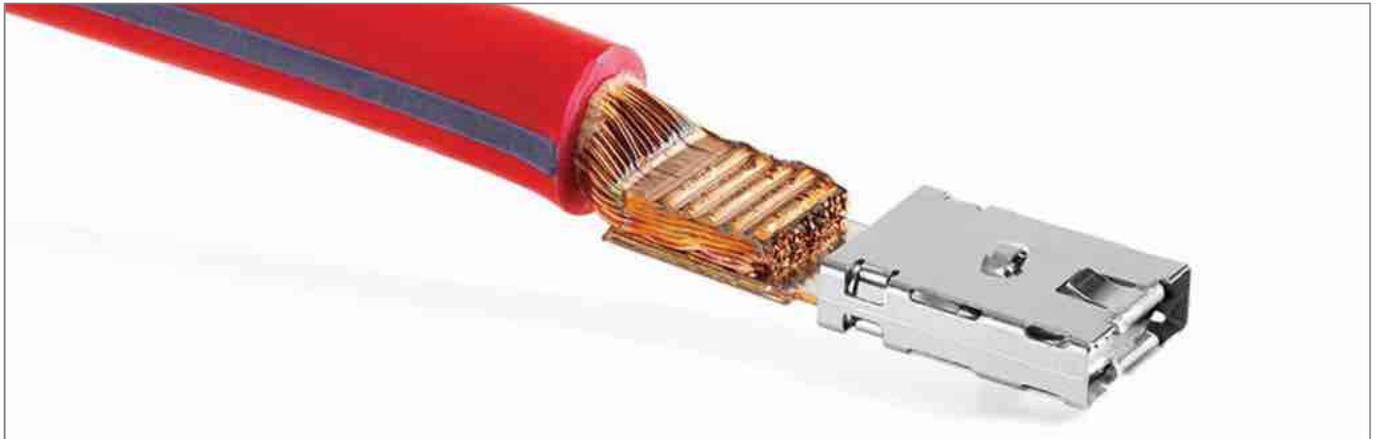


## 초음파 금속 용착 공정의 순가치

플라스틱 용착	<b>금속 용착</b>	절단	세척	스크리닝
---------	--------------	----	----	------

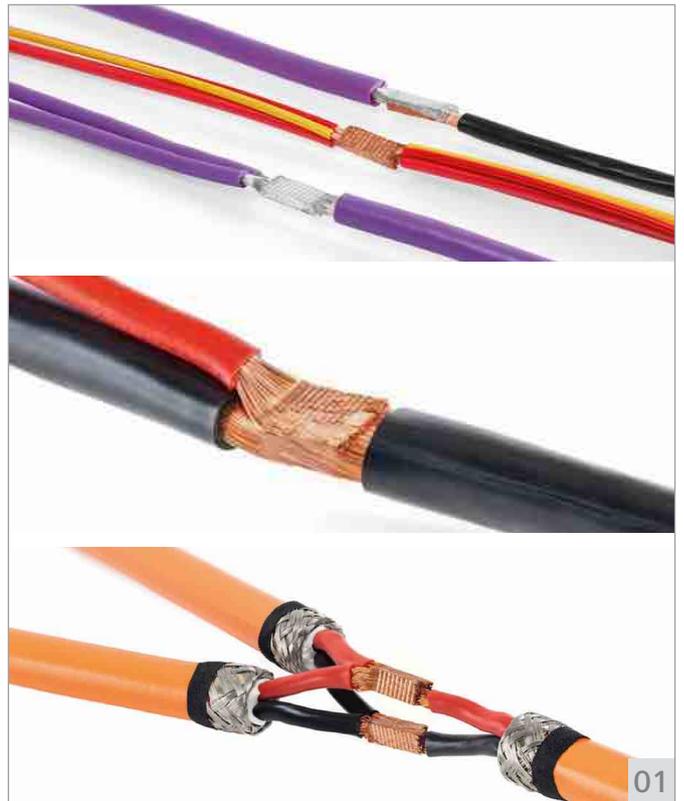


브론슈호펜(스위스), 2023/08

유형 및 무형의 특성을 포함하여 금속 접합 방법을 결정할 때 고려해야 할 많은 요소가 있습니다. 적용 영역에 따라 투자는 접합 설계, 용착할 재료, 기하학적 형태, 치수 및 크기, 환경 영향, 해당 제품이 요구하는 기계적 및 전기적 무결성에 따라 달라집니다. 글 한 편으로 모든 접합 적용 영역을 다룰 수는 없습니다. 그래서 자동차 케이블 하니스 산업과 제품에 주목하여 플랜징, 납땜, 초음파, 레이저 및 저항 용착의 차이점을 명확하게 짚어보겠습니다.

경우에 따라 초음파 용착이 유일한 솔루션이거나 전혀 실현 가능하지 않을 수 있습니다. 하지만 접합 방법을 선택할 때 아무리 많은 변수를 고려하더라도 초음파 용착은 다른 모든 실행 가능한 공정보다 장기적으로 더 나은 투자 수익을 제공하는 것으로 보입니다.

초음파 금속 용착 장비에 대한 초기 투자는 저항 용착 및 플랜징, 기계적 접합과 같은 다른 용착 공정보다 높지만 레이저 용착 장비보다 낮습니다. 그렇다면 이 초음파 용착 기술이 케이블 하니스 제조를 지배하고 EV, HEV 배터리 및 배전의 필수품이 된 이유는 무엇일까요? 비철금속의 초음파 용착은 수십 년 동안 입증된 기술입니다. 그러다가 1980년대 초반부터 초음파 금속 용착은 자동차 산업을 장악하다시피 했는데, 특히 자동차 케이블 하니스 제조업체는 이 기술을 가장 많이 사용하는 부문이 되었습니다(그림 1). 초음파 용착은 그 특유의 효율성과 비견할 수 없는 품질 때문에, 소개되자마자 거의 즉시 모든 자동차 브랜드에서 기계식 플랜징 및 저항 용착을 대체했습니다. 