

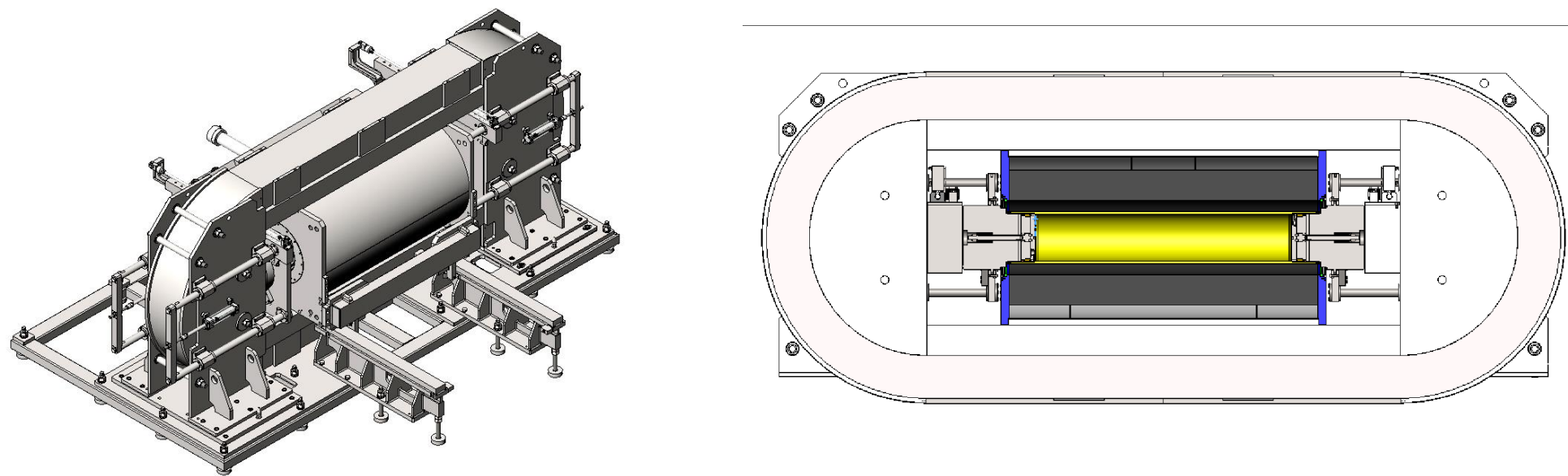
초고압 압력용기 기밀성 및 내구성 향상을 위한 백업링 설계 기법

박종범
(주) 일신오토클레이브
(jbpark@suflux.com)

