



# 고객의 응용분야에서 이상적인 리크 테스트 방법을 선택하는 방법

전문적인 지원이 중요합니다.

모든 응용 분야와 생산 공정은 리크를 감지하는 데 있어 각자 고유한 요구조건이 있습니다. 산업의 종류가 다르면 품질 제어와 최대 리크율에 맞춰 표준도 다르게 설정됩니다. 따라서 모든 단일 응용 분야에 대해 최상의 리크 감지 방법을 선택하는 것이 중요합니다.

최근 몇 년 동안 전자 리크 테스트 기술에서 공기 또는 추적 기체를 사용한 중요한 발전이 이루어졌습니다. 신기술, 향상된 감도, 빨라진 테스트 사이클 등 이러한 모든 기술적 발전으로 다른 리크 테스트 방법들의 품질과 신뢰성이 높아졌습니다. 다음에서는 이러한 방법들의 장단점과 서로 다른 리크 감지 응용분야에 대한 적합성은 물론 선택 기준에 대한 전문적인 조언을 제시하겠습니다.

## 리크 감지 기술 - 개요

각자의 응용분야에 적합한 리크 테스트 방법을 선택하는 방법에 대한 가이드라인을 제시하기 전에 이 기사에서 다를 여러 가지 다른 기술의 일반적인 개요를 살펴보겠습니다.

### ■ 압력 조건에서 마이크로 플로우 센서를 사용한 에어 리크 테스트

이 기술은 가속 플로우에서 작동하는 통합형 마이크로 센서에 기반을 두었습니다. 테스트 대상인 유닛 또는 어셈블리의 에어 리크 결과 손실된 공기가 마이크로 플로우 센서를 통해 보충되어 일정한 압력을 유지합니다(그림 1 참조). 이러한 손실은 각각 부피 또는 질량 유량에 비례한 전기 신호를 생성합니다. 마이크로 플로우 센서는 테스트 대상 장치(UUT)에 압력을 가하는 데

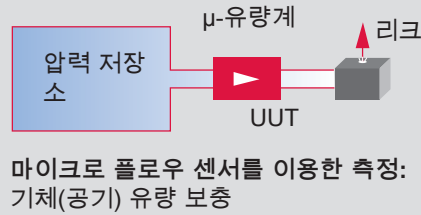
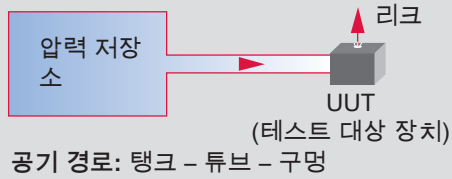


그림 1: 압력 조건에서 마이크로 플로우 센서를 사용한 에어 리크 테스트

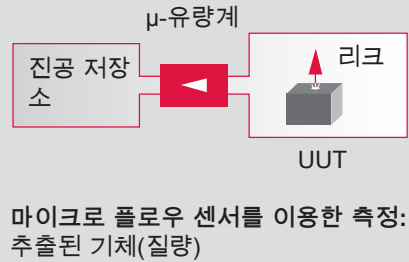
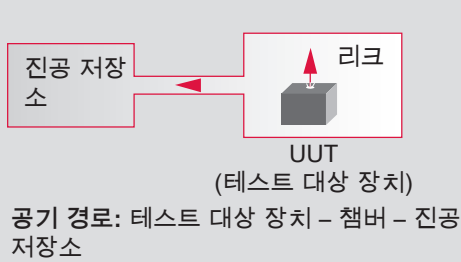


그림 2: 질량 추출 테스트 방법(진공 테스트)

사용되며 감도가  $5 \cdot 10^{-4}$  mbar l/s인 압력 저장소에서 작동합니다. 이러한 종류의 테스트 방법에는 대개의 경우 간단한 고정장치만 필요할 뿐입니다.

