

스테인리스 스틸 파이프의 벌징 공정 연구

Press Bulging Processes for Stainless Steel Pipe

*송용서¹, #박영철¹, 백승집¹, 박준홍², 김예호³, 김예길³, 윤두표³,

*Y. S. Song¹, #Y. C. Park(parkyc67@dau.ac.kr)¹, S. G. Beak³, J. H. Park³, T. H. Kim³, T. G. Kim³, D. P. Yoon³
¹ 동아대학교 기계공학과, ² 동아대 고기능성밸브 RIC 센터, ³ ㈜대진유압

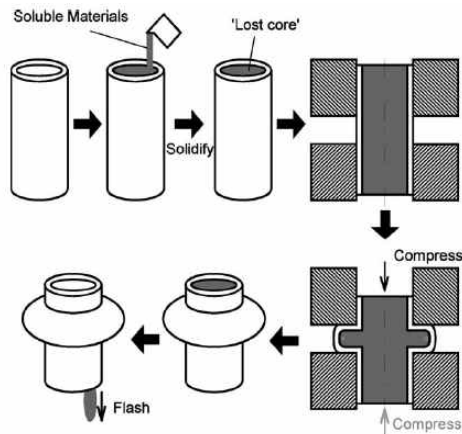
Key words : Press Bulging, Bulging Process, Stainless steel pipe, FEM, FORGE

1. 서론

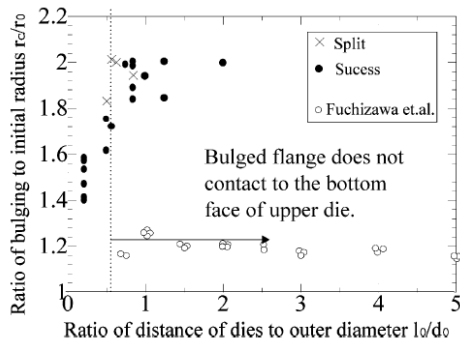
파이프의 측방 성형을 위한 기술로는 벌징(Bulging), 하이드로-포밍(Hydro-forming) 등의 기술이 있다. 여기서 벌징은 원통형 부품의 내부에 고무 또는 유체를 이용하여 직경을 확장시키는 가공법을 말하며, 하이드로-포밍기술은 복잡한 형상의 자동차 부품 등을 만들 때 여러 형태의 프레스로 각각 가공한 후 용접하지 않고 강판을 튜브 형태로 만들어 튜브 안으로 유체를 강한 압력으로 주어 가공하는 방법을 말한다.

하지만 위와 같은 벌징이나 하이드로-포밍 공정은 고가의 장비 및 많은 성형 비용을 동반하게 된다. 본 연구에서는 직경 방향으로 특정 형상을 가진 제품의 가공에서 금형의 하중 및 충진을 및 금형 응력을 FEM 을 통하여 연구하였다.

T. Ohashi 등¹은 저융점 소재를 파이프 내부에 충진하여 알루미늄 등과 같은 비철 파이프의 측방 압출에 대하여 연구하였다. Fig. 1 은 정수압 압력을 이용한 벌징 공정에 대하여 나타내고 있다. 여기서, T. Ohashi 등은 내부의 충진 소재를 적용하여 대변형의 벌징 공정을 수행하였다.



(a) Schematic drawing of LELC processes



(b) Forming limit of LELC process

Fig. 1 New type bulging of LELC process

하지만 위의 공정의 경우 공정이 복잡해지고, 내부 충

진재를 사용해야 하는 단점이 있으며, 벌징 외형의 형상을 성형할 수 없다는 단점이 있다.

N. Akkus 등²은 Ti alloy 파이프에 대하여 초소성 버징의 유한요소해석에 관한 연구를 수행하여 변형률 속도가 파이프 두께에 미치는 영향 등에 관한 결과를 얻을 수 있었다.

또한 S. J. Yuan 등³은 파이프 엘보우 제품의 하이드로-포밍 성형 공정에 대한 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 하이드로-포밍이나 벌징 공정과 같이 내부 충진재를 사용하지 않고 프레스 포밍 공정을 적용하여 용이하게 벌징 공정과 동일한 결과를 얻을 수 있는 프레스 벌징 공정에 대하여 연구를 수행하였고, 특정 형상을 가진 제품에 대하여 금형의 형상 변수가 제품의 충진 및 성형성에 미치는 영향을 파악하였다.

