

# 병렬기구로봇을 이용한 다축가공형상의 점진성형 Incremental forming of multi-axis machining features using parallel-type robot

\*#강재관<sup>1</sup>, 이경부<sup>2</sup>, 문영록<sup>3</sup>, 김한성<sup>4</sup>

\*J. G. Kang<sup>1</sup>(jkkang@kyungnam.ac.kr), K.B.Lee<sup>2</sup>, Y.R.Moon<sup>3</sup>, H.S.Kim<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup>경남대학교 기계자동화공학부, <sup>2,3</sup>경남대학교 대학원 첨단공학과

Key words : Incremental forming, Parallel-type Robot, Post-processor, Multi-axis machining

## 1. 서론

기존의 판재 성형법에서는 성형하고자 하는 형상을 가진 금형을 사용한다. 이러한 방법은 대량생산에는 적합하지만 소량생산의 경우에는 금형의 설계와 제작에 따른 시간과 비용면에 대한 부담이 크게 된다. 이를 극복하기 위하여 점진성형법(또는 다이레스 포밍)이 개발되어 활용되고 있다.<sup>1)</sup>

점진성형이란 설계형상의 CAD정보로부터 점진 성형에 관한 정보를 추출하고 CNC제어를 이용하여 점진적으로 성형하는 방법으로 Fig. 1과 같이 소재를 X-Y TABLE에 고정시킨 후, 볼 형상의 말단을 가진 공구가 점진적으로 강압하면서 형상을 만드는 방식이다.

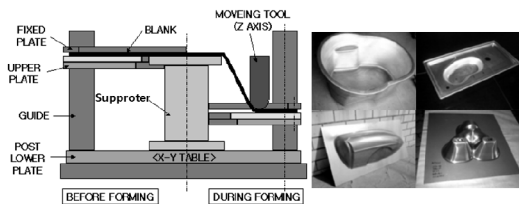


Fig. 1 Principle of incremental forming technology

하지만 지금까지 개발되고 또 연구된 점진성형 공법은 모두 X, Y, Z 직교 3축 형태로 Fig.2와 같은 형상의 경우에는 공구의 접근이 불가능하다.

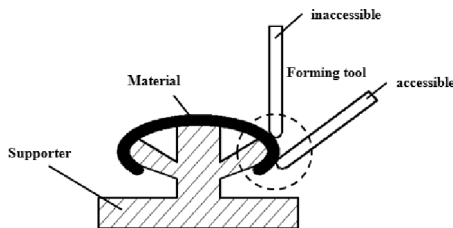


Fig. 2 Forming feasibility

즉 이러한 복잡한 성형을 위해서는 공구축이 임의의 방향으로 회전할 수 있는 추가적인 운동자유도가 필요하다. 이러한 추가적인 운동 자유도는 일반적으로 5축 CNC 머신, 산업용 로봇, 병렬기구 등을 이용하여 얻을 수 있다.

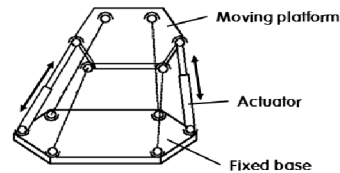


Fig. 3 Schematic of the parallel-type robot

이 중 Fig.3과 같은 병렬기구로봇(Parallel-type robot)은 6개의 선형 액츄에이터가 설치되어 각 액츄에이터가 밀고 당기는 운동을 만들어 하중이 분산되며, 운동자유도가 뛰어나다.<sup>2)</sup>

따라서 본 연구에서는 병렬기구로봇에 다이레스 포밍용 공구 및 치구를 설치하여 점진 가공의 가능성을 확인한 기존의 연구<sup>3)</sup>를 확장하여 다축가공형상의 점진성형의 가능성을 제시하는데 목적이 있다

## 2. 병렬기구로봇을 이용한 점진성형 절차

### 2.1 기구구성

병렬기구로봇을 이용하여 다이레스 포밍을 구현하기 위해서는 Fig. 4와 같이 포밍용 지그와 포밍 공구 등이 설치되어야하며 이 때 포밍용 지그는 병렬기구로봇의 포밍 공구 동작에 따른 구조물간의 간섭을 고려하여 설계되고 설치되어야 한다.

### 2.2 공구 경로 생성 및 포스트프로세서

본 연구에서는 볼 타입의 포밍용 공구가 사용되었으며 이 경우 일반적인 3축 가공에서 TC(Tool Contact)점으로부터 TL(Tool Location)점을 구하는

식은 아래와 같다.

$$r_L = r_C + R(\vec{n} - \vec{u})$$

그러나 본 연구와 같은 복잡한 형상의 다축 가공에서는 TL점 뿐만 아니라 공구와 공작물간의 충돌을 회피할 수 있는 공구의 자세까지도 계산되어야 하며 TL데이터로부터 컨트롤러에 부합하는 동작을 산출하는 포스트프로세서의 개발이 필수적으로 수반되어야 한다.

