

# Al 1100 합금의 Conform™ 공정에 관한 연구

김상화<sup>1</sup>, 한수식<sup>2</sup>, 한철호<sup>#</sup>

## A Study on the Conform™ Process of Al 1100 Alloy

S. H. Kim, S. S. Han, C. H. Han

### Abstract

Conform™, a continuous extrusion forming process can produce a variety of very long extruded products such as aluminum alloyed wires, strips and profiles, hollow sectioned tubes, coated wires used in the current forming industry. This process has some advantages like as superiority of pre-heating free, availability of high extrusion ratio and continuous forming without stroke limit. But it is still difficult to analyze the realistic model of the process. In this study the analysis using two-dimensional model of Conform™ process together with several parametric investigations on the heat transfer are carried out by FEA code DEFORM™2D. In spite of simple model the results of analysis shows a good guidance to design the real process.

**Key Words :** Conform™ (Continuous Extrusion Forming), Extrusion(압출), heat Transfer(열전달)

### 1. 서론

일반적인 압출법은 빌렛을 컨테이너속에 넣고 압출하는 것으로서 빌렛이 소진하면 압출이 종료 되고 다시 빌렛을 충전하여 작업을 개시하는 단속 적인 성형 공정이다. 이에 대하여 기존의 단속적인 압출법을 개선한 연속 압출법 Conform™이 있다.

Conform™ 은 압출 휠의 그루브 면 및 shoe 면 과 소재 사이의 마찰력을 이용한 연속적인 압출 법으로 단순압출에 비하여 생산비 절감, 예열시설 불필요, 다양한 단면형상을 지닌 연속된 제품 생산 등의 여러가지 장점을 제공한다.<sup>(1,2)</sup>

이 가공은 1972 년 Green 에 의해 개발되어 80 년 초반 알루미늄 산업체에 처음으로 도입되었으 며 현재는 알루미늄 합금뿐만 아니라 구리를 소 재로 하는 연속 압출에도 적용되고 있다. Conform™ 에 의해 연속 압출되는 제품은 wire, strip, profiles, hollow section 과 튜브 그리고 피복된 wire 등이 있다.<sup>(3)</sup>

Conform™ 의 기본 원리는 공급 소재와 압출 휠 사이의 마찰력을 이용하여 소재를 압출 다이로 밀어 넣는 것이다. 공급 소재가 abutment 와 만날 때, 다이를 통해 휠의 반지름 방향으로 압출된다. 공정 중 공급 소재의 일부분(1~10%)은 abutment 와 압출 휠 사이 또는 휠 그루브 옆으로 flash-gap 을 형성하여 배출된다.

Fig. 1 은 Conform™ 공정의 개략도를 보여준다.

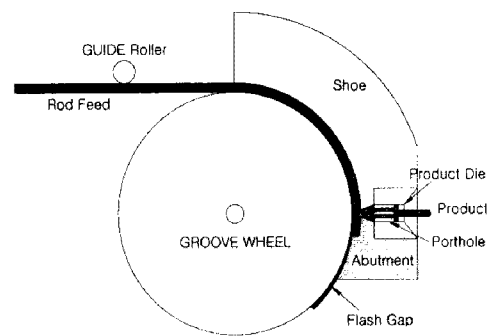


Fig. 1 Schematic of Conform™ process

1. 금오공과대학교 대학원, 한국폴리텍구미대학 자동화시스템과  
2. 금오공과대학교 기계공학부  
# 교신저자: 금오공과대학교 기계공학부  
E-mail: chhan@kumoh.ac.kr

J. Lu, N. Saluja<sup>(3)</sup>는 AA6061 를 이용 압출공정을 컴퓨터 모델링하여 다이 입구를 통해 소재의 밀어냄까지 변형되는 소재에 있어서의 응력, 변형을, 그리고 온도변화를 나타내었다.

Kang-Soo Kim, Young-Ho Kim<sup>(4)</sup>는 UBET 에 의한 측방 압출에서의 재료 유동 특성에 관한 연구를 통하여 측방 압출시 평면 변형 조건에서의 튜브의 높이, 벽의 두께, 펀치의 속도, 베어링 랜드의 길이에 대하여 재료유동양상과 그에 따른 결합을 연구하였다.

본 연구에서는 Conform<sup>TM</sup> 공정을 2 차원 모델링하여 해석하였다. 상용 유한 요소 해석 프로그램인 DEFORM<sup>TM</sup>-2D 를 이용하여 Shoe 의 두께, 다이 입구의 위치 그리고 휠 속도 등 공정 변수의 변화에 따른 압출 공정 중 빌렛의 온도 변화에 대해 연구하였다.

