

IP67 및 헬륨 누출 테스트: 얼마나 밀폐되어야 충분할까요?

## 방수 방진 등급 IP67에 대한 누수 테스트

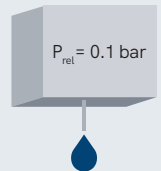
전기 부품용 하우징(예: 센서 케이스) 및 리튬 이온 드라이브 배터리 팩용 배터리 케이스 등 많은 제품이 방수 방진 등급 IP67로 지정됩니다. 두 번째 숫자 '7'은 물의 침투에 대한 보호 수준을 의미합니다. 이 테스트는 테스트 대상 부품을 1미터 깊이의 물에 30분 동안 노출시킨 후 내부 전자 부품에 손상을 입힐 수 있는 물이 케이스 내로 침투하지 않도록 확인합니다.

많은 고객들이 이것이 어떤 헬륨 누출률 사양과 관련이 있는지 의문을 가지고 있습니다. INFICON은 이 질문에 답하기 위해 실험을 진행했습니다.



### 테스트 환경 설정

인공적인 누출을 다양한 크기로 장착할 수 있는 테스트 부품이 제작되었습니다. 인공적인 누출은 정의된 직경을 가진 유리 카피라리로 제작되어 서로 다른 누출 경로 크기를 표현합니다. 10  $\mu\text{m}$ 에서 100  $\mu\text{m}$ 까지의 카피라리가 조사되었습니다. 시험 부품은 물로 채워진 후 100 mbar의 과압(약 1.1 bar 절대 압력)으로 압력 테스트를 진행했습니다. 이는 1m 깊이의 수압과 동일합니다. 인공 누출부의 출구를 30분 동안 관찰하며 흘러나오는 물의 양을 측정했습니다.



### 수질 검사 결과

수질 검사 결과는 아래 표에 요약되어 있습니다:

누출 경로 직경	누출률	30분 동안 떨어지는 물의 양	방울당 평균 시간
$\varnothing 10 \mu\text{m} \times 10.5 \text{ mm}$	0.0008 sccm ( $1 \cdot 10^{-5} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$ )	눈으로 확인할 수 있는 물방울이 없습니다.	미상
$\varnothing 20 \mu\text{m} \times 10.5 \text{ mm}$	0.012 sccm ( $2 \cdot 10^{-4} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$ )	한 방울이 형성되지만 30분 이내에 떨어지지 않습니다.	온도와 습도에 따라 40~50분 후에 방울이 떨어질 수 있습니다.
$\varnothing 25 \mu\text{m} \times 10.5 \text{ mm}$	0.03 sccm ( $5 \cdot 10^{-4} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$ )	3 방울	8시 30분 - 9시 00분
$\varnothing 29 \mu\text{m} \times 10.5 \text{ mm}$	0.05 sccm ( $9 \cdot 10^{-4} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$ )	3~4 방울	7시 30분 - 8시 30분
$\varnothing 40 \mu\text{m} \times 10.5 \text{ mm}$	0.2 sccm ( $3 \cdot 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$ )	20 방울	~ 1분 30초
$\varnothing 100 \mu\text{m} \times 10.5 \text{ mm}$	7.6 sccm ( $1 \cdot 10^{-1} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$ )	524 방울	~ 3초

