

FEA를 이용한 FCC Unit(Spent Catalyst Stripper) 응력 해석 Stress Analysis in the FCC Unit (Reactor Riser) using the FEA

*#홍동표¹, 이일택¹, 정태균¹, 김호종¹, 박찬곤¹

*#D. P. Hong(hongdp@jbnu.ac.kr), I. T. Lee¹, T. G. Jung¹, H. J. Kim¹, C. G. Park¹

¹진북대학교 기계시스템공학

Key words : FCC Unit, ASME Code, FEA, Thickness, Equivalent Stress

1. 서론

최근 원유가격의 인상에 따라 활용이 빠른 재생 에너지 분야의 관심도 많아지고 있다. 이에 부가가치가 낮은 벙커C유를 정제하여 부가가치가 높은 휘발유로 만드는 시설인 FCC Unit(Fluid Catalytic Cracking Unit)의 관심이 높아지고 있다. 이러한 FCC Unit은 고온, 고압의 혹독한 작동환경에 노출되어 있으나 안정성 해석에 대한 연구는 매우 미흡한 상태이다. 이에 본 연구에서는 FCC Unit의 실제 구동조건하에 ASME Code를 기준으로 구조해석을 수행하고 안전성 여부를 분석해 보았다. 이러한 구조해석을 통하여 FCC Unit의 안전성 검토 및 미흡한 부위의 보강작업을 통하여 보다 안전한 FCC Reactor를 설계 할 수 있도록 하였다.

2. Spent Catalyst Stripper Part 구조해석 및 최적화

본 연구에서 구조해석은 FCC Unit 중 Reactor 부위를 수행하였으며, 세부적으로 Reactor에서 촉매 반응이 일어난 후 사용된 촉매와 변환된 오일을 분리해주는 Spent Catalyst Stripper 부분을 해석하였다. 해당 모델링의 중량은 약 54ton 정도이고, 약 10m의 높이를 가지고 있다.

해석을 수행하기 위한 경계조건은 상단부 실제 고정부위를 지지하고, 최상단부와 하단부는 실제 수직방향인 축방향으로 고정하였다. 내부에서 발생하는 정수압과 설계압력을 기준으로 최하단부의 압력을 0.602MPa을 적용하였으며 사전에 해석했던 Reactor의 무게를 대입하여 해석을 진행하였다. 해석결과를 바탕으로 설계조건의 안전성을 평가하기 위하여 다음과 같은 ASME Code Spec을 기준으로 판단하였다. 즉, Spent Catalyst Stripper는 설계 응력 강도 S를 이용하여 응력 허용치인 86.4MPa를 식 (1.1)이 이용하여 얻을 수 있다.

1) Primary + Membrane plus Bending

$$1.2 \times 1.5 \times S = 86.4MPa \quad (식1.1)$$

$$S : 48MPa$$

해석 결과인 44.102MPa의 응력이 발생됨을 알 수 있으며 ASME Code Spec 86.4MPa대비 약 50%의 결과 값을 가진다. 이는 해당 부위가 과도 설계가 되었음을 의미하며, 이 부분에서 최적화 수행을 통한 무게 저감이 가능 할 것으로 판단된다.



Fig.1 Spent Catalyst Stripper Part of Analysis

즉, Fig.1 부분이 기준응력대비 과도한 두께가 적용 되었으며 최적화 설계 작업을 통하여 과도설계된 두께를 저감 할 필요가 있다. 현재 모델링의 중량은 약 54ton 정도이며, 최적화에 앞서 Fig.1은 윗 부분은 반응기인 Reactor와 Reactor Nozzle의 사이에 위치하고, 중간부분에 외부 구조물에 의해 고정되는 부위가 있기 때문에 상부에 Reactor의 중량을 대입하고, 하부에는 Reactor Nozzle에 적용한 압력을 사용하였다. 다음과 같은 Fig.2는 Spent Catalyst Stripper의 해석한 결과를 보여주고 있다.

