

# 스테인리스 409L 버링가공 시 두께변화에 대한 연구

## The study on the thickness change in burring with stainless 409L

\*김효준<sup>1</sup>, #류호연<sup>1</sup>, 김형재<sup>1</sup>, 김덕규<sup>2</sup>  
 \*H. J. Kim<sup>1</sup>, #H. Y. Ryu<sup>1</sup>(hyryu@kitech.re.kr), H. J. Kim<sup>1</sup>, D. G. Kim<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>대신강업

This study is focused on the thickness change in burring with stainless 409L according to the change of main design variables and forming conditions, to manufacture the automobile exhaust flange. Large plastic deformations by burring process decreases thickness of inner radius and occurs cracks. The optimal design of performs by the finite element analysis achieves adequate improvement of thickness decrease.

Key words : Stainless, Plastic deformations, Burring, Thickness change

### 1. 서론

최근 우수한 내식성으로 배기계 부품들의 스테인리스 소재 박관성형 제품개발이 점차 확산되어가는 추세이나 성형성이 일반강판보다 좋지 않아 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.[1~2].

플랜지는 배기계의 각 부품들을 연결하고 엔진부에서 발생하는 고열과 고출력에 견딜 수 있도록 내구성이 강하고 성형성이 양호하게 제작되어야 한다. 플랜지를 제작하기 위한 프레스 성형 공정은 크게 블랭킹 및 피어싱(blanking & piercing), 버링(burring) 가공, 업셋팅(upsetting) 공정으로 이루어진다.

버링가공 시 외측 곡률 부위의 급격한 소성변형으로 인해 버링가공부의 치수가 원소재의 두께보다 약 25%정도 감소하여 Fig. 1과 같이 시험운행 중 크랙이 발생하기도 하며 급격한 버링가공 시 응력이 집중하여 소재가 굴꺾길처럼 오목 볼록한 형상인 오렌지 필(orange peel)현상이 발생하여 주요 불량률의 원인이 된다.[3~4].

본 연구에서는 스테인리스 409L 소재의 플랜지 버링가공에 대하여 유한요소해석을 수행하여 버링가공 내측부위의 소재 접힘 및 급격한 소성변형으로 인한 두께 감소를 예측하여 금형 설계에 반영하였다.

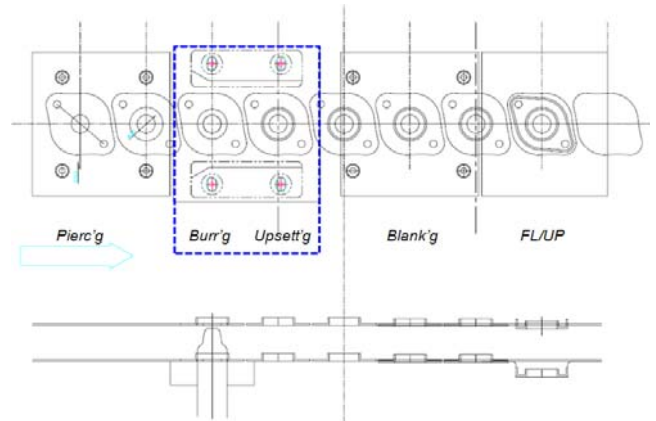


Fig. 2 Dies for forming of a flange

### 3. 유한 요소 해석

플랜지의 버링 공정 및 업셋팅 공정에 의한 버링가공부의 두께 변화를 예측하기 위하여 소성 가공 전용 해석 프로그램인 DEFORM-2D를 사용하였다. Fig. 3에 버링 및 업셋팅 해석과정을 나타내었다.

#### 3.1 버링 공정

펀치는 고정되어 있으며, 상부 금형이 이동하면서 소재와 홀더를 같이 이동시켜 버링 공정이 이루어지게 된다. 해석 조건은 어idge 반경(R)이 0.5, 2.0, 2.5, 3.0mm로 변화시키면서 수행하였으며 경계 조건은 다음과 같다.

