

Knife Press Forming 공정의 후육관 성형성 예측

박중원¹, 노학근¹, 구태완², 강범수[#]

Estimation on Formability of Knife Press Forming Process for the Thick Pipes

J. W. Park, H. G. Noh, T. W. Ku, B. S. Kang

Abstract

Roll bending process has been used for manufacturing the pipes. However, it is not suitable process for the thick pipes. Knife press forming is acceptable process for the thick pipes. Recently, the knife press forming process using brake bending press have been performed. In this study, the estimation on formability of knife press forming process for the thick pipes is carried out. From the results, it is ensured that the thick pipes could be obtained by the knife press forming process.

Key Words : Thick Pipe (후육관), Thick Pipe Forming Process (후육 강관 성형 공정), Brake Bending Press, Knife Press Forming, Finite Element Analysis (유한 요소 해석)

1. 서 론

강관(pipe)은 그 용도가 다양하고 규격이 세부적으로 제정되어 있어 사용이 편리하다. 따라서 산업 발전과 더불어 그 수요가 대폭적으로 증가하고 있다. 그리고 가공이 쉽고 가격이 저렴하며 시공성이 양호하고 강도가 높을 뿐 아니라 2차 가공을 통해 내구성·내부식성을 향상시킬 수 있는 등 경제적 측면에서 유리한 장점이 많아 여러 분야에서 이용되고 있다. 그 중에서 후육관(thick pipe)은 해양·산업 플랜트, 대형 송유관 및 송수관, 배관 등에 사용되며, 세계적으로 플랜트 설비의 대형화 및 해양, 유전과 같은 기간 산업에서의 후육관 수요가 증가하고 있다. 더불어 커지고 있는 시장성으로 인해 국가적 전략산업으로 육성하고 있는 중이다.

기존의 후육관 제조에는 Fig. 1과 같이 3~4개의 밴딩 롤러(bending roller)를 위, 아래로 배치하여

롤러 사이의 틈으로 강판(steel plate)을 넣고 원하는 곡면을 가공하는 롤 밴딩 공정이 이용되고 있다 [1~3]. 그러나 롤 밴딩 공정은 생산성과 비용에 있어서 후육 강관 성형 공정(thick pipe forming process)에 적합하지 않다. 이러한 단점을 보완하기 위한 성형 공정으로서, Knife Press Forming에 관한 연구가 이루어지고 있다 [4~5].

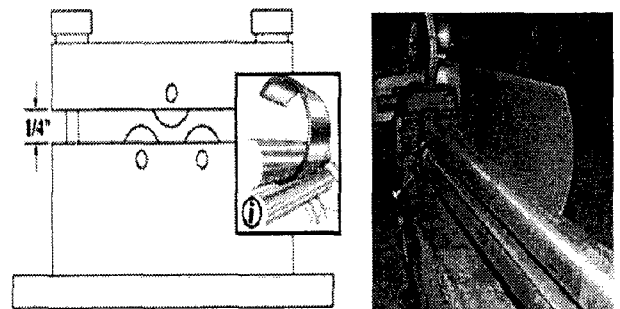


Fig. 1 Roll bending process for thick pipe forming

1. 부산대학교 항공우주공학과 대학원
2. 부산대학교 항공우주공학과
교신저자: 부산대학교 항공우주공학과,
E-mail:bskang@pusan.ac.kr

