방적공정의 잡물제거 전략 (상)

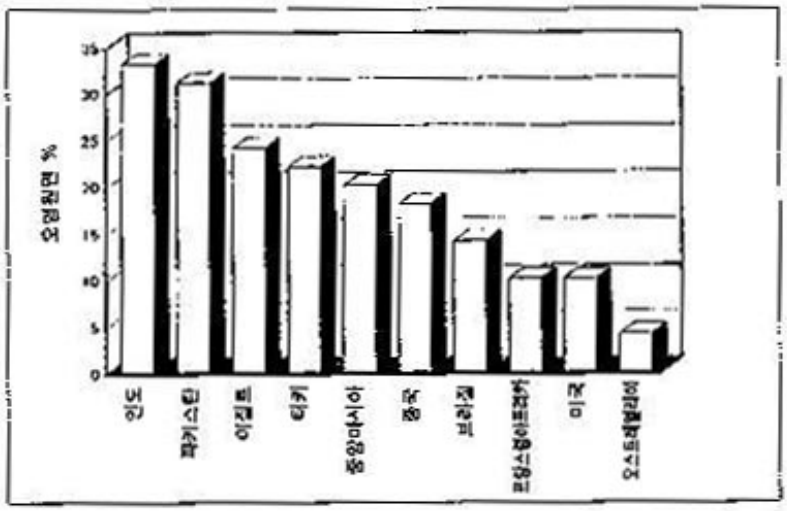
1. 서 언

부가가치를 지향하는 섬유산업에서 綿섬유내 이물질에 의한 오염문제에 직면하지 않았던 공정단계는 아마도 없을 것이다. 이와 같이 면섬유내 이물질에 의한 오염문제는 계속해서 소비자로부터의 불평이 야기되었다. 그러나 이물질 문제가 해결되지 않은 채 무시되고 간과됨으로써 여러 클레임과 함께 제조비용도 상승하게 되었다. 이물질에 의해 오염된 면 베일이 약 $400 정도의 가치를 가지고 있을 때 그러한 오염 결점이 가공 처리된 의류에서 발견된다면 누적된 재정적인 피해는 100 1,000배나 더 클 것이다.

이물질에 의한 오염정도와 제품에 있어서의 나쁜 결과는 면방산업이나 의류산업에 종사하고 있는 개인이나 단체로 하여금 이물질에 대한 효과적인 방지대책 수립을 더욱 촉진시켜 왔다. 이물질에 대항하기 위해 처음에는 각 단계(수확, 조면, 포장)에 중점을 두고 이물질 발생의 근원지에서 해결하고자 하는 것이 목표였다. 이러한 활동은 ITMF(International Textile Manufacturers Federation)에 의해 1992년 이후 계속 효율적으로 관리되어 왔다. 그러나 1995년도 국제 면섬유 오염실태 조사보고서에 의하면 면섬유의 오염문제가 거의 개선되지 않은 것으로 나타났다.<그림 1>

따라서 면의 생산단계에서는 가까운 장래에 그와 같은 문제에 대한 궁극적인 해결책이 나올 것 같지 않기 때문에 이물질 제어를 위한 대응책은 방적, 제직, 편성 및 봉제공정에 여전히 촛점을 두고 있다. 섬유손상 한계에 요구되는 수단이 수용 가능한 정도를 넘지 않고, 인터페이스 기능이 이물질 발생 예방의 책임을 암시하기 때문에 방적공장이 중심적인 역할을 하고 있다. 현대적인 품질개념에 기초하여 그러한 책임은 엄격하게 거부되어야 하지만, 그럼에도 불구하고 실제적인

관점에서 볼 때 방적공장은 논쟁의 중심에 위치하고 있다. 인건비가 싼 개발도상국에서 한 교대당 많게는 100명의 인원이 방적공정의 여러 가지 단계에서 오염물을 선별하는데 종사하는 것은 전혀 특이한 일이 아니다. 그러나 선진국에서 볼 때 비록 육안검사가 확고한 역할을 담당하고 있다고 할지라도 그러한 방안은 본질적으로 생각할 수 없는 것이다. 그래서 자동화 시스템이야말로 현명하면서도 유일한 대안이다.



