

하이드로포밍 공정을 이용한 무용접 부품체결 기술개발에 관한 연구

김동규*·박광수*·안익태*·한수식**·문영훈*

A study on the hydro-embedding technology in the tube hydroforming process

D.K. Kim, K.S. Park, I.T. An, S.S. HAN, Y.S. Moon

Abstract

The productivity of hydroforming process can be increased by combining pre-forming process and post-forming process such as the bending, piercing and the embedding process. Therefore in this study, integrated studies on the hydro-embedding technology have been performed by analyzing the deformed mode of the tubes and the optimal process parameters. In the case of the embedding test the characteristics of the embedded parts, such as the shape of the screw tip, screw thread and shape of thread were investigated at various process conditions. To measure the clamping force between the embedded part and the tube, special measuring device was used.

Key Words : Tube Hydroforming, Hydro-Embedding, Hydro-Piercing, Internal Pressure, Axial Feeding Amount.

1. 서론

튜브(tube) 하이드로포밍 기술은 기존의 차체(body)를 성형하는 스탬핑 성형공정과는 완전히 다른 개념으로 차량 구조물의 폐단면 형상을 원형 강관의 내부에 압력을 가하여 확관시켜 외부 금형 형상에 따라 성형하여 원하는 모양의 차체 골격을

만드는 방식으로, 성형품이 무게에 비교하여 높은 구조강성을 가지며, 복잡한 형상의 부품을 하나의 다이(die)로 생산이 가능하며, 소재 회수율이 높다는 장점이 있다. 하지만 하이드로포밍 기술은 종래의 프레스(press) 방법과는 달리 튜브의 기계적 물성 평가 방법, 소재와 금형간 마찰 특성, 금형 소재 선택 및 설계 기술, 기본적인 소재의

* 부산대학교 정밀기계공학과/정밀 정형 및 금형가공연구소

** POSCO 자동차가공 연구센터

변형 거동에 대한 종합해석이 이루어져야만 최적의 성형이 가능하므로 기술적으로 고려인자가 많은 기술이기 때문에 적용에 제한을 받고 있다. 따라서 첨단 하이드로포밍 기술을 다양한 자동차 부품의 성형에 적용시키기 위해서는 하이드로포밍 공정자체에 대한 기술개발이 지속적으로 행해져야 함은 물론, 이와는 별도로 하이드로포밍의 생산성을 획기적으로 개선시킬 수 있는 병행공정의 개발이 필요하다.

이번 연구에서는 이러한 하이드로포밍 공정을 이용한 무용접 체결 연구로서 주요 공정변수인 소재의 내부압력, 축방향 압입량 체결요소의 끝단 형상에 따른 결합력을 분석함으로써 새로운 공정기술을 개발하는 것을 연구목표로 하였다.

2. 본론

2.1 실험장치

Fig 1은 실험에 사용된 실험장치로서 4주형 하향식 유압프레스 800KN에 고압생성장치로 증압기(intensifier 200Mpa)가 있으며, 좌우 양쪽에 800KN의 hydraulic feeding cylinder 2대에 feeding punch가 장착되었고, 유압을 공급하는 serve hydraulic unit 등으로 구성된다. Fig 2는 embedding 실험에서 체결요소를 가압하는 펀치가 작동하는 유압실린더의 분해 및 조립된 사진을 나타낸 것으로 금형내에 펀치 실린더를 장착하도록 설계하였고 체결시 끝단형상(나사산 높이 Pitch거리 등)에 따른 성형 양상 차이를 비교하기 위해 여러 형상의 체결요소들을 실험에 적용하였다. 그리고 금형의 표면과 펀치의 표면은 고주파 열처리를 하였다.

