

대형 튜브성형체의 노징 공법 연구

조창연¹· 박주성²· 이종익²· 정덕진[#]

Study on Nosing Method for Large Size Tube Formed Body

C. Y. CHO, Z. S. PARK, J. O. LEE, D. J. JEONG

Abstract

The plastic working process is a well-known molding method to produce products with good mechanical properties whilst reducing material loss and production time at the same time. Among those methods, the nosing process is commonly used for valves, tubes and ammunition which require high mechanical properties since it provides change in shape without additional mechanical process, minimum material loss during the post-process and superior properties.

However, high manufacturing cost and time are required for the large-size tubes due to the multi-step nosing processes. In addition, there are some potential risks due to the buckling and property variation caused by the nosing process, too.

Therefore, the shell nosing process is investigated and used in this study in order to resolve the problems described previously. Thus, we could obtain the process with lower cost and improved efficiency by means of the shell nosing process.

Key Words : Preform, Nosing processing, Tube, Process development.

1. 서 론

일반적으로 소성가공 공정은 소재의 손실과 생산시간을 최소화하면서 기계적 성질이 우수한 제품을 생산하는 성형방법으로 알려져 있다. 그 중 노징공법(Nosing Process)은 제작된 튜브의 내경과 외경을 기계가 공 없이 형상을 변화시켜 주는 공법이다. 노징공법을 적용한 제품은 기계적 성질이 우수할 뿐만 아니라 후가공이 소요되지 않기 때문에 가공비를 절감할 수 있고, 소재 손실을 최소화 할 수 있는 장점이 있기 때문에 높은 기계적 성질을 요구하는 각종 밸브나 튜브 그리고 탄약분야에 사용되는 공법이다.[1]

국내에서도 노징공법을 장점을 활용하여 Fig. 1과 같이 노즐, 파이프 커넥터 등의 제품 개발 및 생산에 노징 공법을 적용하여 제품을 생산하고 있으며 적용범위를 점차 넓히고 있다.

대형 튜브 성형체의 외경을 50% 이상 수축시키기 위해서는 기존의 노징공법으로 1회에 성형할 경우 높은 변형량으로 미성형 또는 파열, 표면 뜯김으로 인해 불량률이 높게 발생한 것으로 예측되었다. 따라서 불량률을 줄이고 생산 단가를 줄이기 위해 기존 노징공법을 대체 할 수 있는 새로운 공법을 개발 적용하였다. 기존에 사용되어온 프리폼 타입의(Preform Type) 노징공법은 튜브 성형체의 외경을 약50% 줄이기 위해서 4회 이상의 노징 작업의 반복 반복하였다. 이런 기존 노징공법을 외경 ø400mm 이상의 대형 튜브 성형체에 적용할 경우 여러 공정에 필요한 금형비와 제품 성형 기간 증가, 소요 장비의 대형화로 인해 제품 단가 및 제작기간의 상승을 수반하게 된다.

1. 주 풍산 기술연구소

2. 주 풍산 기술연구소

정덕진: 주 풍산 기술연구소, dj6330@poongsan.co.kr

따라서, 본 연구에서는 금형 제작비 절감, 제품 생산단가 절감, 원재료 절감 및 제작기간을 단축하기 위하여 새로운 노징공법을 개발하게 되었다. 새로운 노징공법은 켈노징방법(Collet Jaw type)[2~5]으로 기존 방법과는 다르게 하나의 금형을 이용하여 투입된 튜브 외경 대비 약 50%의 외경을 변형시키는 노징작업을 수행 하였으며 공정수를 줄임으로써 금형 제작비와 제품 생산단가를 획기적으로 줄일 수 있었다.

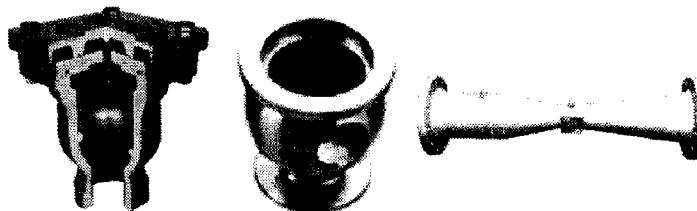


Fig. 1 Example of nosing process product

2. 본 론

2.1 켈노징(Shell nosing process)

본 연구에서는 Fig. 2 와 같이 외경400mm 이상인 고강도 대형 튜브 성형체의 입구부를 280mm이하로 성형하는 노징 작업 위해서 크게 2가지의 노징 공법에 대하여 비교 검토 하였다.

첫째로 기존 노징 공법으로는 일반적으로 적용하는 공법으로 Fig. 3 (a) 에서와 같이 예비성형체 가공 → 가열 → 노징 → 기계가공 공정을 반복적으로 4회 이상 수행하여 성형하는 프리폼타입(Preform type) 노징 공법과 두번째로 본 논문에서 제안하는 신 공법으로 Fig. 3 (b) 에서와 같이 가열 → 노징 → 기계 가공의 단 1회의 작업으로 노징 공정을 끝낼 수 있는 켈노징 공법을 검토하였다.