〈그림 1〉 산지별 오염 원면의 비율(ITMF 1995 통계)

2. 방적공장의 이물질 감지 및 제거시스템

현재 이용할 수 있는 방적공장용 이물질 감지 및 제거장치는 자동권사기 및 로우터정방기에서의 전자식 얀 모니터링장치와 혼타면 설비에서의 이물질 추출시스템으로 구성되어 있다. 이와 같은 두 가지 구성은 시스템 관련 장점과 한쪽 또는 다른쪽 방향에서의 결정을 더욱 어렵게 하는 시스템 관련 단점을 가지고 있다. 대부분의 경우에 있어서 특별한 환경에 적합하도록 설계되어 있는 공정평가나 혹은 두 시스템을 결합함으로써 꽤 많은 단점을 무효화할 수 있다.

2.1 혼타면기에서의 이물질 감지

지난 몇년 동안 혼타면기에서의 이물질 감지시스템 공급업자는 계속 증가하고 있다. 기술적인 해결방안에 있어서 혼타면기에서의 이물질 감지시스템간의 주된 차이점은 원료공급 부분과 센서기술에서 찾을 수 있다.

Uster optiscan 시스템은 700kg/hr의 처리능력을 갖도록 설계되었으며 기존의 개섬라인과 통합시킬 수 있다. 공급된 원료는 콘덴서를 거쳐 평균 터프트 중량을 감소시키기 위해 1차 오프너(pre-opener)를 지나간다. 슈트 급면으로부터 터프트는 컨베이어 벨트 위에 놓여지며, 이 벨트는 기계 프레임과 함께 경사진 채널을 형성한다. 이 채널의 가장 폭이 좁은 지점에 64개의 광케이블을 갖춘 2라인의 센서列과 터프트의 흐름을 연속적으로 감시하는 마이크로프로세서 제어방식의 칼러 센서(color sensor)가 있다. 綿 색상에서 벗어나는 물질이 감지되는 순간 즉시 기계 제어시스템에 의해 기계의 폭을 가로질러 배열되어 있는 총 11개의 압축공기 노즐 중 1개 혹은 여러 개의 노즐이 작동하여 오염된 터프트를 웨이스트 수거장치로 선택적으로 추출한다. 양질 섬유의 손실은 대략 0.05 0.1% 정도로서 감도가 아주 뛰어나므로 샘플링度數가 많다고 하더라도 양질 섬유의 손실량은 무시할 만하다. 그 이후에 이물질이 제거되어 깨끗해진 터프트는 그 흐름방향을 90°전환하여 수평방향에서 운송된다. 이 지점에서의 급격한 기울어짐은 중량이 무거운 이물질의 효율적인 분리를 가능하도록 하는 데 사용되며, 금속감지기가 선택사양으로서 이용 가능하다.

이 시스템의 활용 가능성과 한계는 다음과 같다.

혼타면공정에서 이물질 감지시스템의 채용에 따른 장점은 시스템의 설치위치에 따라 좌우된다. 이물질 감지시스템의 설치위치로서 선호되는 곳은 베일 오프너, 1차 클리너, 혹은 블렌더 직후이다. 이 지점에서 추출된 어떠한 이물질도 이후의 공정단계에 들어가지 않을 것이다. 따라서 많은 오염물이 거의 감추어지지 않

은 채 최종 실에 나타나게 되는 품질불량에 대한 위험이 상당히 감소된다.

확실히 해결해야 할 문제점으로 남아 있는 것은 터프트안에 완전히 혹은 부분적으로 숨어 있는 어떤 이물질을 감지하는 것이다. 면에 대해 충분한 색상 차이가 있다고 가정할 때 Uster optiscan의 응답 수준은 약 1㎟의 물체 크기에 대응하지만, 이것이 확실하게 이종섬유, 헤어 또는 실을 감지하기에는 부족하다. 그러나 이러한 방법으로는 입자크기가 큰 트래시의 추출을 방지하는 것은 가능하다. 원래 색상과 트래시함유량에 있어서 피할 수 없는 변동은 자동 제어방식에 의한 캘리브레이션 과정에 의해 보상된다. 투명한 물체나 면의 색상과 단지 조금밖에 차이가 나지 않는 물체를 감지하는 데는 여전히 어려운 면이 있다. 그러나 통합된 白度 측정장치를 갖춘 센서시스템이 제공되므로 최소한, 예를 들어 대단히 평활한 표면에서의 반사특성에 의해 무색 혹은 약간 색상을 띤 폴리프로필렌과 같은 물질의 감지에 대해서는 부분적으로 성공을 거둘 수 있게 되었다.