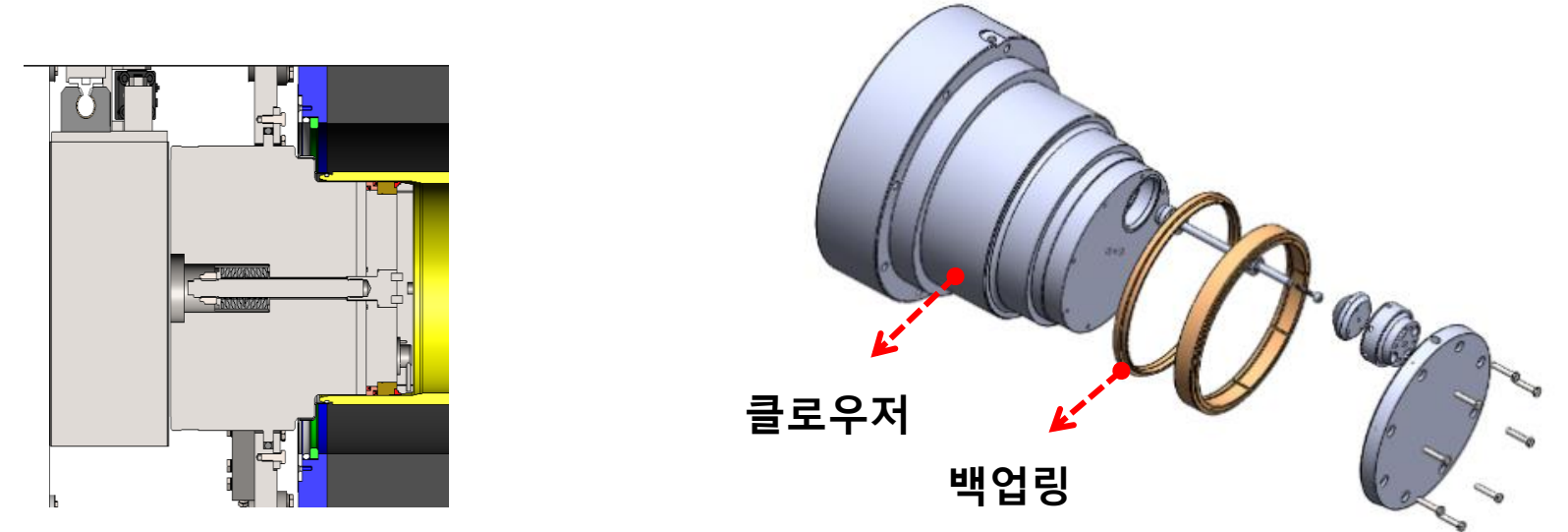
1. Introduction

- 초고압 압력용기는 통상 유체의 반응, 저장 또는 합성, 분리의 목적으로 사용되는 밀폐용기로 정의되며 다양한 운전상태에 따라 내·외부적으로 복합적인 다양한 하중을 받는다. 이러한 환경에서 압력용기 내부의 초고압 분위기를 유지하기 위해선 기밀성을 위한 밀폐구조가 필요하며, 압력밀폐를 위한 구성품으로 클로우저의(커버) 요소부품인 메인씰을 포함한 백업링의 역할이 중요하다.
- 백업링의 역할은 높은 압력이 발생되면 압력용기와 클로우저 사이에 틈새가 발생되는데, 이때 메인씰이 그 틈새로 밀리게 되어 찢김 현상이 발생된다. 이것을 방지하기 위해 메인씰 압쪽 또는 뒤쪽에 백업링을 설치하여 메인씰의 변형 및 밀림현상을 막아 간접적으로 압력용기 밀폐를 담당하는 핵심 구성품이다.
- 하지만 최근 초고압 살균처리 및 세라믹 2차소결 그리고 차세대 배터리 제조기술인 전고체전지 셀 제조 시 고밀도 치밀화공정에 사용되는 정수압 프레스의 초고압 용기 사용압력은 500MPa 이상으로 백업링 소재가 갖고 있는 강도 물성치인 항복강도를 훨씬 뛰어넘어 장비의 연속사용 시 백업링 소재가 버티질 못하고 파손되어 압력용기의 기밀성 및 내구성이 떨어져 생산 비용적인 부분과 장비의 안전성에 큰 문제가 발생이 되었다.
- 따라서 이러한 문제점을 해결하고자 본 연구를 통해 백업링 소재에 대한 적절한 선택과 초고압 처리 시 압력용기 내부에서 백업링이 받는 전방향의 응력을 분석하여 기밀성 및 내구성이 향상된 초고압 반응용기의 백업링 설계 기법을 제안하고자 한다.