## 2. Conform<sup>TM</sup> Modelling

### 2.1 2D 모델링

Conform<sup>TM</sup> 공정은 연속적이고 긴 제품을 성형하기 위해 feedstock 을 다이 입구를 통해 밀어 넣음으로써 재료(금속, 플라스틱등)을 성형하는 공정이다. 원칙적으로 Conform<sup>TM</sup> 공정은 빌렛과 휠의 접촉면에 존재하는 마찰력에 의존한다. 고정된 다이 입구 방향으로 휠이 회전할 때 빌렛과 휠 사이의 마찰력이 충분히 크다면 빌렛은 휠의 회전에 의하여 다이 입구 쪽으로 빨려 들어오게 되고 다시 다이 입구를 통하여 압출될 것이다. 일반적으로 휠과 빌렛 사이의 마찰력을 증가시키기 위하여 Shoe 와 휠 사이의 간극은 다이 입구쪽으로 갈수록 작아 진다.

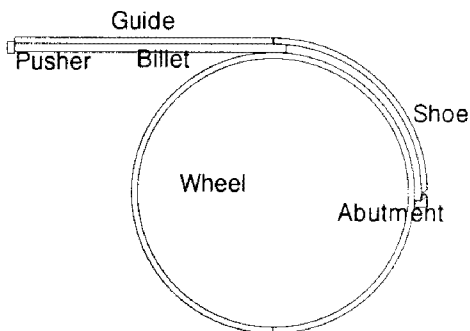


Fig. 2 2D Finite element modeling

Fig. 2 는 현재 L 산업에서 사용하고 있는 실제 모델과 국내 논문 자료를 바탕으로 하여 2 차원으로 유한요소 모델링을 한 결과를 나타낸 것이다.

그리고 Table 1 에는 Conform<sup>TM</sup> Tool 의 치수와 성형 조건을 나타내었다. 이때 압출비는 5:1 이다.

Table 1 Geometry of tool

Geometry Data (Unit: mm)	
Wheel Diameter	328
Billet Width	9.8
Billet Length	300
Flash Gap Size	0.5
Shoe Start, End	9.8, 8.3
Die Diameter	1.96
Abutment Height	8

Conform<sup>TM</sup> 공정은 휠과 소재면 사이의 마찰력으로 소재가 이끌려 들어가므로 성형 해석을 위한 소재의 길이를 충분히 길게 하여 성형 해석이 종료되는 시점에도 마찰력이 충분히 작용할 수 있도록 하였다.

성형 중에 발생하는 금형과 소재 사이의 열전달을 고려하기 위하여 금형에 대하여서도 유한 요소 격자를 구성하였다. 성형이 매우 심하게 일어나는 다이 입구 부위와 Flash Gap 부분에 대하여서는 DEFORM<sup>TM</sup>-2D Window density 옵션을 사용하여 격자를 미세하게 나누었다.

### 2.2 해석 조건 및 물성치

해석에는 Al 1100 빌렛과 AISI H13 재료의 금형을 사용하였으며 Table 2 와 Table 3 에 각각의 재료에 대한 물성치를 나타낸다.

pusher 와 Guide 는 안내의 역할만 수행하기 때문에 강체로 설정하였다.

Table 2 Material Properties

Item	Billet	Tool
Properties	Al 1100	AISI H13
Thermal Conductivity (N/sec/C)	222	50.7
Heat Capacity (N/mm <sup>3</sup> /C)	2.45	3.81
Emissivity	0.05	0.7
Young's Modulus (MPa)	68900	206754
Poisson's Ratio	0.33	0.3
Heat Transfer (N/sec/mm/C)	7.45	7.45

**Table 3 Data for Numerical Simulation**

Wheel velocity	2.1 rad/s
Time step	0.0005 s
Initial temperature	20 °C
Environmental temperature	20 °C

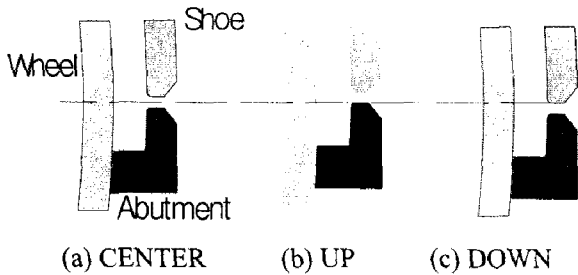
### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 다이 입구의 위치와 빌렛의 온도변화

