프레스 공정 단축을 위한 회전식 트랜스퍼 성형장치 개발

김승기^a, 윤재웅^{b*}

Development of Rotary Transfer Forming Device for Process Reduction in Forming

Seung-Gi Kim^a, Jae-Woong Youn^{b*}^a Department of Mechanical Engineering, Graduate school of Daegu University, 15 Naeri, Jillyang, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, 712-714, Korea^b Division of Mechanical and Automotive Engineering, Daegu University, 15 Naeri, Jillyang, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, 712-714, Korea

ARTICLE INFO

Article history:

Received 5 September 2014

Revised 13 October 2014

Accepted 14 October 2014

Keywords:

Forming process

Transfer forming

Rotary forming device

Forming speed

Tandem dies

ABSTRACT

Although the transfer forming process has various advantages, it is also inefficient for the use of multiple press machines, especially for small part sizes. In this study, a new forming process was proposed to use multiple tandem dies in a single press machine. A rotary transfer forming device was developed to combine the advantages of the progressive and transfer forming process. In this study, a detailed forming process using this device was analyzed, and the device was designed to perform four series of tandem forming processes in a single press. In order to analyze the feasibility of this forming process, simple forming dies were made. As a result, the position accuracy was 4 arcsec, and the forming speed reached up to 20 strokes per minute. It is thought that this rotary transfer forming device can help to save initial setup costs through the more efficient use of space in a press machine.

1. 서론

최근 프레스 공정시스템의 효율화를 위한 성형공정의 자동화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 크게 프로그레시브 금형^[1-7]과 트랜스퍼 금형을 이용한 이송성형 공정시스템의 구축이 많이 활용되고 있다. 프로그레시브(Progressive) 금형은 한 대의 프레스 내에서 한 개의 금형 안에 다양한 공정이 가능하도록 하여, 금형 내에서 소재를 이송하며 성형하는 생산방식이고, 트랜스퍼(Transfer) 금형은 여러 대의 프레스 기계를 사용하며 소재를 이송시키면서 단발식의 프레스 성형을 수행하는 생산방식이다. 일반적으로 대형 제품의 포밍(Forming), 플렌징(Flanging), 벤딩(Bending), 피어싱(Piercing), 노칭(Notching) 공정 등에는 트랜스퍼 성형공정을

사용하게 되고, 이때에는 여러 대의 프레스 및 자동 이송장치가 필요하다. 반면, 소형 제품의 단계별 성형은 보통 프로그레시브 금형이 많이 활용된다. 얇은 박판의 단순한 벤딩 또는 피어싱 공정에는 주로 프로그레시브 금형을 이용하지만, 제품의 형상이 복잡하고, 다양한 성형을 수행하는 경우에는 트랜스퍼 금형을 사용한다. 트랜스퍼 금형을 이용한 성형공정의 경우, 단일 프레스 내에 여러 개의 금형을 넣을 수 없기 때문에, 여러 대의 프레스에 각각의 탠덤(Tandem) 금형을 장착하고, 소재는 단계별로 순차 이송되면서 성형되는데, 보통 소재는 직선경로를 따라 각 금형으로 이송되어진다^[8-10]. 트랜스퍼 금형을 이용한 성형공정에서 한 프레스 내에 많은 수의 금형을 필요로 하는 성형공정에서는 프레스 내의 공간이 협소하여 추가의 프레스가 필요하거나, 효과적인 단계별 성형

* Corresponding author. Tel.: +82-53-850-6684

Fax: +82-53-850-6689

E-mail address: jwyoun@dae.ac.kr (Jae-Woong Youn).

이 이루어질 수 없다는 단점이 있다.

본 연구에서는, 현재 개발된 이송성형의 장점을 부각시키고, 단점을 보완할 수 있는 회전식 트랜스퍼 성형 이송장치(Rotary transfer forming device)라는 새로운 메카니즘의 방식을 이용한 성형 이송 장치를 개발하고자 한다. 이는 한 대의 프레스 내에서 여러 개의 금형을 장착하고, 소재가 회전형으로 이송되는 장치로서 프로그레시브 금형과 트랜스퍼 금형의 장점을 합해 놓은 복합식 성형공정으로 프레스 내의 협소한 공간 내에 많은 수의 탠덤금형을 장착할 수 있다. 이러한 장치로 하여금 프레스 공정의 단축을 이룰 수 있으며, 생산성 향상을 기대할 수 있다. 또한, 기존의 이송성형보다 생산속도가 크게 향상되고, 단일 프레스 내에 협소한 공간에 많은 금형을 포함시킬 수 있게 됨으로써 생산단가가 저하와 초기 투자비용 절감으로 인해 저비용 투자로 설비를 갖추 수 있다.