2. 성형 공정 해석

2.1 성형 해석 조건

스테인리스 스틸 파이프의 벌징 공정의 해석에는 상용 유한요소해석 프로그램인 FORGE 를 이용하였고 해석 모델은 Fig 2 와 같고 해석 조건은 Table 1 과 같다.

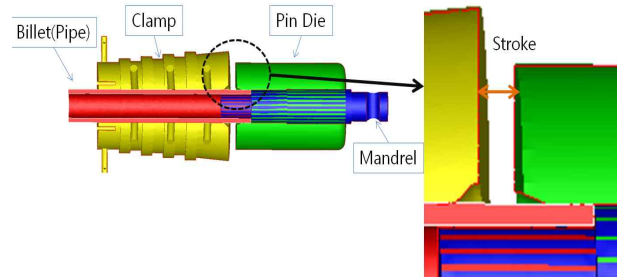


Fig. 2 Modeling of press bulging processes

Table 1 Analysis condition of press bulging processes

Condition	
Pin die velocity	1mm/sec
Pin die friction	0.3
Clamp friction	Bilateral-sticking
Mandrel friction	Sliding
Billet-Mandrel clearance	1/100 * Pipe thickness

2.2 금형 stroke 에 따른 성형성

Pin die 스트로크는 제품의 충진에 밀접한 영향을 미치는데, 스트로크가 작으면 파이프 외형의 형상을 만족할 수 없고, 스트로크가 크면 파이프 소재가 풀딩현상을 일으키므로 파이프 두께에 따른 정확한 스트로크가 요구된다. Fig 3 은 다양한 Pin die 스트로크에 따라 해석을 수행하였다.

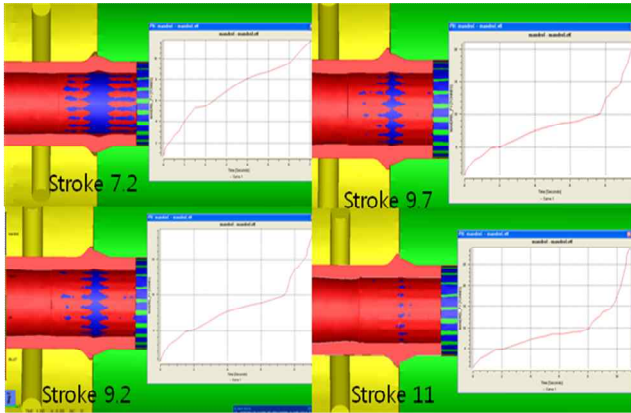


Fig. 3 Deformation behavior according to pin die stroke

3. 금형 응력해석

위의 스트로크 별 성형성 해석에서 제품의 충진율이 가장 양호한 결과를 보인 스트로크 9.7mm의 해석결과를 이용하여 Pin die, Clamp, Mandrel을 포함한 전체 금형의 응력 해석을 수행하였다. Fig 4는 전체 금형의 형상을 보여주며, 금형의 물성으로 Pin die, Clamp, Mandrel은 SKD11을 사용하였고 그 외 다른 부위는 S45C의 물성을 적용하여 해석을 수행하였다.