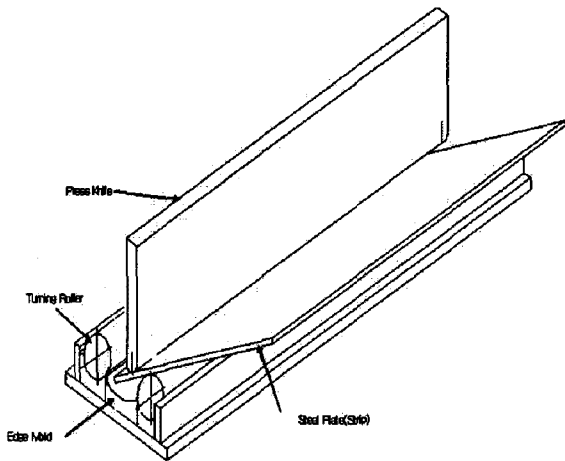


Fig. 2 Conceptual design of press knife forming

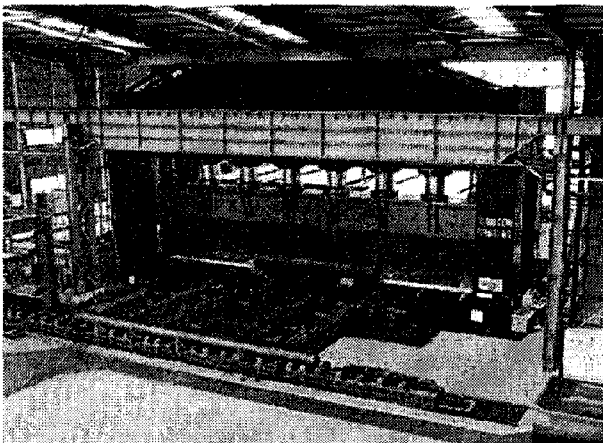


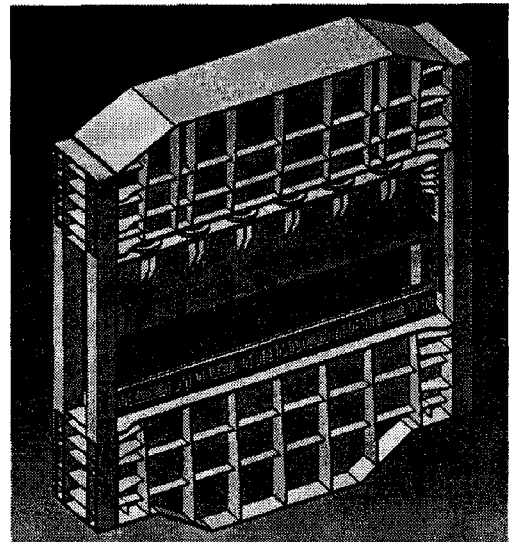
Fig. 3 Brake Bending Press for thick pipe forming

나이프 프레스(Knife Press) 성형 공정에 대한 개념도를 Fig. 2에 나타내었다. Knife Press 성형 공정 시스템은 Knife Press, 거리 조절이 가능한 두 개의 롤러(roller), 다이(die)로 구성이 되며, 두 롤러 사이의 거리와 Knife Press 이송(stroke) 거리에 따라 여러 종류의 후육관을 생산 할 수 있다. 그러나 Brake Press를 이용한 Knife Press 성형 공정에 대한 체계적인 연구가 이루어지지 않았다.

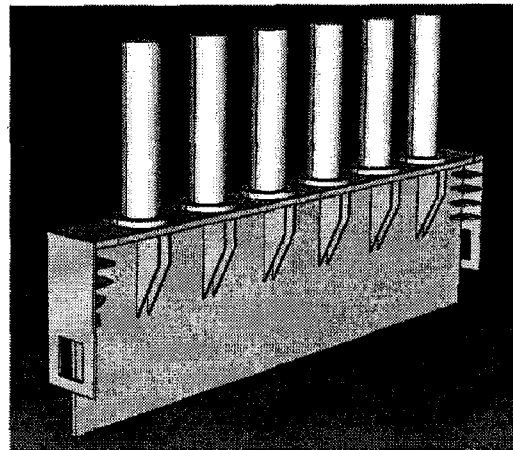
후육관 성형 공정 연구에 의해 Knife Press를 이용한 Brake Bending Press가 Fig. 3과 같이 개발 되었다. 상부 프레스에 의해서 구동되는 Knife Press를 소재에 접촉시킨 후 Knife Press의 하향 이송에 의해 후판 소재를 변형시키고, 이후 변형 된 후판 소재를 다시 수평 이송시킨 후 반복적으로 성형

공정을 실시하게 된다. 국내에서 Brake Press는 잘 쓰이지 않으며 최근에 이르러 그 연구가 이루어지고 있다. Brake Press의 경우 세장비가 크므로 설계에 있어서 구조 건전성 평가가 이루어져야 한다. 앞선 연구에서 Brake Bending Press에 관한 구조 건전성 평가를 실시하였으며, 구조적 안전성을 확보하였다 [6~8].

본 연구에서는 6,200 Ton Brake Bending Press를 이용한 Knife Press 성형 공정에 대한 유한요소해석(finite element analysis)을 수행하였다.



(a) Assembly model



(b) Part of knife press

Fig. 4 6,200 Ton brake bending press model

2. 해석 모델 및 방법

2.1 유한요소 모델링

본 연구에서 고려한 6,200 Ton Brake Bending Press는 전체적으로 높이가 약 15m, 너비 약 14mm, 폭 약 2.8m의 크기로 설계되었으며, 이를 Fig. 4에 나타내었다. 앞선 연구에서는 Brake Bending Press 자체에 최대 하중인 6,200 Ton의 하중을 주어 구조 건전성에 대한 평가를 실시하였다. 그 다음 판재 성형 시 최대 하중을 주었을 경우에 대해서도 구조 건전성에 관한 평가를 실시하였으며, 실제 사용에 있어서 큰 문제가 없을 것이라는 판단을 하였다 [6~8].