- 질량 추출을 사용한 에어 리크 테스트(진공 조건)  
마이크로 플로우 센서 기술의 한 가지 특별한 형태가 소위 질량 추출 기술입니다. 기본 원리는 마이크로 플로우 접근 방식과 유사하나 감도를 더 높이기 위해 진공 조건에서 테스트를 실시합니다. 이 방법은 연속체/슬립 흐름 조건(저진공)과 천이/분자 흐름 방식(고진공)으로 작동하도록 센서 디자인을 통합합니다. 이 기술은 패키지 또는 전자 인클로저와 같이 밀폐된 컨테이너의 리크 테스트에 사용할 수 있습니다. 테스트 대상 장치를 압력 조건이 1 mbar 이하인 진공실에 넣습니다. 진공실을 배기한 후 진공실과 진공 저장소 사이에 남은 흐름을 사용하여 테스트하는 부품의 리크율을 결정합니다. 이 방법으로 최대  $6.7 \cdot 10^{-7}$  mbar l/s의 감도를 달성할 수 있습니다.

- 헬륨 누출 감지  
디자인이 비교적 간단하고 견고하기 때문에 자기장 섹터 질량 분석기가 추적 기체를 사용한 리크 감지에 사용됩니다. 일반적으로 헬륨에 대해 4 u의 감지 질량으로 조정된 기체 분자가 전자 충격에 의해 이온 소스로 이온화된 후 가속되어 전자 전압을 사용하는 자기장으로 들어갑니다. 또는 질량이 2 u인 수소를 이 리크 테스트 방법에 사용할 수 있습니다.

헬륨 또는 수소 분자는 감지기에 도달하기 위해 전용 구멍을 통과할 수 있으나, 존재하는 나머지 모든 분자는 이 구멍을 통과하지 못하고 다시 중성화됩니다. 측정된 이온 전류는 기체의 분압에 비례합니다. 진공 환경에서 헬륨 감도는  $5 \cdot 10^{-12}$  mbar l/s입니다.

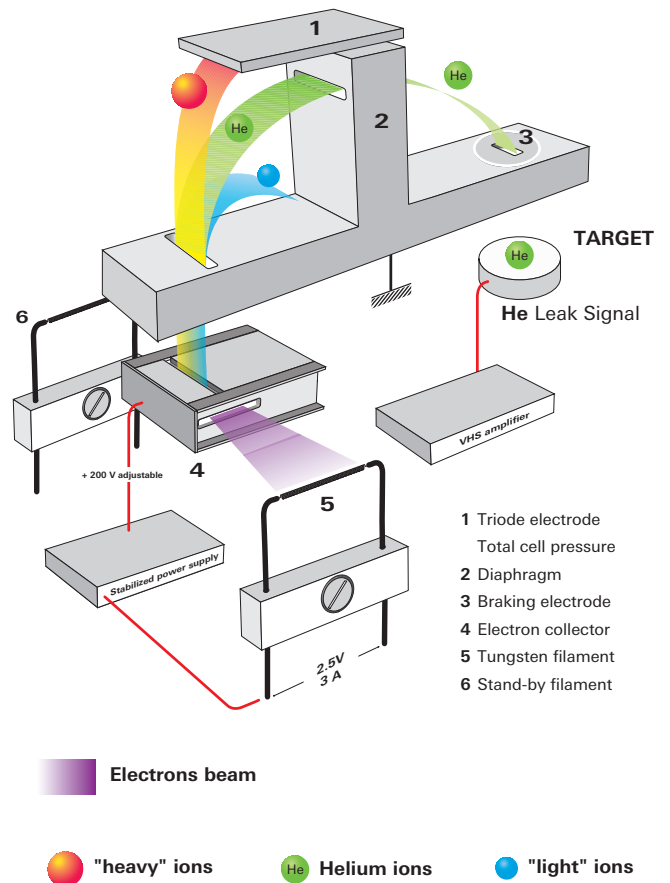
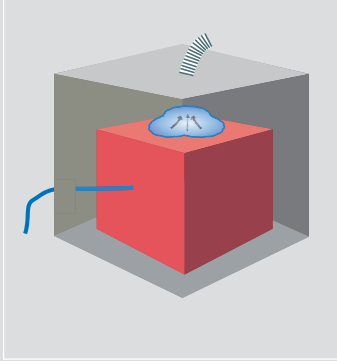
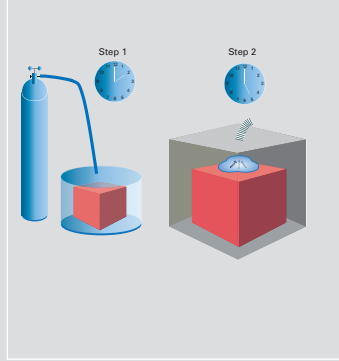