자동차 케이블 하니스 부문의 초음파 용착 기술 활용은 지난 10년 동안 전기차(EV)의 성장으로 인해 더욱 빨리 확대되었습니다. 산업계의 지평을 변화시킨 혁신적인 Telsonic의 토셔널 용착 기술은 심 영역의 크기, 협소한 영역에서의 작업, 기하학적 형태, 닿기 어려운 영역에 대한 작업, 용착 방향, 주변 부품에 대한 진동 효과 등과 같은 문제를 해결할 수 있는 그 탁월한 능력에 힘입어 빠른 성장을 기록했습니다.



01 자동차 케이블 하니스를 위한 전통적인 초음파 용착 적용 영역

일반적인 케이블 하니스 하나에는 180개의 노드가 포함되어 있으며 그 수는 각 차량 모델 연도에 따라 증가합니다. OEM 업체들은 더 많은 노드가 필요한 자동차에 더 많은 전자 기능을 추가하고 있습니다. 노드와 전선 종단부가 함께 차량 전체의 전체 전기 시스템을 제어하는 길고 복잡하며 무거운 하니스 하나를 구성합니다. 전선 결합은 전선 가공에 내재하는 노동 강도로 인해 케이블 하니스 제조에서 항상 큰 관심사였습니다. 업계에서는 여전히 소형 전선 플랜징 또는 주석 전선 결합과 같은 적용 영역에 플랜징 또는 저항 용착을 적용합니다. 일반적으로 초음파 용착은 주석 도금 부품이나 강철과 같은 경질 재료에는 적합하지 않습니다. 이 경우에는 저항 용착이나 레이저 용착 옵션을 사용할 수 있습니다. 초음파 용착은 알루미늄을 다른 비철금속에 용착할 때 최고의 옵션입니다. 알루미늄은 냉간 용접 특성으로 인해 녹거나 열에 크게 영향을 받지 않고 강하게 용착됩니다. 초음파 용착의 장점은 알루미늄, 구리, 마그네슘과 같은 열전도성 재료에 적용되는데, 이러한 재료는 저항 용착기와 레이저로 용착하기에 번거로울 수 있습니다. 초음파는 얇은 재료를 두꺼운 재료와 접합하는 데에도 매우 유용합니다. 열로 인한 재료 특성의 교란을 최소화할 것을 요구하는 경우 보통 초음파가 최고의 용착 공정입니다.

