

## 무인 헬기용 상부 스와시 플레이트의 단조공정해석

김기성<sup>1</sup>· 이옥영<sup>2</sup>· 공재현<sup>3</sup>· 여홍태<sup>4</sup>· 허관도<sup>#</sup>

## Forging Analysis of Upper Swash Plate for Unmanned Helicopter

K. S. Kim<sup>1</sup>, O. Y. Lee<sup>2</sup>, J. H. Kong<sup>3</sup>, H. T. Yeo<sup>4</sup>, K. D. Hur<sup>#</sup>

### Abstract

Unmanned helicopters are needed in various fields such as monitoring system, agriculture and forest fire. Swash plate is a essential part for exact driving of unmanned helicopter. And it is usually produced by machining.

In this research, hot forging process of upper swash plate has been studied to improve proof stress against repeated loading of the product. In the forming analysis, design parameters such as effective stress, effective strain and distribution of damage have been considered in the hot forging.

**Key Words :** Swash plate(스와시 플레이트), Hot forging(열간단조), Unmanned helicopter(무인 헬리콥터)

### 1. 서 론

현대 산업의 발전에 따라 세계적인 전략 산업 중 하나인 항공 산업은 부가가치가 크고 정밀 가공, 신소재 응용, 시스템 설계 및 제어 등의 산업 구조를 선도하는 산업이다. 이러한 항공산업은 고정익 기체가 세계시장에서 주류를 차지하고 있었지만 현재 회전익 기체의 연구 및 이용이 증가하는 추세이다. 회전익 기체는 항공촬영, 정찰임무, 고공송전선로가설, 영화제작용, 농작물 생육 상태 조사, 산불감시 등 다양한 산업에 활용되고 있으며 계속적인 발전을 보일 것이라 예상한다.

무인 헬리콥터의 정확한 운행과 정밀한 조종이 필요하며, 무인 헬리콥터의 스와시 플레이트의 움직임에 영향을 받게 된다. 스와시 플레이트는 로터 축에 장착되어 있으며, 상하의 움직임에 따라 로터 블레이드를 조정하여 무인 헬리콥터의 방향을 조정하게 되어 있다. 현재 스와시 플레이트는

절삭가공으로 제작 되고 있어 소재낭비가 많으며, 반복적인 회전 및 메인 로터의 피치각도를 제어하기 위해 계속적인 상하 이동운동을 하므로 피로가 누적되어 파손되는 문제를 가지고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 스와시 플레이트의 구성 부 중 상부 스와시 플레이트를 열간 단조공정으로 제작하기 위하여 스와시 플레이트에 작용하는 하중을 토대로 제품 형상 설계 및 열간 단조공정의 성형 해석을 하였으며, 고품질의 상부 스와시 플레이트의 단조공정 방법에 대하여 연구하였다.

### 2. 상부 스와시 플레이트의 설계 및 구조해석

#### 2.1 상부 스와시 플레이트의 설계

절삭 가공으로 이루어지는 상부 스와시 플레이트를 단조공정으로 변경하기 전에 스와시 플레이트의 구조 설계를 하였다. 개발하고자 하는 상부 스와시 스와시 플레이트는

1. 동의대학교 기계공학과 일반대학원  
2. 동의대학교 기계공학과 일반대학원  
3. 동의대학교 기계공학과 일반대학원  
4. 쭈원신스카이텍

# 교신저자: 동의대학교 기계공학과,  
E-mail: kdhur@deu.ac.kr

Al6061 소재를 열간 단조 후 후가공에서 베어링 및 볼엔드의 체결 부를 제작하도록 공정 설계하여 fig. 1에 나타내었다.

