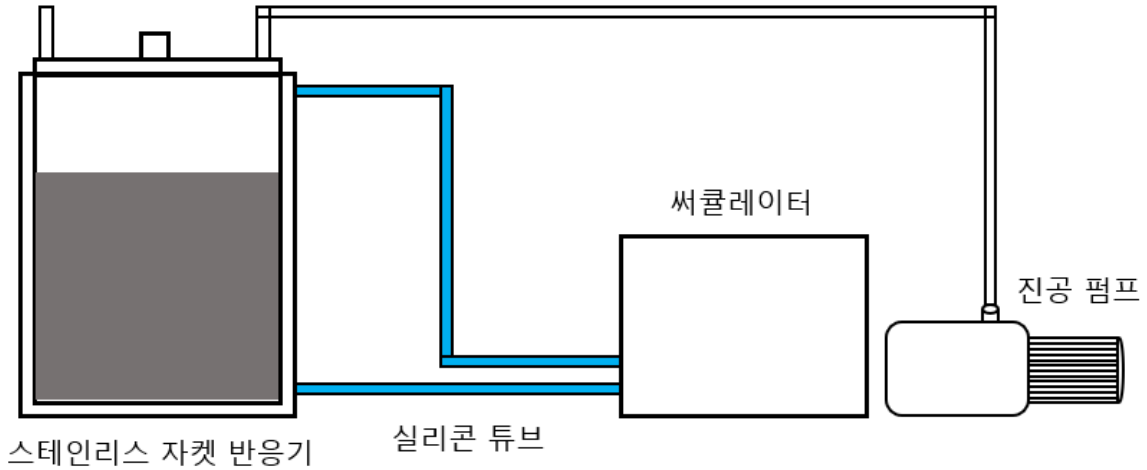
중공사막 장비 설계 목적

1. 설계 목적 설명

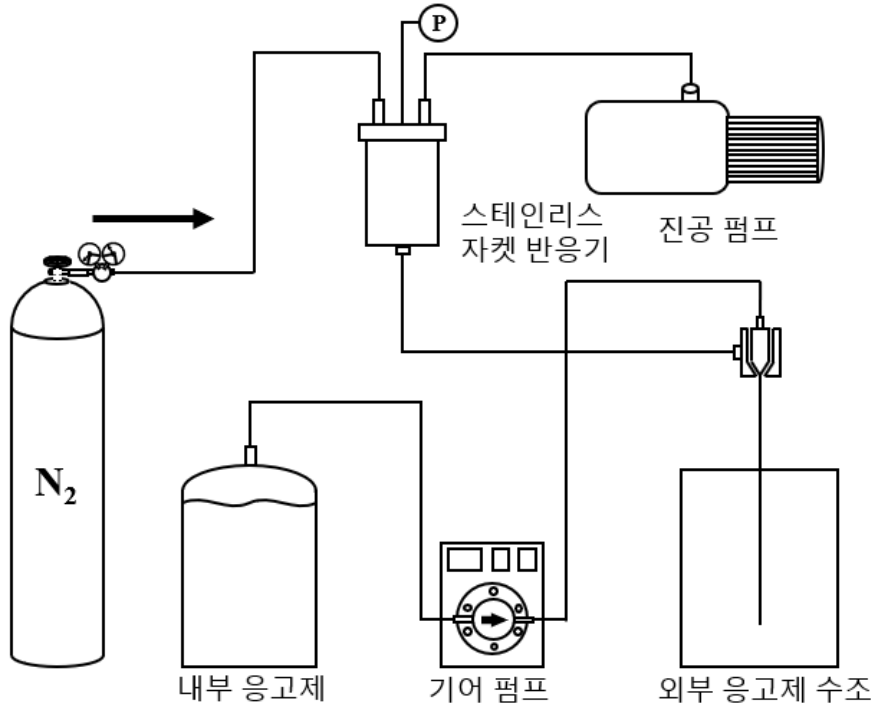
본 설비는 세라믹 중공사막 제조를 위한 초기 연구용 장비로, 도프 용액의 진공 탈포, 질소 가압, 정량 토출, 방사 및 응고 공정을 간단한 구조에서 확인하기 위함

