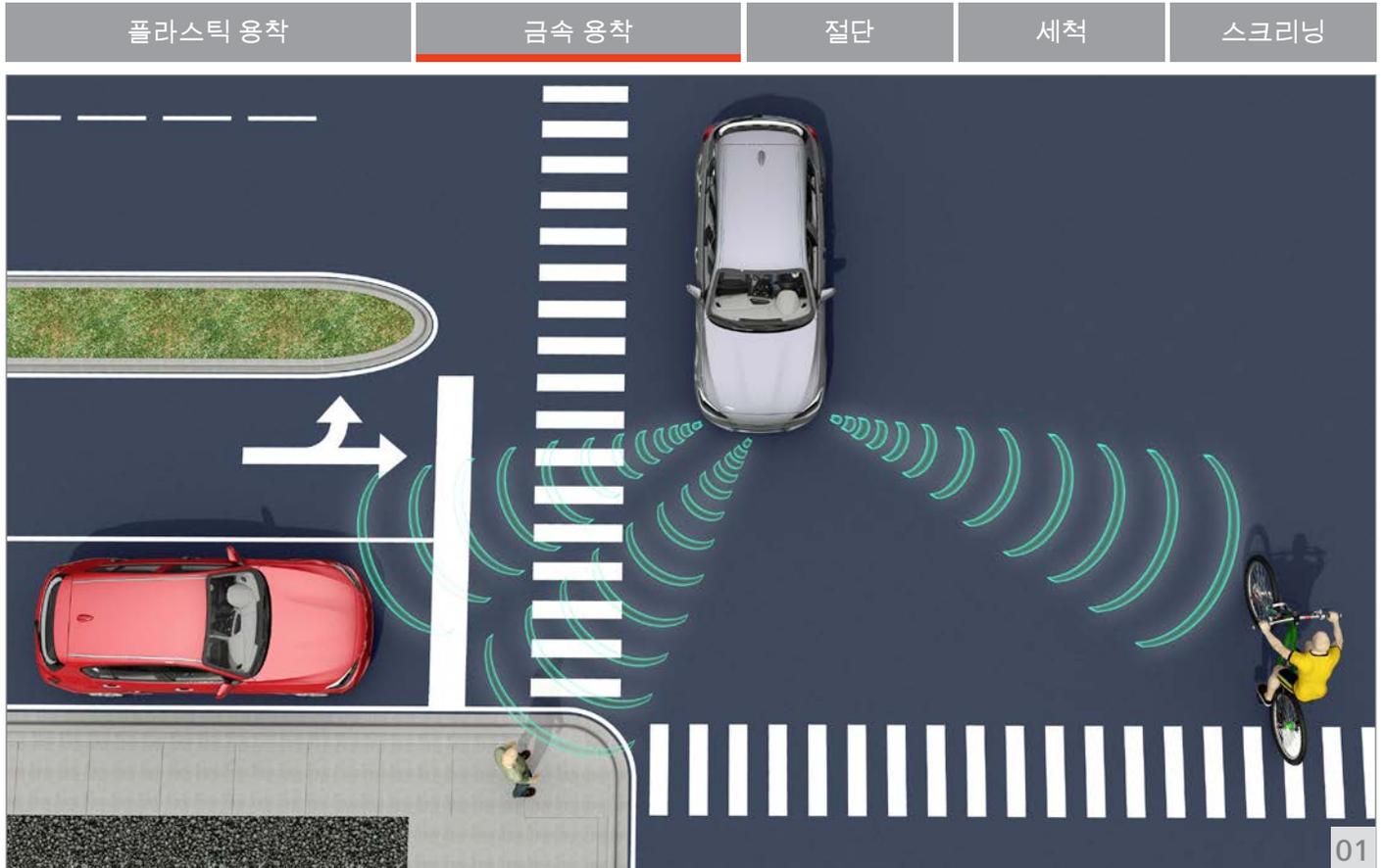


자율 주행에 적용된 높은 신뢰성의 결합 기술

완벽하게 제어되는 조건에서 신속한 공정을 구현하는 초음파 용착



Bronschhofen (CH), 2020/10

오랫동안 자율 주행은 공상과학 영화에서나 볼 수 있었던 기술이었습니다. 하지만 지금은 점점 더 현실로 다가오고 있습니다. 앞으로 10년 안에 지금까지 우리가 알고 있던 자율주행 기술은 과거 30년 동안의 이룩한 성과와 비교할 수 없을 만큼 더욱 큰 발전을 이룰 것입니다. 점점 더 많은 센서 및 카메라 시스템이 현대적 차량에 장착되고 있습니다. 하지만 이런 장치들은 컨트롤러나 제어 유닛에 안정적으로 결합되는 경우에만 정상적으로 작동합니다. 이런 이유에서 안정적인 연결을 보장하는 케이블 하니스는 핵심 부품으로 인정받고 있습니다. 초음파 용착은 전선을 서로 결합하거나 단자에 결합하기 위한 매우 실용적인 공법입니다. 이 공법은 짧은 공정 시간을 보장할뿐 아니라, 초음파 공법에서는 다양한 형태의 공정 제어 방법을 사용할 수 있고 고가의 폐기물이 발생하지 않도록 사전에 시스템을 설계할 수 있습니다.

자율 주행차의 개발이 완료되면 인간 운전자는 더 이상 필요하지 않게 될 것입니다. 전문가들은 자율 주행 단계를 다음의 5단계로 구분하고 있습니다: 운전자 보조 단계, 부분 자동화 단계, 조건부 자동화 단계, 고도 자동화 단계 및 완전한 자율 주행 단계. 