2.2 실험 방법

- (1) 실린더에 미리 체결될 체결요소를 장착시켜 준다.
- (2) 소재의 내부압력을 증가시키는 동시에 축방향 압입을 주어서 소재를 미리 예비성형 시킨다.
- (3) 성형양상에 따라 공정변수를 변화시킨 후 최적의 성형 공정을 찾아낸다.
- (4) 예비성형 후 내부압력을 0로 낮춘 후 다시 내부압력을 일정 구간까지 올려줌과 동시에 피어싱 실린더를 작동시켜 체결요소를 가압한다.
- (5) 동일한 최적의 조건에서 요소의 재질과 형상을

변화시키면서 실험을 한다.

(6) 체결요소가 체결 후 결합력을 측정하기 위하여 Fig 3과 같이 별도로 제작한 체결력 평가 장치를 MTS(Material Test System)장비로 실험을 한다.

SAPH370의 소재를 이용하여 Fig 4의 순서로 체결요소를 체결하였으며 끝단 형상에 따른 flange깊이와 체결력을 평가하였다. 체결요소 형상에 따른 체결력 측정을 위하여 Fig 5와같이 최대 성형압력 50Mpa과 전체 축방향 압입량을 5.5mm로 예비성형 후 내부압력을 0으로 압력을 낮춘 뒤 다시 내부압력을 36Mpa 전체 축방향 압입량을 5.8 mm까지 작용을 시켜 체결요소를 체결시켰고, 체결요소가 체결된 단면 형상으로부터 내부압력과 체결요소 형상에 따른 flange깊이와 체결력의 크기를 측정 하였다.

