

## FEM을 이용한 Forming Roll 설계

윤형준\*(건양대 대학원 기계공학과), 윤영식(건양대 기계공학과)

### Design of Forming Roll using FEM

Hyung-Joon Yoon,(Mech. Eng. Dept., KYU) Young Sik Yoon(Mech. Eng. Dept., KYU)

#### ABSTRACT

In this paper, multi-pass roll forming process is simulated with a commercial FEM software. From these simulations, defects like excessive thickness decrease were estimated. And effects of springback, idle roll without force, and self-contacts between materials were also predicted. As a result, the defects of the forming process and the numbers of the roll pass can be decreased. And these analyses will be able to design the optimal roll forming process.

**Key Words :** 롤 포밍(Roll Forming), 유한요소법(FEM, Finite Element Method), SHAPE-RF

#### 1. 서론

롤 포밍(Roll forming) 공정은 단면이 일정하고 긴 형태의 제품을 효율적으로 생산할 수 있는 공정으로 한 쌍 이상의 다단 롤러(Roller)를 이용하여 소재의 형태를 점차적으로 변화시켜 원하는 최종형상을 얻게 된다.

롤 포밍은 대표적인 금속 가공 공정으로 널리 사용되고 있으나 공정에 대한 설계방법은 경험과 시행착오에 의존하고 있는 실정이며 이로 인해 제품개발에 많은 시간과 비용이 소비되고 있다.

이러한 공정을 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 미리 예측하여 볼 수 있다면 공정설계에 드는 시간과 비용을 줄일 수 있고, 제품에 발생할 수 있는 과도한 두께변화, 뒤틀림 등을 예측하여 이를 보정함으로써 품질을 향상시킬 수 있음은 물론 과도한 안전율을 배제하여 생산성 향상에 도움을 줄 수 있을 것이다.

최근 유한 요소해석을 이용한 시뮬레이션 프로그램이 많이 개발되어 여러 산업 현장에서 활용되고 있다. 본 연구에서 사용된 프로그램은 롤 포밍 전용 해석 소프트웨어인 SHAPE-RF이다. SHAPE-RF

는 자유 표면의 초기 결정을 위하여 일반화된 평면 변형률 조건을 사용하여 초기 경계조건으로 사용되며, 3차원 동적 정상상태의 유한 요소 해석을 통해 속도분포를 구하고 경계조건 및 자유표면을 보정하는 반복법을 통해 최종적인 형상을 결정한다.

이렇게 구해진 속도분포를 이용하여 변형률, 압력, 토크 등과 같은 제품 품질에 대한 정보를 얻을 수 있다. 또한, SHAPE-RF는 타 CAD에서 작성된 데이터의 활용이 용이하고 각 패스(Pass) 별로 롤러의 조건을 설정할 수 있어 생산 현장에서 활용하기 편리할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 생산 현장에서 사용되고 있는 조건인 롤러 사이의 간격과 롤러의 각속도 조정을 통한 생산성 향상에 대한 요구에 의해 그 방법을 모색하여 중간결과를 정리하였다.

#### 2. 유한 요소 해석

본 논문에서는 현재 생산되고 있는 슬라이드 레일 모듈 중 한 가지 부품의 제작 공정을 해석 대상으로 하였으며 최종 제품의 형상, 소재의 형상 및 기계적 특성, 작업조건 등이 생산업체에서 제공된

수치를 토대로 연구가 진행되었다. 해석 대상으로 선정한 최종 제품은 현재 생산되고 있는 슬라이드 레일 모듈의 부품으로써 그 형상은 Fig.1과 같다. 이러한 형상을 를 포밍하기 위하여 19단 패스가 사용되고 있으며 Fig.2는 1번, 10번, 15번, 19번 패스의 단면 형상을 보여 주고 있다.

사용된 데이터는 Auto CAD에서 작성되었으며 dxf 확장자로 저장되어 변환되었다.