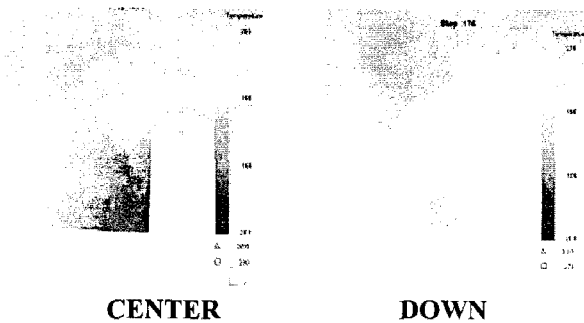
Fig. 3은 휠의 중심의 위치를 기준으로 하여 다이 입구의 위치에 따른 3 가지 형태의 다이 조건을 나타낸 것이다.

CENTER (a)는 휠의 중심과 압출되는 다이가 중심이 일치하는 것이며, UP(b)는 휠의 중심에 대하여 다이가 위쪽에 위치한 것이고, DOWN(c)은 휠의 중심에 대하여 다이가 아래쪽에 위치한 형상이다. 다이 입구 위치에 따른 성형시 소재의 온도변화를 Fig. 4에 나타내었다.

그림에 나타난 바와 같이 다이 입구의 위치는 고찰한 범위에서는 성형 중 소재의 온도변화에 큰 영향을 주지 않고 있음을 알 수 있다.



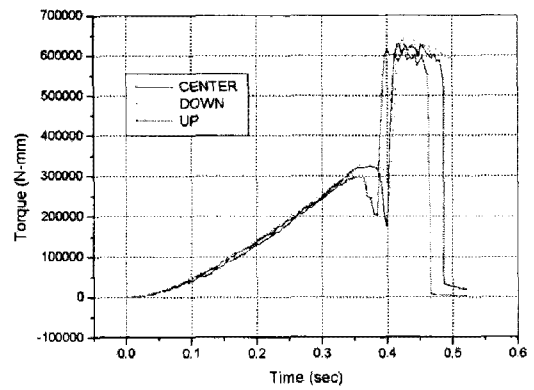
**Fig. 3 Position variation of dies**



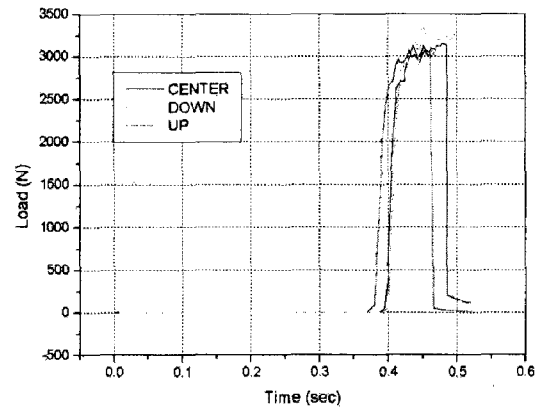
**Fig. 4 Billet temperature (°C)**

Fig. 5는 다이 입구의 위치에 따른 휠에 작용하는 토크를 나타낸 것이다. 해석 결과 다이 입구의 위치가 휠의 중심보다 위쪽(UP)에 있을 때 가장 토크가 적게 소요되고 CENTER, DOWN 순으로 증가되는 것으로 나타났다. Fig. 6은 다이 입구의 위치 변화에 따라서 Abutment에 걸리는 하중을 나타낸다.

해석 결과 다이 입구의 위치가 휠의 중심보다 위쪽(UP)에 있을 때 Abutment 걸리는 하중이 가장 작게 나타났으며 이것을 휠의 회전에 필요한 토크의 경우와 같은 경향을 나타내었다.



**Fig. 5 Wheel torque (N-mm)**



**Fig. 6 Abutment load(N)**

#### 3.2 Shoe 두께와 빌렛 온도 변화

열전달에서 Tool의 두께도 공정변수가 될 수 있기 때문에 Shoe의 두께가 10mm과 5mm인 경우 빌렛에 온도 변화에 대하여 해석하였다. 해석 결과 Fig. 8에 나타난 바와 같이 Shoe의 두께가 빌렛의 온도 변화에 영향을 크게 주지 않고 있음을 알 수 있다.

