

# 압출공정변수에 따른 측방압출과 연속압출의 비교해석 (Comparative Analysis between Side-Extrusion and Conform)

김 영호(부산대 정밀정형 및 금형가공연구센터), 김 강수(한국원자력 연구소),곽 인섭(부산대 대학원)

Y. H. Kim(ERC/NSDM Pusan National Univ.), K. S. Kim(Korea Atomic Energy Research Institute ), I. S. Kwak(Graduate School, Pusan National Univ.)

**ABSTRACT** : The theoretical study of deformation behavior for continuous extrusion process (CONFORM) is shown in this paper. The extrusion process is compared with a conventional route, side extrusion, considering extrusion ratios, flash gaps and coefficients of friction. In each case the distribution of strain and strain rate is predicted by using the finite element method. In this study simplifying assumptions on the deformation geometry are made to investigate the plastic flow occurring in the area of deformation of the Conform process.

**Key words** : Continuous Extrusion Forming(연속압출가공), Side-Extrusion(측방압출), flash gap(플래시 갭), inhomogeneity(비균질성)

## 1. 서론

1970년대까지 압출은 컨테이너에 원하는 길이의 빌렛을 넣고 압력을 가하는 압출된 제품의 길이에 한계가 있는 간헐적인 공정으로 간주되었다. 또한 빌렛을 압출하기 위해서는 높은 압력, 여러가지 다른 공정들, 사용되지 않고 남은 재료의 손실등 많은 문제점들이 발견되었다. UKAEA<sup>(1)</sup>에서 D.Green에 의해 개발된 CONFORM 압출은 종래의 이런 문제를 해결할 뿐만아니라 전방압출에 비해 압출공정중 압력과 온도가 적고 연속적으로 재료가 이송될 수 있기 때문에 빌렛사이의 용접이 필요없는 등 많은 장점<sup>(2,3)</sup>이 있다.

이런 추세에 따라 Song Baoyun 등은 압출공정을 세단계로 나눈 뒤 각각의 단계에 다른 이론을 적용시켜 압출압력과 driving torque를 이론적으로 해석한 뒤 실험을 통해 증명하였고<sup>(4)</sup> Peng 등 다수는 모델재료로써 납을 사용하여 공정을 시뮬레이션했고 소성변형을 연구하는데 Moire법을 사용하기도 했다.<sup>(5,6)</sup> 또한 FEM을 이용하여 flash gap이 있는 경

우 folding이 일어나는 다이구멍과 압출체임버폭사이의 임계치를 밝히기도 했다.<sup>(7)</sup> 그러나 다양한 압출변수 (압출비, flash gap, 마찰계수)가 Conform에 미치는 영향에 대한 이론적인 해석은 아직까지 미비한 상태다. 또한 Conform 변형거동은 flash gap이 있는 금속유동의 측방압출로 근사될 수 있기 때문에<sup>(7)</sup> 압출변수 변화에 따른 Conform과 측방압출의 비교해석은 유용한 이점을 줄 것이다.

본 연구에서는 FEM을 사용하여 압출비와 플래시 갭과 마찰계수의 변화등 압출변수에 따른 측방압출과 Conform을 상호비교하고자 한다.

## 2. 컨폼의 원리

공정의 원리는 그림1과 같이 그루브의 3면과 재료사이에 존재하는 마찰력이 재료를 압출 chamber로 끌어들이는 것이다. 고정된 shoe와 재료사이의 마찰력은 재료의 이동을 방해한다. 그루브의 3면이 슈의 면적

보다 넓기 때문에 그 나머지 마찰력이 재료를 abutment 쪽으로 이동시켜 압력을 가한다. abutment 에서 항복상태가 된 재료는 chamber 속에 채워진 후 다이를 통해 압출된다.

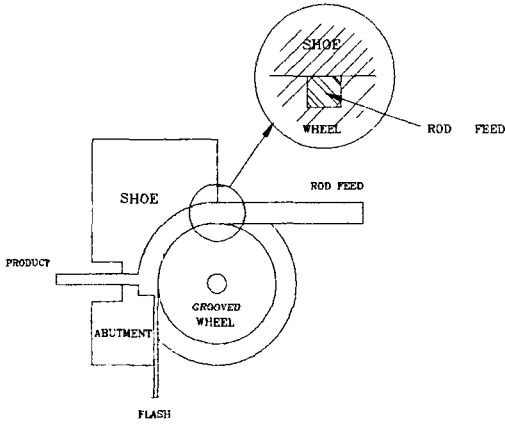


Fig.1 A principle of the Conform process.