현재 프레스 생산 공정 과정 중 판재 소재에 대한 성형 가공에서, 소재의 직선 이송을 통한 트랜스퍼 금형은 많이 활용되고 있으나, 회전식 트랜스퍼 성형 장치는 기존과는 차별화된 새로운 메카니즘의 성형 기술이다. 이러한 성형장치를 개발하기 위해, 기존의 직선 이송의 경우와는 다른 고려사항들이 있을 것으로 판단되며, 본 연구에서는 회전식 트랜스퍼 성형장치의 설계기준을 제시하고자 한다. 먼저, 설계기준으로 고려되어야 할 주요 대상으로는 재료의 회전 이송을 위한 동력전달 방법, 한 대의 프레스 내에서 수행되어야 하는 이송장치의 세부 작동 시퀀스(Sequence) 및 소재의 이송방법, 소재의 클램프 방법, 소재의 투입 및 취출 방법 등이라 할 수 있다.

또한, 개발된 회전식 트랜스퍼 성형장치가 실제 프레스 공정에 적용이 가능한지 여부에 대하여 시험용 소재를 선정하고 개발된 제품을 사용하여 직접 성형해 봄으로써, 성형성 및 성형품질에 대해 분석하고 다양한 성능평가 실험을 수행하고자 한다.

2. 회전식 트랜스퍼 장치의 설계

2.1 회전식 트랜스퍼 장치의 개념설계

본 연구에서 개발하고자 하는 회전식 트랜스퍼 성형 이송장치는 Fig. 1과 같이 단일 프레스 기계 내의 중심에 위치하며, 각 탠덤금형은 장치와 일정한 거리만큼 떨어져 설치되어 각 공정에서 소재를 회전 이송하여 다음 공정으로 전달한다. 이러한 장치를 개발하기 위해 고려한 동작 조건으로 프레스의 상형이 상향하여 충분히 안전성이 보장될 때 동작하여 소재를 픽업(Pick-up)하여야 하며, 다음 공정으로 전달하여 드롭(Drop) 동작까지 행해져야 한다. 또한, 프레스의 상형이 하향하여 공정이 이루어지는 동안 기계 및 장치들 간의 충돌을 방지하기 위해 장치는 간섭이 일어나지 않는 안전한 위치에 회피하여야 한다. 그리고 회피동작과 픽업 및 드롭동작 사이에는 장치가 상·하로 리프트운동을 해야 하며, 이는 재료를 흡착

Fig. 1 The concept of rotary transfer forming device

Table 1 Operation sequence of rotary transfer forming device

Process steps	Operation of the device	
	Rotary transfer device	Press
1. Initial Set-up	Safety zone	Dwell
2. Pick-up (1)	Lift up	-
3. Pick-up (2)	45° Rotation (CCW)	-
4. Pick-up (3)	Lift down	-
5. Pick-up (4)	Pick-up	-
6. Rotary Transfer	90° Rotation(CW)	-
7. Drop (1)	Lift down & Drop off	-
8. Drop (2)	Lift up	-
9. Return (1)	45° Rotation(CCW)	-
10. Return (2)	Lift down	-
11. Press Proces-s	-	Press

하기 위해 가이드 포스트를 피해 탠덤금형의 중심에 위치하여 재료가 있는 곳 까지 장치가 내려가야 하기 때문이다.

