

# 항공기 이중곡면 5축 가공을 위한 가공조건 연구 및 소프트웨어 개발

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

## A study on Operating Condition and the development of software for 5-axis machining of double curved surface in aircraft skin

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

경상대학교 기계공학부1, 2(주)아스트

**Key Words** : 5-axis machining, Cusp, Aircraft plate

### 1. 서론

항공기 스킨을 제작할 때에 하중을 줄이기 위한 방법으로 스킨 표면을 부분적으로 얇게 가공하며 화학적 에칭이나 기계가공 공정을 사용한다. 항공기 스킨은 다양한 곡률을 가지는 박판으로 기계가공 보다 화학적 에칭이 공정상 용이하지만 기계가공에 비하여 생산성이 떨어지는 단점을 가진다.

단일 방향의 곡률을 가진 박판의 경우 곡률이 없는 평탄한 치구에 강제로 피서 기계가공을 수행이 가능하지만 항공기 동체 테일 콘과 같이 스트레칭 성형을 통한 2방향 곡률을 갖는 이중곡면 스킨<sup>(1)</sup>의 경우는 불가능 하며 5축가공이 불가피 하다. 5축가공에서 효율적인 공구자세를 통해 커슍과 불량을 최소화 할 수 있다.<sup>(2),(3)</sup>

가공속도의 이점 확보를 위한 측면에서 이 논문에서는 볼엔드밀이 아닌 평엔드밀을 사용한 가공을 전제한다.

### 2. 5축 가공 방법에 대한 수학적 해석

이송방향 백터와 공구의 축백터가 이루는 각을 리드각이라고 정의한다. 평엔드밀을 사용한 가공에서 일정 리드각을 적용하게 되면 가공 단면은 타원의 형상을 가지게 된다.

타원 형상은 두 고정된 점에서 거리의 합이 일정한 점의 궤적을 나타낸다. Fig 1.에 표기된 것처럼 두 정점 중심을 원점(C)으로 직각 좌표계를 설정하여  $r_1$ 과  $r_2$ 의 합은 주축의 길이와 같음을 식(1)과 같이 나타내며 식(2)를 정의하여 식(3)을 얻는다. 특정위치에서의 곡률반경 일반식은 식(4)와 같으며 이때 특정 위치의 x좌표는 식(5)로 나타낸다.

$$r_1 + r_2 = \sqrt{(x+c)^2 + y^2} + \sqrt{(x-c)^2 + y^2} = 2a \quad (1)$$

$$b^2 = a^2 - c^2 \quad (2)$$

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (3)$$

$$r_c(\theta) = \frac{(b^2 \cos^2 \theta + a^2 \sin^2 \theta)^{3/2}}{ab} \quad (4)$$

$$x = r_c \cos \theta \quad (5)$$

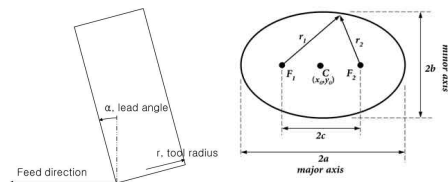


Fig. 1. End mill with lead angle & ellipse

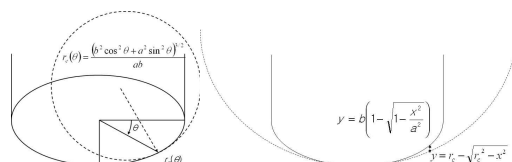


Fig. 2. Cusp prediction

타원은 리드각을 가지는 평엔드밀에 의해 형상화 되며 a는 평엔드밀의 반지름r과 동일하며 b는 r과 sin(a)의 곱으로 나타낼 수 있다. 이를 타원 곡률반경식과 연립하여 식(6)을 얻을 수 있다.

$$\frac{a^2}{b} = \frac{r}{\sin(\alpha)} \quad (6)$$

Fig 2.의 우측 그림에서 타원 형상과 원형과의 접점을 원점으로 하는 x에 대한 y의 식은 식(7)과 같으며 동일 좌표계에서 외각 원형의 식은 식(8)과 같다.

$$y = b(1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}) \quad (7)$$

$$y = r_c - \sqrt{r_c^2 - x^2} \quad (8)$$

이때 외각 원형의 곡률반경은 가공면의 곡률반경을 나타내며 식(7),(8)의 차로 커슍을 식(9)와 같이 예측할 수 있다.

$$cusp = b(1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}) - r_c + \sqrt{r_c^2 - x^2} \quad (9)$$

### 3. 조건추천 S/W 개발

가공에 사용 될 공구의 직경, 가공면의 곡률반경, 커슍을 대화상자에서 입력받아 Lead Angle과 Side Step을 계산하여 제시하는 소프트웨어를 개발 하였다.

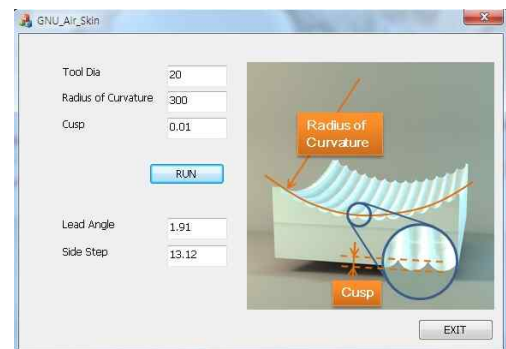


Fig. 3. Lead Angle, Side Step prediction S/W

### 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) Cha-Soo Jun, Se-Hyung Park, Yong-Tae Jun, 1993, *Development of a CAM System for 5-Axis NC Machining of Sculptured Surfaces*, Journal of the Korean Society of Precision Engineering. Vol.10, No.1, pp. 127~132.
- (3) C.S. Jun, K.D. Cha, 2000, *Optimal Tool Positions in 5-axis NC Machining of Sculptured Surface*, Transactions of the society of CAD/CAM engineers Vol.5, No.4, pp. 393~402.