단계별로 발전을 거듭함에 따라 운전자의 책임 범위는 더욱 축소되고 완전한 자율 주행 단계에 도달하면 더 이상 운전자나 운전면허증이 필요하지 않게 될 것입니다. 첫 번째 및 두 번째 단계는 현재 거의 모든 차량 제



- 01 미래의 자율 주행을 가능하게 하는 센서 및 카메라 시스템
- 02 다양한 재료 조합(Cu-Cu, Cu-Al, Al-Al)의 초음파 용착 케이블

조사에서 기본 사양으로 제공하고 있습니다. 세 번째 및 네 번째 단계는 아직 테스트 과정에 있으며 일부 양산 차량에 적용되고 있습니다. 다섯 번째 단계는 아직 테스트 과정에 있습니다.

가장 중요한 기준은 안전성

안전성 및 신뢰성은 가장 중요한 기준으로 적용되고 있습니다. 차량 탑승객 또는 다른 교통참가자의 위험은 확실하게 방지되어야 합니다. 따라서 요구되는 안전 레벨에 도달하기 위해 제조사들은 항공 기술에 적용되는 2가지 안전 요건을 도입하였습니다. 바로 신뢰성 있는 기술의 사용 및 중복 검사가 그것입니다.

관련 규정은 ISO 26262에 정의되어 있습니다. 표준의 요건을 충족하기 위해서는 차량에 사용되는 전자 시스템 및 컴포넌트의 기능적 안전성이 확보되어야 합니다. 이런 이유에서 자동차 제조사들은 케이블 하니스 생산 및 관련 기술의 신뢰성에 대한 정보를 요구합니다. 컨트롤러 및 제어 유닛과 신뢰성이 있게 결합되지 않는다면 최고의 센서 및 카메라도 무용지물이 되기 때문입니다.