- 탈포 과정 : 도프 용액을 스테인리스 자켓 반응기에서 교반하면서 진공 펌프를 이용해 내부 기포를 제거하는 과정

- 방사 과정 : 탈포된 도프 용액을 질소 가압 및 기어 펌프로 스피너렛에 공급하고, 외부 응고조에서 중공사 형태로 고화시키는 과정

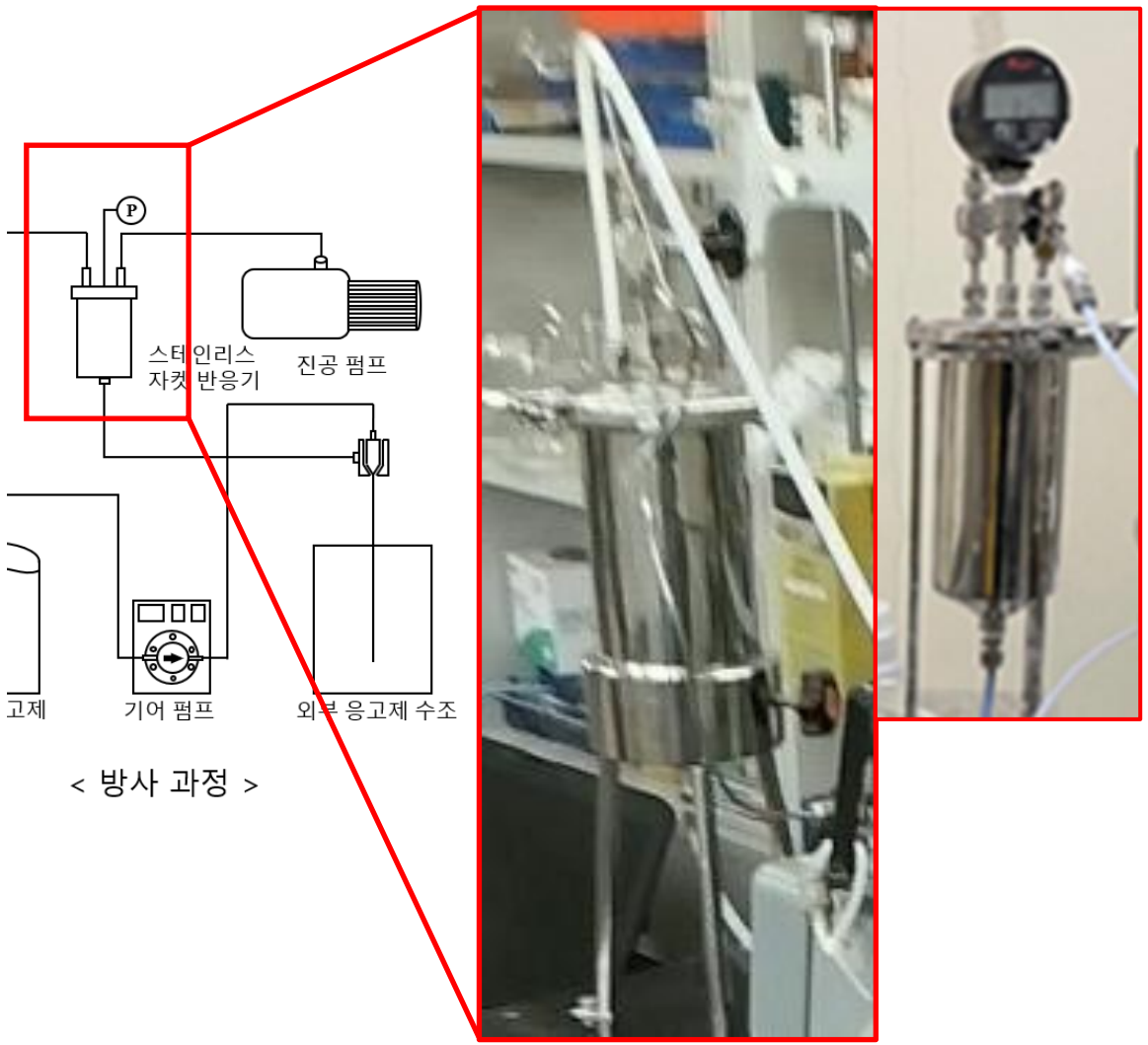


< 탈포 과정 >

