

리포머 튜브와 구성부품

리포머 튜브 검사를 위한 종합서비스



리포머 튜브 검사	4 - 5
튜브 외관 검사 (LEO-Scan)	6 - 9
튜브 내관 검사 (LEO-iScan)	10
출구 피그테일 (Outlet pig tail)	11
상단부 검사	12 - 13
잔존 수명 평가 (RLA)	14 - 15
기술	16
FOERSTER 테스트 타워	17
세계 속 FOERSTER	18 - 19



새로운 이름, 동일한 사명

석유화학 공장의 안전하고 효율적인 운영에 있어서, 설비에 사용된 소재들 - 특히 원심 주조된 리포머 튜브(centrifugally cast reformer catalyst tubes) 및 관련 부품들에 대한 비파괴검사 (NDT; Non-destructive testing)는 매우 중요한 의미를 지닙니다. 수년간 독일 회사인 MP(Magnetische Pruefanlagen)와 미국 회사인 US Thermal Technology(USTT)가 이 분야의 두 리더로서 시장을 이끌어 왔습니다. MP는 독일 로이틀링겐에 본사를 둔 세계적 기업 FOERSTER Group의 필수적인 역할을 하는 완전자회사였고, USTT는 FOERSTER 그룹에 합병되기 전까지 서반구 지역의 튜브 검사 서비스 분야에서 1989년부터 2020년

까지 장기적으로 협력해온 MP의 파트너였습니다. 2021년, Dr. Foerster GmbH & Co. KG. 은 MP를 합병했으며, 해당 연도 말에는 Quest Integrity의 합성가스 사업부를 합병해 해당 분야의 기술 전문 인력, LOTIS 및 MANTIS 검사 기술을 인수했습니다.

일련의 변화를 통해 FOERSTER 산하에 '검사 사업부(Inspection Business Unit)'가 설립되었으며, 전문 기술을 보유한 파트너들이 30년 넘도록 업무를 해오고 있습니다. 이름은 바뀌었지만, 리포머 튜브 검사에 관한 모든 니즈에 맞는 종합 서비스를 제공한다는 당사의 사명은 변함없이 유지되고 있습니다.

눈으로 확인 가능한 품질

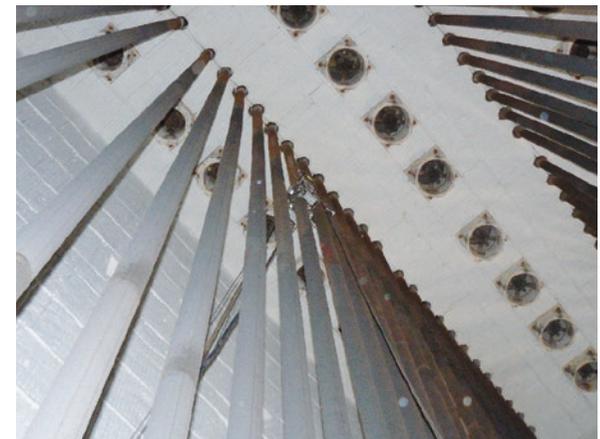
FOERSTER Group은 특히 와전류(EC; eddy current) 기술을 사용해 비파괴검사를 하는 데 필요한 기기 및 시스템을 개발, 제조 및 공급합니다. FOERSTER는 또한 고도로 전문화된 맞춤형 와전류 센서(eddy current probes)를 생산해 균열을 감지하고 미세 구조 테스트를 수행합니다. 검사 중 가해지는 구성 요소의 복잡한 기하학적 구조에 맞춰 특별히 고안된 맞춤형 센서를 사용하면 테스트 결과가 크게 향상됩니다. FORESTER은 표준 시험편(Standard Calibration Block)과 더불어 깊이, 너비 및 길이 다른 인공 결함 시험편을 만들어 내 테스트 시스템 교정에 사용합니다.



엘도라도시, 아칸소주에 위치한 엘도라도 화학 공장; LSB Industries의 일부



Parent Company of MP and USTT
Owner of LOTIS and MANTIS Technology



LEO-Scan을 활용한 리포머 튜브 검사

리포머 튜브 검사





검사 사업부는 고객에게 리포머 튜브 검사에 대한 종합적인 서비스를 제공하는 것에 초점을 두고 있습니다. 리포머 튜브 검사는 전 세계에 있는 암모니아, 메탄올, 직접 환원철(DRI; direct reduction iron), 수소 공장에서 수행됩니다.

비파괴 검사 감독관들은 EN ISO 9712 기준을 통과해 획득한 자격을 바탕으로 자동화된 검사 시스템을 시행합니다. 해당 감독관들은 정규 학업 과정을 통해 와전류 방법론을 포함한 다양한 전문 기술 분야에서 레벨 2와 레벨 3에 해당하는 자격증을 보유하고 있는 엔지니어들입니다. FOERSTER 그룹은 검사 장비를 설계부터 제작, 새롭게 규정해 왔기 때문에 기술적 전문성이 요구되는 상황에서도 리포머 튜브 검사를 안정적으로 수행할 수 있습니다.