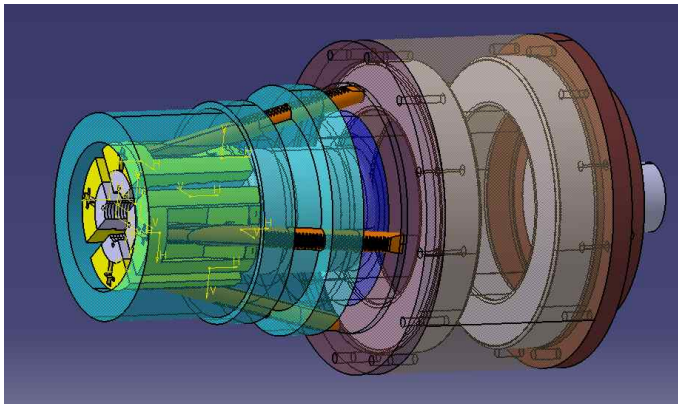


Fig. 4 Shape of the die

제품의 최종형상이 성형되는 스텝의 해석 결과를 금형 응력 해석에 적용하여 해석을 수행하였고 Fig 5는 그 결과를 보여준다.

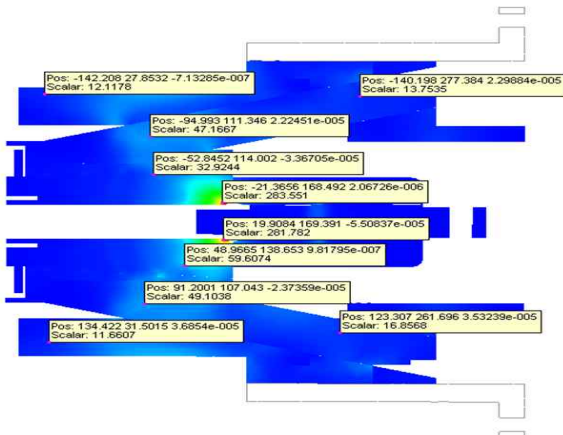


Fig. 5 Result of die stress

해석 결과 최대 응력은 328.751MPa로서 Clamp 금형에서 발생하였다.

4. 결론

본 논문에서는 스테인리스 파이프의 프레스 벌징 공정에 대한 연구를 수행하였으며, 스트로크에 의한 성형성을 파악하고 최적의 값을 제시하였다. 또한 금형 응력해석을 통해 벌징 가공이 금형에 끼치는 영향을 파악하였으며, 그 결론은 다음과 같다.

1) 스테인리스 파이프의 프레스 벌징 공정에서 스트로크가 증가할수록 충진도는 향상 되지만, 한계를 넘게 되면 소재변형이 die 사이까지 도달할 뿐 아니라 성형 하중의 급격한 증가를 초래하므로 타입에 따른 적절한 스트로크의 결정이 요구된다.

2) 충진도와 스트로크는 밀접한 관계가 있으며, 해석을 통해 5t 파이프의 최적 스트로크는 9.7mm로 파악했으며, 이 때의 성형 하중은 20.958 톤이다.

3) 성형해석의 결과를 이용한 금형 응력해석을 수행하여 프레스 벌징 공정 시 금형에 발생하는 영향을 파악할 수 있다.

후기

본 연구는 지식경제부 기술혁신사업 우수제조기술연구센터(ATC) 사업의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. T. Ohashi, and K. Hayashi, "Lateral Extrusion of A6063 Aluminum Alloy Pipes", Journal of Materials Processing Technology, Vol.138, pp.560-563, 2003
2. N. Akkus, K. Manabe, M. Kawahara, and H. Nishimura, "A Finite-element Model for the Superplastic Bulging Deformation of Ti-alloy pipe", Journal of Materials Processing Technology, Vol.68, pp.215-220, 1997
3. S.J. Yuan, Z. Xu, Z.R. Wang, and W. Hai, "The Integrally Hydro-forming Process of Pipe Elbows", International Journal of Pressure Vessels and Piping, Vol.75, pp.7-9, 1998
4. S. Yuan, Z. R. Wang and Q. He "Finite element analysis of hydro-forming process of a toroidal shell", International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 39, pp 1439-1450, 1999
5. S. H. Teoh, and E. H. Ong, "Tensile and pressure rupture behaviour of flow-formed high density polyethylene pipes", Polymer, Volume 36, pp 101-107, 1995
6. R. Velasco and N. Boudeau, "Tube bulging test: Theoretical analysis and numerical validation", Journal of Materials Processing Technology, Volume 205, pp 51-59, 2008