

진동 용착에 대한 소개

Telsonic의 플라스틱 접합 기술

플라스틱 용접

금속 용접

절단

세척

스크리닝



01

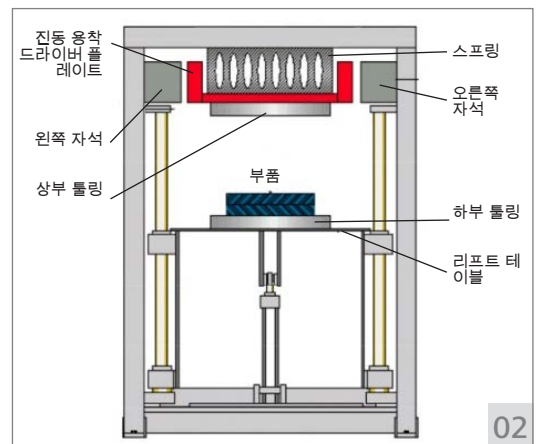
Shelby Twp., MI 48315, USA, 2022년 10월

접합 기술의 선택은 재료의 조합, 컴포넌트의 크기와 모양, 생산량 및 기능적 요구를 포함한 다양한 요인에 의해 영향을 받습니다.

플라스틱 접합 기술의 선두주자인 Telsonic이 개발한 다양한 초음파 용착 시스템 및 모듈은 고속으로 진행되는 공정에서 여러 가지 열가소성 재료, 특히 중소형 컴포넌트에 대해 널리 사용되고 있습니다. 한편, 진동 용착은 다양한 열가소성 재료에 대해 매우 적합한 기술이면서도 대형 컴포넌트 또는 3D, 계단형, 연속적인 측면 등을 가진 컴포넌트를 접합시킬 수 있습니다. TELSONIC Ultrasonics Inc.의 요헨 바허(Jochen Bacher) 사장은 이 글을 통해 진동 용착의 원리와 이점에 대해 유익한 설명을 제공합니다.

초음파 및 진동 용착 - 그 과정의 비교

진동 용착은 마찰 용착 공정이라고 할 수 있는 것으로, 접촉하는 두 표면의 상대적인 움직임을 통해 해당 면에 열이 생성되게 합니다. 이 용착법은 두 접촉면 사이의 마찰 그리고 15kHz ~ 70kHz의 진동수로 움직이며 마이크로 단위로 측정되는 내부 분자의 움직임이 함께 열을 발생시키는 초음파 용착과는 상이한 것입니다. 진동 용착은 초음파 용착과 달리 100Hz ~ 300Hz 사이의 진동수로 진행되며 0.75mm ~ 2mm(0.030 인치 ~ 0.080 인치) 사이의 진폭을 가집니다. 용착 사이클 동안 가해지는 압력에 따라 일반적인 용착 시간은 2 ~ 10 초 가량됩니다.



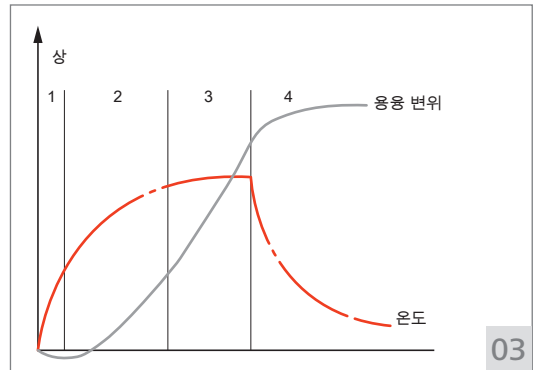
02

01 적외선 예열

02 진동 용착의 원리

진동 용착 공정은 네 개의 별도 단계로 구성됩니다.

1단계	단단한 부분들이 진동함으로써 마찰이 발생하고 접합 표면에 열이 생성되거나 재료는 여전히 고체 상태입니다.
2단계	유리 전이 온도에 도달하면 점성을 가진 재료의 흐름이 발생합니다. 녹은 폴리머의 변위로 열이 발생합니다. 각 부분이 서로를 향해 움직이기 시작합니다(녹기 시작함)
3단계	용해 변화가 지속적인 상태가 되면 해당 재료의 용해 변화 온도에 도달하여 각 부분이 성형 플라스틱과 결합되기 시작합니다. 녹은 재료가 측면으로 흐르고 시간의 경과에 따라 용입이 선형적으로 증가합니다.
4단계	진동이 멈추고 용착 부위를 냉각시킬 수 있는 충분한 휴지기가 주어집니다. 클램핑 압력으로 인해 녹은 폴리머가 고체화할 때까지 흐르게 되므로 용입이 계속됩니다.