프리폼 타입의 노징공법은 공정이 단순하고 금형 역시 단순하게 제작할 수 있는 특징이 있지만, 노징 변형량이 제한 되어 있으므로 수차례의 반복 작업을 통해서 최종 형상을 얻을 수 있다. 또한 반복적인 소성 변형과 가열로 응력이 국부적, 집중적으로 가해짐으로 인한 최종 기계적 물성치의 저하 및 공정비용의 증가 등의 단점이 많이 발생되어 신공정인 켈노징법을 개발 하게 되었다.

셀노징법은 기존 프레스의 수직 방향의 힘을 수평 방향의 하중으로 전환하여 한번에 많은 양의 소재 변형을 가할 수 있는 장점을 이용한 공법이다.

이 공법을 적용하기 위해서 가장 중요한 기술이 바로 공구(Collet) 설계에 있다. 최적 공구 설계와 공구 각도가 프레스의 운동에너지를 소재의 변형에너지로 전환하여 원하는 치수로 변형이 가능한 공법이다. 만약 공구 각도가 크면 소재에 가해지는 힘은 커지나 변형량이 적고, 반대로 각도가 적으면 소재의 변형은 커지나 프레스 하중이 과도하게 커지는 원인이 된다.

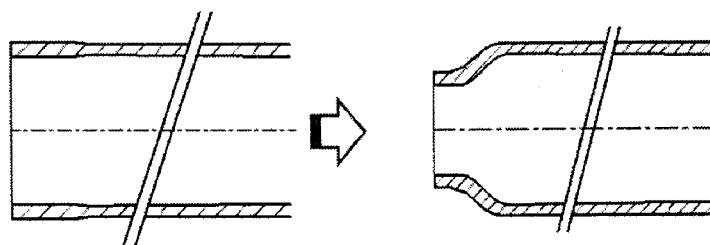
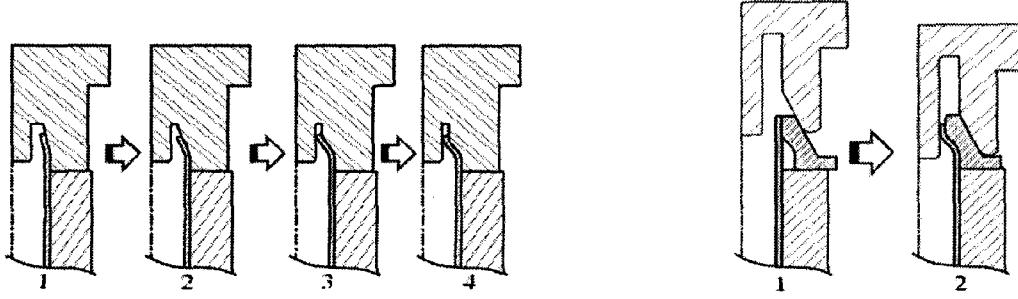


Fig. 2 Schematic of nosing process



(a) Prefom type nosing process

(b) Shell nosing (Jaw collet type) process

Fig. 3 Schematic of various nosing process

Table 1 Simulation conditions

Process type	Heating Temp	Mold Temp	Process cycle	Strain rate
Preform nosing	950°C	20°C	4	50%
Shell nosing	950°C	20°C	1	50%

2.2 FEM 해석

본 연구에서는 실제 공정에 적용하기 전 기존 프리폼 타입의 노징 공법과 셀 노징 공법에 대한 FEM 해석 검토를 수행 하였다. 해석 프로그램으로는 Deform 2D를 사용하였으며 해석 조건으로는 Table 1과 같이 튜브 외경이 ø400mm 이상인 대형 튜브 성형체를 외경 ø280mm 이하로 성형하도록 금형을 설계 해석 하였다. 가열 조건으로는 금형 온도 20°C, 소재 온도 950°C의 열간 단조 공정을 적용 하였다. 또한 프레스 속도는 25mm/sec로 지정하였으며 금형과 소재간의 마찰은 0.3으로 지정하였다. 금형과 소재간의 열 교환은 고려하지 않았으며 해석 시간의 단축을 위해 1/2 절단면에 대한 해석을 수행하였다.

Fig. 4 (b)와 같이 프리폼 타입의 노징 공법의 해석에서는 좌굴이 발생하는 문제를 피하기 위해서 여러 단계의 공정을 거쳐 해석 하였다. 또한 수직 하중에 의해 일정한 벽 두께로 노징이 이루어 지지 않았으며 일부 구간에서는 소재의 겹침 현상 등의 발생을 예측 할 수 있었다. 튜브 벽두께의 변화는 소재내부의 응력을 집중하게 하여 내부 크랙과 같은 불량으로 나타날 수 있다. 또한 Table 2 와 같이 프레스에 부과되는 소요하중 역시 560ton으로 크게 작용 것으로 해석되었다.