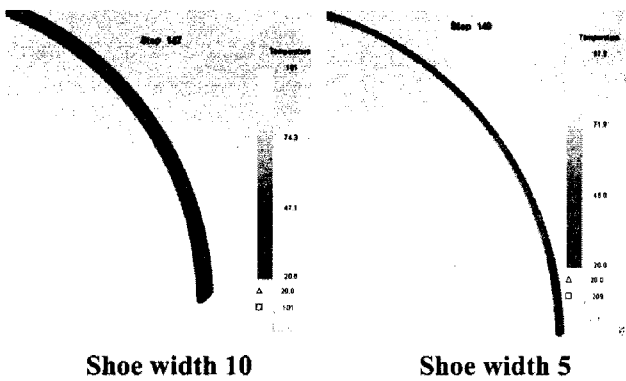


Fig. 7 Shoe temperature (°C)

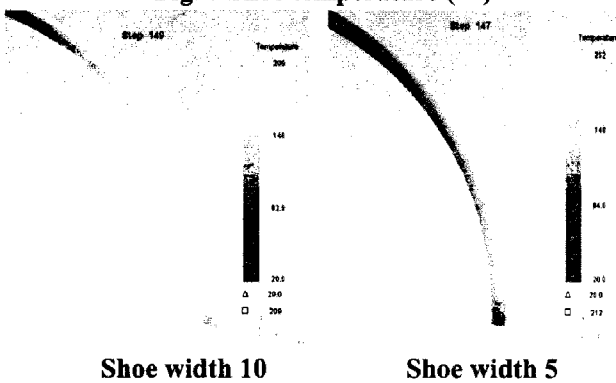


Fig. 8 Billet temperature (°C)

### 3.3 휠의 속도와 빌렛의 온도변화

휠의 속도가 각각 20 rpm 과 40 rpm 인 경우에 대하여 빌렛의 온도 변화를 비교하여 보았다. 다이 입구의 위치는 CENTER 이다. 휠 속도 20 rpm 의 최고 온도는 280 °C, 40 rpm 의 최고 온도는 293 °C 로 40 rpm 인 경우 빌렛의 온도가 조금 높게 나타났다.

휠의 속도가 빌렛의 온도 변화에 큰 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

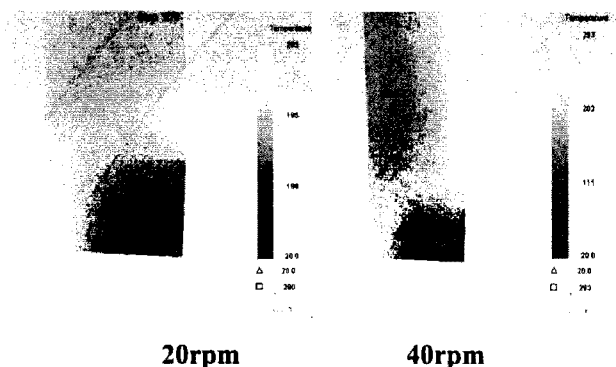


Fig. 9 Temperature(°C) according to wheel velocities

## 4. 결 론

현재 산업체에서 사용하고 있는 Conform™ 공정을 2 차원 모델링에 의한 유한요소해석으로 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 2 차원 모델링에 의한 유한요소해석으로 Conform™ 공정의 설계 가능성을 확인하였다.

(2) 다이와 휠의 위치가 빌렛의 온도에는 크게 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다.

(3) Abutment 에 걸리는 하중과 휠에 걸리는 토크의 크기가 DOWN > CENTER > UP 순으로 예측되어 다이의 위치가 휠 중심보다 아래에 있는 것이 Conform™ 설비 제작사 유리할 것으로 판단되었다.

(4) 다이 위치, Shoe 의 두께 등은 빌렛의 온도 변화에 영향을 크게 주지 않고 있으며 휠의 속도가 빌렛의 온도 변화에 영향을 주고 있음을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- (1) Green, D., 1972, Continuous Extrusion of Wire Sections, J. Inst. Metals, Vol. 100, pp.296
- (2) Parkinson R. D., 1988, The Technical Development of a new Extrusion Company Solely Using Conform Mechines, Pro. Of the Fourth International Aluminum Technology Seminar, Chicago, U.S.A. , 2: pp.545~552
- (3) Etherington, C., 1982, CONFORM Atom(Uk) Atom Vol. 304, pp.33 ~ 36
- (4) J. Lu, N. Saluja, A. L. Riviere, Y. Zhou, 1988, Computer modeling of the continuous forming extrusion process of AA6061 alloy, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 79, pp. 200~212
- (5) K. S. Kim, Y. H. Kim, 1999, A study on characteristics of the material flow in side - extrusion by UBET, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 16, No. 11