03 각 진동 용착 단계에 걸친 용용 변위와 녹는점 사이의 관계

상이한 진동 용착 단계에 걸쳐 용용 변위와 녹는 온도 사이의 관계를 잘 알아두는 것이 중요합니다. 우수한 용착 강도를 위해, 선형적인 용용 변위가 발생하는 3단계까지 갈 수 있도록 진동 용착 시간을 충분히 허용해야 합니다. 또한, 진동이 멈추었을 때 재료가 변위되는 것을 감안하여 휴지 시간도 충분히 길어야 합니다.

재료 - 비정질 VS 결정질

비정질 및 반결정질 플라스틱은 모두 고온 폴리머입니다. 이 두 가지의 차이점은 분자 구조에 있습니다. 비정질 열가소성 플라스틱에는 다음과 같은 거의 투명한 플라스틱류가 포함됩니다: 폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA/아크릴), 폴리스티렌(PS), 폴리카보네이트(PC), 폴리설파이드(PSU), 폴리비닐 클로라이드(PVC), 아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌(ABS), 폴리에테르이미드(PEI). 이러한 폴리머들은 빠른 녹는점이 없고 무작위로 정렬된 분자 구조를 가지고 있습니다. 따라서, 비정질 재료들은 온도가 올라감에 따라 점차적으로 부드러워집니다.

비정질 열가소성 플라스틱과 달리, 반결정질 플라스틱은 녹는점이 고정되어 있는 매우 안정된 분자구조를 가지고 있습니다. 흔히 볼 수 있는 반결정질 플라스틱으로는 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 폴리부틸렌 테레프탈레이트(PBT), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에테르에테르케톤(PEEK) 등이 있습니다.

비정질 재료들이 온도 상승에 따라 점차적으로 부드러워지는 반면 반결정질 플라스틱은 그렇지 않습니다. 대신 특정 수준의 열이 흡수될 때까지 고체 상태를 유지합니다. 열이 충분히 흡수되면 급속히 점도가 낮은 액체 형태로 변화합니다. 녹는점은 녹는 온도가 높은 비정질 열가소성 플라스틱보다 대체로 더 높습니다.

상이한 재료의 용착

진동 용착은 열가소성 플라스틱을 녹여, 상이한 두 가지 재료 사이에 기계적 접합을 만들어내므로 유사성이 없는 재료들을 용착할 수 있습니다. 일반적으로, 용착 시간은 비정질 재료의 경우 1 ~ 3초, 반결정질 재료의 경우 3 ~ 10초가 소요됩니다.

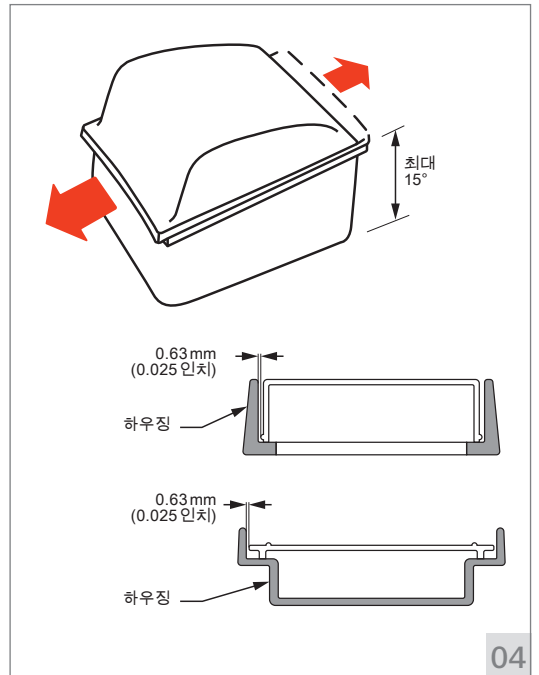
필요한 용착 압력은 해당 재료, 부품 디자인, 부품 고정 방식에 따라 달라집니다. 비정질 재료가 보통 더 낮은 압력을 필요로 합니다. 일부 재료들은 고체에서 녹은 상태로 빨리 변하는데 이때 낮은 압력이 필요하게 됩니다. 대부분의 첨단 기계장치들은 압력 프로파일링을 통해 용착 사이클 동안 용착 압력을 조절하므로 더 우수한 용착 품질을 제공합니다.