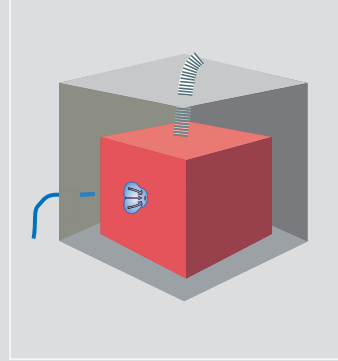
그림 3: 그림 1: 자기장 섹터 질량 분석기의 작동 원리



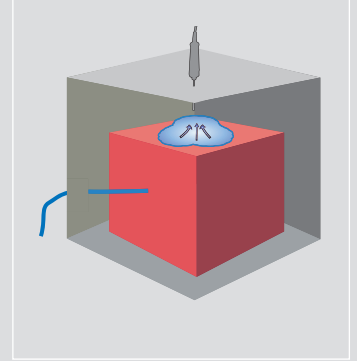
무결성 진공 테스트



진공 테스트: 폭발 테스트



진공 하에서 밀폐 부품의 무결성 테스트



스니핑 테스트: 대기압에서 무결성 테스트

그림 4: 여러 가지 다른 리크 감지 방법 개요

헬륨 누출 감지에서는 다른 절차를 사용하여 측정을 수행할 수 있습니다. 게다가 다양한 테스트 지침들이 적용됩니다(그림 4 참조). 이들 중에서 무결성 진공 테스트가 감도가 가장 높은 테스트 방법입니다. 여기서는 테스트 대상 장치를 진공실에 넣고 먼저 진공실을 배기한 후 헬륨으로 채웁니다.

리크를 찾으려면 헬륨 분무식 또는 스니핑 방법이 가장 적절합니다. 분무식 기술을 사용할 경우 테스트 대상 장치가 리크 감지기에 연결되고 외부에서 테스트 대상 장치에 헬륨을 분사하는 동안 진공을 빨아들입니다.

스니핑 테스트 방법의 경우 테스트 대상 장치에 헬륨으로 압력을 가하면서 외부에서 감지기에 연결된 프로브로 검색합니다(그림 5 참조).

#### 올바른 방법을 선택하는 방법

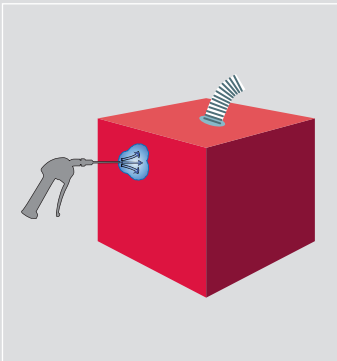
특정한 응용분야에 최적합한 리크 테스트 방법을 선택할 때 필요한 기밀도 기준, 즉 최대 리크율을 먼저 설정해야 합니다. 여기서 가장 어려운 문제는 리크율을 정의하는 단위가 여러 가지 있다는 사실입니다(표 1 참조). 대개의 경우 리크율은 유량 단위로 지정됩니다. 표 1에는 가장 많이 사용되는 유량 측정 단위와 이들의 환산법이 정리되어 있습니다.

응용분야에 필요한 기밀도를 정의하는 또 다른 방법은 최대 감지 크기(핀 홀 또는 마이크로 채널 유형)를 결정하는 것입니다. 리크 테스트에서 이 값이 초과하지 않는지 확인해야 합니다.

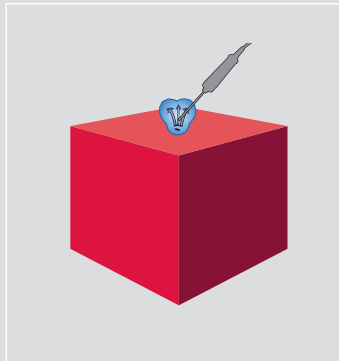
응용분야 또는 일반 표준에서  $1 \cdot 10^{-7}$  mbar l/s 이하의 리크 기밀도 범위가 필요한 경우 헬륨 누출 감지가 선택할 수 있는 방법입니다. 다른 어떤 상용 기술도 이 수준의 감도에 이를 수 없습니다.