한편, 프레스 장비 내에 위치해야 하는 장치의 특성으로 인해 프레스 공정이 이루어지는 동안 안전하게 회피할 수 있는 위치를 고려한 결과, 장치가 안전하게 회피할 수 있는 위치는 탠덤금형들의 사이공간에 회전 및 상·하 리프팅 운동을 하여 회피하는 것이 가장 적합하다고 판단하였다. 즉, 재료를 다음공정으로 이송하기 위해 장치가 90° 각도로 회전해야 한다면 45° 위치가 바로 장치가 안전하게 회피할 수 있는 위치라고 할 수 있다. 회전식 트랜스퍼 성형 이송장치가 재료를 이송시키기 위해 한 사이클에 필요한 최소 동작은 Table 1과 같다. 재료를 이송시키기 위해 총 11단계의 움직임이 필요하며, 프레스가 상단에서 휴지되면 장치가 동작하고, 프레스 공정이 이루어 질 때 장치의 동작 사이클은 완료되어야 한다.

본 연구에서는, 장치의 개발과 더불어 장치의 성능을 평가하기 위한 금형의 제작도 진행하였다. 먼저, 공정수와 소재를 선정하였으며, 실험에 사용할 프레스 장치의 크기와 공간을 고려하여, 회전식 트랜스퍼 장치의 위치와 탠덤금형의 크기 및 위치들을 선정하였다. 장치와 금형의 위치를 우선적으로 선정함으로써, 공간에 대한 정보를 사용하여 기본적인 외형에 대하여 회전식 트랜스퍼 장치의 설계사양을 정할 수 있으며, 선정된 설계사양은 Table 2와 같다.

Table 2 Specifications of the device

1. Process(No. of tandem die)	4
2. Rotational Accuracy	20 μ rad(4arcsec)
3. Productivity	20 stroke per minute

회전식 트랜스퍼 성형 이송장치는 일반적인 자동화 공정에 이용되는 직선 순차이송 방식이 아닌 회전식 순차이송 방식이므로 회전의 주동력원의 선정이 중요하다. 본 연구에서는 공압식과 모터를 이용한 제어 두 가지 방법에 대하여 고려하였으며, 공압 방식은 속도제어에서 모터 방식보다 고속으로 제어 할 수 있다는 장점이 있지만, 속도가 빠를수록 정지할 때의 충격량이 상당하다. 따라서 개발하는 성형장치에는 공기압방식 보다 서보모터를 선정하였으며, 서보모터의 동력은 아래 식 (1) ~ (4)를 활용하여 필요 동력을 구하였다. 위의 식 (1)에서 구동을 위해 필요한 동력을 구하기 위해서는 각속도(w)와 토크(T)를 알아야 하며, 각속도는 개발자에 의해 설정이 가능한 모터의 분당회전수(N)를 통하여 구할 수 있다. 토크는 2차 단면 모멘트(I)와 가속도(a)를 통해 식 (2)와 같이 구할 수 있으며, 이때 가속도(a)는 각속도(w)를 시간(t)로 나누어 구할 수 있다. 다음, 식 (3)에서는 회전체의 질량(m)과 회전반경(r)을 이용하여 2차 단면 모멘트를 구할 수 있다. 식 (4)는 2차 단면 모멘트를 구하기 위해 필요한 질량을 구하기 위한 식이며, 질량은 회전체의 면적(A)과 높이(h), 밀도(ρ)를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P = w * T \quad (w = \frac{2\pi N}{60}) \quad (1)$$

$$T = I * a \quad (a = \frac{w}{t}) \quad (2)$$

$$I = \frac{mr^2}{2} \quad (3)$$

$$m = A * h * \rho * 1,000,000 \quad (4)$$

먼저, 모터가 회전시키는 날개부의 질량은 약 5 kg로 하였고, 장착되는 부품의 무게를 포함하여 6 kg으로 설정하여 계산하였다. 각속도와 가속도는 각각 모터의 최대 속도인 6000 rpm에 대하여 각각 471 rad/s와 1570 rad/s²으로 설정하였으며, 장치의 반지름은 280 mm로 하였다. 그 결과 모터의 요구동력은 132 W가 된다. 이와 같은 값을 기준으로 하여 설계상의 모터 동력은 이론상의 동력의 1.5배 ~ 2배가 되도록 하는 것이 모터 수명 및 장치의 안정성에 대하여 바람직하다고 할 수 있다. 그러므로 이론상의 최소 요구동력이 132 W였다면, 설계상의 요구 동력은 200 ~ 250 W가 되며 모터의 선정 또한 200 ~ 250 W정도의 동력을 가진 모터를 선정하였다.