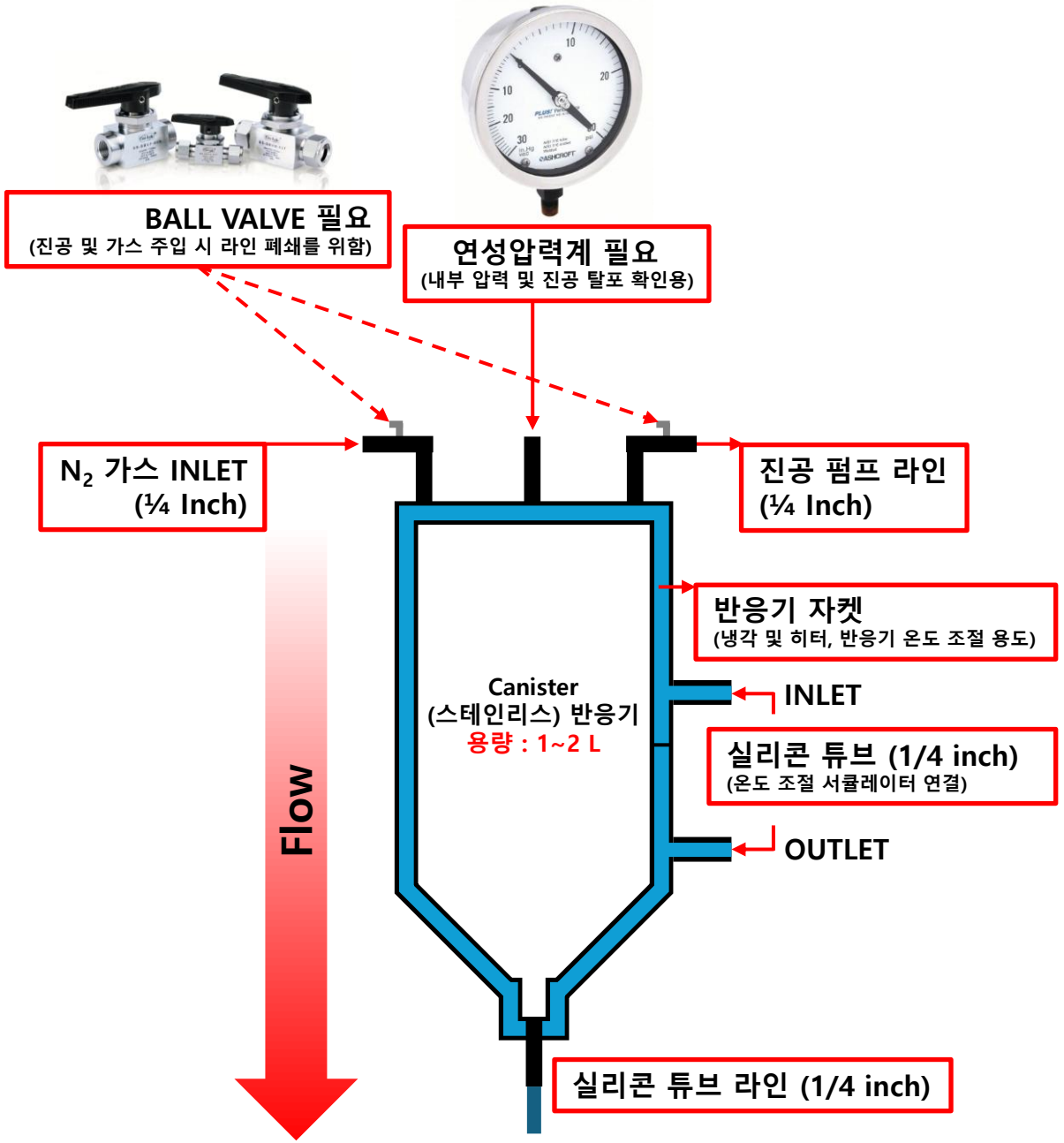


< 방사 과정 >

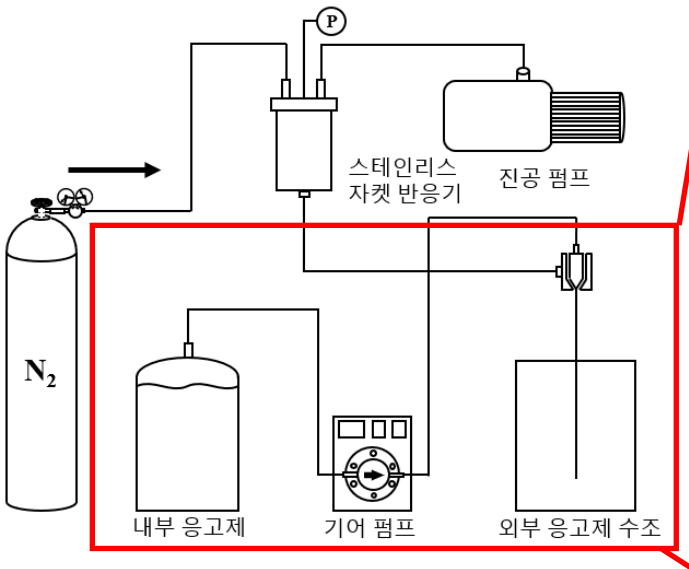
중공사막 장비 설계_반응기 구조 설명



< 방사 과정 >



중공사막 장비 설계_응고제 수조 구조 설명



< 방사 과정 >





실리콘 튜브 라인 (1/4 inch)

