 곡선을 형성하는데 실의 회전에 의해 풍선과 같은 곡면으로 보

이므로 이러한 이름이 붙여졌다. 발룬형상은 실의 장력과 밀접한 관계가 있으며 자유발룬과 제한된 발룬으로 구분됨)형상과 스핀들 선택에 따라 면용 연사기와 화섬용 연사기로 구분하며 각각 면이나 화섬의 공정특성에 따라 supply package가 크거나 작게 설계되어 있다. 스핀들이 작을수록 적은 Power가 요구되며, 높은 공정속도를 실현하기 쉬워진다. 이런 이유로 인해 많은 공장들이 가능한 한 공급되는 package(공급사)에 부합되는 보다 작은 스핀들로 Winding하는 추세로 가고 있다. 그림 6은 대표적인 투포원연사기의 구조를 보여준다.

최근 독일, 이태리, 일본 등의 선진 섬유 기계 생산국에서의 연사기 기술의 개발동향은 다음과 같다.

### 3.1 스핀들 회전속도와 권취 사속(실 감는 속도)의 증가

종래 10,000rpm 정도가 스핀들의 최고 속도였으나 최근의 신 기종들은 최고 15,000rpm 정도의 회전속도를 낼 수 있으며, 권취 사속도 330m/min 정도에 이르고 있다.<sup>(4)</sup>

### 3.2 세사(가는 실)의 연사가 가능한 연사기의 등장

종전의 연사기가 50dy(테니어 : 실의 굵기를 나타내는 단위로서 숫자가 클수록 굵은 실임) 정도의 실을 다룰 수 있음에 비해 최근에는 20dy까지 취급할 수 있는 연사기가 등장하였다.

### 3.3 저소음, 저진동화

연사기는 한 공장당 수십·수백 대가 설치되므로 일제히 가동될 때의 소음도는 대단히 높아지며, 작업자의 안전을 저해하고 공장 주변에 상당한 소음공해를 유발할 수 있다.

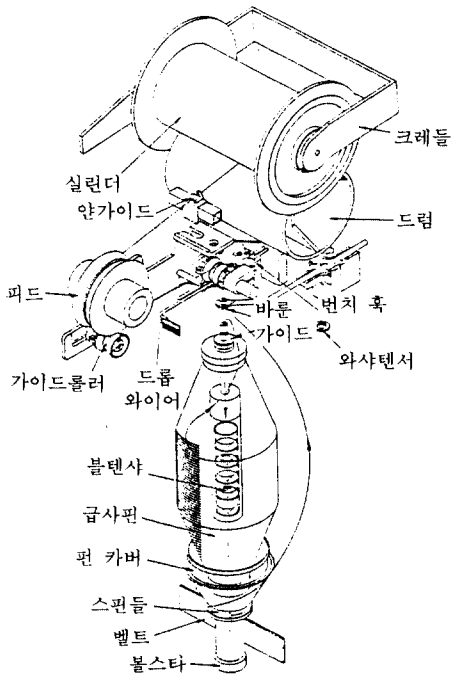


그림 6 투포원 연사기의 구조

따라서 연사 업계에서는 비슷한 수준의 성능이면 가급적 조용한 연사기를 선호하는 추세이며, 각 연사기 제조회사들도 이를 위한 기술개발 경쟁이 치열해지고 있다. 벨트가이드 시스템을 사용하여 가진원을 줄이거나 작동 부위를 밀봉함으로써 배출소음도를 저감시킨 기종들이 나타나고 있는데 작업의 편이성이나 열제거 등의 성능이 저하되는 단점이 있어서 계속적인 연구가 필요하다.

### 3.4 급사(스핀들에 실을 넣어주는 과정 또는 실이음작업의 자동화

다른 섬유공정과 마찬가지로 연사공정에서도 한 작업자가 담당할 수 있는 기계의 수가 많을수록 경제적이다. 초기에 스펀들로 실을 넣어주는 공정이나 급사패키지의 실이 모두 풀린 후 새 패키지의 실을 연결해 주는 일은 종래에는 인력이 필요한 대표적인 작업이었다. 최근에는 패키지의 자동공급뿐 아니라 Air Threading장치, Pneumatic Threading Device, Self Threading Guide 등을 사용하여 이러한 작업까지도 자동화되고 있으며, 점차 이러한 작업에 소요되는 시간도 단축되는 추세이다. 원사의 공급도 벨트 컨베이어(belt conveyer)로 패키지를 공급하며 새로운 패키지의 실끝을 magazine이 물고 자동으로 실잇기를 수행하는 magazine creel도 등장하였다. 한편 권취패키지에 실이 가득 채워지거나(만권) 실이 끊어지면(절사) 자동으로 권취작업을 중단하는 knock-off장치는 지금까지 마찰차의 재료로 널리 쓰이던 페놀(phenol)수지(bakelite)를 환경문제로 더 이상 사용할 수 없게 됨에 따라 대체재료 개발에 관심이 모아지고 있다.

### 3.5 스펀들 고속화를 위한 냉각 및 윤활 기술 개발

고속으로 장시간 연속사용되는 연사기에서

회전지지부의 윤활과 마찰열의 제거는 고속화를 위해 필수적인 사항이다. 최근에는 공기흡입장치를 부착하여 스펀들에서 발생하는 열과 섬유 먼지를 75%까지 제거하는 기술이 실용화되었으며, 이러한 기계들을 사용하면 약 50% 정도의 냉방 부하가 절감되는 것으로 알려져 있다. 또 몇몇 회사의 어떤 기종들은 연사공정 중에도 강제급유할 수 있는 장치들을 부착하고 있다. 스펀들뿐 아니라 실 자체의 마모, 먼지 발생, 보푸라기 발생, 실의 마찰력 등을 감소시키기 위한 장치나 기구도 계속 개발되고 있다.