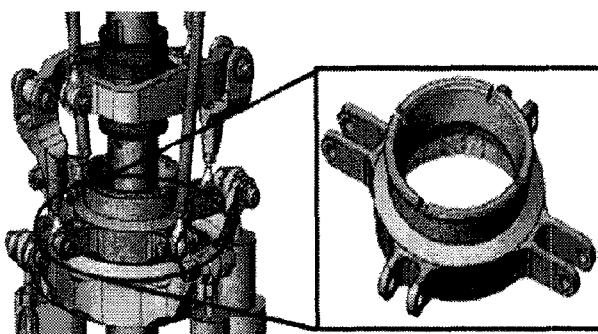
### 2.1 상부 스와시 플레이트의 구조해석

상부 스와시 플레이트의 재료는 Al6061-T6으로 재료의 기계적 특성은 Table 1에 나타내었다.

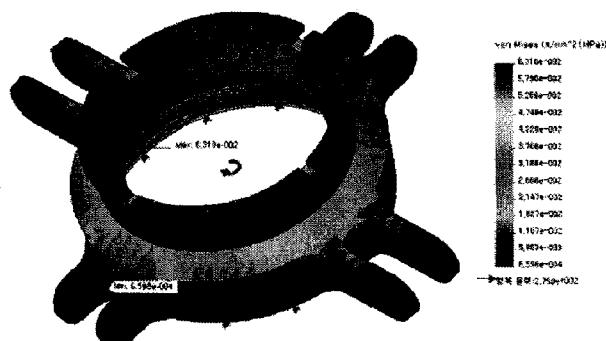
상부 스와시 플레이트의 구조해석을 위해 무인 헬리콥터가 제자리 비행시 필요한 회전수인 830rpm을 기준으로 하여 해석을 수행하였으며, 회전에 따른 유효응력 분포를 fig. 2에 나타내었다.

**Table 1 Mechanical properties of Al6061-T6**

| Properties                | Range   | Unit |
|---------------------------|---------|------|
| Modulus of Elasticity     | 6.9E+4  | MPa  |
| Poisson's ratio           | 0.33    |      |
| Modulus of Shear          | 2.6E+4  | MPa  |
| Ultimate Tensile Strength | 3.1E+2  | MPa  |
| Yield Strength            | 2.75E+2 | MPa  |



**Fig. 1 Upper swash plate of unmanned helicopter**



**Fig. 2 Effective-stress of upper swash plate by FE analysis**

### 3. 상부 스와시 플레이트의 단조공정 설계 및 해석

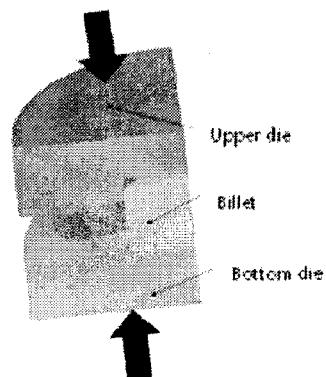
상부 스와시 플레이트의 열간 단조 공정을 위한 금형은 상부 금형과 하부 금형으로 구성하였으며, 소재의 온도는 400°C, 금형은 계속 열을 가하여 200°C를 일정하게 유지 하도록 하였다. 상부 금형은 2.16mm/s의 속도로 이동거리 19.1mm 이동하게 하였으며, 해석시간을 단축시키기 위하여 전체 금형과 소재의 1/4로 해석을 수행하여 fig. 3에 나타내었다.

### 4. 결과 및 고찰

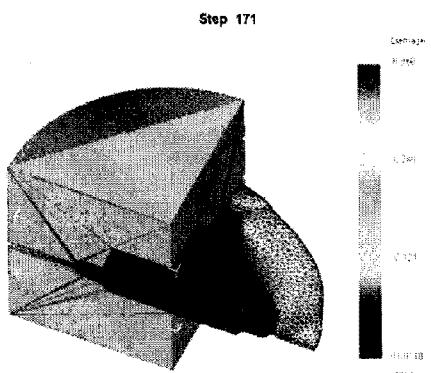
상부 스와시 플레이트의 구조해석 결과 최대 유효응력 값이 0.0631Mpa로 항복응력 값이 275Mpa로 회전에 의한 기구적 부하는 매우 적음을 알 수 있다.

