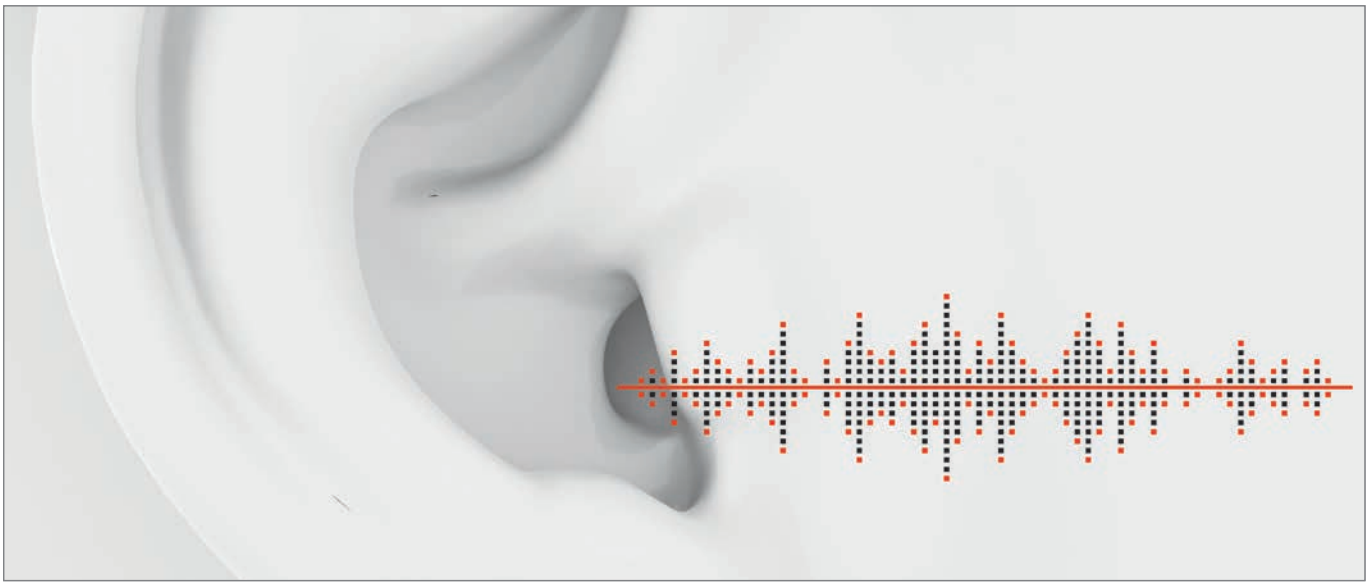
TELSONIC
ULTRASONICS

제조업체를 위한 사운드 솔루션

간단하게 설명하는 초음파 기술



브론슈호펜(스위스), 2022/10

제조업계는 수년 동안 초음파 기술에 의존해왔습니다. 현재, 무수히 많은 제품들의 용착, 접합, 절단, 봉합 및 세척 작업이 강력하고 가변적인 초음파 기술로 이뤄지고 있습니다. 기술은 일단 널리 사용되기 시작하면 당연하고 평범한 것으로 여겨지기 마련입니다. 사용자들은 효과적이라는 것을 알고 잘 사용하면서도 그 기술이 어떻게 그리고 왜 가능한지 알아보려고는 하지 않습니다. Telsonic의 레인하드 주스트(Reinhard Züst)가 이 글을 통해 초음파 기술 이면의 과학적 원리를 살펴보고 이 놀라운 제조 공정에 대한 귀중한 통찰력를 제공해 드립니다.

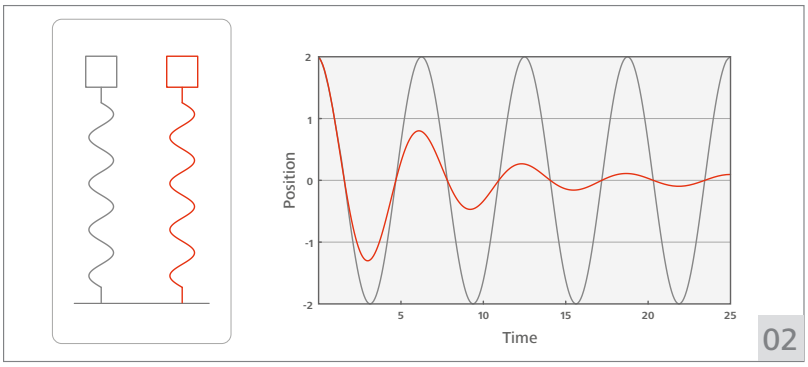
초음파 기술의 원리를 이해하려면 먼저 소리의 기본 원리, 즉 공기, 물 또는 기타 다른 매체 내 압력의 변화가 소리의 형태라는 것을 이해해야 합니다. 모든 압력의 변화는 탄성을 가진 매체를 통해 전파됩니다. 초당 압력의 변화 횟수를 음향 주파수라고 하며 이는 헤르츠(Hz) 단위로 측정됩니다. 소리의 주파수는 특유한 톤을 만들어냅니다. 소리의 전파 속도와 주파수를 알 수 있다면 그 파장을 계산할 수 있습니다.