2.2 회전식 트랜스퍼 장치의 상세설계

위에서 설계한 회전식 트랜스퍼 장치의 개념은 하나의 프레스

Table 3 Main components of the device

Item	Application	Device	Specifications
Transfer	Rotation	Servo motor	Power : 200 W
	Lift	Guide cylinder	Stroke : 100 ~ 250 mm
Control	Sequence control	PLC	Input : 16 ch Output : 16 ch
	Display & operate	HMI	LCD text and graph
Pick-up	Vacuum generation	vacuum pump	vacuum pressure : -90 kPa
	absorption	Pad	Diameter : 30Pi (Urethane/NBR)

장치 내에서 순차적으로 성형 공정이 이루어지도록 하는 여러 개의 탠덤금형을 설치하고 공정의 순서에 따라 재료를 회전 이송시키는 장치이다. 우선, 장치의 주요 부품의 선정에 있어서 장치의 동작 특성에 따라 Table 3과 같이 트랜스퍼 부, 컨트롤러 부, 재료픽업 부 세 가지로 분류하여 선정하였다.

트랜스퍼 부는 재료를 회전 이송시켜야 하기 때문에 속도의 안정성이 보장되어야 하므로 서보모터로 선정하였다. 한편, 상·하 리프트 동작은 정밀도 및 속도를 고려하여 공압식 실린더를 적용하고, 한 번에 리프팅 시키는 거리가 길어지게 되면 실린더의 크기와 장치의 크기 또한 커지게 되므로 이를 고려하여 중간 부분을 나누어 2층 구조로 설계하였으며, 각 층에 두 개의 실린더를 설치하여 상·하부로 설계하였다.

컨트롤러 부분은 전체적인 동작을 제어하는 시퀀스제어와 화면 표시 및 조작에 관하여 설계하였다. 출력된 화면에서는 장치의 위치설정을 수동으로 제어할 수 있도록 하였으며, 공정 시의 상태를 실시간으로 출력하여 작업자에게 공정 상태를 전달할 수 있는 HMI 부품을 선정하였다. 또한, 장치의 전체적인 동작제어를 위해 여러 가지 동작을 단계적 혹은 동시적으로 제어하는 방식으로 현재, 로봇과 여러 기계장치에 보편적으로 사용되는 PLC제어 방식을 선정하였다.

마지막으로 재료를 픽업하기 위한 방식의 선정으로 시험용 소재의 블랭크 무게와 접촉면적을 고려하여 진공흡착패드를 이용하여 재료를 픽업하도록 하였다. 또한, 재료를 픽업하는 시간을 단축시키기 위해 진공이젝터를 진공흡착패드와 최대한 가까운 곳에 위치시켜 진공을 발생시키는 시간을 단축시켰다.

이러한 상세설계 내용을 바탕으로 회전식 성형이송 장치의 3차원 모델링을 진행하였다. 3차원모델링 결과를 활용하여 시뮬레이션을 실행하여 설계단계에서 회전식 트랜스퍼 성형 이송장치의 간섭 부분 혹은 간섭이 우려되는 부분 등을 확인하였으며, 실제로 회전부에서 금형과의 접촉이 우려되어 설계를 수정하기도 하였다. 변경된

Fig. 2 3D modeling of the rotary transfer forming device

설계가 3차원 모델링 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

3. 회전식 트랜스퍼 장치의 제작

3.1 회전식 트랜스퍼 장치의 제작

장치의 동작 시퀀스의 제어는 위에서 언급하였듯 PLC제어를 활용하였다. 제어에 관련된 부속품들로 상·하부 실린더와 진동 이젝터 및 서보모터가 있으며, 동작 조건의 설정에 사용된 센서는 고주파센서와 포토센서 2가지로 고주파센서는 프레스의 움직임을 감지하기 위함이고, 포토센서는 회전식 트랜스퍼장치의 원점을 탐색하기 위하여 사용되었다.