성공을 위한 설계

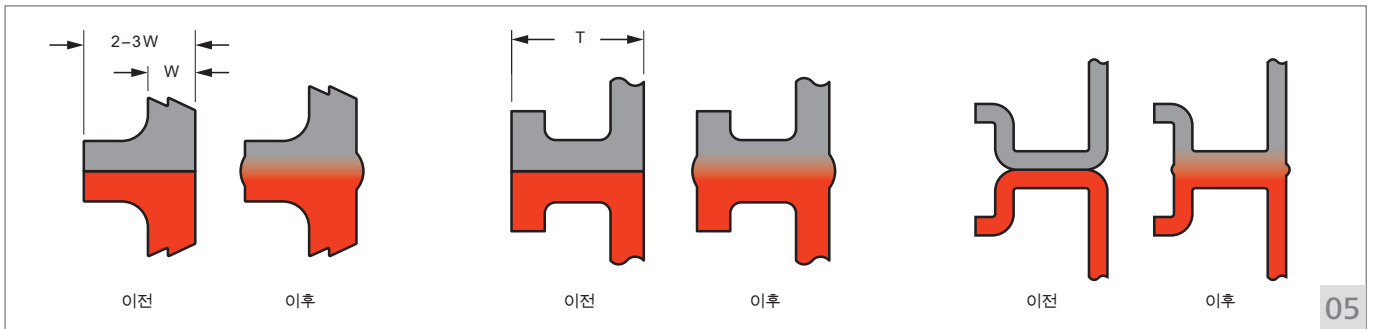
성공적인 진동 용착을 위해서는 부품 설계 과정에서 다음 사항들이 이행되어야 합니다. 용착 플랜지가 250 ~ 300Hz의 높은 진동수에서 0.8mm(0.030 인치)의 진폭을, 그리고 100 ~ 150Hz의 낮은 진동수에서 최대 2mm(0.080 인치)의 진폭을 허용할 수 있는 크기이어야 합니다. 진동 방향에 위치한 용착 표면은 편평한 상태이어야 하나, 최대 15도 각도에서도 양호한 작업 결과를 기대할 수 있습니다.

아래의 그림들은 플랜지 맞대기 접합, 리브가 있는 플랜지 맞대기 접합 및 리턴 플랜지가 있는 열성형 맞대기 접합을 사용한 진동 용착용 맞대기 접합 설계를 보여 줍니다.

용융 변위로 인해 접합부 외부에 플래시가 발생하게 됩니다. 플래시의 물리적 외양은 재료에 따라 매우 달라집니다. 일부 재료는 길고 "보풀 같은" 모양을 만들어내며, 어떤 재료의 경우 부스러기 같은 플래시를 생성합니다. 이러한 플래시를 정리할 수 있도록 대부분의 부품 디자인에는 "플래시 트랩"이 포함됩니다. 플래시 발생을 없애 줄 최적 디자인 설계를 위해 용착 프로토타입이 필요한 경우가 자주 있습니다. "플래시 트랩"의 크기는 용착 변위 계산값보다 최소 30% 더 커야 합니다. IR 예열 기능을 진동 용착 공정과 통합함으로써 특히 비정질 열가소성 플라스틱 작업에서 플래시 발생을 크게 향상시켰습니다.