### 3. THE COMPUTER SIMULATION

본 연구에서는 유한요소프로그램을 사용하여 다양한 압출변수 변화에 따른 Conform 과 측방압출의 변형영역에서 일어나는 소성 유동을 조사하여 결합을 미리 예측하려고 한다. 실험과의 직접적인 비교는 많은 이점을 주지만 공정동안의 많은 변형이 복잡한 다이 안의 작은 거리내에서 일어나기 때문에 컴퓨터 시뮬레이션 방법 이외에는 연구하기가 어렵다.

따라서 본 연구에서는 FEM을 사용하여 압출비, 플래시 갭과 마찰계수의 변화등 압출변수에 따른 Conform과 측방압출을 비교해석하려고 한다.

시뮬레이션을 하기 위해서는 몇가지의 단순화 가정이 요구된다. 컨폼에서 일어나는 공정을 2-D로 가정하는 것이 가장 중요하다. 또한 공구형상의 단순화를 위해 부수적인 몇가지의 가정을 한다.

단순화를 위해 가정된 컨폼머신의 형태가 그림2의 (a)에서 보여진다. 그림2의 (b)은 컨폼머신과 같은 조건에서의 측방압출을 보여준다.

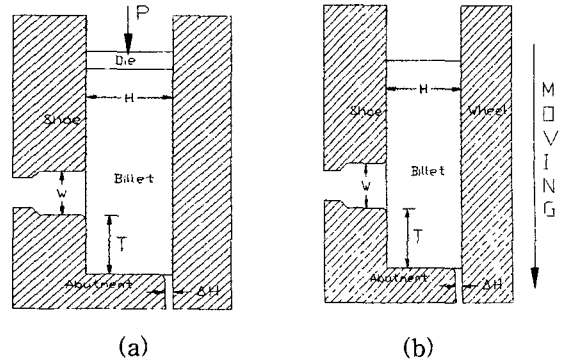


Fig.2 The model simplified for the simulation from : (a) Side-extrusion; (b) Conform.

공정은 2차원이며 공구를 기하학적 도형으로 간주한다. 컨폼머신을 상사하여 컨테이너는 두 개의 부분으로 구성한다. 홈이 있는 휠은 밀로 움직이는 평판으로 컨폼의 슈부분은 고정된 평판으로 상사하였다. 휠로 상사된 평판이 밀로 움직이는 것을 컨폼의 회전과 같이 상사할 수 있다. 즉 컨테이너의 3면은 고정된 마지막 네 번째면에 상대적으로 움직인다. 컨테이너를 움직이면 평판의 옆 부분에 있는 다리로 빌렛이 변형되면서 압출 될 만한 마찰력이 컨테이너벽사이에서 발생한다.

시뮬레이션에 사용된 데이터는 Table.1에 나타나 있다. 소재는 알루미늄(Al 1100)을 사용하고 재료와 휠 사이의 마찰상수는  $m=0.95$ 로 가정했다. 재료와 슈, 다이의 마찰상수는 0.3으로 역시 가정했다. 휠과 재료사이의 높은 마찰계수는 변형영역으로 재료를 끌어 들이기 위해서는 필수적인 것이다. 재료의 치수는  $32 \times 32 \times 100\text{mm}$ 이다. 압출속도는  $1\text{mm/s}$ 이다.

Table.1 Extrusion process parameters (unit: mm)

No.	L	H	W	$\Delta H$	T
1	100	32	12	0	15
2	100	32	14	3	15
3	100	32	16	6	15
4	100	32	12	0	15
5	100	32	14	3	15
6	100	32	16	6	15

여기서 L,H,W, ΔH,T는 그림 2에 나타나 있다.

#### 4. 결과 및 고찰

conform process에서 제품 중심축 근처의 abutment 영역에서의 변형은 평면변형에 가깝다. 그러나 재료가 다이영역으로 들어갔을 때 변형은 3차원이다. 그림 3는 컨폼의 FEM시뮬레이션에서 관심 있는 소성거동 부분을 관찰하기 위해 나눈 메시 모양이다.