2.2 전자식 얀 모니터링장치에 의한 이물질 감지

이물질 감지장치를 갖춘 얀 모니터링 설비는 광전자적 원리에 따라 작동한다. 측정 슬롯내에서 2가지 독립적인 광원에 의해 실의 반사광 및 투과광 신호가 감지되어 이물질이 처리된다. 실 표면에 나타나 있는 이물질 입자들은 실의 광 흡수 및 반사특성을 변화시킨다. 센서는 광의 세기에 비례하는 진폭을 가진 전기 펄스를 생성하고, 그 진폭의 크기는 결점의 크기 혹은 실 표면에 대한 대조를 나타내며, 신호의 지속시간은 결점길이에 비례한다. 이러한 반사율과 결점길이와 같은 2가지 인자가 등록되어, 사전 설정한 한계를 초과할 때 장치는 정지한다. 반사율 변화는 백분율로 표시되는데, 0%는 이상적이고 순수하게 백색인 실의 반사 특성에 대응하고 100%는 완전히 검은 부분의 실에 대응한다.

자동권사기에서 이종섬유 감지장치를 갖춘 Uster UPC 200-F 얀 클리어러는 광학 측정원리에 기초하고 있으며, 심지어 재래식 얀 클리어링 장치에서 조차 광센

서에 의해 작동한다. 반면에 로우터정방기의 얀 모니터링 시스템인 Uster UPG5-F는 모듈 구조의 복합시스템이다. 재래식 클리어링장치는 이종섬유 감지를 위해 전기용량식 센서와 광학적 플러그 접속식의 모듈을 갖추고 있다.

이 시스템의 활용 가능성과 한계는 다음과 같다.

전자식 얀 클리어러에 의한 이물질 감지장치의 이점은 명확하다. 단지 이 시스템에 의해서만 방적공정의 마지막 단계에서 100% 생산 감시를 보장할 수 있다. 실 안에 있는 이물질은 명확하게 규정된 한계내에서 물리적으로 정의된 인자로 묘사된다. 이러한 인자들은 문제가 되는 결점과 문제가 되지 않는 결점간의 차이를 두기 위한 특정한 얀 클리어링 특성의 세팅에 이용되며, 또한 직물에서의 이물질에 대한 가시적인 외관평가에도 활용할 수 있다. 따라서 클리어링은 선택적으로 일어나게 되며, 이후의 용도 혹은 실의 적용에 적합하도록 조절할 수 있다. 그러나 권사기나 로우터정방기에서 클리어러에 의한 절단은 생산성(기계 효율)과 패키지 품질 모두에 나쁜 영향을 미친다.

어떤 경우라도 이물질로 분류되어 문제가 되는 결점의 실은 스플라이서 혹은 피서에 의해 대체되는데, 이로서 이 실은 보다 문제가 덜 되는 것으로 여겨진다. 클리어러에서의 절단수는 원료의 심각한 오염수준 정도에 직접 좌우되고, 그런 이유 때문에 여러 경우에 크게 변화한다. 보통 소면공정에서 천조각이 완전히 피브릴화함으로써 야기되는 이종 섬유군이 발생하면 이 기기의 한계를 나타낸다. 그와 같은 경우 몇cm 정도의 오염된 슬라이버나 오염된 보빈이 제거될 수 있도록 자동적으로 정방기 혹은 권사기 추를 조업중지하는 것이 필요하다.

투명하거나 밝은 색의 폴리프로필렌은 재래식 설계에 의한 광학적 얀 클리어러에서는 감지되지 않는다. 그러나 이러한 형태의 오염은 보통 반사표면을 갖는 리본모양으로 나타나기 때문에 어떤 경우에 있어서는 성공적인 감지가 가능할 수도 있다.

자동권사기에서 실제로 관찰된 이물질에 의한 통상적인 클리어러 절단수는 100km 실에 대해서 2 20 사이이다. 실 100km에 대해서 한번 클리어러 절단이 일어나면 약 0.2%의 이론적인 효율손실이 발생한다. 문제가 되는 이종섬유에 의한 클리어러 절단의 발생빈도는 거의 발생하지 않는 실 결점에 의한 클리어러 절단의 발생빈도보다 보통 훨씬 적다. 이는 우리가 지극히 변동이 큰 것으로 특징지워지는 영역을 다루고 있음을 의미하고, 따라서 신뢰할 수 있는 통계적인 평가범위를 벗어남을 의미한다.