스피너렛

높낮이 조절

단방향

Flow

단방향

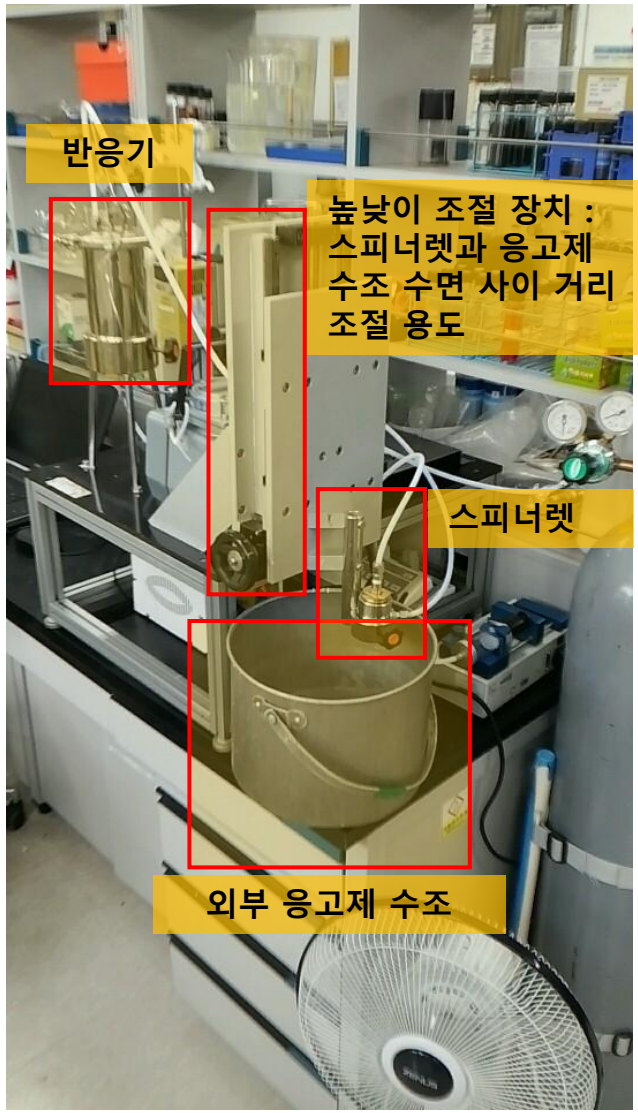
내부 응고제

단방향

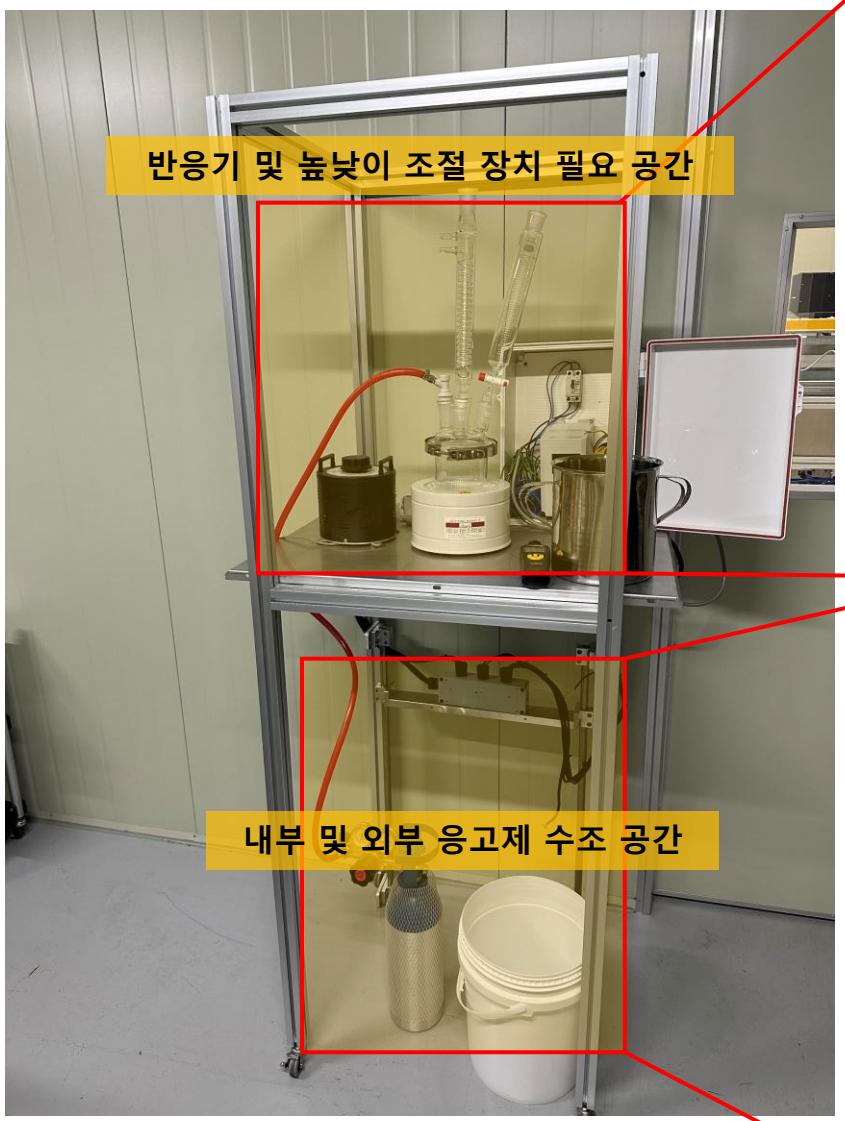
기어 펌프

외부 응고제
수조
용량 : 20 L

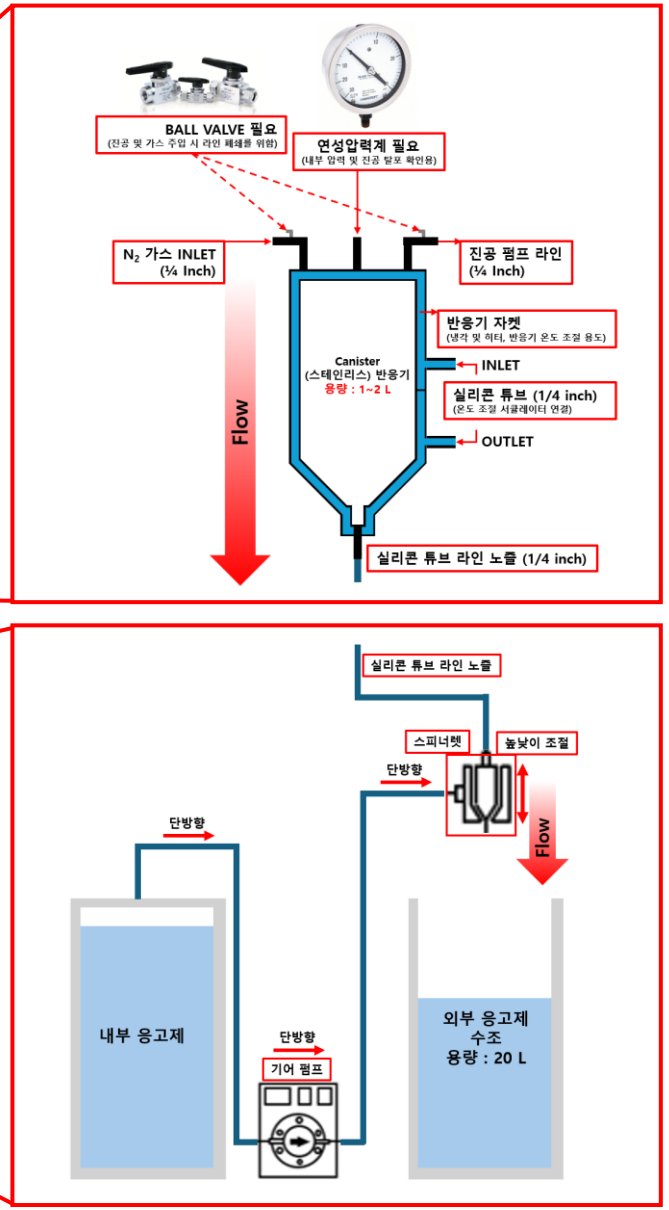
중공사막 장비 설계_전체적인 계략도



<타 실험실의 중공사막 방사 시스템 예시>



<필요한 설비 예시>



좌측 사진은 타 실험실의 중공사막 방사 시스템 예시이며, 본 설비는 **우측 사진**과 같이 실험용 프레임 구조로 설계하고자 합니다. **상단 공간은 반응기 및 높낮이 조절 장치, 하단 공간은 응고제 수조 및 펌프 위치 시키고자 합니다.**

중공사막 장비 설계_연성압력계 및 라인 치수 정보

연성압력계 정보 (-1 bar ~ +3~5 bar, ¼ inch)