FOERSTER는 모든 고객이 검사 패키지를 활용해 회사의 자산을 비용 효율적이고 신뢰할 수 있는 방법으로 모니터링할 수 있도록 권장합니다. 이렇듯 철저하게 접근함으로써 리포머 튜브와

구성품이 장비의 전체 수명 동안 정기적으로 적절한 간격을 두고 테스트 되도록 보장합니다. 그리고 검사 결과에 따라 신속한 조치를 시정해 생산을 극대화하고 갑작스런 가동중지 발생을 막아 안전한 작업 환경을 제공할 수 있습니다.

서비스 포함 사항

- 리포머 튜브의 신재 대상 기준 검사(Baseline scanning) (새로 장착된 경우, 시운전 전)
- 리포머 튜브의 장비 수명 전반에 걸친 정기 검사(2~4년 주기)
- 비파괴검사를 통한 리포머 튜브 잔존수명평가(RLA)
- 제3의 실험 기관을 통한 리포머 튜브 시료관 비파괴검사
- 출구 피그테일의 변형률 및 자기 투과성 검사
- 튜브 상단의 와전류 ID 검사
- 맞춤 서비스 제공

튜브 외관 검사 (LEO-Scan)



FOERSTER는 메탄 수증기 리포머에 사용되는 원심 주조 리포머 튜브를 검사하기 위해, 와전류 및 레이저 기술을 사용하여 튜브 외관으로부터 검사를 수행하는 'LEO-Scan' 전매특허 시스템을 개발하고 구축했습니다.

LEO-Scan 시스템은 튜브 크롤러(tube crawler)에 장착됩니다. 특수 설계된 구조의 크롤러는 각 리포머 디자인에 따라 다른 방식으로 센서 스캐너를 화로(furnace) 바닥에서부터 루프(roof)까지 이동시킵니다. 최상단 아랫부분에 가스 수집 터널이 자리 잡고 있으면 이 영역도 포함됩니다.

센서(probes)와 레이저는 크롤러 바닥 부근에 장착되어, 전형적인 다운 플로우(down-flow) 방식 리포머에서 가장 뜨거운 제일 중요하게 고려되는 부분의 판독을 가능케 합니다.

또한 이 장치는 튜브 간 간격이 20mm(0.79인치) 정도로 좁은 리포머를 시험하기 위해 고안했습니다. 그래서 외경(OD; outside diameter)로부터의 간격이 매우 좁은 화로의 설계를 검사할 수 있습니다.

다른 크롤러와 센서 구성을 통해서 업 플로우(up-flow) 리포머를 검사할 수 있습니다. 검사 전 별도로 튜브를 청소할 필요도 없습니다.

와전류 시스템은 길이가 0.4m(15.75인치)인 실제 리포머 튜브에서 교정되며, 길이 기준으로 분할해 ID 상에 방전 가공(EDM; electrical discharge machining) 노치(notch)을 배치해 인위적인 균열 역할을 유도합니다. 이 시스템을 통해 벽 두께의 침투 정도 (penetration of the full wall thickness)를 모두 식별할 수 있습니다.

LEO-Scan 장치는 듀얼 축 레이저 시스템을 사용하여 화로 내부에 위치한 튜브 전체의 외경을 측정합니다. OD 측정은 1차 검사 도구는 아니지만 크리프(creep)를 식별하기 위한 중요한 2차 테스트입니다. 이 검사에 레이저를 사용하면 검사의 반복성이 보장되고 리포머 내부의 전체 튜브 직경을 디지털 방식으로 기록할 수 있습니다.

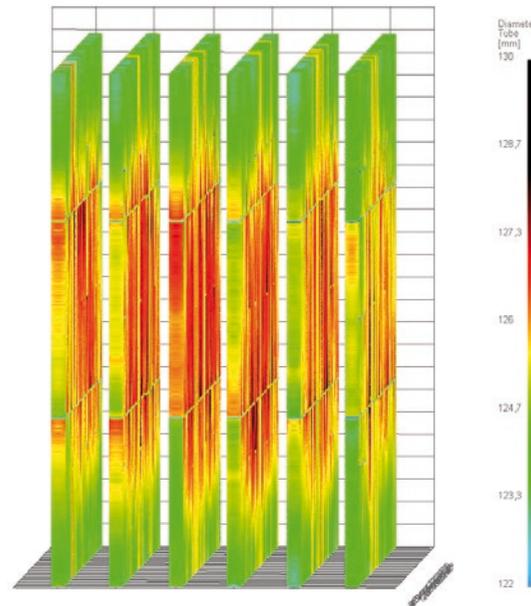


그림 1: 일반적인 검사 결과

이 기술은 화로의 연소 방식(firing profile)에서 추세를 파악하고 축매 로딩 문제 또는 축매 상태 문제가 있는 영역을 분리해 냅니다. 연도 가스(flue gas) 흐름 문제도 이 데이터를 통해 분리할 수 있습니다. OD 결과와 EC 판독 값이 동시에 표시되기 때문에 이에 대한 해석이 용이합니다.

