



LIST⁺



Kneading - Mixing - Drying

LIST Technology

벌크 중합

수율, 온도 제어,
반응 속도의 향상

벌크 중합

농축 상에서의 고분자 가공

LIST Technology의 니더반응기(Kneader Reactor)는 농축 단계에서 고분자 가공을 할 수 있습니다. 예를 들어 무용매 벌크 중합과 에너지 효율성이 높은 수용성 벌크 중합이 가능하며, 리빙 연쇄 중합과 라디칼 중합 또한 모두 가능합니다. 셀프 클리닝과 표면 갱신은 벌크(공)중합에서 대단히 중요합니다.

반응기는 우수한 혼합 및 균질화 성능을 갖춘 수평형 대용량 니더반응기에 기반을 두고 있습니다. 케이싱, 샤프트, 혼합 엘리먼트가 열 전달 유체에 의해 가열되고 역학적으로 셀프 클리닝이 이루어집니다.

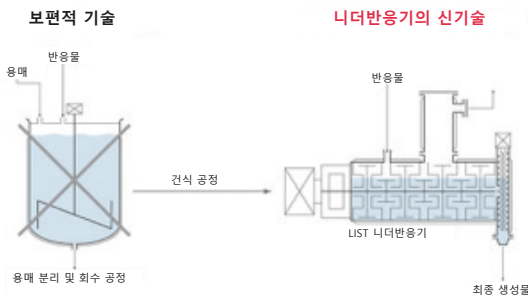


도표 1: 보편적으로 쓰이는 기술을 대체하는 LIST Technology 니더반응기의 원리

농축상에서의 중합을 위한 무용매 솔루션

체류 시간이 5분 이상일 경우 사용할 수 있는 기존 중합 기술은 Static Mixer가 장착된 CSTR(Continuous Stirred-Tank Reactor)과 tubular loop reactor 입니다. 탱크 반응기는 저밀도상에서 중합을 수행하기 위해 대량의 용매를 필요로 합니다. 루프 반응기는 용매를 필요로 하거나 고분자의 점도가 증가하면서 관을 막는 경우가 있어 수율에 제약이 생기기도 합니다 [1].

결과적으로 현재는 체류 시간이 5분 이상일 경우 농축 단계에서 중합을 가능하게 하는 기술이 없는 상태입니다. 용매를 사용하지 않는다는 것은 높은 점도의 고분자를 품질 저하를 일으키지 않는 적당한 온도에서 처리할 수 있는 능력이 있다는 것을 의미합니다.

LIST Technology의 엔지니어들이 현존하는 기술적 공백을 메웠습니다.

LIST Technology 니더반응기는 수율, 온도 제어, 그리고 반응 속도 면에서 중합 성능을 향상시키는 새로운 고용량 공정 솔루션입니다.



LIST Technology의 니더반응기: 셀프 클리닝과 효과적인 표면 갱신

니더반응기는 효과적인 믹싱, 낮은 전단율로 고점도(최대 50,000 Pas)를 처리하는 능력, 높은 열 전달률 및 물질 전달률, 공정과 제품에 맞게 제어될 수 있는 체류 시간 분포, 셀프 클리닝 성능과 같은 다양한 기술을 갖추고 있습니다.

니더반응기는 혼합 엘리먼트가 장착된 단축 또는 이축의 회전 샤프트로 이루어진 수평형 기기입니다. 믹싱 엘리먼트는 가열 또는 냉각될 수 있는 레디얼형(Radial-type) 고정 판과 그 바깥쪽에 결합된 특수 니딩(kneader) 바(bar)로 구성됩니다.

반응 용량은 일반적으로 1 - 6루베(m³)이며, 체류 시간에 따라 라인당 연간 생산량 10 - 150kt를 달성합니다. 용매를 사용하지 않기 때문에 반응 속도와 생산 능력이 향상됩니다.