- [연성계[스텐Φ60x(-0.1~0.3MPa)x1/4PT]]
- 동양테크 - 삼성계기 - [유공압 배관자재 전문 유통기업]
- https://smartstore.naver.com/hoonies00/products/13312425975
- Bourdon tube pressure gauge, stainless steel - 232.50, 233.50 - WIKA online shop Canada

Gas 및 진공 라인 (¼ inch)

실리콘 튜브 (¼ inch)

중공사막 장비 설계_참고 사진 및 사양



측면 이미지



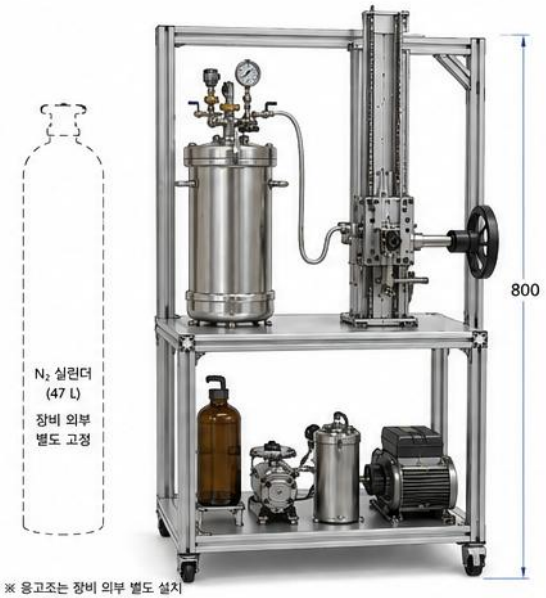
상부 이미지



중공사막 장비 설계_참고 사진 및 사양

중공사막 제막장비 (1구 방사형) 설계도

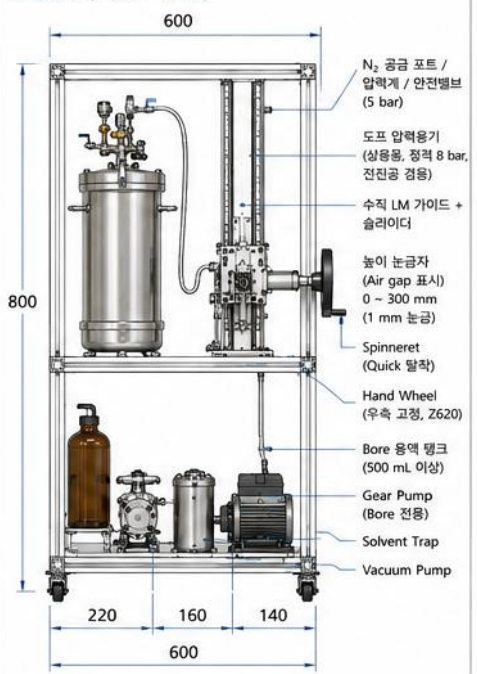
1. 3D 투시도 (PERSPECTIVE VIEW)



