

장형 튜브 정밀성형을 위한 벤딩공법에 관한 유한요소해석

Press Bending for Thick Tube Using FE simulation

*강재영¹, #김동환², 김영환², 이선봉³, 김병민⁴

*J. Y. Kang¹, #D. H. Kim(dhkim@iuk.ac.kr)², S.B.Lee², B.M.Kim³

¹한국국제대학교 일반대학원, ²한국국제대학교 기계자동차공학과, ³계명대학교 기계·자동차공학부, ⁴부산대학교 기계공학부

Key words : Thick tube, Press bending, FE simulation, Press knife

1. 서론

후속강관(Thick pipe)을 제조하는 방식은 3~4개의 롤(Roll)을 이용한 롤 벤딩(Roll bending)공정과 상부 프레스를 이용한 성형방식(Press bending)이 있다. 프레스 벤딩공법은 상부 금형을 Forming Press Knife이라고 한다. 일반적으로 벤딩 소재의 두께가 얇고 외경이 클수록 롤 벤딩공법을 채택하고, 반대로 두께가 두껍고 관의 외경이 적을수록 프레스 벤딩방식을 이용한다. 그러나 장비의 사양과 소재의 두께와 폭을 고려하여 복잡한 성형방법을 채택하기도 한다.

본 연구에서는 프레스 벤딩공법을 이용한 후속강관의 튜브성형공정에 관하여 연구를 수행하였다. 대상품은 LNG운반선이나 부유식 에너지 생산 및 저장설비(FPSO ; Floating Production Storage & Off-loading) 등 원유, 가스 등의 에너지원을 채굴, 저장, 이송하는 가스압축기 및 발전기 장비의 Baseplate용 7mm 토크 튜브(Torque tube)다(Fig. 1).

기존의 7mm 토크 튜브의 성형방식의 제조 장비 및 성형조건 등의 제약으로 인해 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 3개의 판재를 벤딩하여 3번의 용접공정으로 성형하였다. 본 연구에서는 프레스 벤딩공법으로 7mm 장형 튜브를 한 번의 벤딩공정으로 성형하고, 이때에 발생하는 문제점에 대하여 살펴보고자 한다. 본 연구에서는 상용 유한요소해석 코드인 DEFORM을 이용하여 해석을 수행하였다.

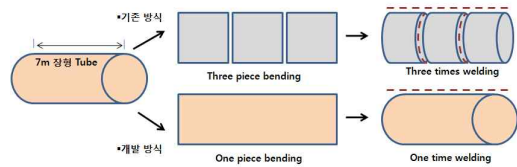


Fig. 2 Schematic drawing for bending process



Fig. 3 Press bending process for tube forming

2. 프레스 벤딩공정의 성형해석

본 연구에서는 상용유한요소 코드인 DEFORM을 이용하여 프레스 벤딩공정에 대한 성형해석을 수행하였다. 소재의 초기 치수는 Fig. 4와 같다. 소재 재질은 KS D 3503이며, 소재 폭은 7,000mm, 소재 길이는 벤딩성형시 연성된 길이를 고려한 2315.354mm 로 결정하였다.