본 연구에서는 Brake Bending Press를 이용한 후육관 성형공정의 성형성 예측을 실시하였다. 해석상의 편의를 위해 Fig. 5와 같이 Knife Press, 롤러, 다이, 후판을 이용한 2차원 모델을 사용하였다. Table 1과 같이 두 개의 경우로 나누어 성형 해석을 수행하였으며, 그에 따른 후육관의 직경을 예측하였다. 초기 후판은 API 5L X65 PSL1 소재를 사용하였으며 길이는 12m로 가정하였다. 두 경우 모두 Knife Press의 이송 길이는 30mm로 하였으며, 펀칭 간격(punching interval)은 두께의 1.5배 간격으로 설정하였다. ABAQUS/CAE 프로그램 Dynamic, Explicit 모드를 이용하여 유한요소 모델 해석을 실시하였다.

Table 1 Analysis case

	Thickness of initial blank	Distance of two rollers
Case 1	28mm	155mm
Case 2	50mm	165mm

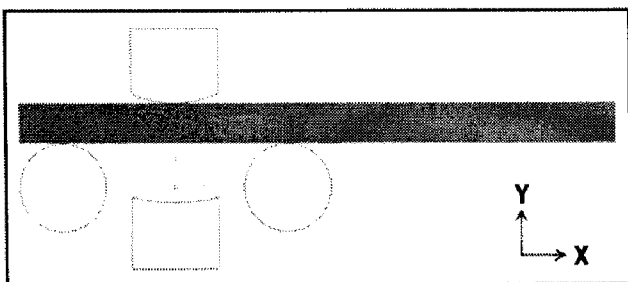
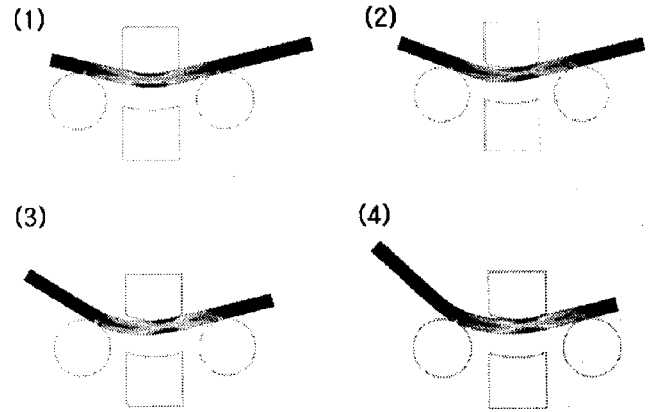
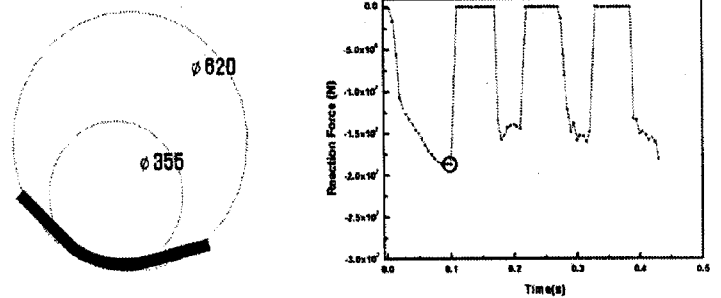


Fig. 5 2D modeling of knife press forming

3. 해석 결과

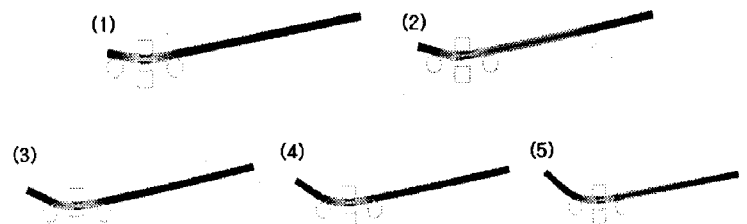


(a) Forming analysis in case 1

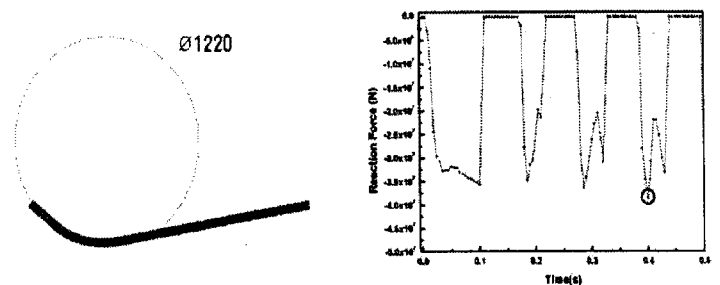


(b) External diameter and reaction force in case 1

Fig. 6 Analyzed results of knife press forming process by finite element analysis in case 1