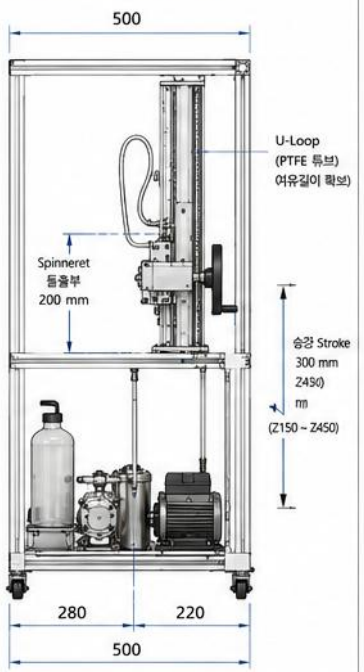
※ 응고조는 장비 외부 별도 설치
(본 장비 미표함)

※ Spinneret은 프레임 우측-면 박으로
돌출, 응고조 상부에 위치

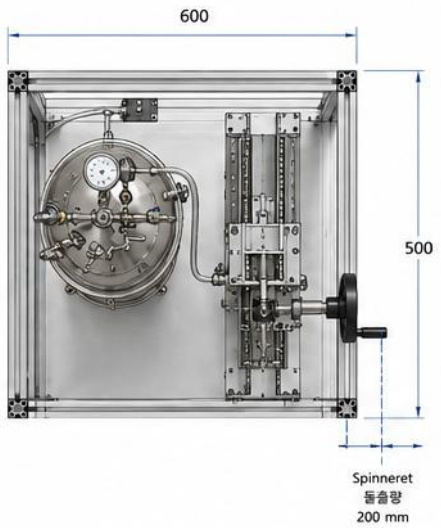
2. 정면도 (FRONT VIEW)



3. 우측면도 (RIGHT SIDE VIEW)



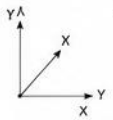
4. 평면도 (TOP VIEW)



0. 도면 개요 및 형식 (DRAWING INFORMATION)

- 판형 : A1 가로 (841 × 594 mm), 1매
- 배경 : 백색
- 투상법 : 제3각법
- 단위 : mm (별도 표기 없는 한)
- 선 종류 : 외형선 0.5 mm / 중선 0.25 mm / 치수선 0.18 mm
- 색상
  3D : 회색 메탈 랜더
  계통도 : 도프=적 / Bore=녹 / 진공=회색 / 질소=청
- 폰트 : 국문 고딕, 영문 산세리프
- 본 도면의 수치 변경 금지

좌표계 (COORDINATE SYSTEM)



원점 O : 바닥면 × 프레임 좌측면 × 프레임 전면 교점
X : 좌 → 우 (폭)
Y : 전 → 후 (깊이)
Z : 상방 (높이)

5. 높이 기준표 (ELEVATION REFERENCE TABLE, Z 기준)

Z (mm)	항목	비고
0	바닥면	기준면
75	캐스터 상단 = 프레임 하단	-
95	하단 가로재 중심	-
150	펌프 대크 플레이트 상면	-
150	스핀넷 최저 위치 (하한 스토피)	Air gap 기준 최저
150	응고조 옉면 기준 (사용자 설정, 표준값)	-
300	Bore 용액탱크 선반 상면	-
420	도프 볼밸브 하단	-
450	스핀넷 최고 위치 (상한 스토피)	Air gap 기준 최고
470	중단 가로재 중심	-
490	베슬 대크 플레이트 상면	-
620	핸드휠 축 중심	고정 위치
730	베슬 응통 상단 (클램프 플랜지면)	참고 치수
780	상단 가로재 중심	-
790	베슬 두껑 상면	-
800	장비 최고점	전체 높이

6. 주요 사양 (SPECIFICATIONS)

항목	사양	비고
방사 방식	1구 이중관 건습식 방사	dry-jet wet spinning
1회 제조 길이	30 m	권취장치 없음
스핀넷	오리피스 3.0 / 니들 OD 1.5 / 니들 ID 1.2 mm	신규 제작
방사 압력	3 bar (정상) / 설계 여유 5 bar	특허 [0065]
도프 유량	47 mL/min	계산치
Bore 유량	10 mL/min (물)	특허 [0065]
방사 선속도	8.8 m/min → 30 m에 3.4분	-
Air gap	기준 200 mm, 조절임위 0 ~ 300 mm	특허 [0065]
도프 조성 (wt%)	Al_2O_3 60 / DMSO 33.5 / PESf 6 / PVP 0.5	특허 [0064]
내-외부 응고제	증류수	특허 [0065][0066]