소리는 우리 귀에 도달해 초당 최대 20,000회의 진동으로 고막을 자극할 때에만 감지될 수 있습니다. 진동이 초당 30회 미만으로 너무 느린 경우 감지되지 않습니다.
음원의 진동이 들릴 수 없을 정도로 빨리 발생할 때가 초음파입니다. 초저주파의 범위는 20 Hz 미만인데, 가청 범위는 20 Hz ~ 20,000 Hz(= 20 kHz)이며 초음파 범위는 20 kHz ~ 1,000 MHz(= 1 GHz)이고 극초음파는 1 GHz 이상입니다. 산업용 초음파의 경우 그 범위는 20 ~ 150 kHz입니다. 이와 대조적으로, 의학적 진단, 치료 및 재료 비파괴검사에서는 1 ~ 15 MHz의 주파수를 사용합니다.

01 초음파를 이용한 의료 진단

초음파 기술의 응용은 광범위하고 다양해서 음파탐지기로 알려진 소나, 재료 비파괴검사, 액체 및 대량 물질의 레벨 모니터링 등에 사용됩니다. 또한 의학적 진단 그리고 신장투석과 같은 분야에서도 초음파 기술이 적용됩니다. 박쥐나 돌고래에서 볼 수 있다시피, 자연도 초음파를 활용합니다. 이러한 동물들은 초음파를 내보낸 후 돌아오는 메아리 또는

반사파를 사용해 시각적으로 볼 수 없는 물체의 위치를 파악하는데, 이를 반향정위라고 합니다. 산업적 응용의 측면에서 볼 때, 초음파는 예를 들어 열과 같은 다른 형태의 에너지로 전환될 수 있는 기계 에너지입니다. 나중에 설명하겠지만 이것이 바로 초음파 용착의 기본 원리입니다.

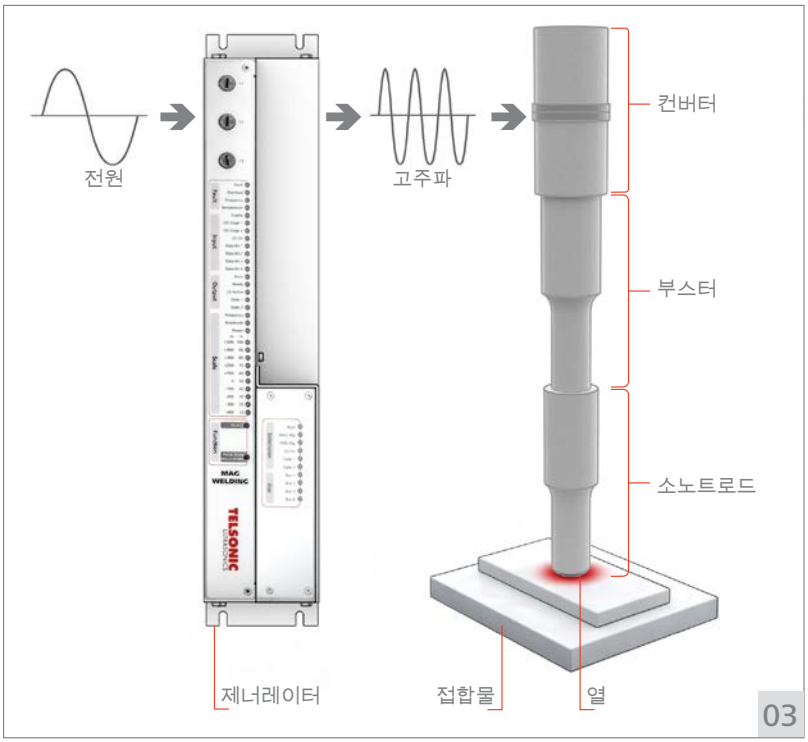


02 ■ = 공명 시스템, ■ = 감쇠된 공명 시스템

공명을 사용하는 산업용 초음파

공명현상은 감쇠가 매우 적습니다. 진동을 유지하는 데 소량의 에너지만을 필요로 하는데, 이 효과가 산업용 초음파에 사용됩니다. 그러나 공명현상은 의도된 효과와 의도되지 않은 효과가 모두 발생합니다. 이 부분을 가장 쉽게 설명하기 위해 다음의 예를 사용해보겠습니다.