초음파를 이용한 금속 용착

전선을 서로 결합하거나 단자에 결합해야 하는 경우 초음파 용착은 높은 신뢰성의 검증된 공법으로 인정받고 있습니다. 순수한 금속 결합에서는 노화 또는 피로가 발생하지 않고 복수의 OEM 및 케이블 조립업체에 따르면 지금까지 예기치 않은 고장이 발견되지 않은 것으로 밝혀졌습니다. 뿐만 아니라 접착 결합에서는 접착 저항이 매우 낮습니다. 동일한 재료 또는 예를 들어 구리 및 알루미늄과 같은 이종 재료도 안정적으로 결합할 수 있습니다(그림 2 및 3). 금속 자체가 용착되므로, 슬리브, 땀납 또는 용가재와 같은 추가 소모품이 필요하지 않습니다. 다른 이점으로는 짧은 공정시간 및 결합 부재의 낮은 열부하를 들 수 있습니다. 재료 특성이 변하지 않으며 예를 들어 절연부와 같은 인접 재료가 손상되지 않습니다. 뿐만 아니라 지속적 공정 제어가 간단하게 구현됩니다. 고장난 부품은 인식되고 방출됩니다. 설비의 자동화 수준에 따라서 불량품이 즉시 폐기되고 후속 고장이 방지됩니다.

현장에서 검증된 탁월한 신뢰성의 초음파 용착 결합

공정 제어 및 결합 인식 기능이 적용됨에도 불구하고 결합부의 설계 및 생산 준비 과정에서 올바른 접근 방식에 유의해야 합니다. 이에 대한 기초로서 SAE international(Society of Automotive Engineers)의 산업 표준 USCAR38(그림 4, 전선-단자 결합) 및 USCAR45(그림 2, 전선-전선 결합)가 사용됩니다. 다수의 자동차 공급업체 및 케이블 제조업체는 이에 추가적으로 자체 규정 및 지침을 적용하고 있으며 관련 작업 시 이 내용을 고려해야 합니다.

결합부는 차량 수명기간 동안 차량 운전 시 발생하는 기계적, 열학적 및 전기적 부하를 견딜 수 있도록 설계되어야 합니다. 이때 예를 들어 서로 결합할 전선의 수가 큰 영향을 미치는데, 특정한 수 이상에서는 삽입이 어렵기 때문입니다. 올바르게 삽입되지 않은 전선은 공정 제어에서 불량 용착으로 인식됩니다. 하지만 이런 폐기물을 방지하기 위해 실제 현장에서는 최대 8개의 전선으로 최상의 결과를 얻을 수 있는 것으로 밝혀졌습니다. 가장 작은 전선 단면적은 전체 단면적의 적어도 7%여야 하며 전선이 안정적으로 인식되기 위해서는 5mm² 미만의 치수에서 9%여야 합니다. 이때 가장 큰 단면적은 가장 작은 것의 최대 3배여야 합니다.

원칙적으로 올바른 삽입 또는 삽입보조장치를 통해 방지할 수 있지만 이미 설계 단계에서 방지해야 하는 전선 용착의 특수한 경우로서 대칭적 노드 구조를 들 수 있습니다. 단면적이 동일한 2개 또는 4개의 전선을 상하가 아닌 옆으로 나란히 용착하는 경우에는 2개의 부분으로 분할된 수직 노드가 형성될 수 있습니다. 이것은 비대칭적 노드 디자인을 통해 간단하게 방지할 수 있습니다.



03



04



05

- 03 알루미늄 도체 레일에 용착된 구리 재질의 핀 및 니켈 도금 구리 재질의 나사핀
- 04 니켈 도금 구리 단자가 포함된 고압 케이블
- 05 고전류 플러그 접점

재료 선택, 물류 및 패키징

재료 선정은 용착 품질에 큰 영향을 미칩니다 최소 99.9% 순도의 구리(Cu-ETP, Cu-OFE) 및 최소 99.5% 순도의 알루미늄(1050A, 1350A, 1370A, 각각의 소재 상태 H112, 각각 O 또는 F)이 가장 적합합니다. 납이 포함된 오염물 또는 주석이 포함된 코팅은 부정적인 영향을 미칩니다. 이 내용은 개별 전선에 있는 또는 그 사이에 있는 다량의 추출 오일 및 첨가제에도 동일하게 적용됩니다. 알루미늄 합금을 구리 단자에 용착하는 경우 3~6 μ m 두께의 화학적 단자 니켈 도금이 결합부의 강도를 증가시킵니다. 원칙적으로 결합할 부위에는 오일, 그리스, 방청제 및 오염물이 존재하지 않아야 합니다. 또한 올바른 재료 합금이 사용되어야 합니다. 높은 온도에 노출되거나 보관 기간이 길 경우, 산화가 증가하고 모든 전선에 존재하는 당김 오일(drawing oil)이 가장 낮은 위치에 모이게 되며 전선 와이어에 연화제가 침착됩니다. 이런 효과는 용착 품질에 부정적인 영향을 미치며 폐기물 발생의 원인으로 작용합니다. ZVEI(독일전자전기산업협회)는 TLF0100을 통해 차량용 전선에 대한 사용 지침이 포함된 기술 가이드라인을 제시합니다. 이 가이드라인에서는 +15~+35°C의 온도 범위에서 최대 6개월의 보관 기간 동안 직사광선 및 UV 영향과 같은 기후 영향에서 보호되는 조건으로 전선을 보관할 것을 관련 케이블 제조사 등에 권장하고 있습니다. 보관 및 운반 중에 전선 및 연결부가 손상되지 않도록 보호해야 합니다.