항목	사양	비고
1회 도프 소요량	186 mL (토출 160 + 라인 26)	-
1회 Bore 소요량	34 mL	-
도프 라인	3/8" PTFE, 유효길이 0.8 m 이내	-
Bore 라인	1/4" PTFE	-
진공도	-0.09 MPa (~ -0.9 bar)	전진공 기준
사용 온도	20 ~ 40 ℃	DMSO 응고점 18.5 ℃
전원	220V, 50/60Hz (펌프용)	-
전체 외형 (W×D×H)	600 × 500 × 800 mm	캐스터 포함
총 중량 (예상)	약 70 ~ 90 kg (Vessel 제외)	-
승강 방식	수직 LM Guide + Lead Screw + Bevel Gear	-

※ 사용 하한온도가 20 ℃인 것은 DMSO가 18.5 ℃에서 응고하기 때문이다. 10 ℃로 기재하면 안 된다.

중공사막 장비 설계_참고 사진 및 사양

중공사막 제막장비 (1구 방사항) 설계도

7. 스핀넷 홀더 상세 (SPINNERET HOLDER DETAIL)

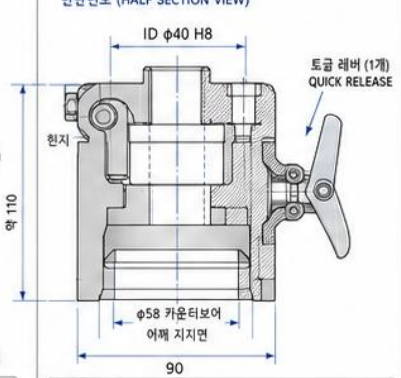
■ 스핀넷 (신규 제작)

정면도 (FRONT VIEW)



■ 홀더 (퀵클램프 타입)

반단면도 (HALF SECTION VIEW)



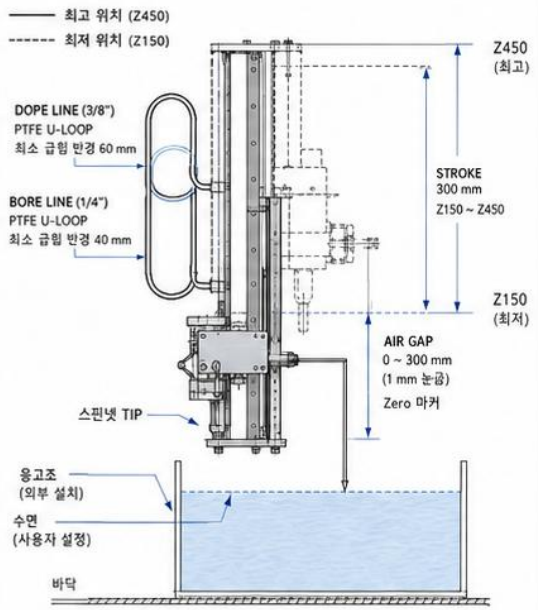
스핀넷 사양

- 상부 중앙 INLET : 1/4" NPT(F)
- 본체 어깨부 : ϕ58
- 본체 직경 : ϕ58 × 45 mm (밴드히터 적용부)
- 측방 DOPE INLET : 3/8" NPT(F)
- 하부 : 분리형 CAP + DIE TIP
- 오리피스 : ϕ3.0 mm
- 나들 : OD ϕ1.5 / ID ϕ1.2 mm
- 마운팅 보스 : ϕ40 h9 × L25 mm
- 총 높이 : 약 95 mm
- 재질 : SUS316L
- 질량 : 약 1.6 kg

홀더 사양

- 분할 클램프 ID : ϕ40 H8
- 어깨 지지, 카운터보어 : ϕ58
- 토글 레버 1개, 힌지형
- 공구 불필요, 퀵 릴리즈 구조
- 재질 : A6061-T6 (아노다이징) 또는 SUS316
- 적용 스핀넷 보스 : ϕ40 h9 × L25 mm

8. 튜브 배치 및 이동 범위 (TUBE ROUTING & TRAVEL RANGE)



※ 응고조는 외부에 설치되며, 액면 높이는 사용자가 설정한다.

9. 베슬 포트 구성표 (VESSEL PORT TABLE)

No.	포트명	연결규격	설명
1	N_2 IN	1/4" NPT(F)	N_2 가압 공급
2	Vacuum	1/4" NPT(F)	진공 탈포용 (트랩 경유)
3	Pressure Gauge	1/4" NPT(F)	압력계 -1 ~ +10 bar 콤파운드
4	Relief Valve	1/4" NPT(F)	설정압 5 bar
5	Vent / Bleed	1/4" NPT(F)	감압 및 블리드
6	Dope OUT	3/8" NPT(F)	하부 콘 중앙
7	상부 Opening	클램프 플랜지, 개구 ϕ80 이상	도프 주입 및 세척

※ 포트 1~5는 높이를 800 mm 이내로 유지하가 위해 수직 상부 출구가 아닌 측면 엘보 출구 구조를 권장한다.