LEO-Scan은 오늘날 사용되는 유일하게 입증된 EC 시스템으로 최대 24mm(0.95인치)의 전체 튜브 벽 두께를 관통합니다. 크롤러가 튜브를 오르면 독점적으로 설계된 EC 센서가 분석을 위해 신호를 기록합니다. 시스템은 자기 투과율의 변화를 기록할 뿐만 아니라 무엇보다도 시스템이 이를 처리하고 지속 모니터링하여 EC 시스템이 튜브 벽과 외경(OD) 및 내경(ID; internal diameter) 표면상의 균열 및 결함을 감지한다는 것입니다.

전자 기기 시스템이기 때문에 LEO-Scan에는 접촉 매질(예: 물)이 필요하지 않으므로 전체 검사를 몇 번이고 반복할 수 있습니다.

반복성은 이런 부류의 검사에서 핵심적인 요소입니다. 반복성이 용이한 검사는 중첩해서 시행할 수 있으며, 그 결과를 연도별로 직접 비교할 수 있습니다.

신호에서 드러난 편차는 튜브 벽의 손상과 상관관계가 있을 수 있습니다. 이는 초음파 테스트와는 매우 대조적입니다. 결합 강도(coupling strength)상의 변화는 검사의 반복성을 불가능하게 하고 이러한 부류의 재료를 관통하는 것을 어렵게 합니다. 예를 들어 초음파는 주조된 데에서 발생하는 거친 표면(roughness)과 조대한 결정립에 의한 감쇠로 인해 원심 주조 튜브를 검사하는 데에 있어 적합하지 않습니다.

LEO-Scan은 최대 4개의 레이저를 사용하여(튜브 간 간격에 따라 다름) EC 테스트를 수행하는 동시에 외부 직경을 측정합니다. 레이저는 정확도와 반복성이 매우 우수합니다. 튜브 직경 측정

은 정상적인 크리프를 드러낼 수 있는 2차 검사 절차로 고려되며, 손상을 야기한 원인을 발견하는 데도 도움이 될 수 있습니다.

리포머 튜브의 세 가지 손상 시나리오

- 작동 장애, 축매 문제 또는 화염 충돌(단기 과열), 연도 가스 흐름 분배 문제 및 열 충격으로 인해 직경 팽창 없이 균열이 형성되는 경우
- 균열 없이 직경이 팽창되는 경우 (장기 과열)
- 위 두 가지가 조합되어 나타나는 경우

LEO-Scan은 EC 검사와 레이저 측정을 결합하여 복잡한 형태의 결함을 검출할 수 있는 기능을 가지고 있어 현재 시장에서 가장 철저하고 효과적인 시스템 중 하나입니다.

검사 결과 또는 재질 열화에 기초하여 잔존 수명 평가(비파괴적인 변형 기반 접근법)를 권장할 수 있습니다. Leo-Scan은 사용 적정성(Fitness-for-Service), 교체 전략, 전반적인 튜브 수명 관리를 위한 구매 지원 측면에서 축적해온 경험과 전문가 판단을 바탕으로 남은 수명 계산을 제공합니다. 모든 분석의 최종 결과는 API-579의 레벨 II에 해당하는 사용 적정성 수준으로 고객에게 제공됩니다.



LEO-Scan

그림 2는 튜브 외관에서 시행한 수년 간의 검사 결과를 중첩해서 보여줍니다. 이상적으로 이러한 차트는 기준선 검사(baseline inspection)로 시작한 다음 각 연속 검사 차트 위에 중첩되어 배치됩니다.

이 방식으로 OD 및 EC 신호의 즉각적이고 명확한 평가가 가능합니다. 이 그래픽의 왼쪽(튜브의 하단을 의미)을 보면 OD의 변화(팽창)를 명확하게 보여주고 있습니다.