필요한 리크율이 이 값 이상이면 사용 가능한 기술의 수가 많아집니다. 표 2는 사용 가능한 리크 테스트 방법과 이들의 가장 중요한 특성 중 일부에 대한 개요를 보여줍니다.

특정한 응용분야의 요구조건이 언급된 방법 중 여러 개를 사용할 수 있는 경우 최적의 리크 테스트 방법을 선택하기 전에 다음의 주요 항목을 고려해야 합니다.



진공 테스트: 분무식 테스트



스니핑 테스트

그림 5: 분무식 및 스니핑 리크 감지 방법의 원리

	Pa m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	mbar · l s <sup>-1</sup>	Torr · l s <sup>-1</sup>	atm cm <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	sccm	slm	분자 s <sup>-1</sup>
Pa m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	1	10	7.5	9.87	5.92 · 10 <sup>2</sup>	5.92 · 10 <sup>-1</sup>	2.651 · 10 <sup>20</sup>
mbar · l s <sup>-1</sup>	1 · 10 <sup>-1</sup>	1	7.5 · 10 <sup>-1</sup>	9.87 · 10 <sup>-1</sup>	5.92 · 10 <sup>1</sup>	5.92 · 10 <sup>-2</sup>	2.651 · 10 <sup>19</sup>
Torr · l s <sup>-1</sup>	1.33 · 10 <sup>-1</sup>	1.333	1	1.32	7.89 · 10 <sup>1</sup>	7.89 · 10 <sup>-2</sup>	3.535 · 10 <sup>19</sup>
atm cm <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	1.01 · 10 <sup>-1</sup>	1.01	7.5 · 10 <sup>-1</sup>	1	5.98 · 10 <sup>1</sup>	5.98 · 10 <sup>-2</sup>	2.679 · 10 <sup>19</sup>
sccm	1.69 · 10 <sup>-3</sup>	1.69 · 10 <sup>-2</sup>	1.27 · 10 <sup>-2</sup>	1.67 · 10 <sup>-2</sup>	1	1 · 10 <sup>-3</sup>	4.486 · 10 <sup>17</sup>
slm	1.69	1.69 · 10 <sup>1</sup>	1.27 · 10 <sup>1</sup>	1.67 · 10 <sup>1</sup>	1 · 10 <sup>3</sup>	1	4.486 · 10 <sup>14</sup>
분자 s <sup>-1</sup>	3.77 · 10 <sup>-21</sup>	3.77 · 10 <sup>-20</sup>	2.83 · 10 <sup>-20</sup>	3.72 · 10 <sup>-20</sup>	2.23 · 10 <sup>16</sup>	2.23 · 10 <sup>19</sup>	1

표 1: 일반적인 리크 유량 측정 단위 및 환산법

방법/감지기	추적 기체	과압 하에서 테스트한 대상	진공 하에서 테스트한 대상	정량적 테스트	위치 탐지	mbar · l s <sup>-1</sup>											
						10 <sup>0</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
																	
설명						물방울	수밀도	박테리아 기밀도	바이러스 기밀도	기체 기밀도	기술적인 기밀도						
리크 직경						100 µm	30 µm	10 µm	3 µm	0.8 µm	0.1 µm						
1 cc에서의 거품 이탈 시간						10 s	15분 이상	1일 이상	100일 이상	30년 이상	1,000년 이상						
거품 테스트	임의	+	-	- <sup>1)</sup>	+												
음파 또는 초음파 센서	임의	+	-	-	+												
초음파 거품 감지	임의	+	-	+	+												
압력 상승	임의	-	+	+	-												
압력 강하	임의	+	-	+	-												
마이크로 플로우	다양함	+	-	+	-												
질량 추출	다양함	-	+	+	-												
광 방출 분석 방법	다양함	-	+	+	-												
자기장 섹터 질량 분석기, 스니핑	추적 기체 <sup>4</sup> He, <sup>3</sup> He, H <sub>2</sub>	+	-	+	<sup>2)</sup>												
자기장 섹터 질량 분석기, 진공	추적 기체 <sup>4</sup> He, <sup>3</sup> He, H <sub>2</sub>	-	+	+	+												