튜닝포크는 정확한 해당 진동 주파수에서 진동을 일으킵니다. 한 번만 건드려도 한 동안 진동을 유지하며, 튜닝포크의 모양에 따라 주파수 즉, 톤이 달라지게 됩니다. 공명현상의 의도되지 않은 효과를 보여주는 훌륭한 예로 1940년 11월 7일 캐나다 타코마에서 발생했던 타코마 네로우즈 브릿지(Tacoma Narrows Bridge) 붕괴 사건이 있습니다. 이 사건의 경우, 바람으로 발생한 에너지가 공명현상으로 인해 교량이 진동하도록 하여 치명적인 결과를 낳은 것이지요.

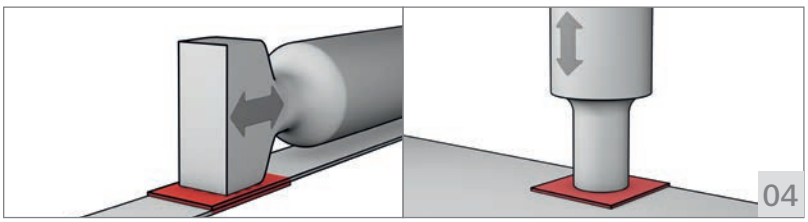


03 공명 시스템의 기계적 에너지 전달을 위한 컴포넌트

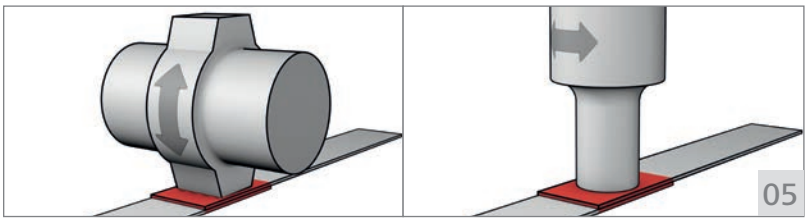
초음파 시스템의 컴포넌트 및 원리

기계 에너지의 전달을 위한 컴포넌트는 공명 시스템입니다. 이 컴포넌트는 필요한 주파수 생성을 위해 사용되는 발생기 외에도 전기 에너지를 기계 에너지로 전환하는 컨버터와 기계 에너지를 사용 중인 컴포넌트로 전달하는 부스터 및 소노트로드를 포함합니다.

쉽게 설명하자면, 초음파 시스템의 구성 요소는 차량 구동렬을 구성하는 다양한 컴포넌트와 유사하다고 할 수 있습니다. 즉, 차량의 엔진은 컨버터와 함께 발생기와 동일한 기능을 하며, 기어박스는 부스터와 비슷하다고 할 수 있습니다. 차량 바퀴의 움직임은 소노트로드에서 나오는 에너지와 비교될 수 있으며, 이 에너지는 용착에 필요한 열을 제공하게 됩니다.



04 선형으로 출력된 초음파 에너지.
좌측: 금속 용착, 우측: 플라스틱 용착



05 Telsonic의 SONIQTWIST® 기술(우측) 및 PowerWheel® 기술(좌측)은 플라스틱 및 금속 용착 분야를 위한 강력한 솔루션을 제공합니다

초음파 용착은 마찰 및 진동 에너지가 열로 전환된 후 다시 1초도 안 되는 짧은 순간에 분자 연결을 발생시키는 융합 용착 공정이라고 생각해볼 수 있습니다. 진폭, 힘, 노출 시간, 용착 시간 및 에너지는 초음파 용착의 주된 공정 파라미터이며, 수평 방향의 진동은 마찰 용착과 비교될 수 있습니다. 열 에너지는 내부의 마찰과 육안으로 관찰 가능한 경계면 마찰을 통해 생성됩니다.

06 초음파 용착은 **플라스틱 용착**을 위한 포괄적 솔루션을 제공합니다

07 초음파 용착은 **금속 용착**을 위한 포괄적 솔루션을 제공합니다

초음파 시스템을 구성하는 컴포넌트는 예를 들어 금속 또는 플라스틱을 용착하는 경우와 같이 다양한 방식으로 초음파 에너지를 전달하는 데 사용될 수 있습니다. 금속 용착의 경우 시스템은 수평으로 설정되고 에너지는 선형적으로 가해지게 되며, 플라스틱 용착의 경우 초음파는 수직으로 설정되지만 이 두 가지 경우 모두 에너지는 선형적으로 전달됩니다.