## 4. 투포원연사기 고속화의 애로기술/전망

연사기 스펀들 고속화의 주된 목적은 생산성을 증대시키고 인건비를 절감하는 것이다. 스펀들 고속화를 위해 개발되고 있거나 급후 개발되어야 할 주요한 기술들은 다음과 같다.

### 4.1 스펀들 구조의 개선

스핀들의 고속화는 실이 관통하는 부분(사통부)의 강도와 내마모성을 요구하므로 yarn guide를 세라믹으로 대체하는 방안이 연구되고 있으나 현재까지는 그 가격이 비싸서 실용적인 해결방법이 못 되고 있다. 또한 스펀들의 고속화는 발룬형상의 변화를 초래하며, 이에 따라 공급되는 실과 발룬이 서로 간섭을 일으켜 절사될 수 있으므로 간섭을 회피하기 위한 방안들이 연구되고 있다. 일반적으로 화섬사는 열에 의해 많은 영향을 받는데 반해 모,면 등은 그 영향이 적다. 따라서 고속연사 공정에서 발생하는 마찰열은 섬유의 손상을 초래할 수 있으므로 섬유의 종류에 따라 발룬의 형상을 조절하는 발룬리미터는 열의 영향이 적은 섬유에 대해 간섭을 회피하기 위해 사용되며, 열에 약한 섬유는 리

미터를 부착하지 않은 상태로 연사된다. 열적 변화와 관계없이 실의 밀도가 어느 정도 이상되면 고속회전으로 인해 큰 원심력을 받아서 장력이 증가하므로 발룬리미터가 필요하다. 이는 원심력이 스피들 중심축으로부터 발룬까지의 최대거리 즉 회전반경에 비례하기 때문이다. 그러나 발룬리미터를 사용하면 마찰열이 발생하므로 이를 억제하기 위해 오일이 공급되기도 한다. 연사기의 주종을 이루고 있는 투포원연사기에서 장력유지 기구로 쓰이는 볼텐서 대신에 더욱 섬세하게 장력을 유지시킬 수 있는 계측·제어장치, 즉 자동장력유지장치의 개발도 중요한 과제이다.

#### 4.2 스피들 지지부의 개선과 윤활

스피들이 고속으로 회전하면 지지부(bolster)의 니들 베어링(needle bearing)의 부하가 증대되고 내구성이 떨어진다. 이를 개선하기 위해 세라믹 부싱(ceramic bushing) 등을 사용하려는 시도가 있지만 아직은 실용적이지 못하다. 지지부에서 발생하는 진동을 억제하는 것도 중요한 연구 과제이다.

#### 4.3 구동부의 개선

스피들 고속화에 따라 구동부 기어나 기어박스의 운전조건이 고속화되므로 재질선택과 열처리가 더욱 중요해졌다. 스피들을 회전시키는 벨트도 고속운전시에 미끄러지거나 벗겨지는 문제가 생기며 이음매 부분이 통과할 때 단속적인 속도변화가 발생하고 벨트가 잘부스러지는 등도 해결되어야 할 문제점들이다.

#### 4.4 진동·소음의 방지

앞서 언급된 것처럼 스피들의 고속화는 종래보다 더 높은 소음도와 진동을 초래한다. 연사기에는 다양한 운동부가 있으므로 각 부

분의 진동특성과 전체구조물과의 연관성 및 소음으로 변환되는 특성 등을 해석하여야 할 것이다. 과거에는 가진원의 진동레벨을 저하시키는 방향에서 연구가 진행되어 왔으나 근래에는 프레임을 재설계하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

#### 4.5 범용성의 확보

아직까지는 섬유의 종류에 따라 다른 기계를 사용해야 하는 번거로움이 있으나 면사, 화섬사, 잠사 등을 모두 연사할 수 있는 겸용기계가 개발된다면 투자효율이 크게 증대될 수 있다. 이를 위해서는 운전속도를 조절할 수 있으며, 장력의 변동을 섬세하게 조절할 수 있는 기능이 필수적이라 하겠다.

### 5. 맺 음 말

연사기는 섬유공정 중에서도 기본적인 제직 준비공정으로서 연사기 시장은 개발도상국의 섬유산업 진흥과 더불어 날로 확대되고 있다. 최근 섬유산업이 요구하는 연사기의 성능은 범용성·효율성 및 다양한 보조기능(실잇기, 패키지도체, 왁스나 오일의 첨가 등의 기능을 자동화하는 것 등)의 구비 등이다. 연사기의 생산성은 스피들의 회전수가 높을수록 증대되므로 고속회전체 기술의 개발이 시급하며, 다양한 기능의 자동화에 대한 연구·개발이 뒷받침되어야 한다. 현재 우리나라 연사기 기술수준은 다른 섬유기계에 비해 선진국 수준에 가깝게 접근해 있다. 따라서 연사기는 우리 섬유기계 산업계와 기계공학인 여러분의 적극적인 관심과 노력이 모아진다면 비교적 단시간 안에 선진국과 견줄 수 있는 분야라고 생각된다.

#### 참고문헌

- (1) Kees, H. J., 1987, "Extending Uses of 2

- for-1 Twisters," *Textile Month*,  
March.
- (2) 칼 헬러, 1988, "투포윈 연사기 최신기술 세미나," 정호물산(주).
- (3) 섬유기술진흥원, 1993, "직물용 가공사의 준비," 섬유기술진흥지, 제7권, 제1호, pp.24~29.
- (4) 섬유기술진흥원, 1993, "섬유기계의 고속화," 섬유기술진흥지, 제7권 제1호, pp.33~34. 