셀프 클리닝과 효과적인 표면 갱신은 농축상에서 처리 공정을 향상시키는 본 기술의 핵심입니다. 낮은 회전 속도는 고분자가 일반적으로 100 Hz의 낮은 전단율로 축방향으로 이동될 수 있게 합니다. 니더반응기 안의 생성물 온도 변화는 대형 가열 및 냉각 면적을 통한 열 전달, 샤프트 속도의 변화, 필요한 경우 단량체의 증발과 환류(증발 냉각), 그리고 높은 믹싱율을 바탕으로 하는 정확한 온도 측정을 통해 적절하게 제어됩니다.

체류 시간을 정확하게 제어하기 위해, 교반기 토크, 생성물 무게(하중계), 수위(레벨계)를 측정해 토출량을 제어함으로써 충만도 또는 제품 홀드업의 정도를 일정하게 유지합니다. 이축 스크류 컨베이어로 토출이 이루어진 후 일반적으로 탈휘발화, 화학적 변형, 여과, 과립 공정 등 다음 공정을 위해 기어 펌프를 통해 가압합니다.

니더반응기는 여러 직렬로 이뤄진 혼합기(mixing chamber) 구현이 가능하며, 각각의 혼합기는 두 믹싱 엘리먼트 사이 공간으로 이루어집니다. 주어진 반응 시스템에서 혼합기의 수는 니더반응기 설계를 위해 필요한 파라미터입니다. 리빙 중합 시스템에서 혼합기의 수는 플러그 흐름 체계를 형성하기 위해 상대적으로 높게 유지됩니다. 자유 라디칼 기반의 시스템은 혼합기 수가 적거나 또는 두 믹싱 엘리먼트 사이가 넓을때 적절하게 작동되며, 이러한 방식은 반응물을 중합이 시작되는 온도까지 빠르게 가열시켜 백-믹싱(back-mixing)을 가능하게 합니다.

믹싱 회전 샤프트는 양 끝에 위치한 베어링에 의해 지탱됩니다. 그 결과, 케이싱과 다이내믹 니딩 엘리먼트 사이에 금속이 접촉되는 일이 없으며, 고분자에서 금속 오염이 일어날 가능성도 존재하지 않게 됩니다.

저점도부터 고점도까지 모든 등급의 고분자에 있어 클리닝, 혼합, 이송 엘리먼트의 배치는 단축의 구조를 형성합니다. 이러한 특성이 니더반응기의 작동을 간소화합니다.



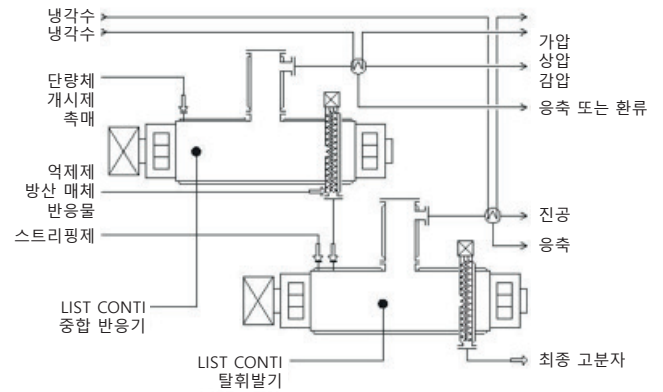
스위스 본사의 LIST Technology 테스트 센터

메타크릴 유도체의 PMMA 중합 및 공중합

니더반응기에서 높은 수율을 보이며 지속적으로 생산되고 있습니다. 특별히 고안된 니더반응기는 적절하게 제어되는 믹싱 기능을 통해 단량체를 공급하고 주입구에서 적절한 반응 온도까지 빠르게 올려 줍니다.(평형값에 근접한) 높은 수율, 집약적 믹싱, PMMA 물질의 표면 갱신 속도, 제품 온도 제어 등 이 모든 것이 기존의 중합 기술보다 더 뛰어납니다.