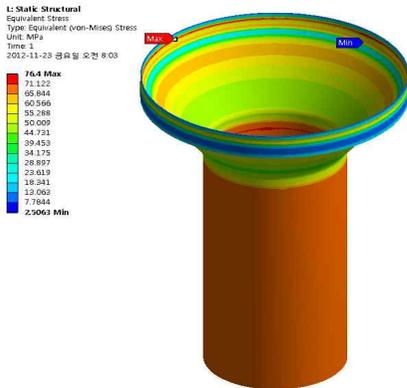


Fig.2 Spent Catalyst Stripper of Analysis Result

기준이 되는 상단부의 두께는 64.2mm이고 하단부의 원통부분의 두께는 35mm이다. 두 부분의 두께 변화를 통하여 무게 저감을 실시하고 이에 대한 응력 변화 결과는 다음 Table.1 및 Fig.3과 같다

Table.1 Equivalent Stress by the Thickness change

	Normal	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Upper Thickness (mm)	64.2	48	48	40	35	30
Lower Thickness (mm)	35	30	25	25	20	15
Mass (kg)	53,780	43,944	40,618	36,580	30,753	24,949
Mass Ratio	100%	82%	76%	68%	57%	46%
Equivalent Stress (MPa)	44.102	46.227	46.1	58.168	65.433	76.4

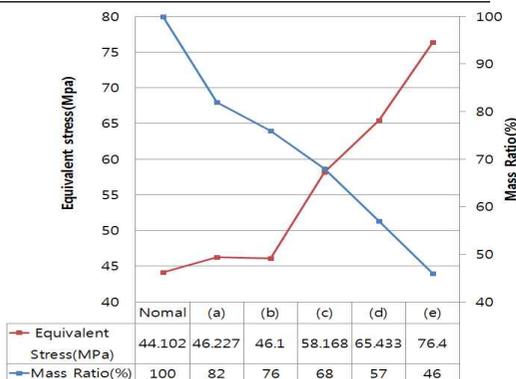


Fig.3 Stress and Mass Ratio Graph

4. 결론 및 고찰

FCC Unit 중 Reactor 부분에서 반응이 일어난 폐 촉매와 생성된 오일을 분리해주는 Spent Catalyst Stripper Parts는 구조해석결과 과도한 설계로 인하여 설계 기준인 ASME Code Spec 대비 낮은 응력 분포를 보였다. 이에 대하여 본 연구에서는 두께 감소를 통하여 최적 두께를 제시하였으며 이에 최적화를 통하여 상단부의 두께를 55%감소, 하단부 두께 57% 감소를 통해 본체 대비 무게를 54% 저감하였고 Equivalent Stress 가 76.4MPa 로 허용 응력치를 만족한다.

따라서 본 구조해석을 통한 안전성 검토결과를 실제 FCC Unit 설비에 적용 시 두께 저감으로 인한 원가절감 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 전체 FCC Unit에 관하여 추가적인 구조해석 시 보다 최적화 된 설비로 재설계 가능할 것으로 판단된다.

후기

본 결과물은 지방기술혁신사업 (과제번호 B0009719)에 의한 연구결과입니다.

참고문헌

1. 글로벌 에너지 협력센터의 국제에너지자원동향 특집보고서 ‘2010 세계 신재생 현황 보고서’<http://energy.mofat.go.kr>
2. Yaoshun Wen, Gang Wang, Chunming Xu, Jinsen Gao, “Study on in Situ Sulfur Removal from Gasoline in Fluid Catalytic Cracking Process“, Energy Fuels, 2012, 26 (6), pp 3201-3211
3. Inge L.C. Buurmans, Fouad Soulimani, Javier Ruiz-Martinez, Hendrik E. van der Bij, Bert M. Weckhuysen, “Structure and acidity of individual Fluid Catalytic Cracking catalyst particles studied by synchrotron-based infrared micro-spectroscopy”, Microporous and Mesoporous Materials Volume 166, 15 January 2013, Pages 86-92.
4. 2010 ASME Boiler and Pressure Vessel Code AN INTERNATIONAL Code VIII Division 2 Alternative Rules ‘Rules for Construction of Pressure Vessels
5. 2010 ASME Boiler & Pressure Vessel Code 2010 Edition II Part-A Ferrous Material Specifications (Beginning to SA-450) MATERIALS