전선 결합은 오늘날의 케이블 하니스 제조의 일부 접합 공정을 평가할 수 있는 최고의 사례입니다. 제조업체들은 용착이 실행 가능한 옵션이 되기 수년 전부터 플랜징 공정을 활용했습니다. 어떤 OEM 업체들은 클립을 사용하여 노드의 전선에 플랜징 작업을 했습니다. 한편 어떤 OEM 업체들은 전기적 무결성을

확보하기 위해 납조에 담금을 추가했습니다. 여기에는 추가된 재료(다양한 크기의 클립), 전용 프레스에 필요한 공간, 납땜 기술 요구 사항, 기계적 응력 및 클립과 납땜의 열로 인해 전선 가닥에 미치는 영향 등의 단점이 있었습니다. 따라서 저항 용착을 시작으로 초음파 용착이 도입되면서 전선 용착의 매력은 올라갔습니다. 초음파 금속 용착의 냉간 용접 특성, 용착 전에 산화를 제거하는 능력, 이중 금속의 접합, 매우 낮은 에너지 소비, 기계 한 대와 동일한 범용 툴링으로 다양한 노드 크기를 용착하는 능력은 초음파 전선 결합을 전 세계적으로 용인되는 공정으로 만드는 확실한 요소였습니다. 케이블 하니스 제조업체들이 이 공정에 익숙해지고 기술을 채택하는 데에는 몇 년이 걸렸습니다. 일부는 플랜징에서 초음파 용착으로 전환했고 일부는 초음파 용착으로 전환하기 전에 저항 용착을 사용했습니다. 초음파 용착 장비는 오늘날에도 유효한 다른 접합 방법을 능가합니다.

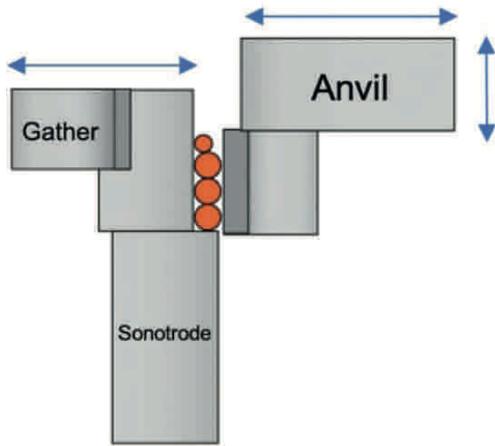
지난 30년 동안 용착 기술의 발전을 거치며 품질과 신뢰성은 항상 최고의 결정적인 요인이었습니다. 초음파 용착을 사용한 접합부는 차량에서 수명이 더 길어서 투자 수익은 쉽게 정당화되었습니다. 오늘날 아래 비교표(표 1)에 있는 대부분의 기능은 와이어-터미널, 터미널-터미널, 부스바와 같은 다른 금속 용착 적용 영역에 사용할 수 있습니다.

이 비교표는 각 공정의 장점과 직접 및 간접 운영 비용을 보여줍니다. 하나의 접합 방법이 분명히 더 나은 옵션이거나 유일한 옵션일 수 있는 경우가 많이 있습니다. 여러 접합 옵션 중에서 결정할 때 아래 표의 특성을 고려할 수 있습니다.