- ① 상부 금형은 -y 방향으로 움직이도록 하였다.
- ② 펀치의 모든 D.O.F를 고정시켰다.
- ③ 홀더는 6개의 코일 스프링에 의해 지지되므로 상부 금형의 스트로크에 따라 스프링에 의한 반력이 선형적으로 증가하게 된다.
  - 코일 스프링의 상수 : 6.66kgf/mm × 6개소
  - 버링 공정 총 스트로크 : 40mm



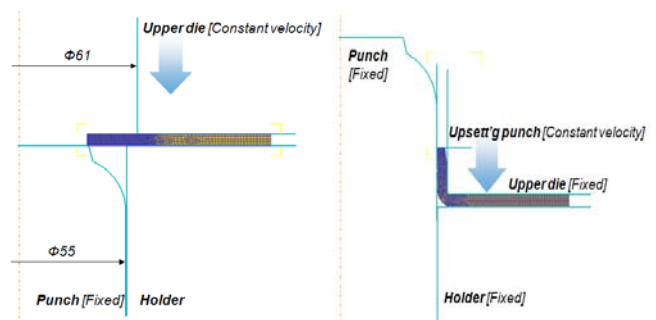
(a) Burring shape (b) Crack

Fig. 1 Burring shape and crack of stainless 409L flange

### 2. 플랜지 버링 및 업셋팅 가공

#### 2.1 성형장비

버링 및 업셋팅 공정에 대한 금형레이아웃 도면을 Fig. 2에 나타내었다. 버링 공정은 상부 금형, 펀치 및 홀더로 구성되며, 홀더는 6개의 코일 스프링에 의해 지지되어 상부 금형과 홀더 사이의 소재를 구속하여 버링 시 소재의 과도한 유입을 방지하도록 되어있다. 업셋팅 공정은 상부 금형, 펀치, 홀더 및 업셋팅 펀치로 구성되며, 홀더에는 스톱퍼를 부착하여 업셋팅 펀치에 의한 성형량을 제어할 수 있도록 되어있다.



(a) Burring process (b) Upsetting process

Fig. 3 Forming process for CAE analysis

3.2 업셋팅 공정

업셋팅 공정에서는 상부 금형의 내경, 펀치의 외경 및 홀더의 내경은 버링 공정에서 상용된 금형의 치수와 동일하게 적용되며, 업셋팅을 위한 펀치가 추가된다. 펀치는 고정되어 있으며, 상부 금형 및 홀더는 스톱퍼에 의해 위치가 제어되므로 해석상에서는 제어된 이후에 대해 수행하였으며 경계 조건은 다음과 같다.

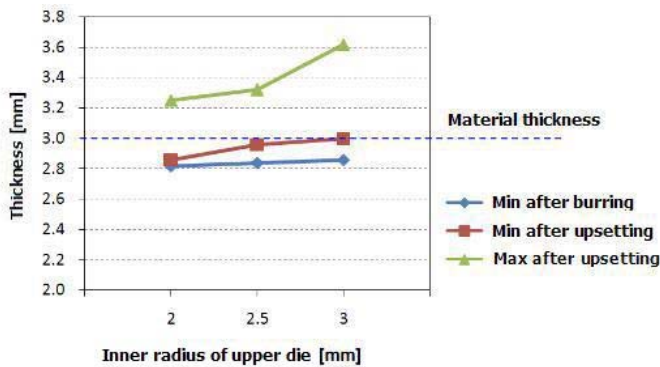
- ① 업셋팅 펀치는 -y 방향으로 움직이도록 하였다.
- ② 펀치의 모든 D.O.F.를 고정시켰다.
- ③ 상부 금형 및 홀더는 스톱퍼에 의해 위치가 제어된 이후에 대해 해석을 수행하므로 D.O.F. 모두를 고정시켰다.

4. 결과 및 고찰

상부 금형 어깨 반경에 따른 버링가공부의 두께 변화의 해석 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Thickness change according to the inner radius of upper die

Case	Radius [mm]	Thickness change			Remarks
		Burring	Upsetting		
			Min[mm]	Min[mm]	
1	R0.5	2.54	-	-	Case 1
2	R2.0	2.82	2.86	3.25	Case 2
3	R2.5	2.84	2.96	3.32	
4	R3.0	2.86	3.00	3.62	



Case1은 기존 금형에서 적용하고 있는 치수를 적용하였으며 상부 금형의 어깨 반경을 최종 제품의 버링 내측 반경과 동일한 0.5mm로 하여 설정하여 해석을 수행하였다. 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