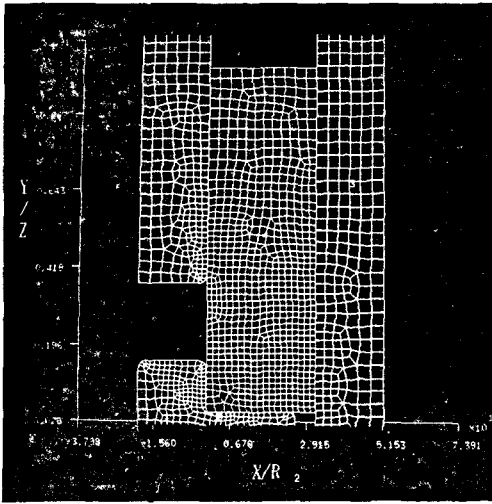
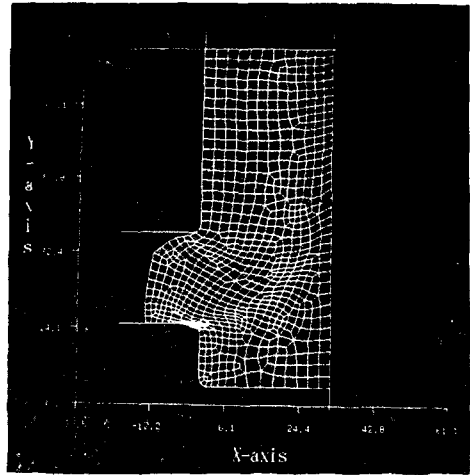
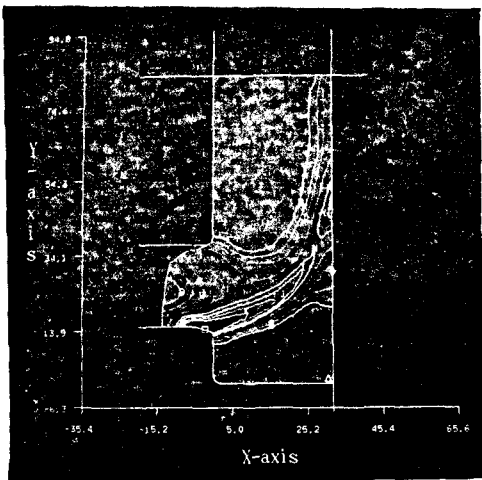
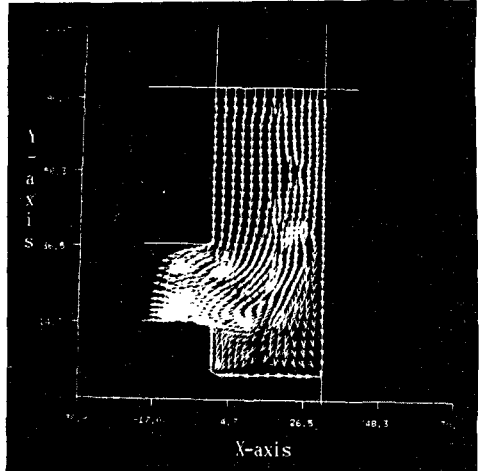


Fig.3 The FEM mesh in the initial state of Conform process.

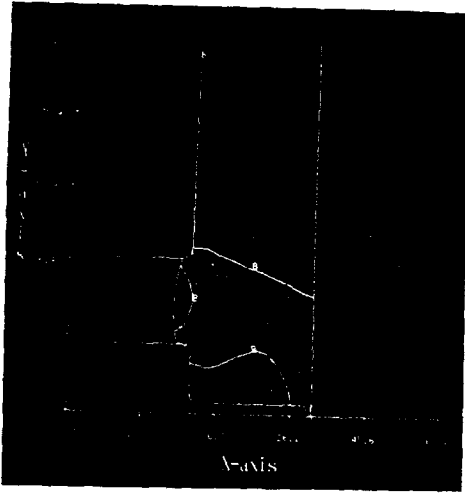


(b)

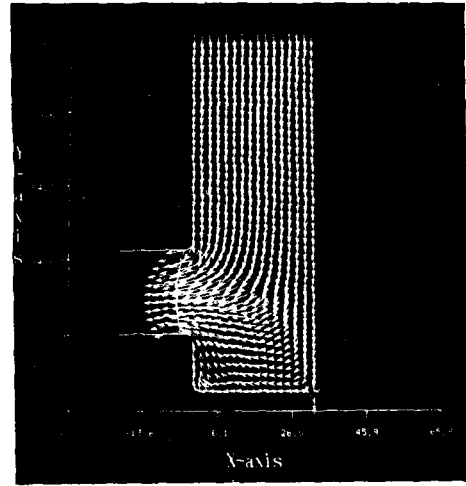


(c)

Fig.4 Simulation of the Side-extrusion process of No.4. (a) effective strain (b) flow pattern (c) velocity distribution



(a)



(c)

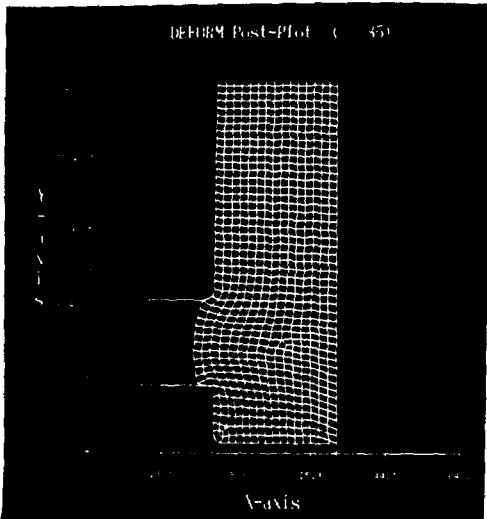
Fig.5. Simulation of the CONFORM process of No.1 in Table.1. (a) effective strain (b) flow pattern (c) velocity distribution

FEM 시뮬레이션을 통해 관측된 내용은 다음과 같다.