기능	초음파	저항	플랜징	납땜	레이저
냉간 용착 공정	있음	없음	없음	없음	없음
필요한 소모품	없음	없음	있음	있음	없음
이중 재료 접합	있음	제한적	있음	제한적	제한적
연결 내구성	우수	양호	보통	낮음	양호
기계적 강도	높음	높음	보통	낮음	보통
전기 전도성	우수	양호	보통	낮음	양호
재료 특성 변화	변함 없음	변함	변함 없음	변함	변함
소비 전력	낮음	높음	낮음	보통	보통
공정 시간	짧음	짧음	짧음	김	짧음
발열	낮음	높음	낮음	높음	높음
표면 상태의 영향	보통	보통	있음	있음	있음
품질 관리, 일관성	높음	낮음	보통	매우 낮음	보통
산업 안전(증기, 감전)	양호	낮음	양호	낮음	양호
공구 수명	높음	낮음	높음	보통	높음
필요한 적격 작업자	없음	없음	없음	있음	있음
간편한 자동화	제한적	제한적	양호	없음	제한적
유지관리 요구 사항	낮음	높음	낮음	낮음	높음

접합부당 운영/유지관리 비용은 동시에 검증해야 하지만 품질이 최우선 순위입니다. 접합 방법을 선택할 때 고려하는 몇 가지 요소는 다음과 같습니다.

- 초기 투자 및 물량
- 출력 속도
- 소모품
- 전기 소비 - 초음파 용착은 저항 용착 전기 소비의 5% 필요
- 수냉, 환기, 추가 전원 설치 등 추가 인프라
- 장비에 필요한 바닥 공간
- 교체 시간
- 각 적용 영역의 장착 시간
- 툴링 수명과 이것이 품질에 미치는 영향(그림 02)



02

02 초음파 전선 결합용 툴링(통상 용착 횟수 200,000건 이상)

### 초음파 금속 용착의 장점

- 재료 특성에 영향을 미치지 않는 저온 공정
- 많은 비철 재료를 위한 순수 야금 결합
- 이종 재료의 용착 능력
- 노드 클립 또는 납땜과 같은 소모성 재료 없음
- 친환경 공정
- 일관된 용착 품질, 기계적 및 전기적 특성
- 빠른 사이클 시간
- HMI 친화적
- 흠이나 납과 같은 화학 물질이 없는 작업자 안전성

### 공정

금속과 플라스틱의 초음파 용착 방법에는 두 가지 유형이 있습니다. 선형 용착은 장비 제조업체에서 전선 결합을 위한 표준 공정으로 사용하는 보다 일반적인 기술입니다 (그림 3).

Telsonic이 개발한 토셔널 용착 기술은 10년 전에 등장했습니다. 토셔널 용착 기술은 선형 용착의 가장 일반적인 적용 영역에 사용할 수 있습니다. 그러나 이 기술의 특별한 기능 때문에 적용 영역의 기하학적 형태와 시장 내 광범위한 적용 영역으로 이어지는 부드러운 공정 측면에서 어떤 이점이 있습니다. 실제로 이 기술은 때때로 전기차 배터리 제조업체와 고전압 케이블 종단에 유일한 솔루션인 것으로 밝혀졌습니다(그림 4). 토셔널 초음파 용착이 우수한 방법으로 입증된 다른 예로는 부스바, 3D 터미널, 집적 게이트 바이폴라 트랜지스터(IGBT)가 있습니다.

