

한국 화섬산업의 나아갈 길(1)

제 1장 공정혁신의 미래

화섬 산업은 다른 제조업에 비하여 단위 경제 규모가 크므로 투자액 규모가 큰 반면 생산 품목의 차별성이 작다. 합섬 산업의 기술을 소재 측면과 공정 기술 측면으로 대분하면, 소재기술은 대부분 합섬 [메이커] 자체에서 개발이 이루어지지만, 공정기술은 주로 기계 메이커들이 제공하는 기술 부분과 합섬[메이커]각사가 독자적으로 축적한 [노하우]부분이 합쳐져 이루어진다.

현대의 화섬산업은 산업 고도화가 가속되어 이를 해결하기 위하여 전 생산공정의 자동화와 고속화가 진행되었다. 이른바, 공장자동화(factory automation(FA):공장 생산기구의 기계화, 자동화), 유연 생산 시스템(flexible manufacturing systems(FMS) : 다품종 소량을 효율 있게 자동적으로 생산할 수 있는 유연성 있는 생산체제), 컴퓨터 제어 통합 생산 시스템(computer integrated manufacturing system(CIMS) : 컴퓨터에 의해 계획, 설계, 제조를 제어하는 통합생산) 등의 도입으로 생산성을 높여오고 있으며 그 결과 단위 규모 생산에 소요되는 인력 및 시간이 급격히 감소하고 있다. 합섬 섬유 제조 공정에의 컴퓨터, 로봇을 비롯한 여러가지 메카트로닉스 범주에 드는 첨단 기술의 도입 적용으로 이룩되고 있는 공정 혁신결과를 살펴보면 아래와 같다.

- (1) 공정의 연계 통합에 의한 제조 공저 수의 단축
- (2) 공정 관리 기술 향상, 최적 작업 구성, 자동화에 따르 생산의 고속화 및 품질 안정화 개선
- (3) 자동 물류 이동 장치의 설치에 따른 재고 관리의 효율 향상
- (4) 작업의 신뢰성과 용이성 제공에 따른 생산성 향상
- (5) 제품의 설계, 생산, 관리에 관한 통합 정보 시스템 구축
- (6) 기계의 감시 및 조정 강화
- (7) 자동 도핑 사이클의 효율적 관리
- (8) 작업 현황의 효율적 파악 및 관리

위에서 언급한 바와 같이 현대의 첨단 과학 기술이 합성섬유의 제조기술에 유입되어 응용되고 있는 기술은 합성생산공장의 자동화, 원사공정의 CIMS화, 그리고 극세사 방사기술 및 고속 방사기술 등을 들 수 있다.

1.1 합성 생산공장의 자동화

1980년대 이후 합성 섬유 공장의 완전 무인 자동화가 시도되었고, 그 결과 공장 가동의 유연화(FMS), 재고의 감소 및 품질의 향상과 안정화가 가능하여졌다. 또한 단위 생산당 소요 노동력의 감소와 전공정의 연속화를 가능하게 하였다. 1983년도에 자동 도핑, 공정들의 연계, 자동 물류 취급 시스템 등이 선보였고, 그 이후 컴퓨터 기술의 발달과 함께 급격히 합성 공장의 자동화 기술이 발전하게 되었다. 이러한 생력화, 자동화 시스템의 도입은 합성섬유 제조 회사에 신속대응(quick response : QR), 적시공급(just in time, JIT) 경영 철학의 도입을 가능하게 하였다.

또한 생산 계획, 스케줄링(scheduling) 예측 등의 정확성 향상으로 단주기 생산품 관리에 적용할 수 있어 다품종 생산 체계 구축이 효율적으로 이루어지게 된다. 생산 공정의 완전 자동화에는 품질의 실시간 모니터링과 제어 기구가 필수적이며 실시간 모니터링과 제어기구는 생산품의 품질 통제를 더 정확하게 하고 품질의 변화 폭을 축소시킬 수 있어 전반적으로 품질의 안정과 품질수준 향상에 기여할 수 있다.

작업공정(work-in-process) 시간의 단축은 주문으로부터 제품이 출고하기 까지의 소요시간을 단축시킬 수 있으며, 따라서 재고를 감소시킬 수 있다.

1.2 원사 공정의 컴퓨터제어 통합 생산 시스템(CIMS)화

공정 자동화는 공정간의 결합에 의한 연속화가 수반되어 제조 공정의 단순화와 무인화를 가능하게 한다. 그 한 예로써 무인교체(operatorless shift)개념이나 자동도핑 시스템을 들 수 있다. 자동화는 컴퓨터 제어 통합생산 시스템의 도입과 함께 무인교체가 멀지않아 가능할 것으로 여겨지며 야간 작업 시간 동안이나 주말

작업 시간 동안에는 무인화에 의해서 계속 공장을 가동할 수도 있는 가능성을 보여주고 있다. 무인화 공정을 위해서는 컴퓨터 기술 뿐만 아니라 각 공정 단계에서 품질관련 특성을 실시간으로 측정할 수 있는 계측 기술과 그 계측치를 입력으로 하는 공정 제어 기술이 동시에 개발되어야 한다. 또한 자동 도핑(doffing) 및 자동 물류 운동 시스템이 연계 운영되어야 한다. 원사 생산 공정에서의 자동 도핑, 운송, 관리 시스템의 도입은 생산 원가 절감의 효과를 가져 오며 원사의 품질을 향상시키는 데도 공헌한다.

원사 제조 공정의 완전 자동화를 위한 컴퓨터 제어 통합생산 시스템의 도입은 재료 설계, 중합, 방사, 물류 이동 등 전 공정에 걸쳐서 중앙 제어에 의한 제품의 자동 생산을 위한 것이다. 원사 생산 공정에 컴퓨터 제어 통합생산 시스템의 도입은 생산원가를 절감하고, 작업자의 미숙련도의 영향을 감소시킴으로써 품질을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 소비자의 요구에 신속히 대응할 수 있다는 장점이 있다.