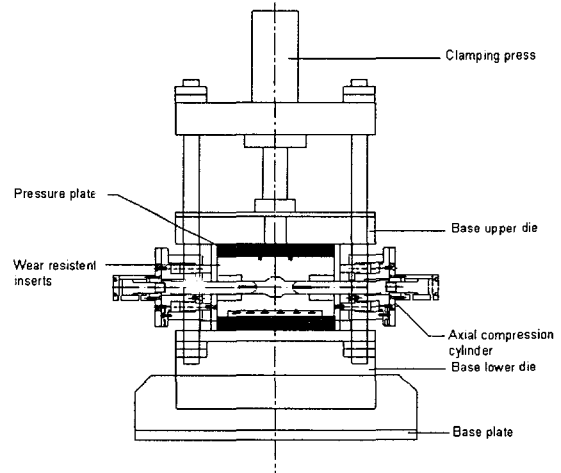


Fig. 1 Tube hydro-forming machine

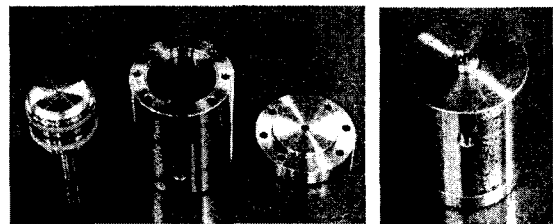


Fig. 2 hydro-embedding punch cylinder

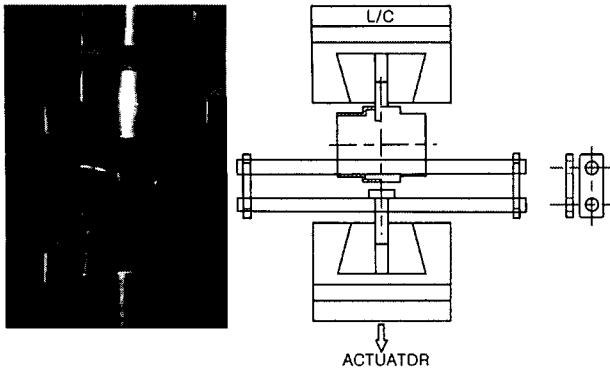


Fig. 3 Clamping force measuring device

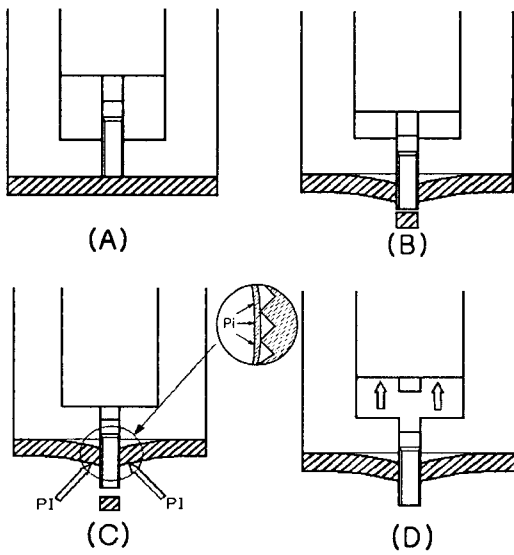
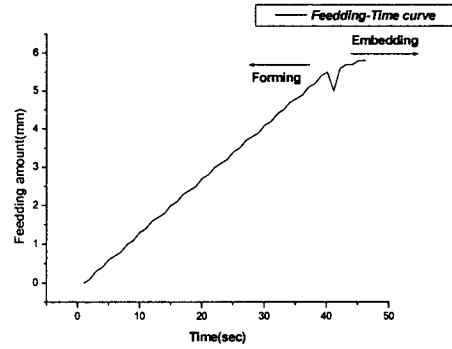


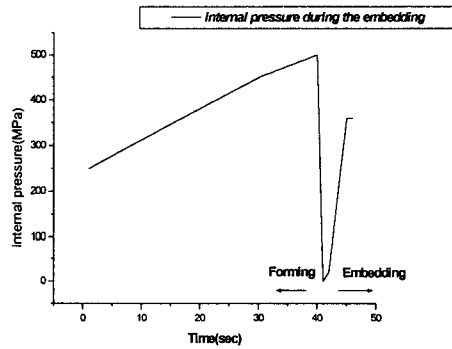
Fig. 4 Hydro-embedding mechanism

3. Embedding 성형실험

체결요소는 Fig 6과 같이 총 5가지의 형상으로 실험을 하였고, Fig 7은 체결부와 단면부를 나타내었다. Table 1은 체결요소의 열처리(고주파)여부 및 형상에 따른 flange깊이와 MTS (Material Test System)인장실험을 통한 측정값이다. 체결요소 1번과 5번 형상에서는 체결요소 끝단부분에 6mm 정도의 펀치 형상으로 돌출 되게 설계를 하였다. 2번 형상은 나사형상으로 일상에서 많이 사용하는 형태이며 쉽게 가공이 가능하다는 장점을 가지고 있다.



(a)



(b)

Fig. 5(a)pressure-time curve (b)feeding-time curve

3번 형상은 가장 깊은 flange깊이와 높은 체결력이 나왔다. 체결요소의 앞부분 6mm 정도 펀치형상으로 돌출되며 돌출부분의 앞부분 형상에 각도를 112° 각도를 주어 설계 하였다. 4번 형상은 일반 나사형상의 체결요소에 112° 각도를 적용시켰다.

실험 결과 체결력이 3번 형상이 가장 컸다. 이는 embedding 공정시 소재에서 소성변형이 점진적으로 발생하여 결국에 전단이 일어나는데, Fig 8은 embedding 공정시 3번 형상의 도식도로서 전단이 일어나는 과정에서 3번 형상의 part A 지점을 가압 전단 후 관재의 끝단부가 B에서와 같이 남아 있게 되는데, 계속적인 가압으로 관재 끝단이 Fig 8에서와 같이 flange 형상으로 소성변형이 일어난다. 이로 인해 3번 형상 flange깊이가 가장 깊었다. 그리고 내부압력이 작용하여 flange를 가압시켜 체결요소의 표면(나사선)에 밀착하기 때문에 flange깊이가 깊은 3번 형상에서 가장

높은 체결력이 나왔다. 미열처리 체결요소에 비해 열처리(고주파)한 체결요소가 flange깊이 및 체결력이 높았다. 이는 미열처리한 체결요소의 경우 낮은 강도로 인한 embedding 공정시 체결요소의 나사부가 함몰되는 현상으로 인하여 flange깊이 및 결합력이 열처리(고주파)한 체결요소 보다 낮게 나왔다.

