



전문가의 팁과 힌트

고진공 상태에서 펌프 다운 시간을 줄이기 위한 조치

진공실에서 최종 진공에 빠르게 도달하기 위해서는 재료와 표면 질감이 무척 중요합니다. 추가로, 펌프 다운되어야 할 기체 부하는 원하는 최종 압력이 실현될 수 있는 방법과 관련이 있습니다. 이 기체 부하는 원하는 기본 압력에 도달하기 전에 챔버와, 챔버 벽과 질감에 부착된 기체들과 증기들의 누출률로 주로 구성됩니다. 이것들은 진공 상태에서 점차 표면으로부터 탈착됩니다. 이런 탈착은 펌프 다운 시간에 커다란 영향을 미치고, 따라서 지정된 최종 압력에 도달하는 데에 필요한 시간의 길이에 영향을 미칩니다. 상기 설명된 모든 매개변수들의 상호 작용은 소위 펌프 다운 곡선에 반영되고, 거기에서는 시간에 따른 압력 손실이 제시됩니다.

진공실의 펌프 다운 속도를 증가시키기 위해서는 다른 조치들을 사용할 수 있습니다. 기체와 수증기 분자가 그리 강하지 않게 부착된 재료의 사용이 펌프 다운 시간을 줄입니다. 다양한 재료의 표면에서 건조한 공기에 대한 탈착률의 개요는 표 1에 나타나 있습니다.

다. 펌프 과정 동안 부착된 기체 입자의 지속적인 제거로 인하여, 기체 전달 속도는 펌프 다운 시간이 늘어날 수록 감소합니다. 일반적으로, 챔버의 조건이 양호하고 펌프 설계가 적합할 경우, 울트라 고진공 범위는 10시간의 펌프 다운 후에 달성될 수 있습니다. 그 때부터 표면으로부터의 기체 탈착은 재료로부터의 기체 확산에 비하여 덜 커지고, 따라서 펌프 다운 시간과 더 이상 관련이 없게 됩니다.

플라스틱과 비교하면, 금속의 탈기체율은 훨씬 더 낮습니다. 예를 들어, 구리 합금은 예외입니다. 구리 합금은 탈기체율이 높습니다. 탈착률이 더 높은 플라스틱과 금속은 실에서, 고진공 범위까지 중합체로 구성된 오링이나 초고진공 범위의 금속 실로 사용됩니다.

재료	표면 품질	표면 상태	탈착률 ¹⁾ q_{des} [$\text{hPa} \cdot \text{l s}^{-1} \text{cm}^{-2}$]		
			1시간	4시간	10시간
강철, 스테인레스	비어 있음	청소됨	$2.7 \cdot 10^{-7}$	$5.4 \cdot 10^{-8}$	$2.7 \cdot 10^{-8}$
강철, 스테인레스	광택이 남	청소됨	$2 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-10}$
강철, 스테인레스	변색됨	보통 공기로 1시간 베이킹 아웃함	$1.4 \cdot 10^{-9}$	$2.8 \cdot 10^{-10}$	$1.4 \cdot 10^{-10}$
강철, 스테인레스	소프트 피닝됨	보통 공기로 1시간 베이킹 아웃함	$3 \cdot 10^{-10}$	$6.5 \cdot 10^{-11}$	$4 \cdot 10^{-11}$
강철, 니켈 도금	광택이 남	청소됨	$2 \cdot 10^{-7}$	$1.5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-9}$
강철, 니켈 도금	광택이 남	청소됨	$1.3 \cdot 10^{-8}$	$2.2 \cdot 10^{-9}$	$1.2 \cdot 10^{-9}$
강철		녹슴	$6 \cdot 10^{-7}$	$1.6 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$
강철	비어 있음	청소됨	$5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$
강철	소프트 피닝됨	청소됨	$4 \cdot 10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-8}$	$3.8 \cdot 10^{-8}$
알루미늄		청소됨	$6 \cdot 10^{-8}$	$1.7 \cdot 10^{-8}$	$1.1 \cdot 10^{-8}$
황동		청소됨	$1.6 \cdot 10^{-6}$	$5.6 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$
구리		청소됨	$3.5 \cdot 10^{-7}$	$9.5 \cdot 10^{-8}$	$5.5 \cdot 10^{-8}$
자기	윤기가 남		$8.7 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$	$2.8 \cdot 10^{-7}$
유리		청소됨	$4.5 \cdot 10^{-9}$	$1.1 \cdot 10^{-9}$	$5.5 \cdot 10^{-10}$
유리			$1.6 \cdot 10^{-6}$	$5.6 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$
네오프렌			$4 \cdot 10^{-5}$	$2.2 \cdot 10^{-5}$	$1.5 \cdot 10^{-5}$
페르부난			$4 \cdot 10^{-6}$	$1.7 \cdot 10^{-6}$	$1.3 \cdot 10^{-6}$
바이턴			$1.2 \cdot 10^{-6}$	$3.6 \cdot 10^{-7}$	$2.2 \cdot 10^{-7}$
바이턴		100°C로 4시간 베이킹 아웃함	$1.2 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$2.8 \cdot 10^{-8}$
바이턴		150°C로 4시간 베이킹 아웃함	$1.2 \cdot 10^{-9}$	$3.3 \cdot 10^{-10}$	$2.5 \cdot 10^{-10}$
테플론		탈기체됨	$8 \cdot 10^{-7}$	$2.3 \cdot 10^{-7}$	$1.5 \cdot 10^{-7}$