### 초음파 용착 기술

**선형** 03

표준 적용 영역에 대해 입증됨

**선형**

표준 용착 공정

금속 용착	플라스틱 용착
-------	---------

**토셔널** 04

한계를 뛰어넘는 새로운 가능성

**토셔널**

SONIQTWIST®	PowerWheel®
금속/플라스틱 용착	금속 용착

03 초음파 용착의 현재 EV 적용 영역 사례

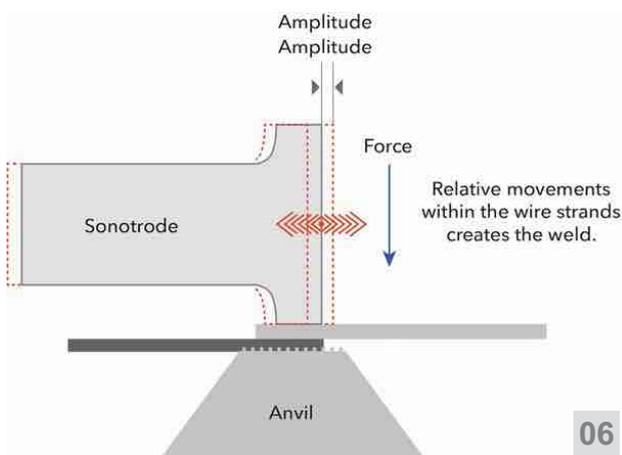
04



05 자동차용 초음파 용착 적용 사례

### 작동 방식:

전선이 진동 공구(소노트로드)와 앤빌 블록 사이에 쌓여 있습니다. 앤빌을 통해 정적 힘이 가해지기 전에 미리 정해진 공간에 전선이 갇힙니다. 진동이 계속되면 금속 표면이 가열되고 가소화되며 가닥이 분자 수준에서 서로 섞이면서 함께 결합됩니다(그림 6). 그 결과 냉간 가공 금속의 구조와 같은 미세 입자 구조의 연속 용착이 이루어집니다. 전체 공정은 매우 신속하며 용착은 보통 1초도 안 되어 완료됩니다. 오늘날 사용되는 가장 일반적인 전선 결합 기계는 20KHz 주파수의 기계적 진동에서 작동합니다. 진동이 힘을 받으면 모든 오염 물질을 분산시키고 결합이 완료될 때까지 냉간 마찰 용착을 시작합니다. 용착 인터페이스의 마찰력으로 인해 용착 재료는 온도가 30% 미만 상승합니다. 따라서 용착 전환 영역에서 전선 가닥을 부서지기 쉽게 만드는 전선 재료의 경화가 없습니다. 이는 노드 너겟을 만들기 위해 재료를 녹이는 저항 용착보다 유리한 많은 장점 중 하나입니다.



06 금속의 초음파 선형 용착과 관련된 진동 및 운동

### 기본 용착 매개변수 및 변수

초음파를 사용한 전선 용착은 실제로 품질이 우수하며 안전한 것으로 입증되었습니다. 각 적용 영역에 대해 용착 매개변수를 조정하고 모니터링할 수 있기 때문에 이제 이러한 매개변수는 4차 산업혁명 환경에서 사용할 수 있습니다.

### 용착 매개변수:

항상 미리 결정되는 용착 공구와 치수의 조건 외에도 4개의 용착 매개변수를 설정해야 합니다. 이러한 매개변수는 보통 용착 품질의 검증을 시작하기 위해 기계 제어장치가 제공하는 기본값으로 설정됩니다.

- 용착 너비: 기계에서 설정
- 용착 에너지: 용착을 완료하기 위해 제공하는 고정된 와트-초
- 진폭: 소노트로드의 100% 기능까지 조정할 수 있는 진동
- 힘-압력 설정: 용착력 설정

### 품질 변수:

고정 에너지로 용착할 때 최상의 품질을 위해 공정을 제어하고자 다음 변수를 측정하고 기계 또는 사용자가 결정한 허용 상한 및 하한과 비교합니다.

- 용착 시간(용착 지속 시간)
- 초음파가 시작되기 전 압축 높이
- 최종 용착 높이
- 소비 전력

## 안정적인 생산과 데이터 무결성

초음파 금속 용착은 저전류와 고전류 전달 특성을 모두 충족하는 신뢰할 수 있는 결합을 제공하기 때문에 케이블 하니스 어셈블리의 모든 측면에서 중요한 공정입니다. 그래서 일정한 표준과 사양을 개별 회사에서 마련합니다. 초음파

전선 결합과 종단을 위한 USCAR 45 및 38은 일부 예시이며, 시장에서 대부분의 산업용 제품에 적용할 수 있는 다른 규격도 있습니다. 다음 표는 초음파 용착 품질 가이드라인을 요약한 것입니다.