컨폼에서 소성유동이 일어나는 부분은 크게 두부분이다. 다이뿐만 아니라 플래시에서도 소성유동이 확연히 드러난다. 압력을 받는 부분중 가장 심한 곳은 플래시의 경계부분에서 관측될 수 있다.

다이 지역에서의 값은 평면변형조건으로 인해 실제 공정에서 보다 작다. 재료의 소성유동은 플래시보다 다이에서 진행속도가 느린 것을 알 수 있다. 모델링에서 알 수 있듯이 재료는 플래시부분에서는 휠에 의해 직접 빠져나오지만 다이로 나오는 재료는 일단 하부면에 부딪힌 후 압출되기 때문인 것 같다. 따라서 플래시부분에서의 필렛반경이 중요한 요소임을 알 수 있다. 측방압출과 비교할 때, 소성변형 영역은 확장되고 소성변형의 inhomogeneity는 완화된다.

평면 변형가정의 한계를 연구하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다. 다이 기하학 또한 결과에 영향을 줄 수 있고 부가적인 작업이 기하학의 상세한 영향을 이해하기 위해서 요구된다.



(b)

## 5. 결론

압출공정변수에 따른 측방압출과 연속압출의 비교 검토한결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시뮬레이션결과는 플래시출구에서 가장 심한 변형을 보여준다.
2. 컨폼압출에 있어서는 다이 출구 주위의 변형은 대칭이 아니며 다이 출구 아래쪽에서 더욱 심한 변형이 그림(5)를 통해 관측된다. 이것은 제품이 수평적이 아니라 다소 상향쪽으로 경사져 압출됨을 의미한다.
3. T의 값이 컨폼압출에 있어서 소성유동을 결정짓는 압출체임버를 디자인 하는데 중요한 변수가 된다.
4. 컨폼에서 소성유동이 일어나는 부분은 크게 두부분이다. 다이뿐만 아니라 플래시에서도 소성유동이 혼연히 드러난다
5. 플래시 갭은 압출시키는 데 필요한 힘 뿐만 아니라 제품의 질을 결정하는 데 관여하는 중요한 인자다.
6. 컨폼에서는 소성변형이 전부분으로 확장되어 소성유동의 비균질성이 측방압출보다 완화됨을 알 수 있다.

실험으로 결과의 상세한 비교는 행해지지 않았지만 평면 변형 조건이 유지되는 abutment지역에서는 실제 공정의 좋은 묘사를 얻을 수 있다. 분명히 시뮬레이션 모델을 향상시키기 위해서는 좀더 많은 작업이 요구된다. 그러나 여기서 예비결과들은 FEM 시뮬레이션은 실험적으로 조사하기가 어려운 공정을 연구하는데 있어서 유용한 기술임을 증명한다.

## 6. 참고문헌

1. Green D."Continuous Extrusion-Forming of Wire Sections," *Journal of the Institute of Metals*,Vol.100, pp.295-300,1972.
2. Parkinson R. D., "The Technical Development of a New Extrusion Company Solely

Using Conform Machines", *Proc. of the Fourth International Aluminum Technology Seminar*, Chicago, USA,2:pp545-552. January 15 1993.

3. Alform Alloys Ltd., "Company builds around new extrusion technology", *Metallurgia* , pp 313-315 .1981.

4. Son Baoyun, zheng Daliang, Li Mingdian , "Analysis and Calculation of Deformation Pressure for The Conform Process of Metallic Particle Materials", *Advanced Technology of Plasticity-Proc. of the 4th International conference on Technology of Plasticity*.1993.

5. D.S.Peng., B.Q.Yao. and T.Y.Zuo., "The experimental simulation of deformation behavior of metals in the CONFORM process", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol.31 pp85-92.1992.

6. Peng Yinghong, Zuo Tieyoug, Peng Dashu., " Simulation of The Conform Process; Numerical and Experimental Methods", *Advanced Technology of Plasticity -Proc. of the Fourth International Conference on Technology of Plasticity*,1993.

7. Peng Yinghong, Xueyu Ruan and Tieyong Zuo, "Defect Prediction during conform Process by FEM", *Journal of Materials Processing Technology*,Vol.45, pp. 539-543,1994.