

# 항공기 이중곡면 5축 가공을 위한 진공치구 구조해석

박준혁<sup>1\*</sup>, 조현광<sup>1+</sup>, 양완석<sup>1+</sup>, 김수진<sup>1+</sup>, 임대성<sup>2++</sup>, 강민석<sup>2++</sup>

Vacume fixture structure analysis for 5-axis machining for doubly curved surface in aircraft skin

J.H. Park<sup>\*</sup>, H.G. Cho<sup>+</sup>, W.S. Yang<sup>+</sup>, S.J. Kim<sup>+</sup>, D.S. IM<sup>++</sup>, M.S. Kang<sup>++</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 기계공학부, <sup>2</sup>(주)아스트

**Key Words** : Vacuum fixture, doubly curved surface, 5-axis machining

## 1. 서론

항공기 동체 꼬리부분은 이착륙 시에 활주로의 충격을 방지할 위해 끝단으로 모이면서 동체 단면적이 줄어드는 이중 곡면의 형상이다. 원제작사 및 전문업체들에서 항공기 스킨(Skin)을 성형 기술을 적용하고 있으며<sup>(1)</sup>, 중량 절감을 위한 내부 포켓(Pocket) 가공은 케미컬 밀링(Chemical Milling)방식을 적용하고 있으나 이 방식은 공정 관리 및 생산성과 품질 환경오염 등의 문제로 많은 어려움을 겪고 있다.<sup>(2)</sup> 현재의 기계 가공 기술에서 도달할 수 있는 최대 한계 두께 (0.71 mm) 로 가공함으로 가공면이 불균일하거나 가공 중에 움직일 경우는 두께 불량 또는 파손이 발생하게 된다. 이중 곡면으로 성형된 테일콘 스킨(Tailcon Skin)의 경우는 성형된 곡면 형상을 유지한 상태로 가공해야 함으로 스킨 각각의 전용 장치 또는 모든 형태의 곡면에 공용으로 적용할 수 있는 특수 장치 (POGO Tool) 개발이 필요하다. 따라서 박판의 고속가공(Hi-Speed Machining) 기술과 전용 진공고정 장치를 이용하여 가공시간 단축 및 친환경적인 가공기술을 개발하는 것이 목적이다.

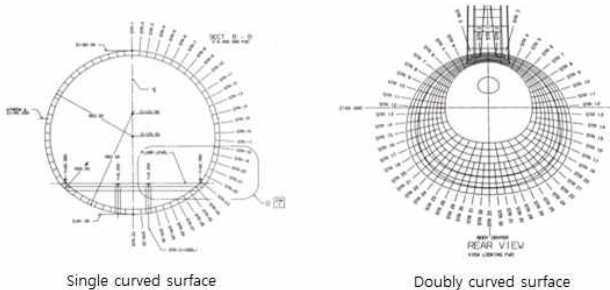


Fig. 1. Doubly curved surface of Tailcon Skin

## 2. 절삭하중 계산

본 연구에서는 ANSYS 12.0을 사용하였으며 진공치구(Vacuum fixture)는 상판, 지지대, 베이스(base)로 구성되며 재질은 AL PLATE 6061-T6로 Yong's Modulus는 69 GPa, Poisson's Ratio : 0.33, Density: 2700 kg/m<sup>3</sup>이다. 구조해석 하중 적용을 위해 스킨의 절삭하중을 계산하여 그 값의 3배수를 부하하중으로 입력하여 해석하였다. 테일콘 스킨(Tailcon Skin)의 재질은 AL 2024이며 420 MPa의 극한 강도를 가진다. 절삭 환경은 공구 직경(d): 40 mm, 절삭 깊이(t): 2 mm, 이송 속도(v): 8,400 mm/min, 공구 회전수: 14,000 rpm으로 안전율 3에서 최대 0.01mm이하의 변형량을 가지는 진공치구의 지지대 구조를 설계하는 것이 목적이다.

$$\frac{E}{Vol} = 420 \text{ Nmm/mm}^3$$

$$MRR = d \times t \times v = 40 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} \times 140 \text{ mm/s} = 11200 \text{ mm}^3/\text{s}$$

(1)

$$P_{power} = \frac{E}{Vol} \times MRR = 420 \text{ Nmm/mm}^3 \times 11200 \text{ mm}^3/\text{s} = 4704 \text{ Nm/s}$$

(2)

$$w = 14000 \text{ rev/min} = 1466 \text{ rad/s}$$

(3)

$$P_{power} = T \times w \text{ 에서 } T = \frac{4704 \text{ Nm/s}}{1466 \text{ rad/s}} = 3.2 \text{ Nm}$$

(4)

$$T = F \times r \text{ 에서 } F = \frac{3.2 \text{ Nm}}{0.02 \text{ m}} = 160 \text{ N}$$

(5)

절삭하중은 160 N이 계산되었으며 구조해석 적용하중은 수평으로 480N, 수직으로 240N 을 적용하였다.

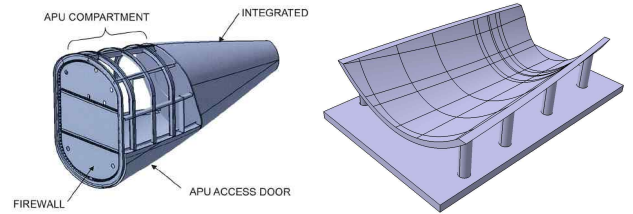


Fig. 2. Tailcon section of aircraft Fig. 3. Vacuum Fixture Design

## 3. 구조해석 결과 및 고찰

진공치구는 5축 가공머신의 테이블에 올리게 되며 이를 기준으로 경계조건을 설정하였다. 가공저항이 표면을 움직이며 걸리기 때문에 여러 부분에 적용하여 구조해석을 수행하였다. 그 결과 Fig. 5.의 부분인 지지대 사이가 제일 큰 변형량 결과가 나왔으며 변형량 감소를 위해 지지대의 배열을 교정하여 재해석하였다. 최초 구조해석에서 0.03 mm의 변형량을 보였으나 최종 0.008 mm으로 목표변형량을 만족하는 결과가 나왔다. 구조해석을 이용하여 이상적인 지지대의 형상 및 배열을 제시하였다.

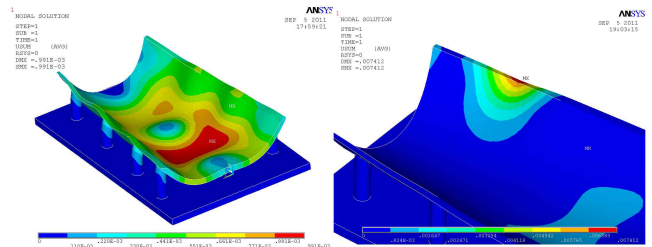


Fig. 4. Deformation by weight Fig. 5. Deformation by machining force

## 참고 문헌

- (1) Kurukuri S, Miroux A, Wisselink H, 2011, *Simulation of stretch forming with intermediate heat treatments of aircraft skins*, International journal of material forming, Vol.4, pp. 129~140
- (2) J. N. Lee, 1979, *Chemical Milling*, The Korean Society of Mechanical Engineers, Vol.19, No.4, pp. 273~278