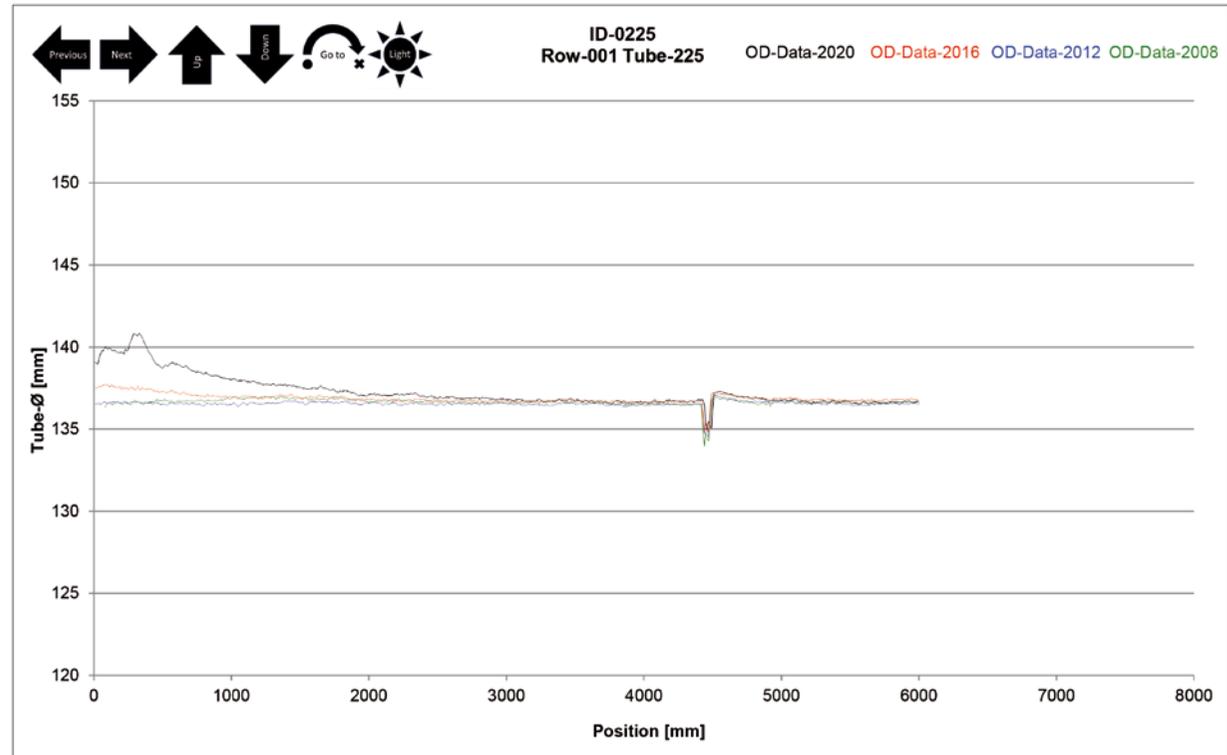


그림 2: 시간 경과에 따른 변화를 확인할 수 있는 4번의 리포머 튜브 외경 검사 중첩 결과 (2008년 기준, 2012년, 2016년 및 2020년 기준)

검사 사업부에서 개발한 새 정교한 장치인 LEO-iScan을 사용할 수 있습니다. 현장 사용에서 견고함과 신뢰성을 모두 입증한 이 제품은 EC 시스템과 결합한 ID를 매우 정확하게 측정하는 강력한 레이저 장치를 포함하고 있습니다.