(a) Forming analysis in case 2



(b) External diameter and reaction force in case 2

Fig. 7 Analyzed results of knife press forming process by finite element analysis in case 2

3.1 Case 1

4번의 반복 성형을 수행하였으며, 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다. Case 1의 경우 직경 355mm의 후육관을 성형 할 수 있을 것으로 예측되며, Knife Press 편치 이송 길이나 두 롤러 사이의 길이를 조절하여 620mm의 후육관 역시 성형할 수 있을 것으로 예측된다. Knife Press의 최대 반력 (maximum reaction force)은 1,870 Ton을 나타내었다.

3.2 Case 2

5번의 반복 성형을 수행하였으며, 그 결과를 Fig. 7에 나타내었다. Case 2의 경우 직경 1,220mm의 후육관을 성형 할 수 있을 것으로 예측되며, Knife Press의 최대 반력은 3,800 Ton을 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 Brake Bending Press를 이용한 후육관 성형공정의 성형성 예측을 실시하였다. Knife Press 성형 공정을 이용하여 후육관 성형 가능성을 확인하였으며, 그 때 필요한 최대 하중도 예측하였다. 실제로 Press 장비는 최대 하중의 70~80%의 하중으로 성형을 한다. 본 연구에서 예측 한 최대 하중 값으로 미루어 볼 때, 후육관 성형 시 Brake Bending Press 장비 사용에 크게 문제가 없을 것으로 판단된다.

이번 연구 결과를 바탕으로 Brake Bending Press를 이용한 후육관 성형에 대한 체계적인 연구가 요구된다. Press Knife의 이송 길이, 롤러 사이의 거리, 후관의 두께 등에 따른 후육관 성형성 평가 및 후육관 진원도 예측 등을 수행해야 할 것이다. 그리고 이를 바탕으로 후육관 성형에 대한 Database 구축이 이루어져야 한다.

후 기

이 논문은 2008년도 과학기술부의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다

(No. R0A-2008-000-20017-0). 또한, 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업 (No. R15-2006-022-02002-0)의 부분적 지원에 의하여 수행되었으며 이에 관계자 여러분들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] M. Hua, K. Baines, I. M. Cole, 1999, Continuous four-roll plate bending: a production process for the manufacture of single seamed tubes of large and medium diameters, *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, Vol. 39, pp. 905~935.
- [2] M. Hua, Y. H. Lin, 1999, Large deflection analysis of elastoplastic plate in steady continuous four-roll bending process, *Int. J. Mech. Sci.*, Vol. 41, pp. 1461~1483.
- [3] Y. H. Lin, M. Hua, 2000, Influence of strain hardening on continuous plate roll-bending process, *Int. J. Non Linear Mech.*, Vol. 35, pp. 883~896.
- [4] P. G. Coelho, L. O. Faria, J. B. Cardoso, 2005, Structural analysis and optimization of press brake, *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, Vol. 35, pp. 1451~1460.
- [5] U. P. Singh, S. K. Maiti, P. P. Date, K. Narashimhan, 2004, Numerical simulation of the influence of air bending tool geometry on product quality, *J. Mater. Process. Technol.*, Vol. 145, pp. 269~275.
- [6] J. W. Park, H. M. Lee, S. M. Kim, T. W. Ku, B. S. Kang, 2008, A study on structural integrity of brake bending press, *Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Conf.*, pp. 190~193.
- [7] J. W. Park, H. M. Lee, T. W. Ku, J. Kim, B. S. Kang, 2008, Structural integrity evaluation of 10,000 ton brake bending press, *Trans. Kor. Soc. Mech. Eng. Conf.*, pp. 529~533.
- [8] J. W. Park, S. M. Kim, T. W. Ku, B. S. Kang, 2008, A study on structural integrity of large size brake bending press, *Trans. Kor. Soc. Precis. Eng. Conf.*, pp. 43~44.