PLC제어의 개념을 Fig. 3에 순서도로 나타내었다. 제어 순서는 장치에 전원이 인가되면 이전에 설정된 동작에 관한 시퀀스를 인지하며, 수동조작을 통해 장치의 이상여부를 확인한 후 모든 부속품들을 원점으로 복귀 시켜야만 자동 동작이 가능하다. 회전식 트랜스퍼 장치가 원점에 위치하였다면, 장치에 로딩 된 동작 시퀀스를 자동으로 실행시키기 위해 작업자에 의한 입력신호가 필요하며 입력신호에 따라 장치가 동작을 반복하게 된다. 하지만 이 장치는 독립적으로 제어되는 다른 성형장치와 연동되어 동작하기 때문에 서로 동작의 순서가 엉켜서는 안 된다. 한 번의 충격만으로도 장치 혹은 금형에 치명적일 수 있기 때문에, 별도의 센서신호를 통해 기계의 움직임을 감지하도록 하여 트랜스퍼 장치가 안전하게 구동될 수 있도록 하였다. 즉, 별도로 설치된 포스트에 두 개의 고주파 센서를 장착하여 프레스의 동작을 감지하고 신호를 받아 장치를 제어하도록 하였다. 고주파센서는 프레스가 하강할 때에는 순차적으로 상부에 위치한 고주파센서가 먼저 감지하고 하부의 센서가 다음으로 감지하여 프레스가 하강한다고 판단하며, 반대로 프레스가 상승할 때에는 하부에 위치한 고주파센서가 먼저 프레스를 감지하고 다음으로 상부 센서가 감지하여 프레스가 상승하고 있다고 판단하도록 하였다. 또한, 처음에 장치를 동작 시키는 조건으로 생산물량을 설정하면 조건이 충족될 때까지 자동으로 입력된 동작이 반복되며, 매 사이클 마

Fig. 3 Flowchart of the PLC program

Table 4 Specifications of the servo motor

Servo Motor Model	SGMAV-02 series
Max. Applicable Motor capacity W	200 W
Rated / Max. Motor speed	6000 r/min
Continuous Output Current	2.0 A
encoder resolution	0.01 mm/pulse
Rated Angular Acceleration	51800 rad/s ²

다 카운트하여 조건이 충족되면 자동으로 멈추게 된다.

본 연구에서 개발하고자 하는 장치의 전체적인 동작에 관한 프로그램은 다음과 같다. 장치의 제어에 있어서 주요제어 인자로 진공 이젝터와 서보모터라고 할 수 있으며, 진공 이젝터의 경우 ON/ OFF 방식으로 간단히 제어할 수 있는 반면, 서보모터의 경우는 서보팩과 같이 별도의 제어방식을 사용하여 제어를 하여야 한다. 본 연구에서 장치제작에 사용된 서보모터는 Yaskawa사의 SGMAV-02A series이며, 이를 제어하기 위한 서보 팩(Servo-Pack)은 SGD V-2-R1F 모델을 사용하였으며, 장치의 제원은 Table 4와 같다.

Fig. 4 Configuration of HMI module

현재, 장치에서의 서보모터는 시계방향(+)을 기준으로 하여 ($\pm 45^\circ$ 와 (+) 90° 의 회전각으로만 회전하기 때문에 복잡한 임의의 각도제어보다는 간단한 제어이므로 서보모터 제조사에서 제공해주는 파라미터를 사용하여 프로그래밍 하였다.

회전식 트랜스퍼 장치의 전체적인 동작에 대한 제어 및 주요 부품의 제어는 작업자가 직접 조작이 가능하며 장치의 공정상태 및 알람을 표시하기 위한 컨트롤러의 HMI(Human MachineInterface)를 제작하였다. HMI의 화면 구성에 대해 Fig. 4에 나타내었으며, 메인화면과 설정화면으로 나누어 화면을 구성하였다. 먼저, 메인화면에서는 장치의 상태를 관찰하거나 주요부품들에 대해 수동으로 조작이 가능하고, 다음 설정 화면에서는 서보모터 및 이젝터와 같은 주요제어 부품에 대해 간단한 파라미터 설정, 고주파센서 동작 확인, 실린더의 동작설정 등이 가능하다. 메인화면은 총 9개의 파트로 구성되고, 설정화면은 5가지 파트로 이루어져있다.