2개의 피서가 있는 로우터정방기에서 실 100km에 대해 이종섬유로 인한 정대가 한번 발생할 때 약 0.1%의 이론적인 효율손실이 있게 된다. 그러나 이 경우 실 100km에 대해 클리어러에 의한 정대가 한번 발생하는 것은 딜리버리속도에 좌우하여 1,000로우터丶hr에 대해 50 120 사이의 정대회수로 변환된다. 게다가 자연적인 사절과 실 결점이 있기 때문에 로우터정방기는 대부분의 경우 심각한 효율감소로 작용하지 않은 채 실 100km에 대해 5번 이상의 이물질로 인한 정대를 결코 허용하지 않을 것이다.

이러한 관점에서 볼 때 혼타면공정에서 미리 이물질을 감지하고 제거하는 것은 권사기와 로우터정방기에서 이물질로 인한 정대를 감소시킴으로써 효율증대에 효과적으로 기여할 수 있다. 혼타면기에서의 이물질 추출은 효율과 관련하여 볼 때 중립적이다. 결과를 기대하지 않고서도 이것은 이미 혼타면기와 로우터정방기 혹은 권사기에서의 이물질 제거시스템을 조합해서 사용해야 한다는 바램이 되고 있다.

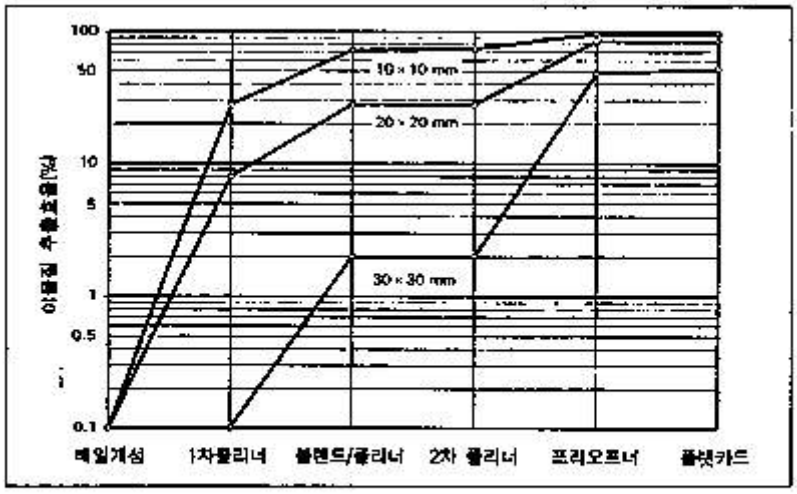
3. 재래식 혼타면기에서의 이물질 추출

이물질 문제를 해석할 때 이물질 추출에 관하여 재래식 혼타면기의 용량이 무시되어서는 안된다. 이물질 추출시스템이 없는 혼타면라인의 영향을 정량화하기

위하여 대규모의 실험이 수행되었다.

경사와 위사가 모두 Nm 34(29.5tex)이고, 경사밀도가 24올/cm, 위사밀도가 22올/cm이며, 중량이 135g/㎡인 면직물에서 정사각형 천조각 150개를 취한 후, 재래식 혼타면라인의 자동 베일오프너에 투입하였다. 이때 천조각의 크기는 10×10mm, 20×20mm, 30×30mm로 하였다. 이러한 천조각의 크기는 임의로 선택된 것이 아닌데, 실제로 Optiscan에 의해 분리된 물질을 조사해 보면 전형적인 직물 잔류물의 크기가 5×5mm에서 40×40mm 사이이기 때문이다. 크기가 큰 천조각은 때때로 직사각형 모양을 갖는다. 천조각을 투입한 직후 혼타면기의 각 기계에서 웨이스트를 철저히 조사하고 각 공정단계에서 추출된 이물질의 백분율을 결정하였으며, 이러한 자료로부터 전체 공정에 걸쳐 차례대로 누적 도수분포를 구하였다. <그림 2>에서는 이물질 추출의 효율성과 각 기계의 효율에 있어서 설비관련 차이 뿐만 아니라 각 이물질 크기 사이의 상호 관련성을 나타내고 있다. 기본적으로 전체 혼타면기에 의하면 작은 크기(10×10mm)의 이물질이 95% 이상 분리되었으며, 중간 크기(20×20mm)의 이물질은 적어도 85% 정도는 분리되었다. 이 결과는 다른 실험 결과와도 일치한다. 이물질의 크기가 큰 경우(30×30mm)에는 이물질 추출 효율이 52%로 감소하였다. 본 실험에서는 전체적으로 보아 A4 용지의 1/3 정도인 250㎠나 되는 추출되지 않은 이물질 천조각이 아마도 단섬유 형태로 카드 슬라이버로 들어갔을 것이다.