원사 생산 공정의 무인화는 1980년대 이후 컴퓨터 기술의 발달과 함께 빠른 속도로 발전해 왔으나 현재 완전한 컴퓨터 제어 통합생산 시스템에 의해서 원사 생산 작업이 이루어지는 공장은 아직 실현되지 못하였다. 그러나 선진 제국에서 부분적인 컴퓨터 제어 통합생산 시스템이 이루어졌거나 이루어지고 있는 중이며 또 멀지 않아 완전한 컴퓨터 제어 통합생산 시스템화가 이루어질 것으로 여겨진다. 현재 컴퓨터 제어 통합생산 시스템의 설치 비용에 대한 경제성이 기술적 문제보다도 먼저 선결되어야 할 과제로 남아있다.

컴퓨터 제어 통합생산 시스템이 도입된 원사제조 공장에서는 컴퓨터 네트워크(computer network)에 의해서 원사제조 전공정에 걸쳐서 생산공정을 실시간 감시하여 어느 한 공정에서 조그마한 이상이 감지되는 즉시 컴퓨터 네트워크를 통하여 원인을 분석하고 처방을 내려 곧바로 수정이 가능하도록 하고 있다. 따라서 컴퓨터 제어 통합생산 시스템하에서 생산된 원사는 품질의 균일성, 안정성이 향상되며 매우 좁은 폭에서 품질관리가 가능하다. 그러나 원사공장의 완전한 컴퓨터 제어 통합생산 시스템의 구축은 현재 연구단계를 벗어나 어느 정도 완성단계에 이

르고 있으며 일부 부분적인 시스템이 ITMA '91에서 소개된 바 있다.

합섬공장에 컴퓨터 제어 통합생산 시스템 도입의 타당성은 품질관리능력의 향상과 같은 기술적인 측면에서 뿐만 아니라 경제적인 측면에서도 고려해 볼만하다. 선진국의 노동임금 추세를 감안할 때 작업자 한 사람에 대한 투자비가 향후 10년간 2백만 달러에 이를 것으로 예측된다. 또한 원사제조공정에 실시간 무인 감시 제어 기구의 도입시 대부분 투자상환기간(return on investment)이 1년정도로 알려져 있다.

이러한 점을 감안할 때 컴퓨터 제어 통합생산 시스템 도입의 경제적 타당성은 제품의 품질 향상과 노동력의 현저한 절약에서 입증될 수 있다. 방사공정의 완전 컴퓨터 제어 통합생산 시스템 구성을 위해서는 생산계획, 정보수집, 품질관리, 재고, 감시 및 경보기구에 의한 운전감독, 생산관리(온도, 압력, 속도, 유속 등) 뿐만 아니라 건조공정, 배송 및 이송공정, 물류취급, 포장, 창고관리등이 총체적으로 컴퓨터 네트워크에 의해서 관리되어야 한다.

1.3 극세사 방사 기술 및 고속 방사 기술

극세사를 방사하는 기술은 현재 매우 일반화되어 짐머, 노이막, 아우토마틱, 바야막 등의 기계 메이커에 의해서 방사 시스템이 공급되고 있다. 이러한 극세사의 방사 공정에서는 열분해 방지를 위한 균일한 온도 제어가 중요하며 또한 방사유체의 균일한 공급도 필수적이다. 따라서 대부분 2단계 방사유 공급시스템을 사용하며 또한 방사구금 바로 밑에 후가열 영역(post-heating zone)을 설치하는 경우도 있다. 현재의 극세사의 우스터(USTER) 균제도는 POY의 것과 근사한 정도의 수준에 도달되어 있다.

방사공정 혁신화의 최대 요소 기술인 고속 방사는 필라멘트(filament) 부분에서 6,000~8,000m/min의 초고속 방사가 실용화되었으며 10,000m/min의 속도도 EC 4개국 협력으로 이미 실현되었다. 아크릴 스테이플(staple)의 습식 방사에서도 10,000m/min 이상의 속도가 곧 실현될 것이다. 현대의 거의 모든 와인더(winder)는 속도가 6,000m/min가 보통이며 또한 8,000~10,000m/min까지도 가능한 와인더가 개

발되어 사용되고 있다. 이러한 고속 와인더는 현재 리이터(Rieter), 토레이 엔지니어링(Toray Engineering), 바아막, 테이진 등에 의해서 공급되고 있으며 이들 와인더의 대부분은 현재 6,000~8,000m/min에서 운전되고 있다.

방사 속도의 초고속화는 방사중 분자쇄의 결정화도 제어가 가능하여 소형화된 방사 공장의 설계를 가능하게 하였다. 현대의 최신 방사 설비는 더욱 소형화된 반면 포장은 대형화되었다. 합섬 공장의 패키지 크기는 현재 100파운드(45kg)짜리가 일반화되었으며 이러한 패키지의 대형화는 품질 향상과 원가 절감에 기여하고 있다. 한편 현대의 소형 방사 설비는 폴리에스터, 폴리아미드, 폴리프로필렌 등의 방사에 모두 응용되고 있다.

우리나라의 경우 몇몇 합섬회사에서 6,000m/min의 고속 방사기술을 보유하고 있으나 그 이상의 속도는 아직 성공하지 못하였다. 그 이유는 7,000m/min ~ 8,000m/min가 소위 기술적인 분기점으로 이 분기점 전후에서 섬유구조 발현 메커니즘이 현저히 달라지는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 8,000m/min 이상의 고속 와인더 개발과 함께 고속방사 모사(simulation)기술의 발전이 뒤따라야 한다.