Fig. 4는 메인화면으로, ① 자동공정 상태표시 램프, ② 모터 조작 및 상태표시, ③ 원점복귀 명령, ④ 설정된 모터 위치(회피위치, 픽업, 드롭) 이동 기능, ⑤ 장치의 자동공정 진행상태 표시, ⑥ 진공 흡착부 수동 조작, ⑦ 상부 실린더 조작, ⑧ 하부 실린더 조작, ⑨ 모터 동작중지 신호 토글(toggle)스위치로 구성되어 있다.

한편, 장치의 하드웨어적인 부분에 대해 앞선, 2차원 및 3차원 모델링으로 장치의 기본설계 결과와 적절한 부속품의 선정을 바탕으로 본 연구에서는 회전식 트랜스퍼 장치를 실제 제작하였다. 제작된 회전식 트랜스퍼 장치는 서보모터 제어를 통해 회전하며, 4개의 박형 가이드 실린더를 통해 리프팅 된다. 정밀 장치의 경우 부식으로 인한 오차를 최소화 시켜야 하기 때문에 일반적으로 스테인리스 스틸로 많이 제작되며, 그 중 활용용도가 넓고 기계, 기구 제품에 보편적으로 사용되는 SUS304 재질로 제작하였다. 제작된 성형 이송장치와 컨트롤러는 Fig. 5와 같다.

3.2 성능 평가를 위한 금형 설계 및 제작

본 연구에서는 회전식 트랜스퍼 이송장치를 개발하였으며, 이

Fig. 5 Manufactured rotary transfer forming device

Fig. 6 Forming Limited Diagram

송장치의 성능을 검증하기 위한 4공정으로 구성된 한 세트의 금형이 동반되어야 한다. 본 연구에서는 이를 위해 간단한 형상을 갖는 제품의 성형을 위한 금형제작을 진행하였다.

먼저, 성형장치의 설계 사항으로는 이송장치의 사양과 동일한 4공정으로 제작이 가능한 형상이어야 한다. 본 연구에서는 회전식 트랜스퍼 성형장치의 성능 평가가 주 관심사항이므로 성형 시험용 소재는 최대한 간단한 형상을 갖도록 선정하였다. 공정은 노칭, 1차 벤딩, 2차 벤딩, 피어싱 순서대로 4공정을 갖도록 하였다.

시편을 제작하기 위해 공정분석을 실시 한 후, 각 공정별 적절한 금형을 설계하기 위해 FEM 성형 해석을 실시하였다. 성형 해석에는 PAM-Stamp(ESI) 프로그램을 사용하여 기존의 성형해석 프로그램 보다 박판 성형해석을 미세한 부분에서 세밀한 응력의 분포 등을 분석 하였으며, 각 공정별로 FLD(Forming Limited Diagram)를 통해 각각의 공정에 필요한 응력을 균등하게 분배되도록 설계 하였다. Fig. 6은 성형해석을 통한 성형 한계도를 나타낸 것이며, 그림에서 볼 수 있듯이 굽힘 부의 내측에서 최대변형률이 발생하게 된다. 하지만 유효변형률의 최대값은 0.26 정도로 그리 크지 않았으며, 전단이 발생하지 않기 때문에 성형을 진행하여도 무방하다고 판단된다. 이외에도 굽힘 반경과 스프링 백(Spring-back) 등을 고려하여 금형을 설계 하였다.

이와 같은 성형해석 결과를 바탕으로 공정별로 각각의 텐덤 금형을 설계 하였으며, 금형은 일반적인 스틸의 벤딩 공정에 가장 널리 사용되고 있는 재료중 하나인 고경도 재료인 STD11 강을 사용하여 제작하였으며, 제작된 금형의 형상은 Fig. 7(a)와 같다.

(a) Assembled tandem dies

(b) Assembled device

Fig. 7 Assembled dies and device

4. 프레스와 회전식 트랜스퍼 장치연동 및 평가

본 연구에서는 프레스 공정 단축을 위한 회전식 트랜스퍼 성형 이송장치에 대하여 공정분석 및 해석 등을 통해 금형과 회전식 트랜스퍼 장치를 제작하였다. 먼저, 개발된 장치에 대하여 성형실험을 진행하기 위해 금형과 회전식 트랜스퍼장치를 조립하였으며, 이를 Fig. 8에 나타내었다. 금형을 프레스에 안착시킨 다음 상형과 하형 및 트랜스퍼 장치 사이의 간섭에 대하여 재차 확인한 결과 금형과 장치간의 간섭에 대한 문제는 발견되지 않았다.