모든 경우에 있어서 이물질의 크기가 추출효율에 미치는 영향은 같지 않다. 성글게 정섬하는 클리너와 블렌더와 통합되어 있는 클리닝단계에서는 위의 보다 입자크기가 작은 이물질을 추출하려는 경향이 있는 반면 리커인(프리 오프너)에서는 다소 상반되는 효과를 나타내고 있다. 만약 이물질입자 크기의 영향을 무시한다면, 전체적인 이물질 추출 효율은 양적으로 보아 거의 80%에, 그리고 이물질의 전체 면적비 혹은 무게로 보아 65%에 달한다.



〈그림 2〉 이물질 추출시스템이 없는 기존 혼타면라인에 의한 특정 이물질 추출 효율 nf

웨이스트를 분석한 결과 카딩공정 이전에는 실제적으로 심각한 피브릴化가 발생하지 않고 천조각이 본래 모습 그대로 유지됨을 알 수 있다. 직물로부터 쉽게 제거되는 실들은 모든 혼타면기의 웨이스트에서 찾아 볼 수 있다. 드럼 스트리퍼와 플랫 침포 사이에서 심한 카딩을 하게 되면 천조각에 심각한 손상을 주게 되어 심지어는 개별섬유로 분해되기도 한다. 광범위하고 실제적인 경험에 의하면 카딩 레일이 없이 나이프 프레임을 갖춘 클리닝시스템에서는 일반적으로 심각한 피브릴 효과가 야기되지 않을 것이다.

여러 가지 직물형태, 폴리프로필렌 리본의 끈이나 직물에 대해서도 위와 유사한 실험을 수행하였는데, 전반적으로 볼 때 앞의 결과들을 확인할 수 있었다. 그러나 예를 들어 폴리프로필렌 리본의 끈이나 천과 같은 이물질들은 적은 양으로 추출되는 것은 분명하다.

혼타면공정에서 크기가 작은 이물질을 상당히 신뢰할 만한 수준으로 분리할 것이라는 점은 논쟁거리가 되지 않는 사실이다. 보다 크기가 큰 이물질은 거의 완전히 분쇄되는 카드에 이르기까지 시스템 내에 보다 더 머무르는 것처럼 보인다. 이

와 같은 이유로 입자가 큰 이물질은 특히 혼타면공정에서 이물질 감지를 위해 만들어진 시스템에 의해 신뢰할 수 있을 만큼 감지되고 제거되는 것이 매우 중요하다.

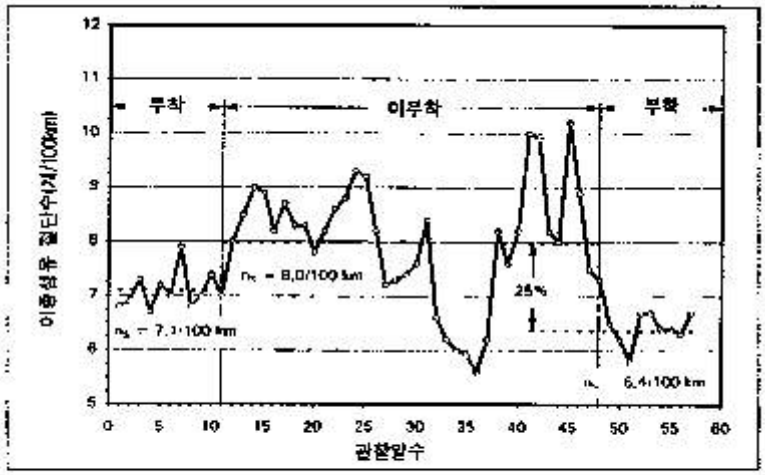
터프트공급에 관한 어려움을 고려할 때 대단히 크기가 작은 이물질의 최종 5%를 제거하는데 요구되는 기술적인 수준은 대단히 높을 것이다. 요구되는 개섬수준을 얻었다고 할지라도 천연오염물의 제거를 피하는 것이 절대적으로 필요하다. 혼타면공정에서 센서시스템을 이용한 이물질의 완벽한 제거가 가능하다고 믿는 것은 착각이라고 볼 수 있다. 기본 오염형태로서 각 이종섬유(예를 들어, 헤어, 끈의 합성 모노필라멘트 또는 기타 단섬유)의 꽤 많은 침전물은 수확된 면섬유에 이미 내포되어 있다. 덧붙여 본질적으로 많은 올수의 이종섬유가 베일 프레스 처리를 받을 때, 즉 조면공정에서 추가된다.