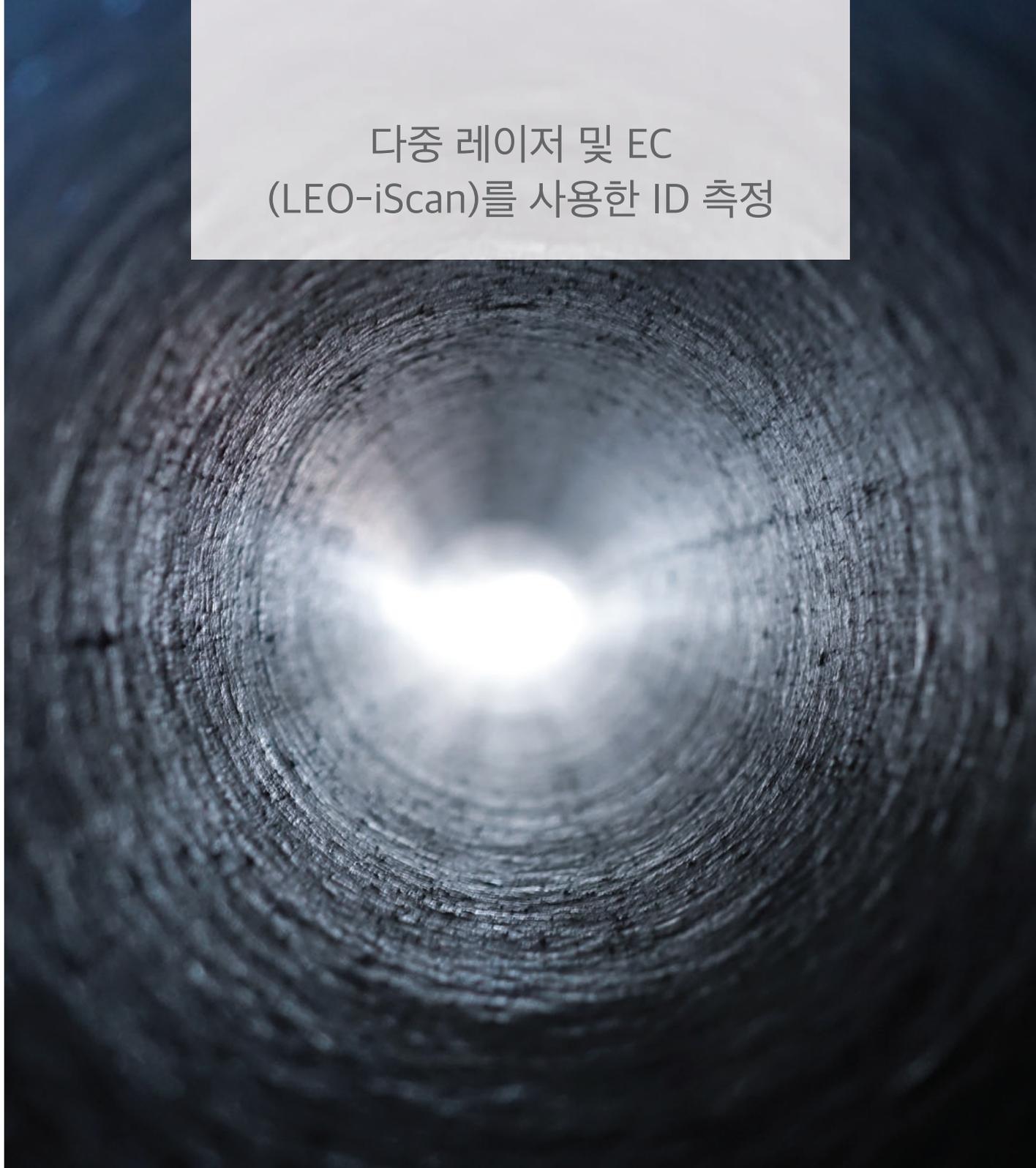
검사는 튜브 상단 테두리(flange)에서 시작하여 촉매 지지체 격자판(grid)까지 계속해서 수행됩니다. 해당 검사는 튜브의 촉매가 교체되는 경우에만 가능합니다. 리포머 튜브의 내부 표면이 가공되기 때문에, 이러한 판독 치는 이전(기준) 데이터가 없어도 결합 성장을 쉽게 보여줍니다. 이 시스템은 튜브 ID의 전체 그림을 얻기 위해 4개의 축에 구성된 8개의 레이저를 사용합니다.

EC를 사용해 튜브 내부에서 검사할 때의 한 가지 이점은 센서가 일반적으로 ID 표면에서 약 1/3부터 시작되는 잠재적인 결합 손상 부위에 근접할 수 있는 거리에 있다는 것입니다.

이 시스템은 바닥(floor) 아래의 튜브 부위에서 크리프 손상 확인이 필요한 경우나, 튜브가 심하게 휘어 이웃 튜브와 서로 붙어서 외면에서는 스캔이 불가능한 튜브들의 크리프 손상을 확인하기 위해 개발되었습니다. 튜브의 크리프 손상 상태를 확인하기 위한 보조적인 검사로 사용할 수 있습니다.

검사 결과는 튜브 직경을 3D, 360 뷰로 보여줍니다. 이 정보는 단일 튜브, 단일 행 또는 리포머 전체에 대해 제시될 수 있습니다.

다중 레이저 및 EC (LEO-iScan)를 사용한 ID 측정



피그테일 상태 모니터링



피그테일은 위치와 의도된 기능 때문에 엄격한 검사가 필요한 매우 중요한 구성 요소입니다. 결함의 식별 및 확정을 위해 튜브 출구에서 다기관(manifold)까지 피그테일을 측정하기 위한 고유한 장치를 개발했습니다.

측정은 두 축에서 이루어집니다. 이 구성을 사용하면 피그테일 투과성을 직경의 고유한(및 정상적인) 차이를 고려해 직선 피그테일 섹션과 벤딩 모두의 직경 팽창을 평가할 수 있습니다. 수동 게이지 테스트와 비교하여 이 새로운 시스템은 매우 빠르고 신뢰할 수 있으며 반복 가능합니다. 또한 피그테일의 전체 길이에 걸쳐 정확한 직경 프로파일을 제공하여 향후 평가에 사용할 수 있도록 결함 평가를 디지털 방식으로 제공합니다.

또한 FOERSTER의 MINTAGNOSCOP을 사용하여 피그테일의 투과성을 측정할 수 있습니다. 이는 튜브 고장 시 피그테일을 끼울 때(nipping) 특히 중요합니다. 피그테일 상태가 끼울 수 있는 적절한 상태, 즉 충분한 연성을 가졌는지 판단하는 것이 중요합니다. 많은 공장에서 니핑을 허용하기 위해 섀다운 또는 최소한의 공정으로 공장을 가동해야 했습니다. 하지만 이 절차를 통하면 작동 중에 누출 튜브를 격리하기 위해 공장 가동 중지를 할 필요가 없습니다.