제 1공정인 노칭 공정이 이루어지는 탠덤금형에 소재가 투입이 되면 프레스가 동작하며, 이때 트랜스퍼 장치는 회피 각으로 이동하여 회피하게 된다. 다음, 공정을 완료한 프레스가 상승하게 되면 다시 재료를 이송시키기 위해 이송장치는 금형 사이에서 회전하여 재료를 픽업하고 다음 공정이 이루어지는 탠덤금형으로 이송하게 된다. 이러한 동작이 연속해서 이루어 지게하기 위해 고주파 센서를 이용하여 트랜스퍼 장치와 프레스의 하강/상승 동작을 동기화하였다. 이와 같은 장치의 동작을 Fig. 9에 나타내었다.

Fig. 8의 ①로 부터 ④까지 화살표의 진행방향에 따라 소재가 이송된다. 사진에 볼 수 있듯 3개의 소재가 프레스 공정을 마친 상태이며, 이때 진공 흡착패드 위치는 회피 위치가 (회피각 45° 위치)가 된다. 공정을 마친 재료를 이송하기 위해 Fig. 9의 ③에서와 같이 상·하부 실린더가 먼저 상승하고 회전부가 반시계방향으

Fig. 8 Part feeding of the rotary transfer device

Fig. 9 Setup of rotary transfer forming device

로 45° 회전하면 진공 이젝터가 작동되며 동시에 실린더가 하강하여 재료를 픽업하고, 실린더가 다시 상승하게 된다. 실린더가 상승

Fig. 10 Part forming results

하면 Fig. 8의 ④와 같이 시계방향으로 90° 회전하여 다음 공정의 금형위로 이송하며, 먼저 실린더가 완전히 하강하면 진공 이젝터가 작동을 멈추며 재료를 내려놓게 된다. 이렇게 재료의 이송을 마치면 다시 실린더가 상승하여 반시계방향으로 45°회전하여 실린더가 하강하면서 회피동장을 하게 된다. 이러한 동작의 사이클이 반복적으로 진행되면서 재료의 순차적 이송을 이루게 된다.

한편, 본 연구에서는 회전식 트랜스퍼 성형 이송장치의 성능을 평가하기 위해 개발된 성형 이송장치를 Fig. 9에서와 같이 프레스 내에 장착한 후, 두 가지 시험을 진행하였다. 먼저, 공정속도를 측정하기 위해 소재를 투입하고 최고 속도로 운전하였다. 그 결과 분당 20회의 사이클(20 SPM) 속도로 안정적인 운전이 이루어졌다. 두 번째는 실제 시험용 소재를 성형하며 소재의 이송 정밀도를 측정하였다. 그러나, 측정 장비의 설치, 방법, 측정 오차 등의 제약으로 계측이 어렵다고 판단되어, 모터의 분해능을 분석하여 이송정밀도로 대체하였다. 모터 엔코더의 분해능은 제작된 장치의 위치정밀도와 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다. 본 시스템의 분해능은 0.01 mm/pulse이며, 금형 내에서 소재가 정위치에 장착될 수 있도록 약간의 구배가 존재하기 때문에 정밀 이송을 하는 데는 문제가 없을 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 개발된 회전식 트랜스퍼 성형 이송장치는 4 ~ 5 공정을 갖는 제품의 성형에 대하여 활용이 가능하다. 기존에 이러한 제품을 성형하기 위한 방법으로 트랜스퍼 금형을 이용한 성형 방식은 4 ~ 5개의 프레스와 3 ~ 4개의 이송장치가 필요하며, 프로그래시브 금형에서는 소화할 수 없었던 다양한 탭형 성형공정을 본 장치는 효과적으로 대체할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 생산성에서도 20 SPM의 속도로 생산이 가능하며, 기존에는 4명의 작업자 혹은 4대의 이송장치가 필요하였기 때문에 생산라인 구축비용의 부담이 컸지만, 회전식 이송장치를 활용한다면 구축비용을 기존 비용의 75%정도 절감할 수 있어 제품의 질을 향상시키고 원가를 절감시킬 수 있을 것으로 판단된다. Fig. 10은 본 장치를 이용하여 성형한 단계별 성형품의 모습을 보여주고 있다.