반면에 Fig. 4(a)와 같이 셀노징 공법의 해석결과 수직 하중이 아닌 수평하중에 의해 튜브외경이 성형 되므로 제품치수에 문제점이 없는 것으로 해석되었다. 또한 일정한 벽두께를 가지고 있어 소재 손실이 적게 발생 할 뿐만 아니라 및 프레스에 부과되는 소요하중도 320ton으로 적게 발생하는 것으로 해석 되었다. 이로써 신공법은 우수한 성능과 장점을 가지고 있어 이를 근거로 실제 신형 금형 제작을 하였다.

신규 금형의 적용은 당사가 보유한 국내 최대의 12,000ton 유압 프레스를 적용 하였으며, 튜브의 국부가 열을 위해 유도가열로에서 10분간 유지 후 950°C 온도로 작업을 하였다. 작업은 FEM해석 결과에서 나온 하중과 유사한 값을 나타내었으며, 요구되는 치수 및 변형량을 가진 제품을 제작할 수 있었다.

2. 결 론

셀 노징 결과 Table 2에서 와 같이 기존 공법에서 수행되어온 여러 공정을 거치지 않고 하나의 공정으로 단순화 되어 노징 작업에 소요 되는 공정 시간을 단축할 수 있었고 공정에 필요한 인력 소요량 역시 감소되어 생산 단가를 낮출 수 있었다. 또한 여러 단계의 금형이 필요했던 기존 노징 공법과는 다르게 하나의 금형 및 편치로 작업을 끝낼 수 있었으며 작업에 투입되는 소재 손실을 줄여 제작 단가를 줄일 수 있었다.

따라서 소형 튜브형태를 가진 제품은 기존 방법을 통한 대량 양산 적용에 적합하지만, 대형 튜브 성형체의 경우는 제품 이동이 어려운 문제점과 절삭 가공시간 과다 등 경제적인 문제점들을 가지고 있으므로 본 논문에서 제안한 방법으로 공정 설계가 이루어 진다면 보다 효과적인 제품 생산이 가능 할 것이다.

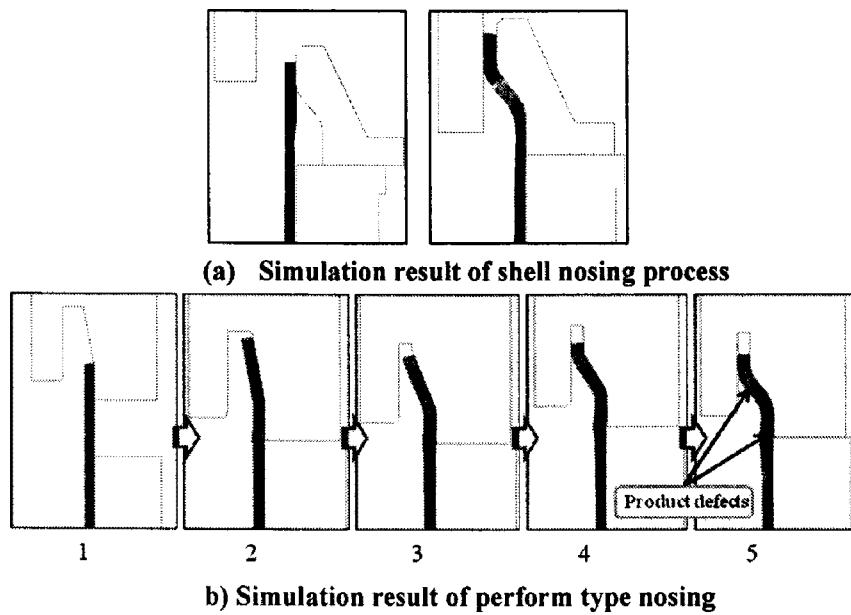


Fig. 4 Simulation result of various nosing process using FEM



Fig. 5 Photograph of nosing process and nosing products

Table 2 Result of nosing process

Process type	Load	Amount of material	Wall thickness	Working step
Shell nosing	320ton	1	32~36mm	1
Preform nosing	560ton	1.1	33~48mm	4
Reduced rate	57%	9%	±4.5mm	75%

참 고 문 헌

- [1] Altan, Taylan, 1983, Metal Forming, Fundamentals and applications, ASM Intl.
- [2] Yuung-Hwa Lu, 2005, Study of perform and loading rate in the tube nosing process by spherical die, Comput. Methods Appl. Mech. Engrg. 194, 2839~2858
- [3] L M Alves, 2007, Single-stage nosing of thin-walled tubes into hollow spheres using a die, J. Strain Analysis Vol.43
- [4] M.S. Tang, 1982, An investigation of the shell nosing process by the finite element method, ASME, J .Engrg. Indus.104
- [5] S.Kobayashi, 1983, Approximate solutions for perform design in shell nosing, Int. J. Mach. Tool Des. Res. 23