상단 검사

Inspection of top ends 끝단 조사



메탄 수증기 리포머(SMR; Steam methane Reformer)에서 사용 중인 리포머 튜브를 검사하기 위해 그동안 허용돼 왔던 표준은 화로 내에서 가열된 튜브의 길이를 검사하는 것이었습니다. 그러나 최근 일부 공장 설계에서 검사하지 않은 튜브 일부분의 상단에서 내부 결함과 손상이 발견되면서 관점이 변경되었습니다.

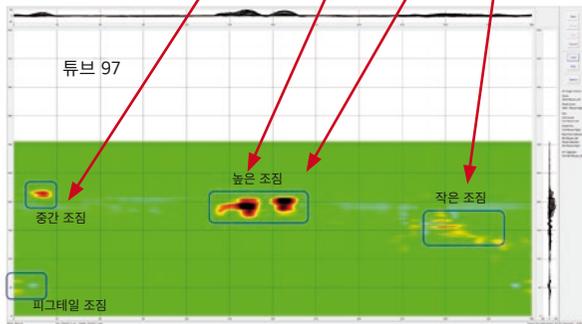
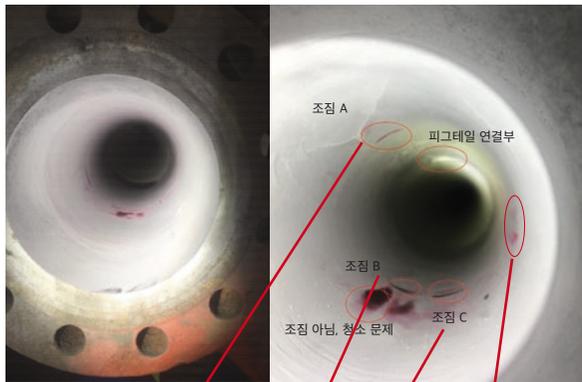


그림 3: 상단의 결함을 보여주는 V대표적인 스캔



그림 4: 끝단의 전형적인 모습

결함은 완전히 다른 두 가지 설계 (상부 연소식 다운플로 설계와 하부 연소식 업플로 설계)에서 확인되었습니다. 두 가지 모두 “열 피로”로 알려진 손상 메커니즘이 원인이었습니다.

이러한 균열 결함은 내부에서 시작하여 외부로 전파되며 예기치 않은 고장이 서비스를 중단할 때까지 눈치채지 못할 수 있습니다. 또한 이러한 균열은 일반적으로 측정 가능한 결함을 보이지 않기 때문에 상단부의 효과적인 검사는 결함 손상(creep damage)보다는 균열(crack)을 감지해야 합니다.

이러한 류의 고장이 발생할 경우 치명적인 재산 피해, 생산 중단 및 안전 침해가 발생할 수 있습니다. 리포머 튜브 상단에서 발생하는 화재는 자주 확인하는 부분이 아니라 상당 기간 발견되지 않은 채 타오를 수 있기 때문입니다. 인접한 튜브 상단, 입구쪽 피그테일 및 구조용 강철은 과열되어 추가적인 고장을 계단식으로 유발할 수 있습니다.

검사 사업부는 이러한 재난을 방지하기 위해 튜브의 상부를 점검하는 신뢰할 수 있는 기술과 전문화된 장치를 개발했습니다. 목적에 맞게 제작된 와전류 센서는 끝단에 균열 및 기타 열 피로 징후가 있는지 스캔합니다. 이러한 결함을 적시에 식별하면 리포머 튜브의 안전한 작동에 기여할 수 있고, 상당한 손실을 초래할 수 있는 화재를 예방할 수 있습니다.

그림 3은 리포머 튜브의 상단부에 대한 전형적인 스캔을 보여주는 것으로, 내부 표면으로부터 외부로 퍼져서 튜브 벽의 균열을 나타냅니다. 고객은 관통 검사(PT; penetrant testing)를 통해 균열을 확인할 수 있었습니다. 이러한 결함을 신속하게 탐지하면 신뢰성을 높이고 자산의 가치를 보호하는 동시에 안전을 보장할 수 있습니다.

잔존 수명 평가

REMAINING LIFE ASSESSMENT
잔존 수명 평가



독점 소프트웨어인 TubeLife는 리포머 튜브의 잔존 수명을 평가하는 데 있어 발생하는 갭을 방지하기 위해 개발되었습니다. 이전에는 리포머 튜브의 복잡한 수명 평가를 다루는 객관적인 지침이나 공식 코드가 없었습니다. TubeLife는 변형률 및 균열 크기 데이터를 통합한 고유의 모델링 방법으로 튜브 수명을 평가합니다.