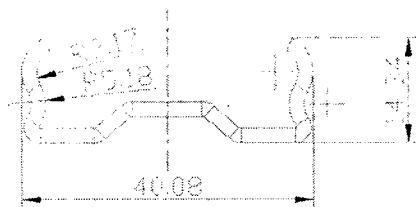


Fig.1 Component of slide rail module

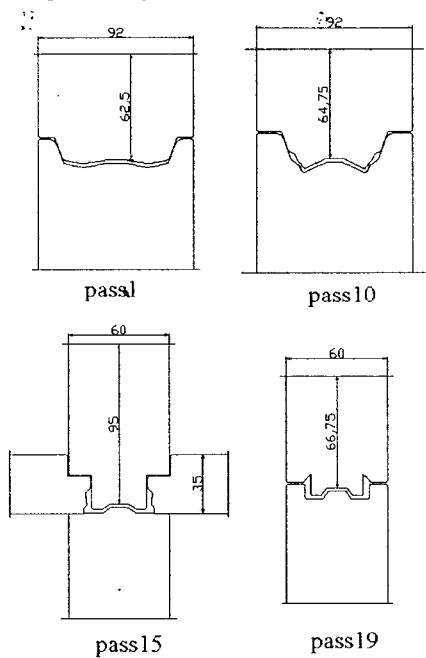


Fig.2 Section of roller

사용된 소재는 냉간압연강판(SPCC)으로서 이 소재의 기계적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1 Material properties

Young's modulus (GPa)	210
Yield strength (MPa)	255
Ultimate tensile stress (MPa)	353
Poisson's ratio	0.3

소재의 크기는 두께 2mm 너비 62mm이며 소재로

부터 제품의 최종 형상이 나오기까지 각 패스에서 소재의 형상은 Fig.3과 같다.

제품의 형상이 좌우 대칭임을 고려하여 해석을 수행하였으며, 각 패스의 간격은 303mm로 설정되었는데, 18번, 19번 패스는 151.5 mm로 설정되었으며, 롤과 소재의 마찰계수는 0.1이다.

Fig.4는 제작 공정에서 각 패스의 배치를 보여주고 있다.

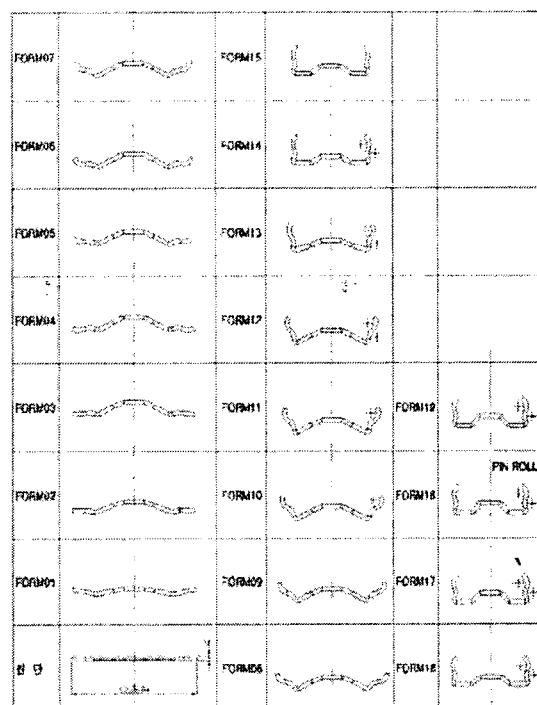


Fig.3 Deformation of work piece on each pass

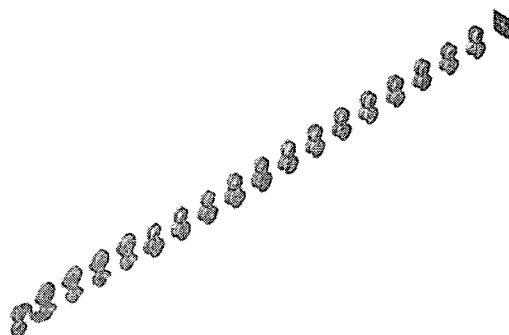


Fig.4 Arrangement of pass

생산현장에서의 요구에 의해 제품의 품질과 생산성에 영향을 미치는 것으로 예상되는 인자인 롤러의 각속도와 롤러 사이 간격을 조정하여 24가지 작업조건으로 해석을 수행하였다. Table 2 는 작업조건을 보여주고 있으며, 현재 사용되고 있는 조건은 롤러간격 2mm, 각속도 3m/min이다.