4. 혼타면기에서의 이물질 제거가 권사기에서의 이종섬유 절단수에 미치는 영향

Nm 85(11.8tex)의 정소면사에 대한 또다른 실험을 통해 혼타면기에서의 이물질 제거가 자동권사기에서의 이종섬유 절단수에 미치는 영향을 조사하였다. 이 실험은 여러 주에 걸쳐 혼타면공정에서 이물질 시스템을 갖춘 상태와 갖추지 않은 상태에서 제조된 2가지의 보빈을 특정 권사기에 공급함으로써 이루어졌다. 혼타면기에서의 실험은 단지 Optiscan의 센서시스템만을 작동하거나 작동하지 않음으로써 가능하였는데, 다시 말해 터프트의 흐름에 대해 바이패스를 거쳐 전환할 필요가 없었다. 혼타면기에서부터 권사기까지 원료의 처리시간은 충분히 고려하였다.

결과적으로 <그림 3>에서 보는 바와 같이 권사기에서의 절단수를 시간의 함수로 나타내었다. 이 다이어그램은 혼타면기에서 이물질 추출장치가 없는 경우 권사기의 얀 클리어러에서 예상되는 이종섬유에 의한 절단이 약 25% 정도 더 많이 발생함을 분명하게 나타내며, 또다른 중요한 점으로서 혼타면기에서 이물질 추출

장치를 이용한 경우 권사기의 얀 클리어러에서의 절단수 변동이 대단히 감소한다는 사실을 나타내고 있다.



〈그림 3〉 혼타면기에서의 이물질 제거가 권사기에서의 이종섬유 절단수에 미치는 영향

혼타면기에서 이물질 추출 시스템을 이용한 경우 권사기에서 실 100km당 이종섬유에 의한 절단수가 최대 7.9, 최소 5.8로 나타났다. 그러나 혼타면기에서 이물질 추출시스템이 없는 경우 권사기에서 이종섬유에 의한 절단수는 실 100km당 5.6 10.2 사이에서 변화한다. 절단수의 변동계수는 14.1%에서 4.6%로 감소하였다. 게다가 이물질에 의한 경보수는 75%나 감소하는 것으로 드러났다. 이는 경보정대가 적고, 운전효율이 높으며, 작업자에 대한 작업부하가 낮아지게 된다는 것을 의미한다. 기존의 얀 클리어링과 마찬가지로 클리어링 곡선 아래지역에서는 대단히 미세한 이종섬유에 의한 결점의 수가 여전히 많지만, 이러한 이종섬유에 의한 결점은 문제가 되는 결점으로 분류되지는 않는다. 직물이나 편포로 만들어졌을 때 또한 이러한 결점수가 상당히 감소된다.

이상의 내용에서 혼타면기에서의 이물질 추출시스템의 작동원리를 명확하게

설명하였다. 그러한 시스템은 섬유제품에서의 심각한 오염상황을 미리 방지하며 권사기에서의 이종섬유에 의한 절단수에 대해 제어되지 않는 변동을 초래하거나 더 이상 허용될 수 없는 직물이나 편포에 있어서의 결점수를 초래하는 피크를 약화시킨다. 그러나 베일안에는 산지가 다른 많은 개별섬유가 있고, 이러한 섬유들은 혼타면기에서 분리될 수 없기 때문에 근본적인 오염은 항상 얀 클리너의 몫으로 남을 것이다.