접착제의 벌크 공중합은 백-믹싱된 니더반응기에서 수행됩니다. 차가운 단량체는 점성이 있는 고분자 물질에 급속히 믹싱되고 이 혼합체는 개시 온도에 빠르게 도달합니다. 그 결과 생산 능력은 향상되고 표면적 제한없이 독립적으로 유지됩니다. 증발 냉각은 고도 발열 반응을 제어합니다. 증발된 단량체를 외부에서 응축시켜 젤 형성을 방지합니다.

그 결과대량의 고분자가 단일 기기를 통해 가공되어 지속가능한 규모의 경제가 가능해집니다.



공정흐름도: LIST-Technology 니더반응기의 고전환 중합 과정

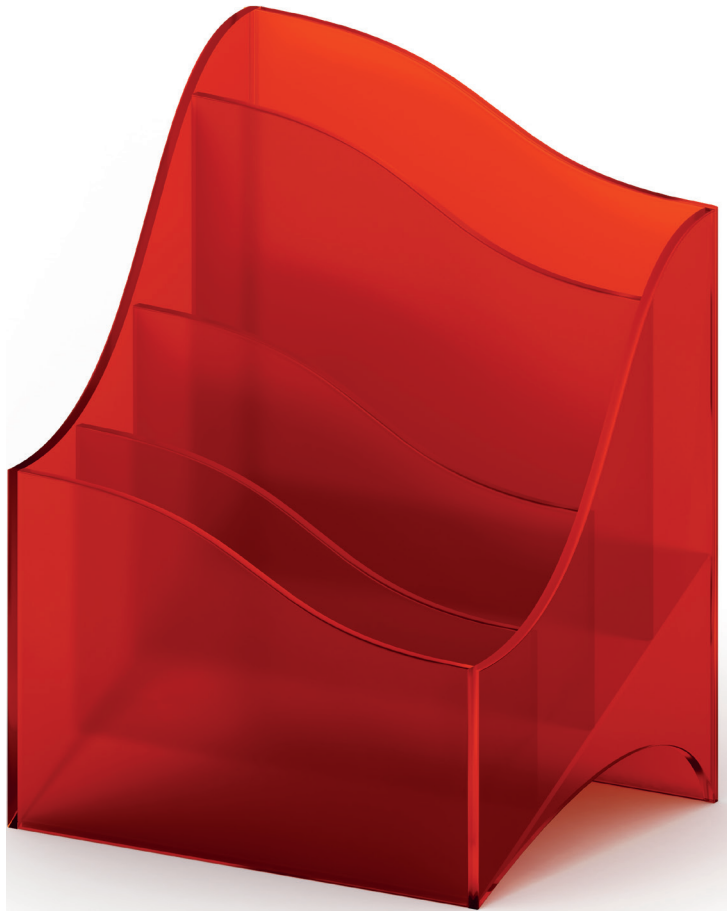
최대 97%의 단량체 전환이 가능합니다.

고흡수성수지(SAP) 생산 시에는 수성 상태의 균질한 반응물 혼합체가 초기부터 마련되어 있습니다. 일반적으로, 물은 혼합물에 존재하는 유일한 용매입니다.

중합이 일어나면서 반응 혼합체의 점성은 점점 더 높아지고 젤과 같은 SAP가 점진적으로 형성됩니다. 셀프 클리닝 혼합 엘리먼트는 열 열화로 이어질 수 있는 데드존을 제거합니다.

표면 갱신은 증발 냉각을 촉진하고, 이로써 고점도일 때나 자기 촉진화에 문제가 생겨도 고도 발열 반응의 정확한 온도 제어가 가능해집니다.

반응기는 차갑거나 완화된 단량체를 개시제나 촉매와 믹싱해 공급합니다. 이 혼합체가 LIST Technology 니더반응기에 들어가면, 공급 흐름은 기존 고분자 물질과 밀접하게 됩니다. 곧바로 열이 오르고 반응이 개시되면서 증발 냉각이 열 반응을 안전하게 제어합니다. 신속한 믹싱은 저점도 물질이 발포하려는 성질을 억제합니다.



고분자는 다양하게 사용될 수 있습니다.

transformed