Table 2 Condition of work

작업 조건	롤러 각속도 m/min	롤러 간격 mm	작업 조건	롤러 각속도 m/min	롤러 간격 mm
1	2.5	1.95	7	2.5	2
2	3.0	1.95	8	3.0	2
3	3.5	1.95	9	3.5	2
4	4.0	1.95	10	4.0	2
5	4.5	1.95	11	4.5	2
6	5.0	1.95	12	5.0	2
작업 조건	롤러 각속도 m/min	롤러 간격 mm	작업 조건	롤러 각속도 m/min	롤러 간격 mm
13	2.5	2.05	19	2.5	2.1
14	3.0	2.05	20	3.0	2.1
15	3.5	2.05	21	3.5	2.1
16	4.0	2.05	22	4.0	2.1
17	4.5	2.05	23	4.5	2.1
18	5.0	2.05	24	5.0	2.1

### 3. 해석의 결과 및 분석

해석은 DELL 670 워크스테이션에서 수행하였고 전체 해석시간은 23시간, 각 패스 당 약 1시간10분이 소요 되어 범용 해석 소프트웨어를 사용했을 때<sup>2</sup> 보다 월등히 빠른 해석 시간을 보여 주고 있다.

현재 생산 현장에서 사용하고 있는 작업 조건인 롤러 간격 2mm 롤러 각속도 3m/min 조건에서의 Total effective strain, Longitudinal strain, Thickness 변화량의 플라워 패턴(Flower pattern)은 Fig.5 ~ Fig.7 과 같다.

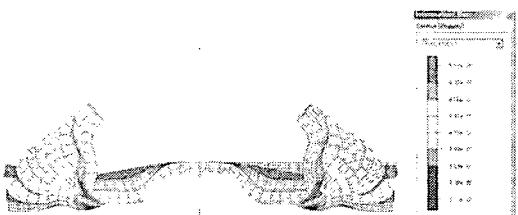


Fig.5 Thickness

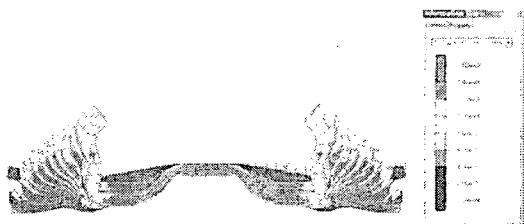


Fig.6 Total effective strain

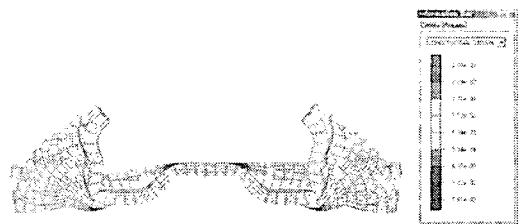


Fig.7 Longitudinal strain

Table 2 의 작업 조건에 의한 시뮬레이션 결과를 Table 3 에 정리하였다.

Table 3 The result of analyses

작업조건	Thickness 변화량 (mm)	Total effective strain	Longitudinal strain
1	5.28E-01	1.91E+00	9.62E-02
2	5.26E-01	1.89E+00	8.49E-02
3	5.25E-01	1.88E+00	7.96E-02
4	5.24E-01	1.75E+00	7.06E-02
5	5.23E-01	1.69E+00	6.66E-02
6	5.21E-01	1.63E+00	6.16E-02
7	5.16E-01	1.67E+00	3.00E-02
8	5.17E-01	1.60E+00	2.88E-02
9	5.20E-01	1.59E+00	2.78E-02
10	5.22E-01	1.66E+00	2.58E-02
11	5.24E-01	1.66E+00	2.90E-02
12	5.28E-01	1.52E+00	2.61E-02
13	5.21E-01	1.83E+00	2.75E-02
14	5.22E-01	1.73E+00	2.64E-02