정수압프레스 및 초고압 압력용기 내부구조



클로우저 구성요소 및 백업링 형상



백업링 및 메인씰 제작사진



클로우저 조립체

백업링 및 메인씰

기존 백업링 문제점



백업링 파단 사진

2. Theoretical Modeling(ASME SEC VIII) & Structural analysis

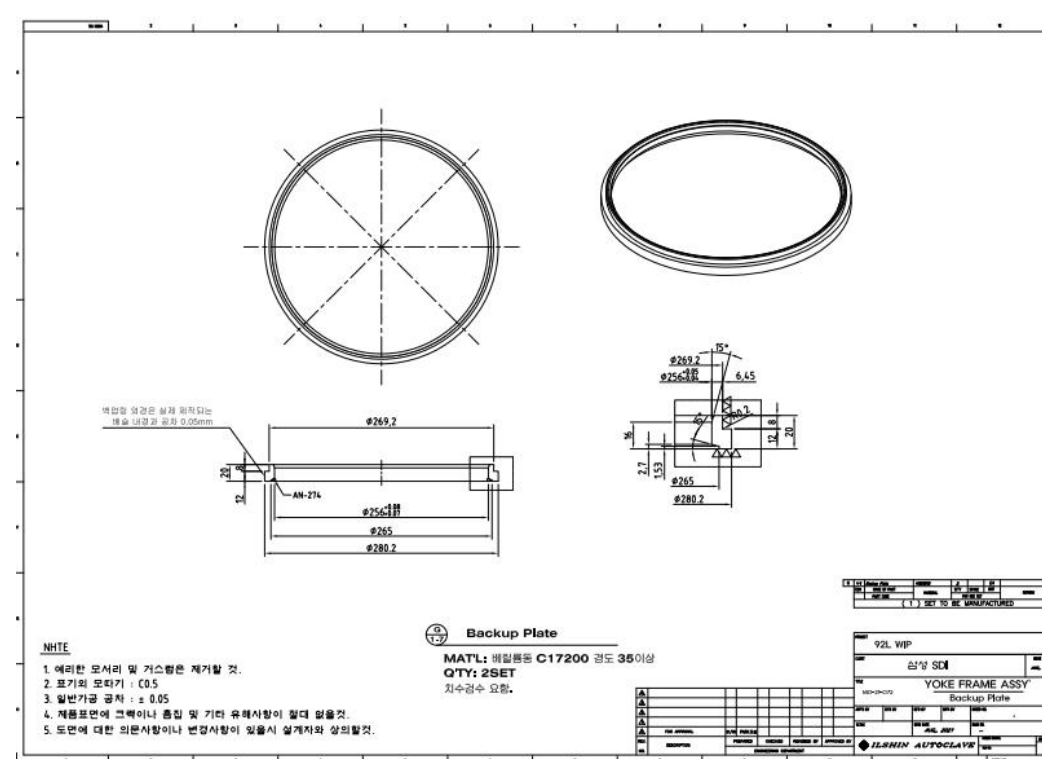
백업링 두께 강도설계 및 상세설계 도면

[외경기준]

$$t = \frac{D - 2C_0}{2} \left[1 - \exp\left(\frac{-1.155P}{S}\right) \right]$$

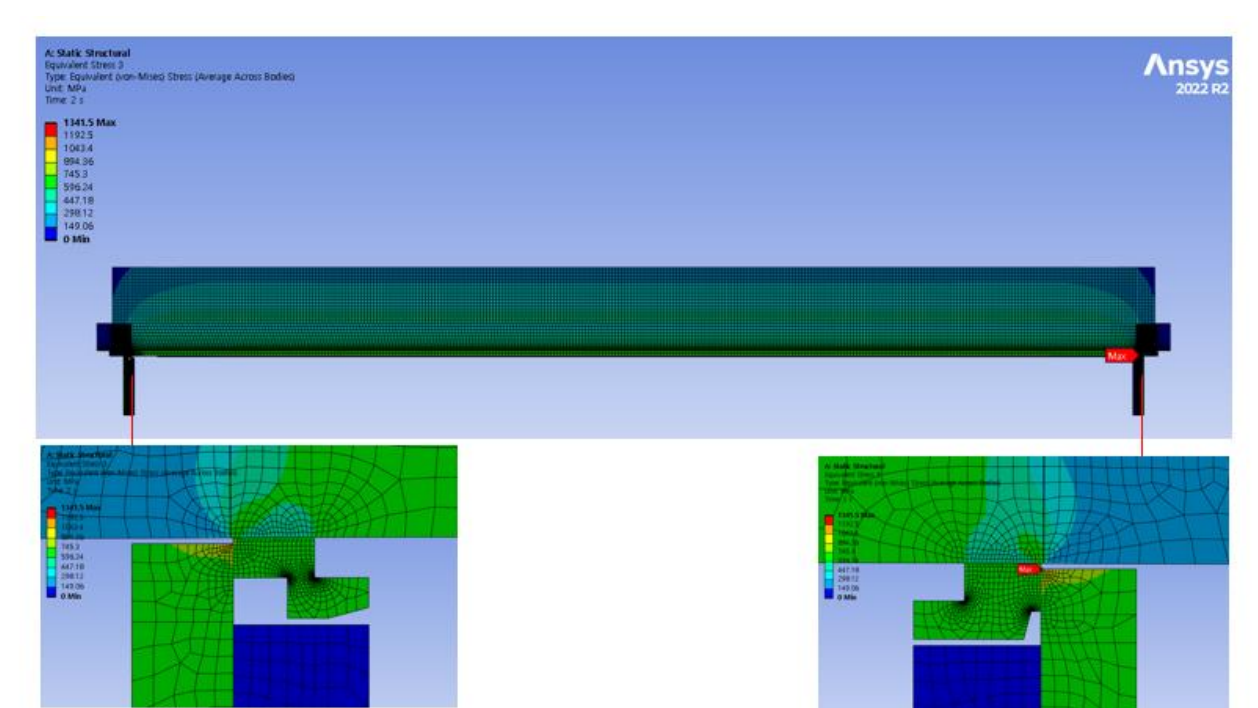
[내경기준]