케이블 하니스의 제조는 반자동 공정으로 진행됩니다. 교육을 이수한 직원이 용착 설비에서 로딩 및 언로딩 작업을 수행하고 공정을 시작하게 됩니다. 예를 들어 MAK 고전류 접점에서 단자는 부분적으로 자동으로 공급될 수 있습니다(그림 5). 재료 준비 과정 및 전체 공정에서 완벽한 작업이 요구됩니다. 예를 들어 장갑을 착용하는 방식으로 결합 부재의 오염을 방지해야 합니다. 준비된 전선은 부분적으로만 서로 절연해야 합니다. 절연은 용착 영역에 삽입하기 직전에 완전히 제거해야 합니다. 일반적으로 새로운 생산 배치(batch)의 시작 시 어플리케이션 점검이 이루어지며 그 후에는 정기적 주기로 점검이 이루어집니다. 공급 체인에서의 변화는 재료 특성의 변화를 야기할 수 있으며 마찬가지로 어플리케이션에서 점검이 이루어져야 합니다. 이 과정에서 사용자 및 권한 관리를 통해, 교육을 이수한 인원만이 생산 파라미터를 변경하도록 조치할 수 있습니다.

재현성 및 문서 기록

안정적 공정을 보장하기 위해 결합 부재는 재현 가능한 방식으로 삽입해야 합니다. 이를 위해 상응하는 마스크 및 스톱퍼를 사용할 수 있습니다. 물론 이를 위해 설비의 유지관리 상태가 양호하고 반드시 순정 예비품을 사용해야 하며 예를 들어 불량품 절단기 및 삽입보조장치와 같은 기술적 보조 수단의 무단 변경 또는 작동 차단이 이루어지지 않아야 합니다. 현대적 용착 설비에서는 가공할 결합 부재의 품목 점검 및 노화 점검이 가능합니다. 이런 설비에서는 모든 용착 데이터가 기록되고 네트워크 드라이브에 저장됩니다. 뿐만 아니라 DiIT의 4Wire CAO와 같은 상위 MES 시스템에 연결하는 경우 모든 주문 처리 내용도 저장할 수 있습니다.

사용자가 이런 모든 요소를 이미 설계 단계에서 고려하는 경우 최적화를 구현하고 나중에 케이블 하니스의 생산에서 발생할 수 있는 폐기물 및 문제들을 방지할 수 있습니다. 이와 관련해 Telsonic 어플리케이션 엔지니어에게 문의하시기 바랍니다. 당사 초음파 전문가들은 이 분야에서 40년 이상의 오랜 경험을 보유하고 있습니다. 당사 전문가들은 금속 용착에 최적화된 솔루션을 제공하고 모든 솔루션이 각 적용 분야에 완벽하게 부합하도록 설계 단계부터 통합에 이르는 모든 단계에서 사용자를 지원합니다.

크리스티안 후버(Christian Huber), Product Manager, TELSONIC AG(스위스), 엘렌 크리스틴 라이프(Ellen-Christine Reiff), 스투텐제 편집 사무실



06 크리스티안 후버
(Christian Huber),
Product Manager,
TELSONIC AG,
스위스