과거에는 수평 평가를 API 571, API 579, R5 및/또는 BS7910과 같은 건설 후 표준(post-construction standards)을 기반으로 추정하였습니다. 그러나 이러한 표준의 적용은 리포머 튜브의 수

명에 영향을 미치는 손상 메커니즘의 복잡성을 직접적으로 반영하지 않기 때문에 이상적이지 않습니다. 튜브라이프에 통합된 변형 다이슨(Dyson) 재료의 열화를 예측하고 잔존 서비스 수명을 계산하는 방법으로 주어진 기간 동안 누적된 튜브 변형을 평가합니다. 더 나아가서는 일반적으로 균열은 튜브 파손을 야기할 수 있기 때문에 튜브 벽 손상을 나타내는 와전류 검사 측정 결과에 가중치를 주어 잔존 수명을 분석합니다.

또한 소프트웨어는 변형률 측정을 위해 프로세스 정보 및 공장 가동 중단 이력과 함께 레이저 직경 데이터를 이용합니다.

이 모델은 리포머 튜브에서 발생하는 것으로 알려진 몇 가지 분해 메커니즘을 적용합니다. 여기에는 열노화/연화, 변형 연화, 입자 구조(특히 2차 탄화물)의 품질 저하, 이동 전위 밀도의 증가, 결합 공극 형성/공동화 및 팽창이 포함됩니다. 여러 열화 유형을 통합하면 EC 신호를 통한 균열 형성의 정확한 평가와 결부하여 변형 축적에 기초한 튜브 잔존 수명을 현실적으로 추정할 수 있습니다.

이 평가 기법은 전 세계 많은 기업에서 성공적으로 실행되었습니다.

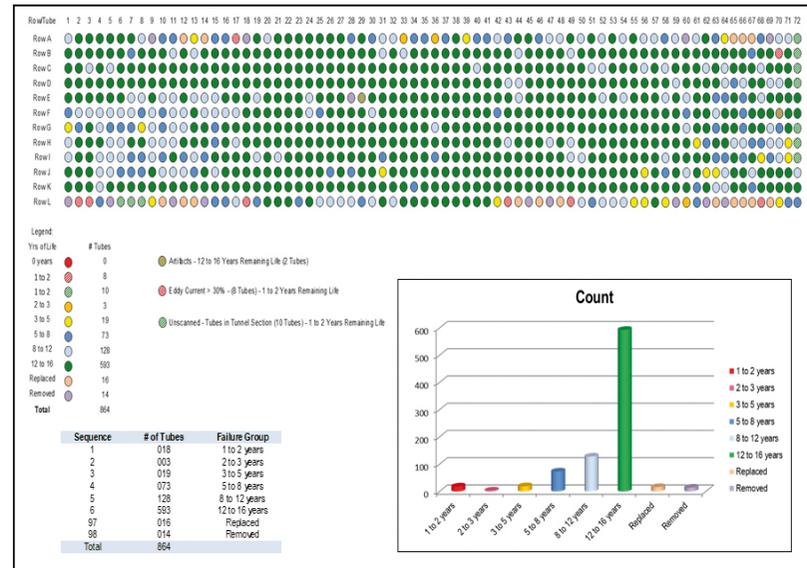


그림 5: 일반적인 잔존 수명 평가 결과

와전류를 통한 균열 시험

와전류 법을 이용한 비파괴시험

오늘날 제품 책임과 관련된 위험은 말할 것도 없고, 품질에 대한 관심이 높아짐에 따라 100% 검사가 점점 더 필요하게 되었습니다. DIN EN ISO 15549에 따른 EC 방법은 재질 테스트를 위한 비파괴 비접촉 방법입니다. 균열, 기공, 공동 및 재질 가공물(material artefacts)와 같은 결함을 드러내며 커플링 액체를 사용하지 않고도 빠르고 안정적이며 경제적으로 작동합니다.

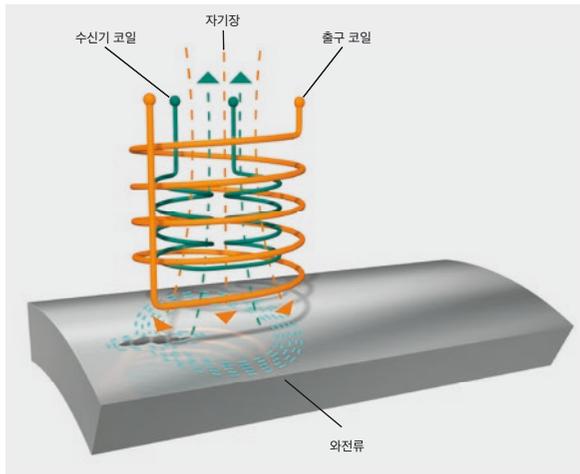


그림 6: 와전류 검사 원리

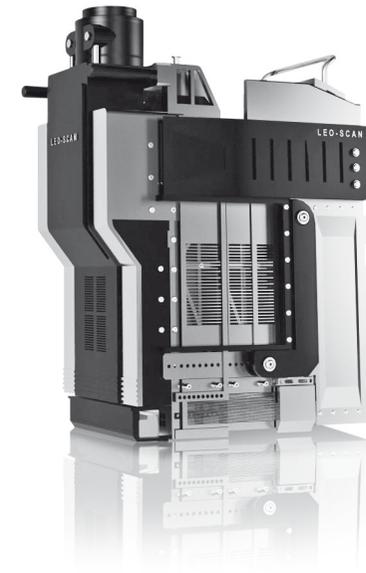
자기장은 재료에 고주파 와전류를 유도하는 코일(excitation coil)에 의해 생성됩니다. 신호는 일반적으로 차동 측정 코일로 기록됩니다. 이 수신된 신호는 여자기 신호(exciter signal)와 관련된 진폭 및 위상 변위에 대해 평가되며 재료의 가장 작은 결함도 노출합니다.