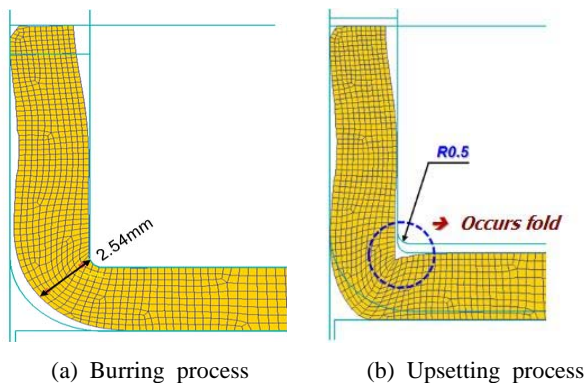


Fig. 4 Analysis results of Case 1

해석 결과 버링 후 내측 반경부 최소 두께는 2.54mm로 약 0.46mm 감소하였으며, 업셋팅 공정에 의해 내측 반경부에서 접힘 현상이 발생하였다. 따라서 접힘 현상 방지를 위해 내측

반경을 증가시킬 필요가 있다.

Case2~4의 해석 결과 상부 금형의 어깨 반경이 2.0mm 이상인 경우에는 버링 후 최소 두께는 2.82 ~ 2.86mm로 상부 금형의 어깨 반경에 따른 영향은 거의 없으며, Case 1에 비해 약 0.3mm 두꺼워짐을 알 수 있다. 업셋팅 시 버링가공부의 두께가 모든 경우에 증가하나 상부 금형의 어깨 반경이 3.0mm인 경우만 최소 및 최대 두께가 모두 원소재의 두께인 3.0mm 이상을 확보할 수 있음을 알 수 있다.

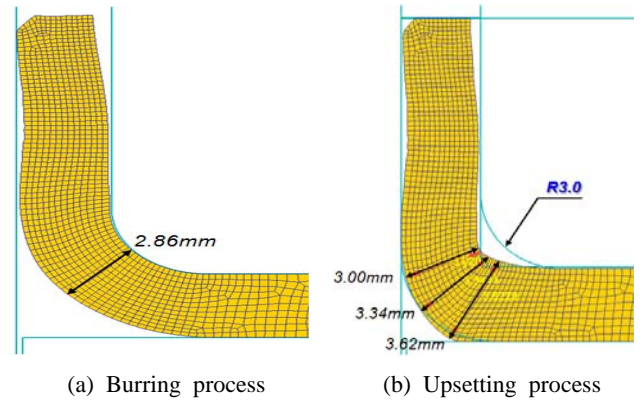


Fig. 5 Analysis results of Case 2(R3.0)

5. 결론

본 연구에서는 스테인리스 409L 플랜지에 대한 버링 공정 및 업셋팅 공정의 유한요소해석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 버링가공 시 상부 금형의 어깨 반경이 2.0mm 이상인 경우에는 어깨 반경의 증가에 따른 영향은 거의 없다.
- (2) 업셋팅 가공 시 상부 금형의 어깨 반경이 증가함에 따라 버링가공부의 두께가 모든 경우에 증가하나 상부 금형의 어깨 반경이 3.0mm인 경우만 최소 및 최대 두께가 모두 원소재의 두께인 3.0mm 이상을 확보할 수 있음을 알 수 있다.
- (3) 유한요소해석을 통하여 두께가 감소하는 버링가공부 금형 조건을 제시함으로써 기존 금형의 설계변경을 통하여 두께변화율을 25%에서 2% 이하로 감소시킬 수 있었다.

후기

본 연구는 한국산업단지공단의 현장맞춤형기술개발사업의 지원으로 이루어졌으며, 이에 관계자 분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. Hwang, Rober S. ; Jou, Jin-Long ; Wang, Kai-Hung, 2003, The development of SUS 316L bone plate forging process by computer simulation technology, The 8th Asian Symposium on Precision Forging ASPF, pp. 36~39.
2. 김엽래, 김세환, 유현일, 1995, 스테인레스 강관(SUS420)의 냉간단조용 금형개발에 관한 연구, 대한기계학회논문집, 제 19 권, 제 3 호, pp. 877~855.
3. Gan Dae Choi, Woo Jin Kang, Won Byong Bae and Jong Rae Cho, 2002, A Study on the Forming Process Development of a Long-neck Flange Using a Long Pipe, Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 19, No. 8, pp. 212~219.
4. Joong-Yeon Lim, Beong-Bok Hwang and Chul-Sik Kim, 1999, Process Sequence Design of Longneck Flange by Cold Extrusion Process, Transactions of Materials Processing, Vol. 8, No. 2, pp. 160~168.