

VACUUM CHAMBER 계산서 (진공용기)

공사명		장비명	원통형 진공 챔버
작성자		작성일	2026. 10. 25.

설계 조건

재질	SUS304 (STS304)	설계 외압 ΔP	0.103 MPa (완전 진공)
E	193,000 MPa	Sy / 허용응력 S	205 / 138 MPa
동체	$\varnothing 600 \times 4 \text{ t} \times 800 \text{ L}$	경판	2:1 타원 경판 4 t, 보강링 0 개
목표 진공	$1.00 \times 10^{-7} \text{ Torr}$	안쪽 표면	SUS 세정만 (베이킹 안 함)
러핑 / 고진공 펌프	15 m ³ /h / 300 L/s	배관 (안지름 $\times$ 길이)	100 $\times$ 300 mm

① 구조 — 원통형 챔버 (ASME VIII-2 4.4 외압)

항목	값	항목	값
바깥지름 Do	600.0 mm	설계 외압 ΔP	0.103 MPa
동체 길이 (직선부)	800 mm	설계 길이 L (경판 깊이 1/3 더함)	900 mm
보강링 개수	0	지지 간격 Ls	900 mm

동체

$Mx = Ls / \sqrt{(Ro \ t)} = 25.98$, $Ch = 0.03569$
 $Fhe = 1.6 \ Ch \ E \ t / Do = 73.5 \text{ MPa}$, $Fic = 73.5 \text{ MPa}$, $FS = 2.000$, $Fha = 36.7 \text{ MPa}$
허용 외압 $Pa = 2 \ Fha \ t / Do = 0.4898 \text{ MPa} \geq 0.103 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK}$
필요 두께 2.2 mm (부식 여유 포함) $\rightarrow$ 판 3 t

2:1 타원 경판 (두께 4 mm)

구형 외압 (4.4.7) : $Ro = 0.9 \ Do$
 $Fhe = 0.075 \ E \ t / Ro = 107.2 \text{ MPa}$, $Fic = 107.2$, $FS = 2.000$
허용 외압 $Pa = 2 \ Fha \ t / Ro = 0.7942 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK}$
필요 두께 1.5 mm $\rightarrow$ 판 3 t (성형 감소분은 따로 더할 것)

부피 · 무게

안지름 592.0 mm, 부피 274.5 L, 안쪽 표면 2.248 m²
무게 : 동체 47.5 kg + 경판 24.4 kg = 71.9 kg (노즐 · 플랜지 · 받침 제외)

② 배기 · 도달 진공

항목	값	항목	값
부피 V	274.5 L	가스 방출 표면	22,477 cm ²
배관 컨덕턴스 C (분자류, 공기)	279 L/s	유효 배기 속도 S유효	145 L/s

러핑 시간 (760 → 0.1 Torr)	9.8 분	가스 방출량 (1 시간 때)	1.69×10^{-4} Torr·L/s
누설량	1.00×10^{-10} Torr·L/s	허용 누설 (목표 압력 부하의 10 %)	1.45×10^{-6} Torr·L/s OK
목표까지 고진공 배기 시간	11.7 시간	24 시간 안에 닿으려면 펌프	70 L/s 이상 (유효)

$C = 12.1 d^3 / (L + 4d/3)$ [L/s, cm], $1/S_{\text{유효}} = 1/S_{\text{펌프}} + 1/C$, 러핑 $t = V / S \cdot \ln(760 / P_{\text{끝}})$

베이킹 안 함 : $q(t) \approx q_1 / t[\text{시간}]$ (물 분자가 주) → 시간 = $q_1 A / (P_{\text{목표}} S_{\text{유효}} - \text{누설})$

목표 1.00×10^{-7} Torr : KF · ISO 플랜지 + 바이톤 오링 가능

※ 가스 방출률은 표면 상태 · 세정 · 베이킹에 따라 몇 배씩 다름. 오링 · 케이블 · 플라스틱이 들어가면 따로 더할 것.

단위 : 1 Torr = 1.333 mbar = 133.3 Pa, 1 Torr·L/s = 1.333 mbar·L/s = 0.1333 Pa·m³/s