## 초음파 금속 용착 품질 가이드라인

**초음파 전선 용착**

**초음파 단자 용착**

**용착 품질 가이드라인**

**인장 시험 방법 및 결과**

**인장**

종류	길이	단면적	인장강도	인장력
USCAR 45	100	1.27	1000	1270
USCAR 38	100	0.87	1000	870
USCAR 36	100	0.65	1000	650
USCAR 34	100	0.49	1000	490
USCAR 32	100	0.37	1000	370
USCAR 30	100	0.28	1000	280
USCAR 28	100	0.21	1000	210
USCAR 26	100	0.16	1000	160
USCAR 24	100	0.12	1000	120
USCAR 22	100	0.09	1000	90
USCAR 20	100	0.07	1000	70
USCAR 18	100	0.05	1000	50
USCAR 16	100	0.04	1000	40
USCAR 14	100	0.03	1000	30
USCAR 12	100	0.02	1000	20
USCAR 10	100	0.01	1000	10

**전선 규격**

구분	종류	길이	단면적	인장강도	인장력
USCAR 45	USCAR 45	100	1.27	1000	1270
	USCAR 45	150	1.27	1000	1270
USCAR 38	USCAR 38	100	0.87	1000	870
	USCAR 38	150	0.87	1000	870
USCAR 36	USCAR 36	100	0.65	1000	650
	USCAR 36	150	0.65	1000	650
USCAR 34	USCAR 34	100	0.49	1000	490
	USCAR 34	150	0.49	1000	490
USCAR 32	USCAR 32	100	0.37	1000	370
	USCAR 32	150	0.37	1000	370
USCAR 30	USCAR 30	100	0.28	1000	280
	USCAR 30	150	0.28	1000	280
USCAR 28	USCAR 28	100	0.21	1000	210
	USCAR 28	150	0.21	1000	210
USCAR 26	USCAR 26	100	0.16	1000	160
	USCAR 26	150	0.16	1000	160
USCAR 24	USCAR 24	100	0.12	1000	120
	USCAR 24	150	0.12	1000	120
USCAR 22	USCAR 22	100	0.09	1000	90
	USCAR 22	150	0.09	1000	90
USCAR 20	USCAR 20	100	0.07	1000	70
	USCAR 20	150	0.07	1000	70
USCAR 18	USCAR 18	100	0.05	1000	50
	USCAR 18	150	0.05	1000	50
USCAR 16	USCAR 16	100	0.04	1000	40
	USCAR 16	150	0.04	1000	40
USCAR 14	USCAR 14	100	0.03	1000	30
	USCAR 14	150	0.03	1000	30
USCAR 12	USCAR 12	100	0.02	1000	20
	USCAR 12	150	0.02	1000	20
USCAR 10	USCAR 10	100	0.01	1000	10
	USCAR 10	150	0.01	1000	10

### 07 초음파 금속 용착 품질 가이드라인

웹 브라우저에 "Telsonic 다운로드"라는 단어를 입력하여 Telsonic 웹사이트에서 위 차트를 다운로드하십시오.

인장력 및 박리력 조건과 SAE AWG 및 ISO 미터법 케이블 관련 전선 규격을 포함한 초음파 전선 결합 및 종단 적용 영역에 대한 품질 평가 가이드라인.

오늘날 전기차 배터리와 고전압 연결 시스템의 급속한 발전에는 견고한 접합 솔루션을 통한 신속한 대응이 필요합니다. 제품 엔지니어는 설계와 개발 단계에서 접합 기술을 선택해야 합니다. 그러려면 공정 속도를 높이고 프로토타이핑 및 초기 제품 테스트를 위한 모든 툴링을 준비하기 위해 용착 솔루션 제공업체와 제품 설계자 간의 커뮤니케이션이 필요합니다.

초음파 용착에 대한 지식이 늘어남에 따라 현재 기능과 연동할 수 있는 적용 영역이 늘어나고 있습니다. 그러나 이 기술을 처음 접한다면 이 글이 용착 기술의 기본 원리에 대한 이해를 높여 자동차와 기타 산업에서 제공되는 잠재적인 재정적 기회를 명확하게 파악하는 데 도움이 되기를 바랍니다. 설계가 완료되기 전에 가장 적합한 접합 방법을 선택할 때 고려해야 할 많은 요소가 있습니다. 이 글의 정보가 좋은 시작점이 될 것입니다.

작성자: Saeed Mogadam, Telsonic Solutions LLC. 자문 위원회.