10. 권장 운전 범위 (RECOMMENDED OPERATING RANGE)

항목	권장 범위	비고
Dope 가압 (N_2)	0 ~ 5 bar (정상 3 bar)	베슬 정격 8 bar 내
Vacuum 탈포	-0.09 MPa 이하, 1시간	특허 [0064]
Dope 유량	47 mL/min	3 bar 기준 계산치
Bore 유량	10 mL/min (조절범위 2~20)	기어펌프 588 rpm
Air gap	0 ~ 300 mm (기준 200)	눈금자 직독
사용 온도	20 ~ 40 ℃	DMSO 응고점 18.5 ℃

11. 구성품 목록 (BOM)

No.	구성품	제절/사양	수량	비고
1	알루미늄 프로파일	40×40, A6063-T5	1식	절단 리스트 별첨
2	수직 LM 가이드	15 mm급 레일 450 mm	2열	블록 4개
3	리드스크류 + 너트	Tr12×3, SCM415 + 청동너트	1세트	self-locking
4	90° 베벨기어 박스	1:1	1개	핸드휠 구동
5	핸드휠	ϕ125, 회전손잡이	1개	우측 전면 Z620
6	스핀넷	오리피스 3.0 / 나들 1.5 / ID 1.2, SUS316L	1개	신규 제작
7	스핀넷 암 + 폴더	SUS316 / A6061	1식	토글 퀵클램프
8	Dope 압력용기	SUS316, 1 L, 정격 8 bar, 전진공, 클램프 뚜껑, 콘 바닥	1개	상용품
9	안전밸브	설정 5 bar, 1/4"	1개	
10	압력계	-1 ~ +10 bar 콤파운드, 1/4"	1개	
11	볼밸브	3/8" 3-piece 풀보어, SUS316 + PTFE 시트	1개	Dope OUT
12	볼밸브	1/4" SUS316	3개	N_2 / Vacuum / Vent
13	기어펌프	Bore 전용 마이크로 기어헤드	1개	사용자 선정
14	펌프 드라이브	BLDC 가변	1개	사용자 선정
15	체크밸브	1/4", 크래킹압 0.03 bar급	1개	기어펌프 토출측
16	Bore 용액탱크	500 mL, Z300 선반	1개	
17	슬벤트 트랩	SUS316, ϕ80 × 250	1개	Knock-out
18	진공펌프	다이어프램식, 내약품성, -0.09 MPa 이상	1개	오일식 불가
19	PTFE 튜브	3/8" / 1.5 m	1식	Dope
20	PTFE 튜브	1/4" / 3 m	1식	Bore / N_2 / Vacuum
21	히팅테이프	자체 온조기 내장형, 30~40 °C	1식	베슬 + 고정 배관
22	바이메탈 온도계	사요텔 부착	1개	확인용
23	레귤레이터	2차측 0~7 bar	1개	질소 실린더 직결
24	캐스터	ϕ75 잠금형	4개	우측 2개는 레벨링 겸용
25	배기 덕트 플랜지	ϕ100	1개	프레임 우측 상단, 국소배기 연결용

12. 설치 및 운전 주의사항 (INSTALLATION & OPERATION NOTES)

- 장비는 수평 바닥에 설치하고 캐스터를 잠근 후 사용한다
- DMSO는 18.5 °C에서 응고한다. 실온이 20 °C 미만이면 히팅테이프로 베슬과 배관을 30~40 °C로 유지한 후 방사한다
- 승강 구간(Stroke 300 mm)의 PTFE 튜브에는 가열선을 감지 말고 단열 슬리브만 적용한다
- Dope 압력용기는 반드시 정격 8 bar 이상, 전진공 겸용 제품을 사용한다
- 진공 탈포는 반드시 솔벤트 트랩을 경유시킨다. 미경유 시 진공펌프가 손상된다
- 진공 탈포 후 Vent 밸브로 상압 복귀 → N_2 가압 순서를 지킨다
- Spinneret 높이(Air gap)는 눈금자 Zero 마커를 응고조 수면에 맞춘 후 조정한다
- 운전 종료 후 Dope 압력용기 상부 개구로 세척액(DMSO)을 주입하고 N_2 가압하여 라인 및 스핀넷을 세척한다
- 습부에 PVDF·FKM·NBR·실리콘 부품을 사용하지 않는다. DMSO/NMP에 침식되거나 용해된다
- DMSO는 피부 투과성이 매우 크다. 니트릴 장갑은 부적합하며 부틸 또는 라미네이트 장갑을 사용하고, 응고조 상부에 국소배기를 연결한다

문서 끝. 본 지시서의 수치는 KR 10-2025-0090404 제조예 1 및 유체역학 계산에 근거한다.