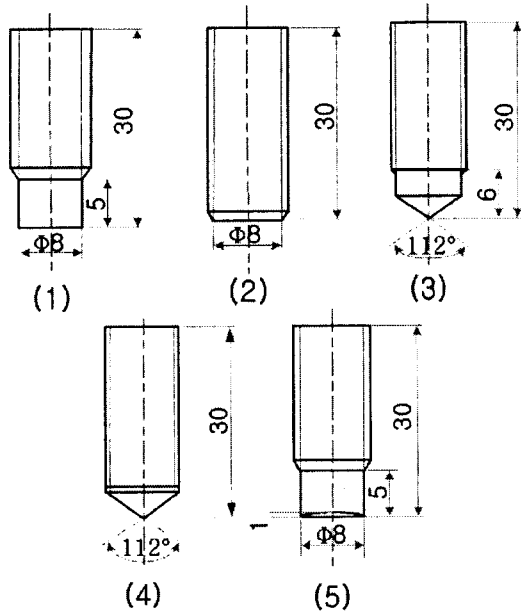


Fig. 6 Kind of clamping element

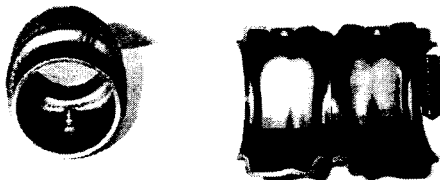


Fig. 7 Clamping part and cutting section

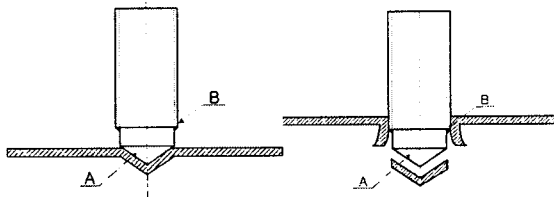


Fig. 8 No.3 flange shape at an hydro-embedding process experiment

Table 1 Results of hydro-embedding on different flange depth and load volume

Edge shape clamping element	flange(mm) depth		Load(KN)	
	NTP	TP	NTP	TP
No.1	4.4	4.1	2.0	2.5
No.2	3.6	3.4	1.5	2.0
No.3	4.6	4.3	3.5	4.0
No.4	3.1	2.8	0.15	0.2
No.5	4.4	4.0	2.0	2.5

4. 결론

- (1) 체결요소 형상 및 열처리 유무에 따라 flange의 깊이, 지름 및 체결력 차이가 났다.
- (2) 체결요소 끝단 형상은 피어싱과 동시에 flange 깊이가 가장 깊게 성형된 형상의 결합력이 가장 높게 나왔다.
- (3) flange지름과 깊이는 MTS 인장실험 결과 결합력에 비례하였다.
- (4) 미열처리한 체결요소보다 열처리(고주파)한 체결요소가 flange의 깊이 및 체결력 값이 더 높게 나왔다

참고 문헌

- (1) Van Schaik M., 1997, " The Use of Hydroforming in the ULSAB Project", IBEC
- (2) Bruggemann B., 1997, " Hydroformed Body Side Structure in Buick Park Avenue: Introducing New Technology to Current Production in a Complex product environment", pp.1~5, IBEC
- (3) Proceedings of TPA's 4th annual Automotive tube conference, 1999, Tube and Pipe Association, International, April 26~27, Dear bon, MI, USA
- (4) 김봉준, 김정운, 문영훈, "관재의 hydro-forming 성형시 공정인자 영향도에 관한연구", 대한 소성가공학회 2001년 춘계학술대회, pp49~53
- (5) 전기찬, 박관금속 성형, 반도출판사, 1993
- (6) 권재욱, 명노훈, 이경돈, "하이드로포밍 공정 변수의 영향" 제3회 박관성형 심포지엄 논문집, pp31~42, Oct, 2000