<sup>1)</sup> 거품 수집과 체적 분석에서 가능  
<sup>2)</sup> 누적 테스트 방법에만 해당

표 2: 다른 리크 테스트 방법들의 비교

리크율 요구조건 [mbar · l s<sup>-1</sup>]  
무결성 리크 테스트 방법의 권장사항



표 3: 필요한 리크율에 따른 테스트 방법의 개용

■ 처리량과 사이클 타임

리크 테스트 절차가 부품의 100%에 대해 리크 테스트를 하는 생산 환경에서 이루어질 경우 처리량 또는 사이클 타임이 중요한 매개변수입니다. 샘플 테스트와 시험실 응용분야의 경우 매개변수로서 사이클 타임의 중요성이 덜합니다.

■ 리크 테스트 조건

많은 경우 제품의 디자인과 특정한 실링이 부품의 내부와 외부에 가하는 압력에 대한 요구조건과 리크 테스트 절차를 정합니다. 일부 실은 압력이 높을 때 더 적합하나, 일부 실은 진공 하에서의 리크 테스트에 더 적합합니다. 따라서 여기서 리크 테스트에는 종종 부품에 최대 작동 압력을 가해 최대 작동 조건에서 부품의 무결성을 보장하는 과정이 포함됩니다.

■ 환경 고려사항

환경 조건이 예를 들어 압력 강하 테스트와 같이 몇 가지 리크 테스트 방법에 영향을 미칠 수 있습니다. 여기서는 신뢰성 있는 측정을 보장하기 위해 안정화 시간과 온도 제어가 중요합니다. 예를 들어 경납땜/용접 후 뜨거워진 제품을 테스트하거나 온도가 급속도로 변화하는 환경에서 테스트를 실시하기 위해서는 진공 에어 테스트(질량 추출로서) 또는 헬륨 테스트가 권장할 만한 방법입니다.

■ 비용

마지막으로 그러나 역시 중요한 점으로서 테스트 방법의 경제적 측면을 들 수 있습니다. 구입 비용을 살펴보는 것은 물론 공정과 관련된 다른 전반적인 비용도 고려해야 합니다. 여기서의 사결정 과정에 중요한 점은 또 다시 테스트 스테이션의 용량과 직접적인 연관성이 있는 테스트 시간입니다. 또한 안정성 및/또는 건조 시간도 고려할 수 있습니다. 이에 의해 헬륨 누출 테스

트는 산업 응용분야에서 테스트 시간이 가능한 가장 짧습니다. 그러나 에어 테스트 방법을 사용해야 하거나 사용하기를 원하는 경우 특히 대규모 리크의 감지에서 마이크로 플로우 기술이 대안이 될 수 있습니다. 이 기술은 헬륨 테스트 시스템에 비해 초기 비용이 낮으면서도 압력 강하와 같은 다른 에어 테스트 방법과 비교하여 테스트 시간이 짧습니다.

응용분야의 구분

앞서 언급했듯이 적합한 리크 테스트 방법을 선택하는 데 있어 일반적인 가이드라인을 정의하는 것이 어려운 문제일 수 있습니다. 실제로 고감도가 요구되기 때문에 헬륨 누출 감지만 사용해야 하는 일부 응용분야가 있습니다. 이러한 응용분야의 몇 가지 예로서 반도체 공구, 에어백 접합기, 핵 시설 또는 공구 및 여러 체내 이식 의료기기를 들 수 있습니다. 이러한 모든 응용분야는 리크 기밀도에 대해 높은 수준을 요구합니다.