이 공정의 유연한 가변적 특성은 초음파 에너지를 비틀림 방식으로 전달하는 효과로 인해 더욱 큰 이점을 제공합니다. Telsonic이 개발한 SONIQTWIST®는 금속 또는 플라스틱 용착 작업 시 효과적으로 사용될 수 있으며, 전력 전자 부품 등에 대해 부드러운 용착 공정을 가능하게 합니다. 독특한 이 공정은 또한 구리, 알루미늄 및 기타 비철 금속에 대해 사용될 수도 있습니다. 금속 용착에 맞추어진 PowerWheel®은 케이블, 커넥터, 배터리 컴포넌트와 같이 넓은 단면적을 가진 전기차 관련 아이템을 다양하게 생산하는 데 사용됩니다.

친환경 공정의 이점

초음파 기술은 다른 공정과 비교 시 다수의 상당한 이점을 제공합니다. 입증된 신뢰성과 결합된 "부드러운" 공정으로 널리 인정 받는 초음파 기술의 가변성과 낮은 에너지 소비량은 다양한 시장 부문에서 초음파의 성공을 이어나가는 핵심적인 요인입니다.
사용자는 사이클 시간이 짧으므로 생산성이 높아지는 이점을 누릴 수 있습니다. 기계를 "웜업"시킬 필요가 없으므로 부품을 예열할 이유가 없습니다. 디지털 시스템이므로 사용자들은 특정 재료 및 작업에 필요한 최적 설정을 직관적으로 선택할 수 있습니다.
뿐만 아니라, Telsonic의 초음파 기술은 접착제나 용제 사용의 필요성을 없애는 등 중요한 환경적인 이점을 제공합니다. 초음파는 높은 효율성, 낮은 에너지 소비량 그리고 최소한의 입열량을 선사합니다. 또한 호환성이 좋은 다양한 바이오플라스틱 및 재생원료도 용착할 수 있습니다.

08 개별 사이클 및 연속 공정에서 **Cut'n'Seal** 을 사용하는 적용영역에 대한 예시

다양하게 적용되는 하나의 공정

초음파 공정은 그 가변성 덕분에 다양한 범위의 용도와 접합 작업에 사용됩니다. 용착, 스폿 용착, 리베팅, 포장제품 봉합뿐만 아니라 플라스틱 몰딩에 나사산 금속 인서트와 같은 아이템을 박는 작업까지 매우 다양합니다.

09 Reinhard Züst, TELSONIC AG

플라스틱 용착에서 초음파 공정이 제공하는 이점은 금속 용착의 경우에도 적용됩니다. 초음파 용착은 구리 및 알루미늄에 대해 고품질 접합 솔루션을 제공하므로 작업 후 전도성과 최적의 강도를 보장해 줍니다. 모재에 구조적인 변화를 발생시키거나 주변 재료를 손상시키지도 않습니다. 사이클 시간이 짧은(보통 1초 미만) 비용효율적 솔루션, 낮은 에너지 소비량, 소모품 불필요 등 공정상 주요 특성은 그대로 유지됩니다.

플라스틱 및 금속의 일반적인 용착 및 접합 공정에 더하여, Telsonic은 절단 및 용착 모두에 초음파를 사용하는 컷앤씰(Cut'n'Seal) 공정을 개발하였습니다. 이 기술은 섬유를 사용하는 작업에서 특히 유용합니다. 컷앤씰은 단일 단계 또는 2단계 공정으로 사용될 수 있습니다. 두꺼운 부직포 섬유에 적합한 이 기술을 적용하면, 라미네이트 및 직물 아이템 모두 절단 및 끝부분 봉합이 가능하며, 필요한 경우 단일 공정으로 다른 부분과 용착할 수도 있습니다. 이때 단일 사이클을 실시하거나, 라미네이팅, 마이크로 본딩, 길이 방향 라벨 절단 및 솔기 용착 등과 같이 빠른 속도와 대량 생산이 요구되는 작업에는 연속 공정으로 실시할 수 있습니다.

본문에서 설명한 내용과 예시에서 보다시피, 초음파 기술은 용착, 접합 및 절단 등 여러 시장 부문에서 요구되는 작업을 위해 이상적인 솔루션을 제공합니다. 이 기술이 접합 솔루션으로서 가지는 인기는 더욱 많은 제조사들이 그 잠재력을 인식하게 됨에 따라 갈수록 더욱 높아질 것입니다.

TELSONIC AG의 레인하드 주스트(Reinhard Züst) 및 Genesis Sales & Marketing Limited의 톰 프팃(Tom Pettit)