상부 스와시 플레이트의 성형해석 결과는 Fig. 4에 나타내었으며, 단조 성형 해석 결과 국부적 넥킹발생 한계 값인 손상(damage)값과 단면변화율에 따른 유효 변형률의 전체적인 분포를 나타내었다. 손상 값은 최종단계에서 플래쉬 부에서 0.36으로 다소 높은 값을 나타내고 있으며, 보통 한계 손상 값이 0.35이상이므로 실제 성형에서 크랙이 발생할 수 있다고 보여지지만 트리밍 공정에서 제거되므로 안전하다고 판단하였다.

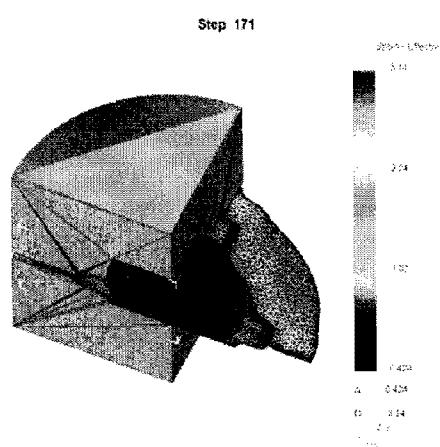
유효 변형률의 경우 성형 최종 단계에서 플래쉬 발생을 억제하는 단부에서 큰 변형률이 발생되는 것이 나타나지만 이 부분은 트리밍 공정에서 제거되므로 안전하다고 판단하였다.



**Fig. 3 Forging process**



(a) Distribution of the damage by the forging process



(b) Distribution of the effective strain by the forging process

Fig. 4 Simulation results in forging process by FEM

## 5. 결 론

본 연구에서는 절삭가공으로 제작되어지는 상부 스와시 플레이트를 단조공정으로 제작하기 위하여 스와시 플레이트에 작용하는 하중을 토대로 제품 형상 설계 및 단조공정의 성형해석을 통하여 상부 스와시 플레이트의 단조공정에 대하여 연구 하였다.

(1) 상부 스와시 플레이트에 작용하는 830rpm에 대하여 구조해석 결과 유효응력이 0.0631Mpa로 항복응력 값 275Mpa에 대하여 기구적 부하는 매우 적음으로 안정적이라고 판단할 수 있다.

(2) 단조공정에 의한 성형해석 결과 최대 손상(damage)값 0.36과 최대 유효변형률 값 3.14로 모두 플래쉬 부에 발생하므로 트리밍공정으로 제거하는 부분으로 제품에는 영향을 미치지 않는다고 판단한다.

(3) 절삭가공으로 제작되는 상부 스와시 플레이트를 단조공정으로 제작하였을 때 고품질의 상부 스와시 플레이트를 제작할 수 있을 뿐 아니라 재료 손실을 줄일 수 있을 것이라고 판단된다.

## 후 기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신 인력양성사업으로 수행된 연구 결과이며, 관계자 여러분에게 감사 드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. C. Choi, B. M. Kim, J. S. Lee, S. S. Hong, N. H. Kim, 1992, A Study on the Process planning and Die Design of Hot Forging for Axisymmetric Parts(I), *KSPE*, Vol. 1, pp. 20~32.
- [2] Knoeier, M., Altan. T., 1992, Application of the 2D Finite Element Method to Simulation of Cold Forging Processes, *J. of Material Processing Technology*, Vol. 35, pp. 275~302.
- [3] J. P. Tang, S. I. Oh, AFD, 1998, An Automated Forging Design System, 16<sup>th</sup> of *NAMRC*, pp. 55~62.
- [4] J. W. Sim, Y. J. Kee, S. B. Kim, S. H. Kim, E. H. Ko, K. H. Chi, S. K. Kim, C. H. Chung, 2005, A study of the Development of the Composite Rotor Blade for Unmanned Helicopter, *KSPE*, pp. 1385~1389.