그러나 대부분의 응용분야는 공기 또는 헬륨 테스트 방법으로 리크를 테스트할 수 있습니다. 예를 들어 자동차와 우주항공 산업에서 일반적인 응용분야는 열교환기, AC 부품, 배터리, 브레이크 시스템 및 부품, 파워 트레인 시스템 및 부품, 가공 주조 및 용접 어셈블리와 전자 인클로저입니다. 의료 산업에서는 이식 제품, 카테터 또는 약물 전달 장치와 같은 일회용 제품, 생명 과학 장비 및 부품을 예로 들 수 있습니다. 제약 산업에서는 리크가 미생물 오염 위험과 약물 특성의 손실 원인이 되는, 주사기 또는 유리병과 같은 패키지 개발 동안 MALL(허용 가능한 최대 리크 레벨) 테스트를 위해 헬륨 누출 감지를 사용합니다. 다른 응용분야 부문으로 소비자 가전 제품과 유틸리티를 들 수 있습니다. 여기서 전자 시스템은 다양한 방수 사양을 충족시켜야 합니다(예를 들어 스마트폰의 방수 등급은 IPX7임).

공기 및 헬륨 누출 테스트를 조합한 방법은 부품을 수리하거나 수정 조치를 개시하기 위해 리크를 현장에서 테스트해야 하는, 부품이 매우 비싼 응용분야에서 흔히 볼 수 있습니다. 좋은 예로서 항공 우주 응용분야의 유압식 시스템 어셈블리 또는 연료 시스템을 들 수 있습니다. 여기서는 누출 부품을 수리할 수 있고 이를 폐기할 필요가 없기 때문에 현장에서 리크를 테스트하는 게 중요합니다.

표 3에서는 서로 다른 응용분야에 적합한 리크율 요구조건이 지정되어 있습니다. 이 개요는 특정한 응용분야에 최적화된 테스트 방법을 선택할 때 논의를 위한 시작점으로 사용할 수 있습니다. 이밖에서 위에서 언급한 고려사항을 명심해야 합니다.

파이퍼 베콤은 전문 기술과 지원을 제공합니다.

어떤 기술이 자신의 특정 응용분야에 가장 좋은 솔루션인지 의사 결정을 하기 전에 몇 가지 질문에 답해야 합니다. 이러한 질문 중 대부분은 장비 공급업체와 긴밀하게 협조해야 해결할 수 있습니다. 따라서 비용을 절감하고 장기적으로 신뢰성 있는 솔루션을 제공하기 위해 지식, 경험 및 제품 포트폴리오를 갖고 최상의 솔루션을 제공할 수 있는 리크 테스트 공급업체를 선택하는 것이 중요합니다. 개별적인 리크 감지 솔루션을 설계하고 구현해야 할 경우 리크 감지에서 50년 이상의 경험을 자랑하는 파이퍼 베콤가 바로 귀사의 이상적인 파트너가 될 수 있습니다. 파이퍼 베콤의 광범위한 포트폴리오에는 모든 응용분야와 요구조건에 부합하는 리크 감지기 및 부품이 포함되어 있을 뿐만 아니라 파이퍼 베콤의 전문가들은 리크 감지 기술에 대한 탄탄한 노하우를 갖추고 고객에게 설계 단계에서 솔루션의 최종 구현에 이르기까지 전문적인 지원을 아낌없이 제공합니다.