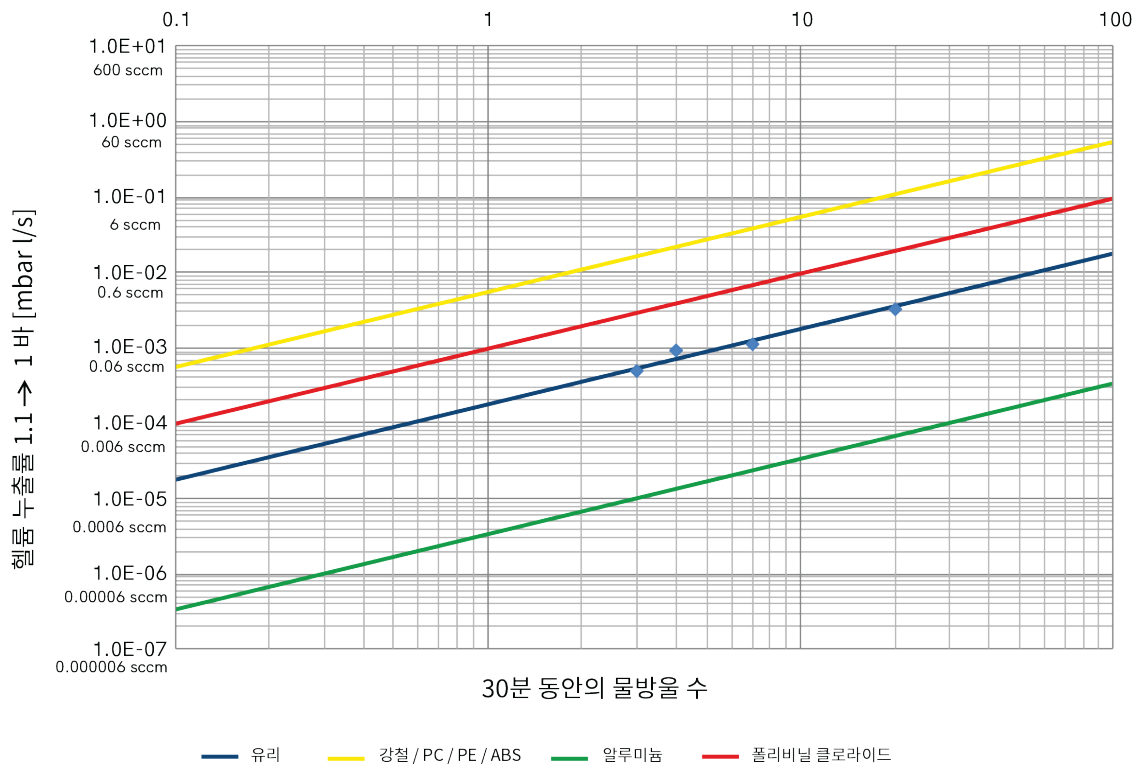
시험 결과, 물의 압력으로 인해 물이 누출 경로를 통해 밀어내려는 힘과 물이 누출 경로의 표면에 달라붙게 하는 힘이 균형을 이루는 누출 경로의 직경은 20  $\mu\text{m}$  미만인 것으로 확인되었습니다.

## 누출률 사양으로의 변환

다음 그래프는 잠재적 누출 지점을 통과하는 30분 내 물의 양과 해당 가스 누출률 간의 상관관계를 나타냅니다. 헬륨 누출률과 공기 누출률은 헬륨의 동점도와 공기의 동점도 비율과 동일한 계수로 차이가 발생합니다. 이 비율이 7% 차이에 불과하므로, 아래 그래프의 해상도 상에서는 동일하게 간주할 수 있습니다. 그래프에서 파란색 선은 유리로 제작된 누출 경로의 시험 결과를 직접 변환한 값을 나타냅니다. 다른 선들은 각 재료의 특성 값을 적용하여 변환한 다른 재료들의 대응 누출률을 보여줍니다.

## 다양한 재료에서 발생하는 누출 경로

@ 1.1 바 → 1 바 (15.95 → 14.5 psi) (예: 스니핑)



100 mbar 차압에 대한 누출률

IP67 등급으로 설계된 많은 부품들은 부품 자체나 부품의 씰이 손상되지 않도록 매우 제한된 압력 차이(일반적으로 100~200 mbar)만 견딜 수 있습니다. 위 그래프는 100 mbar의 압력 차이에 대한 누출률을 보여줍니다. 부품이 견딜 수 있는 물의 양에 따라 테스트해야 할 허용 최대 가스 누출률을 확인할 수 있습니다. 예를 들어 ABS 또는 강철 하우징에 폴리머 씰을 적용한 부품 구조의 경우, 소량의 물(몇 방울)을 허용할 수 있다면  $3 \cdot 10^{-2}$  mbar·l/s (~1.8 sccm) 미만의 누출률로 테스트해야 합니다(노란색/빨간색 선). 물 누출을 전혀 허용하지 않으려면  $5 \cdot 10^{-3}$  mbar·l/s(~0.3 sccm)의 누출률로 테스트해야 합니다. 부품이 알루미늄으로 제작되고 폴리머 씰이 적용되어 누출 경로가 한쪽은 알루미늄 표면, 다른 쪽은 폴리머 표면인 경우, 두 재료 사이의 중간 누출률 수준을 사용하십시오. 즉, 물 몇 방울 정도는 허용할 수 있다면  $9 \cdot 10^{-4}$  mbar·l/s (~0.05 sccm) 범위에서 테스트하십시오. 하우징 내부에 물이 절대 침투하지 않도록 확실히 보장하려면 중간 수준인  $2 \cdot 10^{-4}$  mbar·l/s (0.01 sccm) 범위의 누출률로 테스트하십시오.

## 결론

IP67 등급의 방수/방진 보호를 위한 누출 테스트는 1 sccm 이하의 누출 속도를 정확히 측정할 수 있는 민감한 누출 테스트 방법이 필요합니다. 추적 가스 누출 테스트는 이러한 응용 분야에 가장 적합한 방법입니다. 다양한 압력 조건과 재료는 서로 다른 누출 속도 사양을 요구합니다. 테스트에 대한 구체적인 요구사항을 알려주시면, 테스트의 최고 효율성과 신뢰성을 달성하는 데 도움을 드리겠습니다!