15	5.22E-01	1.73E+00	2.52E-02
16	5.28E-01	1.64E+00	2.50E-02
17	5.30E-01	1.60E+00	2.63E-02
18	5.33E-01	1.50E+00	2.64E-02
19	5.28E-01	2.20E+00	2.91E-02
20	5.26E-01	1.59E+00	2.77E-02
21	5.31E-01	1.52E+00	2.64E-02
22	5.34E-01	1.49E+00	2.66E-02
23	5.37E-01	1.43E+00	2.63E-02
24	5.39E-01	1.35E+00	2.65E-02

Table 3 과 같이 결과 값은 롤러사이의 간격보다 롤러의 각속도에 의해 영향을 받음을 알 수 있다. 롤러사이의 간격의 변화에 따른 변화도 있으나 매우 근소한 변화로, 각속도에 의한 변화가 크게 작용하고 있다. 각속도가 증가함에 따라 단 소재에 미치는 압력은 적어지게 되며 Total effective strain과 Longitudinal strain에서도 작은 값을 보여 소성가공에 바람직한 영향을 주는 것으로 판단된다. 그러나 작업조건 1~6에서 롤러의 간격설정을 소재의 두께보다 작게 설정했을 때와 작업조건 19~24와 같이 소재의 두께보다 지나치게 크게 했을 때는 두께 변화량이 급격하게 커지는 것을 볼 수 있다. 또한 작업조건 1~6의 경우 Longitudinal strain 이 다른 작업조건에서 보다 크게 나와 가공에 악영향을 미치는 것으로 판단된다.

작업조건 7~24에서도 각속도가 큰 쪽이 더 큰 두께 변화를 보이고 있으므로 제품의 요구 정밀도에 따라 각속도를 조정하여 제품을 생산해야 할 것이다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 롤 포밍 해석 소프트웨어인 SHAPE-RF를 이용하여 롤 포밍 공정을 시뮬레이션하였고 그 결과를 바탕으로 롤러설계에 적용할 수 있음을 살펴보았다.

이러한 소프트웨어의 활용은 제품 및 공정의 설계시간을 단축하고 시제품 제작 과정에서의 시행착오를 최소화 하여 생산성을 향상시킬 수 있음을 기대해 볼 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

1. Suk-mu Hong , Naksoo kim., (2001), "Study on Scratch Defact of Roll Forming Process" KSME, Vol. 25, pp. 1213-1219.
2. Kwang-Hewi Kim, (1999), "Design od Forming Roll using Finite Element Analysis," KSOE Vol. 13, pp. 75-81.
3. Seungyoon Lee, Naksoo Kim, (2002), "Prodiction and Design of Edge Shape of Initial strip for Thick Tube Roll Forming using Finite Element Method," KSME Vol. 26, pp. 644-652
4. J.H. Suh, (1999), "Thin steel sheet Roll Forming and Lord Analysis," Transactions of Meterials Processing Vol. 8, pp. 544-562
5. Frank Heislitz, , Hayder Livatyalı, Mustafa A. Ahmetoglu, Gary L. Kinzel, Taylan Altan, (1996), "simulation of roll forming process with the 3-D FEM code PAM-STAMP," Journal of Meterials Processing Technology Vol. 59, pp. 59-67
6. M. Brunt, B. Lay, P. Pol, (1996), "Computer aided design of roll-forming of channel sections," Journal of Meterials Processing Technology Vol. 60, pp. 209-214
7. M. Brunt, S. Mguil, P. Pol, (1998), "Modeling of a roll-forming process with a combined 2D and 3D FEM code, Journal of Meterials Processing Technology Vol. 60, pp. 209-214
8. Naksoo Kim, hyungjong Kim, (2002), 소성가공과 해석, munen, Inc., seoul
9. Yungsuh suh, Byungdo choi, Kwangho Song, (2001), 소성가공, Kijun, Inc., seoul.