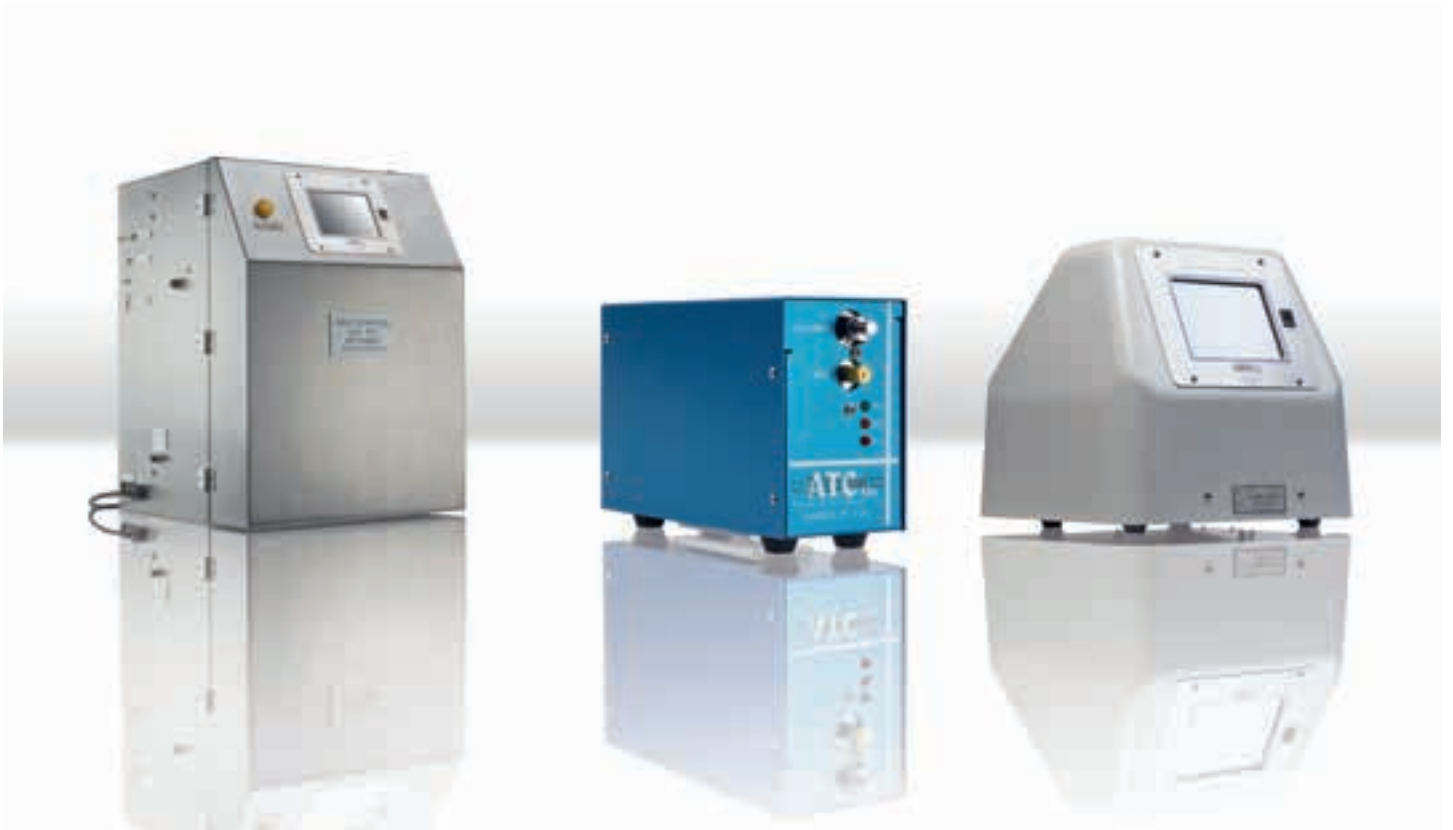


그림 6: 파이퍼 베콤의 리크 감지 포트폴리오 요약



## 원스톱으로 제공되는 진공 솔루션

파이퍼 베콤은 전세계에 걸쳐 혁신적인 고객 맞춤형 진공 솔루션, 기술적인 완벽성, 역량 있는 조연, 신뢰성 있는 서비스를 제공합니다.

## 완전한 제품군

간단한 구성품에서 복잡한 구성품까지:  
당사는 종합적인 제품 포트폴리오를 제공하는 유일한 진공 기술 공급업체입니다.

## 이론과 실재를 바탕으로 갖춰진 뛰어난 역량

당사의 노하우와 교육 기회의 포트폴리오에서 얻을 수 있는 이점!  
당사는 전세계에 걸쳐 플랜트 레이아웃을 지원하고 최고의 현장 서비스를 제공합니다.

완벽한 진공 솔루션을 찾고 계  
십니까 당사로 문의하십시오.

파이퍼베콤 GmbH  
본사 · 독일  
전화: +49 6441 802-0

[www.pfeiffer-vacuum.com](http://www.pfeiffer-vacuum.com)

**PFEIFFER**  **VACUUM**