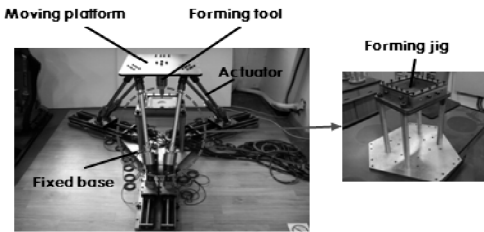


Fig. 4 Developed dieless forming machine based on Parallel-type Robot

포스트프로세서란 공구 자세를 포함한 TL값인  $(p_x, p_y, p_z, \theta_x, \theta_y, \theta_z)$ 로부터 역기구학을 통하여 6축 로봇을 구동할 수 있는 개별 모터의 동작 값인  $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6$  를 생성하는 것을 말한다.

### 3. 적용 예

Fig. 5는 점진성형 형상물 및 등고선 형태의 공구 경로를 병렬기구로봇에 인식가능한 공구 경로로 변환한 모습이다.

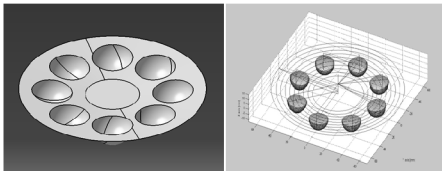


Fig. 5 Forming object and tool path generation

성형조건은 Table 1과 같으며 포밍의 각 과정은 Fig. 6에 나타나 있다.

Table 1 Forming conditions

Tool	Feed Speed	Stepover/Depth	Material
Ball $\varnothing$ 10	600mm/min	0.5mm/0.5mm	Al 1050(0.8t)

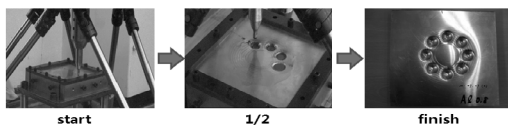


Fig. 6 Incremental forming procedure

포밍이 완료된 형상물은 3차원 스캐너와 측정 데이터 분석 전용 SW를 이용하여 데이터 결과값의 정밀도를 분석하였다. Fig. 7과 같이 성형이 완료된 제품의 단면에 대하여 A영역(3축 포밍)과 B영역(다축 포밍)으로 나누어 최대오차와 평균오차를 계산하였다.

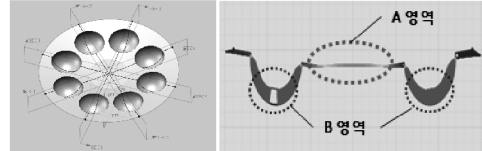


Fig. 7 Inspection results

측정결과 A 영역의 최대오차는 0.53mm이며 평균오차가 0.31mm 차이를 보였다. B 영역의 최대오차는 4.92mm이며 평균오차가 4.23mm 로 계산되었다. B 영역에서의 오차가 상대적으로 큰 것은 서포터를 3축 가공으로 제작하였기 때문에 포밍시 완전한 지지가 되지 않아 수평방향으로 밀리는 현상이 발생한 것으로 판단된다.

### 4. 결론

본 연구에서는 병렬형 로봇의 임의의 공구 자세를 이용하여 다축가공형상의 점진성형을 시도하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 병렬형 로봇에 점진 성형용 공구, 판재를 취부할 수 있는 지그, 그리고 다축 가공용 공구경로를 병렬형 로봇의 동작으로 변환시키는 포스트 프로세서 등의 개발 등으로 복잡한 다축 가공 형상의 점진 성형의 가능성을 확인하였다.
- 2) 측정 데이터 분석 결과 3축 포밍 영역에서의 오차보다 다축 포밍 영역의 오차가 훨씬 큰 값으로 나타났으며 이는 지지대가 충분히 지지하지 못한 것이 원인으로 보인다.

### 참고문헌

1. 심명섭, "구형 공구를 이용한 무금형 판재 성형," 홍익대학교 석사논문, 2010.
2. 김한성, "6자유도 병렬형 모션 시뮬레이터 개발," 한국공작기계학회지 Vol.19, No2, 171-177, 2010.
3. 문영록, 이정부, 강제관, 김한성, "병렬형 로봇을 이용한 다이레스 포밍 공법 개발," 한국기계가공학회 2010추계학술대회논문집, A-7, 2010