¹⁾ 다양한 전처리 덕분에 탈착률을 향상시킬 수 있습니다(예: 질소 없이 연소).

표 1: 다양한 재료의 표면에서 건조한 공기에 대한 탈착률의 개요

중합체의 탈기체율은 다른 화학적 구성으로 줄일 수 있습니다. 예를 들어, 불화탄소 화합물의 탈착률은 니트릴 고무 화합물보다 훨씬 더 낮습니다.

플랜지 사용 줄이기

플랜지에 사용되는 밀봉재의 탈착률이 챔버의 나머지 재료들보다 더 높기 때문에, 플랜지의 수를 최소로 줄여야 합니다. 이런 방식으로 하면, 누출 형성의 위험이 줄어들 수 있습니다.

챔버 벽을 가열함으로써 펌프 다운 시간 줄이기

표면에서 기체와 물 입자의 탈착은 온도에 훨씬 더 의존합니다. 접착력을 극복하려면 에너지가 필요합니다. 탈착률 q_{des} 는 입자 운동 에너지 $E_{kin} = kT$ 에 대한 탈착 에너지 E_{des} 의 비율에 의하여 결정됩니다. 온도 의존성은 소위 „볼츠만 인자“에 의하여 결정됩니다.

$$Q_{des} \sim e^{-E_{des}/kT}$$

여기서 볼츠만 상수 $k = 8.6210^{-5} \text{ eV/K}$ 이고, 절대 온도 T 켈빈 (Kelvin)으로 표시됩니다.

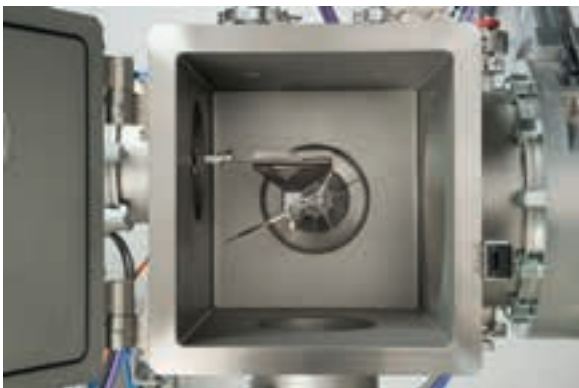


그림 1: 예시들의 설정은 진공실, 전진공 펌핑 스테이션 WH 950, 터보 펌핑 스테이션 HiPace 2300으로 구성되었습니다.

정보

그림 2는 탈착률이 다른 두 개의 일반적인 펌프 다운 곡선을 보여줍니다. 이 곡선들은 다음 설정(그림 1)을 위한 것입니다.

진공실:

챔버 부피: 1 m³

내부 표면: 6 m²

챔버의 누출률: $1 \cdot 10^{-4}$ Pa m³/s

펌핑 다운할 기체: 20°C의 공기

인입 라인: 전진공 펌핑 스테이션과 챔버 사이의 1 m DN 100 파이프

진공 펌프:

전진공 펌핑 스테이션 WH 950, Okta 1000 루츠 피스톤 펌프와 Hepta 300 P 건식 펌프로 구성됨. 챔버의 보호 스크린과 플랜지를 통하여 펌프 속도가 15% 줄어든 고진공 측면의 HiPace 2300 터보 펌프(효율적인 펌프 속도는 1615 l/s).

펌프 다운 곡선은 경험적으로 깨끗하고 건조한 스테인레스강 챔버와 코팅 공정에서 가볍게 오염된 스테인레스강 챔버의 탈착률에 기초하여 결정되었습니다. 그림 2은 펌프 다운 시간의 첫 시간 동안의 압력 곡선을 보여줍니다. 끝으로 가면서, 훨씬 낮은 탈착률은 훨씬 낮은 챔버 압력을 이끕니다. 원하는 만큼 탈착률을 줄인 경우, 더 높은 탈착률로 단 45분 후에 도달한 한 개 챔버의 동일하고 우세한 압력에 펌프 다운 6분 후에도 달하는 것이 분명해졌습니다.