그림 7: 결함 균열의 고배율 현미경 사진

균열 검사

균열 검출을 위해 와전류 탐침은 고정된 샘플의 길이를 따라 이동합니다. 재질에 손상이 없는 한 전기 저항이 균일하기 때문에 와전류는 균일하게 흐릅니다. 그러나 균열이 있는 곳에서는 와전류 밀도가 손상되지 않은 부분과 다르게 나타납니다. 이 변경 내용이 기록되고 오류 신호로 표시됩니다. 와전류의 침투는 사용하는 주파수에 따라 달라지는데, 높은 주파수가 표면에 더 가까이 집중되는 반면 낮은 주파수는 재료의 더 깊은 곳으로 침투하게 됩니다. 센서 유형, 크기 및 주파수는 원하는 검사 유형과 대상 재질에 따라 선택됩니다.



LEO-Scan



FOERSTER 테스트 타워 - 검사 장비를 실제 상황과 같이 사용할 수 있는 실제 테스트 시설

새롭게 건설된 테스트 타워는 기존의 수직 연장부(상단 플랜지 포함)에 여러 개의 튜브를 포함하고 있으며, 메탄 수증기 리포머의 촉매 튜브 열을 완벽하게 표현하고 있습니다. 이 구성을 통해 현실적인 스캔 환경을 제공하기 때문에 새로운 개발을 시도하거나 프로토타입 및 수정을 최적화할 수 있습니다. 이제 외경(OD) 및 내경(ID) 자동 스캔 시스템을 사용해 실험할 수 있습니다. 또한, 고급 EC 모바일 계측기를 사용해 제어 및 데이터 수집 프로그램을 실시간으로 적용하는 소프트웨어 측면을 테스트하는 데 이상적입니다.

세계 속 FOERSTER

세계 속 FOERSTER
독일 로이틀링겐에서 세계로



전 세계 언제, 어디에서나 활동하는 FOERSTER

창사 시점부터 FOERSTER 그룹은 세계 시장에서 효율적이고 신중한 비즈니스를 하기 위해서 전세계 전문가 네트워크를 구축해 왔습니다. 전 세계 어디서나 리포머 튜브 테스트를 향한 니즈가 있습니다. 당사의 검사 사업부는 고객을 향해, 고객의 요청에 응답할 준비가 되어 있습니다.

본부

- Institut Dr. Foerster GmbH & Co. KG, 독일

자회사

- FOERSTER Instruments Inc., 미국
- FOERSTER (LOTIS & MANTIS), 미국
- US Thermal Technology Inc. (USTT), 미국
- FOERSTER (Shanghai) NDT Instruments Co., Ltd., 중국
- FOERSTER Japan Ltd., 일본
- FOERSTER France SAS, 프랑스

수입파트너사

- Hydro Kleen Systems do Brasil Limpeza Industrial Ltda, 브라질, 아르헨티나
- Middle East Star (MES) - Tragency 중동, 이집트
- Pipeline Supply Company LLC. (India), 인도
- PT. Profluid, 인도네시아
- NDT Corrosion Control Services Co. (NDTCCS), 사우디아라비아, 바레인
- Calibre Petrochem SDN. BHD., 말레이시아
- Leap Engineering Solutions, 파키스탄
- Marant Polska SP z o.o., 폴란드
- Arsenal Group Co. Ltd, 러시아
- Safetech Co., Ltd., 한국
- Pipeline Supply Company LLC. (PSC), 오만



FOERSTER

Parent Company of MP and USTT
Owner of LOTIS and MANTIS Technology

Institut Dr. Foerster GmbH & Co. KG
In Laisen 70 | 72766 Reutlingen | Germany
+49 7121 140 0 | m +49 160 9461 7857
inspection@foerstergroup.com

foerstergroup.com

U.S. Thermal Technology Inc.
A FOERSTER Group Company
140 Industry Drive | Pittsburgh, PA 15275
+1 412 788 8976 | m +1 713 806 6561
inspection@foerstergroup.com

Kara Ellis
FOERSTER INSTRUMENTS INC.
(LOTIS & MANTIS)
906 Geneva Street, Shorewood, IL 60404
C: 815-979-3238
kara.ellis@foerstergroup.com