$$t = \frac{d + 2C_I}{2} \left[\exp\left(\frac{-1.155P}{S}\right) + 1 \right]$$



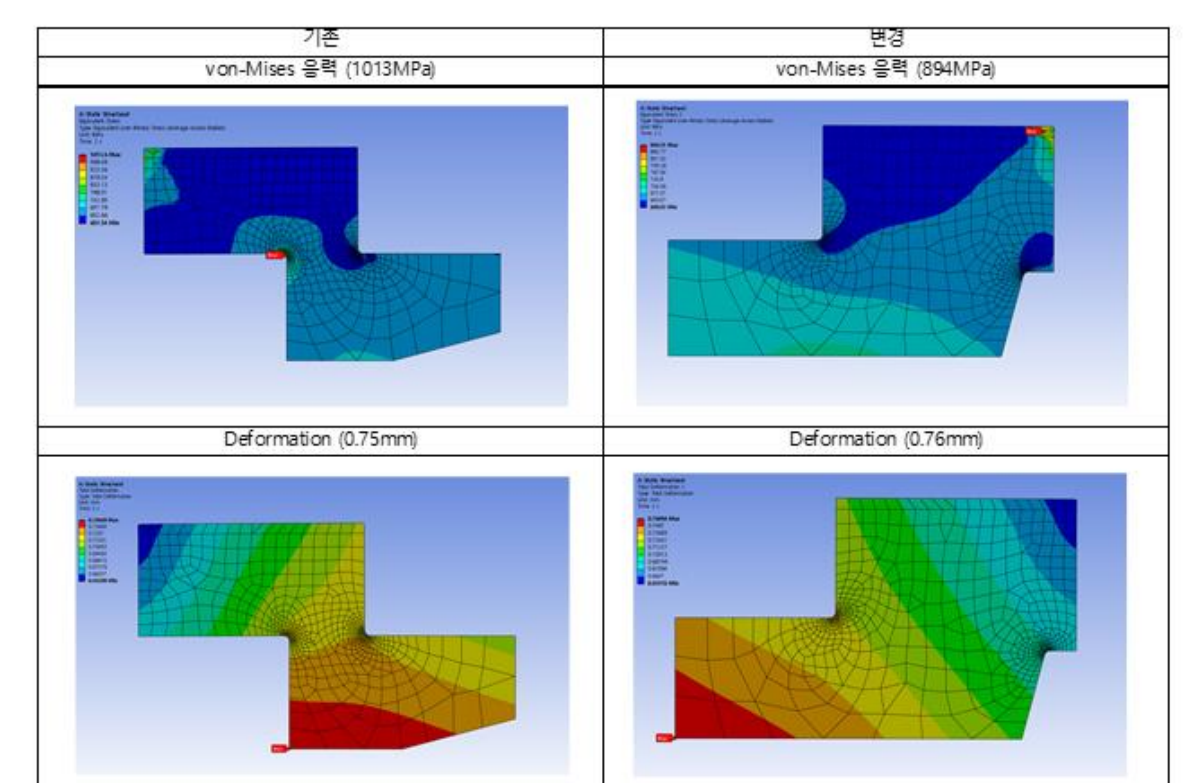
- t : 설계벽 두께
- D : 외경
- C_I : 내부 부식 및 침식 허용치
- S : ASME B31.3 K-1의 허용응력
- d : 내경
- C₀ : 외부 부식 및 침식 허용치
- P : 적용 내압

유한요소해석



기존 백업링

변경 백업링



응력분포 및 변위 결과값

3. Conclusion

- ❖ 500MPa이상의 압력을 사용하는 초고압용기내 백업링 설계에 있어 소재는 베릴륨동 그리고 내압에 견디기 위해 필요한 두께 및 길이를 계산한 결과 ASME 설계코드 기준 최소두께는 24mm 로 산출되었으며 상세설계에 이를 반영하였다.
- ❖ 또한 기존 백업링의 전단파괴 방지 및 내구성을 향상시키기 위해 유한요소해석을 통하여 응력이 집중되는 위치점을 변경하고 부분적으로 두께를 보강하여 백업링 형상에 대한 최적설계를 진행하였다.