한편, 본 장치는 기존의 성형 공정에 비해 금형의 운영이 일부 제한적일 수 있다. 이것은 Fig. 9에서 보듯이, 이송장치가 금형과의 충돌을 회피하기 위해 하형 내부로 회피하는 공간이 필요하며 일반적인 경우에 비해 하형의 높이가 커야 하기 때문이다.

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 트랜스퍼 금형과 프로그래시브 금형들의 장점들을 조합하여 회전식 트랜스퍼 성형 이송장치를 개발 하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 프레스 공정의 자동화에 관련하여 기존의 직선이송방식이 아닌 회전이송방식의 새로운 메카니즘을 제시하였다.
- (2) 제시한 메카니즘 관련하여 장치를 설계하기 위한 고려인자들을 제시하였고, 적절한 부품선정 방법에 대해 설명하였다.
- (3) 공정 수 4~5공정의 간단한 형상을 갖는 제품에 대해 최대 20SPM의 속도로 제품의 성형이 가능하다.
- (4) 회전식 트랜스퍼 이송장치는 기존의 장치들 보다 협소한 공간에서 활용이 가능하고, 초기설비를 구성하는 비용이 기존 방식의 약 1/4로 절감시킬 수 있어 저가로 초기의 설비를 구축할 수 있다.
- (5) 그러나, 본 장치는 기존의 프로그래시브 성형 공정이나 개별 성형 공정 등 모든 성형 공정을 대체할 수 있는 것은 아니다. 본 장치는, 기존의 프로그래시브 공정으로는 성형에 한계가 있어 개별 공정으로 성형해야 하는 경우에 대하여 적절한 크기의 프레스가 확보되었을 때 보다 효과적으로 대체할 수 있는 장치로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 2012학년도 대구대학교 학술연구비의 일부 지원에 의한 논문임.

References

- [1] Ryu, H. Y., Kim, S. S., Kim, H. J., Hong, Y. M., Park, J. H., 2007, Development of the Progressive Inner Transfer Die for the Productivity Improvement of the Press, Proceedings of the Korean Society of Machine Tool Engineers 2007:5 467-472.
- [2] Kim, D. Y., Sung, C. Y., Lee, J. W., 2000, A Research on the development of the 3-dimensional Design Automation System for Progressive Die, Proceedings of the Korean Society for Precision Engineering Autumn Conference 2000:10 303-306.
- [3] Youn, J. W., Kim, H. S., 2012, A Study on the Development of Progressive Die and Forming Process for Asymmetric Automotive Door Striker, Journal of the Korean Society Manufacturing Technology Engineering 21:1 167-174.

- [4] Cetinkaya, K., 2007, Design and application an integrated element selection model for press automation line, *Materials and Design*. 28:1 217-229.
- [5] Lin, B. T., Huang, K. M., Su, K. Y., Hsu, C. Y., 2013, Development of an automated structural design system for progressive dies, *Int J Adv Manuf. Technol*. 68:5-8 1887-1899.
- [6] Cheok, B. T., Nee, A. Y. C., 1998, Trends and developments in the automation of design and manufacture of tools for metal stampings, *J Mater Process Technol*. 75:1-3 240-252.
- [7] Sim, S. B., Lee, S. T., Jang, C. H., 2004, A Study on the Development of Multi Forming Progressive Die for Marine Part Material, *Proceedings of the Korea Society for Power System Engineering* 2004:5 78-84.
- [8] Wagener, H. W., Wendenburg, A., 2001, Analysis system Prerequisite for automation in metal-forming technology, *Journal of Materials Processing Technology* 116:1-3 55-61.
- [9] Venables, M., 2006, The pressing needs of production, *Automotive Manufacturing Solutions* Nov:1 56-58.
- [10] Han, J. H., 2012, A work moving device of large press, 1011743250000.