Fig. 1 Baseplate for gas turbine generator package

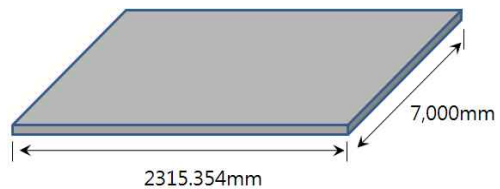


Fig. 4 Stress-strain curve for SUS 304

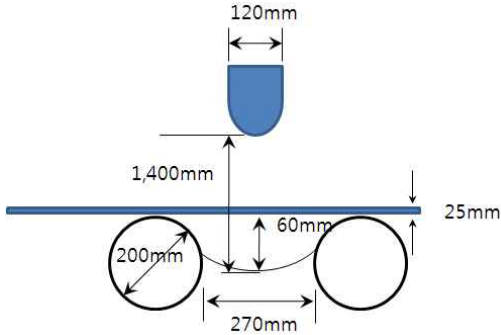


Fig. 5 Forming condition for press bending

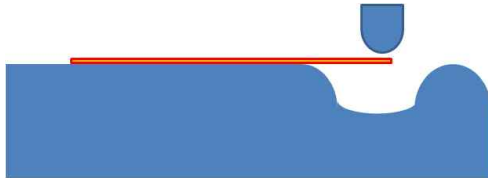


Fig. 6 FE simulation for press bending

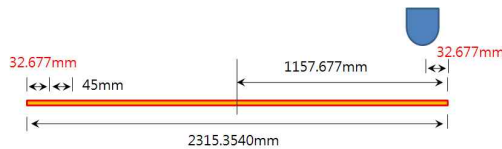


Fig. 7 Feeding for material in bending process

Fig. 5에는 성형조건을 나타내었다. 소재 두께는 25mm이며, Press Knife의 두께는 120mm 그리고 하부 다이(die) 역할을 하는 롤의 직경은 200mm이다. 이러한 조건을 고려하여 해석조건을 설정하였다(Fig. 6). 소재는 45mm 간격으로 마킹되었으며, 이에 52회의 벤딩공정이 수행된다. 현장의 벤딩공정을 Fig. 8에 나타내었다.

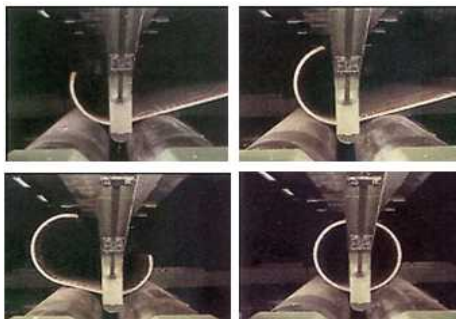
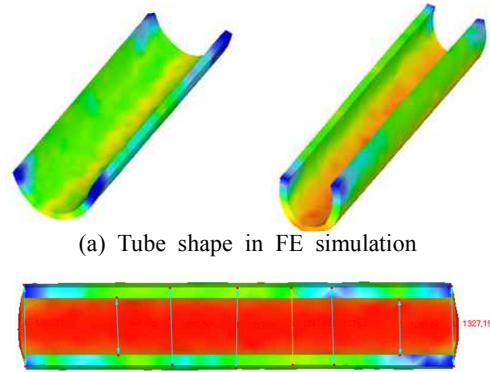


Fig. 8 Press bending process



(a) Tube shape in FE simulation
 (b) Wide measurement after press knife bending
 Fig. 9 Results of FE simulation

프레스 벤딩공정에 대한 성형해석을 수행하여 그 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 해석 결과의 튜브 형상과 실제 시험형상의 비교에서 벤딩 엣지(Edge) 부 형상의 차이가 크음을 알 수 있었다. 이것은 엣지부의 성형이 벤딩의 원형에 큰 영향을 준다는 것을 확인할 수 있었으며, 이 부위의 정밀성형 및 제어가 필요함을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 25mm 두께, 폭 7mm 장형 튜브 프레스 벤딩공정에 대한 성형성과 성형거동을 평가하기 위하여 유한요소해석을 수행하였고, 현장의 시험결과와 비교하였다. 그 결과 엣지부의 벤딩이 튜브의 원형 정밀형상 결정에 매우 큰 영향을 주며, 이를 위한 초기 벤딩성형 깊이, 소재의 이송길이 중요한 공정변수가 된다는 것을 알 수 있었다. 향후 정밀 튜브 성형을 위한 소재 두께 및 폭에 따른 최적화 연구가 수행되어야 할 것이다.

후기

본 연구는 2010년도 중소기업청의 “중소기업기술혁신개발사업”의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 엄상호, 김성욱, 김중현, 이창희, 김광수, “API X70 후육강관 SAW용접부 미세조직 및 인성 거동에 대한 연구,” 대한용접학회지, 23, 2호, pp. 172~180, 2005