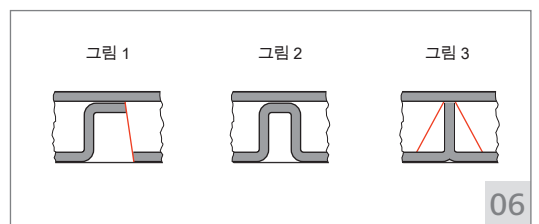
04



05

추가 설계 요건

내부 리브를 용착할 때에는 플랜지 지지대가 필요한데, 플랜지가 진동 방향으로 정렬되어 있지 않은 경우에는 특히 그러합니다. 가장 효율적인 방법은 그림 1과 2에서 볼 수 있는 것처럼 진동 톨을 사용해 리브를 지지하는 것입니다. 그러나, 이러한 조치가 용이하지 않은 구조일 경우, 그림 3의 경우처럼 몰드 부분으로 지지대 리브를 통합시켜 벽을 안정시켜 주면 됩니다. 이러한 구조적 측면을 성공적으로 이행할 수 있는 컴포넌트를 설계하기 위해, 재료, 부품 고정 가능성, 부품 디자인 등과 같은 모든 파라미터를 연구해야 합니다.



06

- 04 성공적인 진동 용착을 위해서는 부품 설계 과정에서 기본 원칙들이 이행되어야 합니다.
- 05 플랜지 맞대기 접합, 리브가 있는 플랜지 맞대기 접합 및 리턴 플랜지가 있는 열성형 맞대기 접합을 사용한 진동 용착용 맞대기 접합 설계
- 06 내부 리브를 용착할 때에는 플랜지 지지대가 필요한데, 플랜지가 진동 방향으로 정렬되어 있지 않은 경우에는 특히 그러합니다.

다양한 응용 분야

진동 용착 공정의 다목적성은 이 기술을 도입해 온 광범위한 응용 분야와 시장 부분에서 확인할 수 있습니다. 계기판, 스포일러, 엔진 커버, 공기 흡입구 및 라이트 클러스터 등과 같은 많은 자동차용 컴포넌트들이 진동 용착법을 사용해 모두 접합됩니다. 진동 용착을 사용하는 다른 부문으로는 세탁기용 드럼, 체인톱 하우징 등과 같은 가전 제품 및 원예 제품이 있으며, 심지어 물류용 플라스틱 팔렛 또한 제조 시 이 기술이 사용됩니다.

요약

진동 용착의 다양한 이점과 혜택이 아래의 표에 정리되어 있습니다. 어떤 기술이든 어느 정도의 한계가 있을 수 있는데, 진동 용착의 경우 이러한 한계가 용착 표면의 모양, 얇은 벽 부분 및 내부 리브 등으로 대개 국한되며, 소음 수준에 따라 음향 인클로저가 필요하기도 합니다. 이 기술은 또한 많은 투자를 필요로 합니다.

진동 용착의 이점

- 복잡하고 불규칙한 형태를 용착할 수 있는 능력
- 대형 컴포넌트의 용착
- 높은 강도 제공 및 기밀 봉착 능력
- 한꺼번에 다수 컴포넌트를 용착시킬 수 있음
- 추가 재료가 필요하지 않음
- 작업 표면 준비 작업이 거의 필요하지 않음
- 다른 부품을 감싸도록 사용할 수 있음
- 작업 후 즉시 사용할 수 있음
- 높은 공정 신뢰도
- 높은 생산율
- 신속한 톨 교체가 가능함

Telsonic은 유압 또는 전기 서보 모터 구동 작업에 대해 사용할 수 있는 포괄적인 종류의 진동 용착 시스템을 제공합니다. 용착 모드에 깊이 및 시간이 포함되어 있으므로 저장 및 용착 결과 분석이 가능합니다. 안전 회로 및 방음 하우징을 포함하고 있는 이 시스템은 적외선 예열 옵션을 제공하며, 다단계 용착 작업 또한 가능하게 합니다.



07



08

07 진동 용착은 가변적인 방식으로 다양한 응용 분야에서 사용될 수 있습니다. IR 예열 기능을 진동 용착 공정에 도입함으로써 여기 제시된 것처럼 자동차 렌즈와 같은 투명한 비정질 열가소성 플라스틱 작업에서 플래시의 외관을 크게 향상시켰습니다.

08 Telsonic은 대영과 협력하여 플라스틱 접합 부문의 최고 기술을 함께 제공하고 있습니다.



09

09 요헨 바허(Jochen Bacher), 사장, TELSONIC Ultrasonics Inc.