정보 박스 1: 펌프-다운 곡선의 예시

물의 탈착은 약 0.5 eV입니다. 시스템은 상온에서 0.025 eV로 공급됩니다. 따라서, 탈착률은 약 0.5 eV입니다. 상온에서, 시스템은 0.025 eV로 공급됩니다. 따라서, 탈착률은 e^{-20} , 즉 $2 \cdot 10^{-9}$ 입니다. 예를 들어 이제 온도가 약 100°C로 높아지면, 시스템은 약 0.032 eV로 공급됩니다. 탈착률은 따라서 약 $e^{-15.6}$, 즉 $2 \cdot 10^{-7}$ 입니다. 20 배나 더 높은 이 탈착률에서, 표면에 부착된 분자들은 훨씬 더 쉽게 제거될 수 있습니다. 따라서 원하는 챔버 기본 압력 역시 더 빠르게 도달할 수 있습니다.

그러나 챔버 벽을 가열하는 그런 장비들을 사용할 수 없다 해도 펌프 다운 시간은 쉽게 줄일 수 있습니다. 일괄 처리 방식의 진공실이 자주 열릴 경우, 계절과 우세한 주변 습도에 따라 챔버 벽에 대한 물 분자의 부착이 증가하는 경우가 자주 있습니다. 이 현상은 자동적으로 더 긴 펌프 다운 시간으로 귀결되고, 펌프 다운 시간은 챔버에 질소를 흘려 넣음으로써 단축할 수 있습니다. 이 공정에서 챔버 벽은 질소 분자로 뒤덮입니다. 따라서 챔버를 열기 전에는 침투한 수증기가 챔버 벽에 너무 단단히 부착될 리가 없습니다.

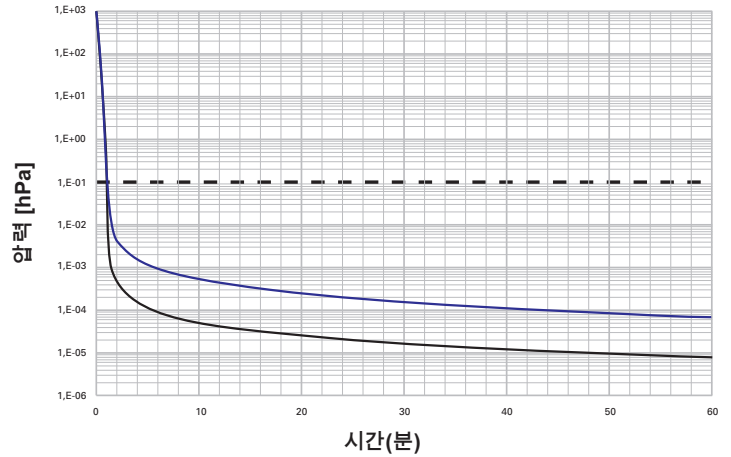


그림 2: 탈착률 $2 \cdot 10^{-6}$ hPa · l s⁻¹ cm⁻² (위쪽 곡선, 가볍게 오염된 스테인레스강 챔버) 및 $2 \cdot 10^{-7}$ hPa · l s⁻¹ cm⁻² (아래쪽 곡선, 깨끗하고 건조된 스테인레스강 챔버)일 경우의 펌프 다운 곡선. 파선: 변경 압력, 전진공에서 터보 펌핑 스테이션으로 전환 시.

수증기가 항상 존재하는 공정에서는 극저온 콘덴서의 사용을 권장합니다. 콘덴서의 도움이 있으면 수증기가 차가운 벽에서 얼어 붙습니다. 그렇게 되면 고진공 펌프는 극저온 상태에서 얼어 붙을 수 없는 소위 영구 기체를 펌핑 아웃하면 됩니다. 이렇게 하면 펌프 다운 시간이 상당히 줄어듭니다.

고진공 범위에서 최대 10^{-6} 의 탈착률은 펌프 다운 시간에 상당한 영향을 미칩니다. 위 예에서 보여주는 것처럼, 진공 시스템의 설계에서도 다양한 측면을 고려하면 펌프 다운 시간을 줄이는 데에도움을 줄 수 있습니다. 그리고 기존 시스템을 사용할 때에도 적합한 실이나 질소로 챔버 환기와 같은 작은 변화가 펌프 다운 시간을 상당히 줄여줍니다. 결과적으로 기본 압력에 빠르게 도달할 수 있고, 시스템을 사용한 실제 작업을 시작할 수 있습니다.

원스톱으로 제공되는 진공 솔루션

파이퍼 베콤은 전세계에 걸쳐 혁신적인 고객 맞춤형 진공 솔루션,
기술적인 완벽성, 역량 있는 조언, 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