

## 온간 단조공정을 이용한 타이타늄합금 볼트 제조기술

임성근<sup>1</sup>·김재호<sup>1</sup>·김정한<sup>2</sup>·이재훈<sup>2</sup>·홍재근<sup>2</sup>·염종택<sup>2\*</sup>

### Manufacturing Technology of Titanium Alloy Bolts Using Warm Forging Process

S. G. Lim, J. H. Kim, J. H. Kim, C. H. Lee, J. K. Hong, J. T. Yeom

#### Abstract

Ti-6Al-4V alloy has been widely used for aerospace and power generation applications because of low density and attractive mechanical and corrosion resistant properties. However, the titanium alloy bolt is generally manufactured by cutting and rolling because of their poor workability. In order to achieve the mass production of titanium alloy bolts, it needs to be solved some manufacturing problems such as the sticking between workpiece and dies, the formation of the forming defects during the forging and so on. In this study, the manufacturing technology of titanium alloy bolts using warm forging process was introduced. The aim of present work is to develop a warm forging technology for high strength Ti-6Al-4V bolts.

**Key Words :** Ti-6Al-4V Alloy Bolt: Warm Forging Process: Sticking: Forming Defects

#### 1. 서론

타이타늄합금은 일반 탄소강, 스테인레스강, 특수 합금강 보다 고강도, 고내식성, 경량성 등의 특징과 함께 지구상에서 Al, Fe, Mg 다음 풍부하여 구조용재 및 기능재료로 기존 소재를 대체중이며 군수장비와 민간산업에 그 수요가 급격히 증가추세에 있으나, 국내에서는 전량 수입에 의존하고 있다. 타이타늄으로 제조된 볼트는 원소재 가격면에서는 철계에 비해 고가이나 긴 수명과 경량성 그리고 고기능성으로 오히려 경제적 소재로 판단되고 있어 항공기, 선박 등에 적극 활용되고 있다. 다만 제한된 가공기술로 수요와 경제성을 충족시킬 수 없기에 대량 생산이 가능한 공법이 절실히 요구된다. 따라서 본 연구개발에서는 타이타늄합금(Ti-6Al-4V합금) 볼트제조에 있어, 냉간과 열간 단조공정의 중간에 해당하는 온간단조공법을 그 해답으로 제시하였다. 이러한 온간단조 공법은 상온에서 제기되는 Ti의 제한된 성형성을 극대화시키고 단조후 경화에 의한 난삭의 단점과 절삭량의 과다문제로 오는 절삭공구의 수명과 소모를 획기적으로 개선하여 양산성과 경제성을 만족시킬 수 있는 공법이다.

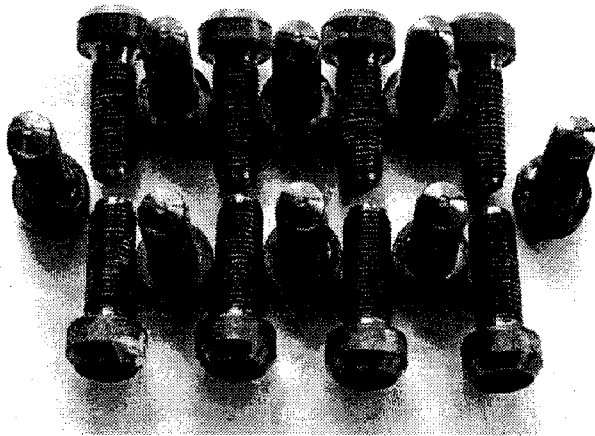
본 발표에서는 온간단조공법에 의해 타이타늄합금 볼트를 제조하는 일련의 과정을 소개하고자 하며, 타이타늄합금의 온간단조시 기술적 문제점과 이를 해결하기 위한 노력 등이 다루어질 것이다.

---

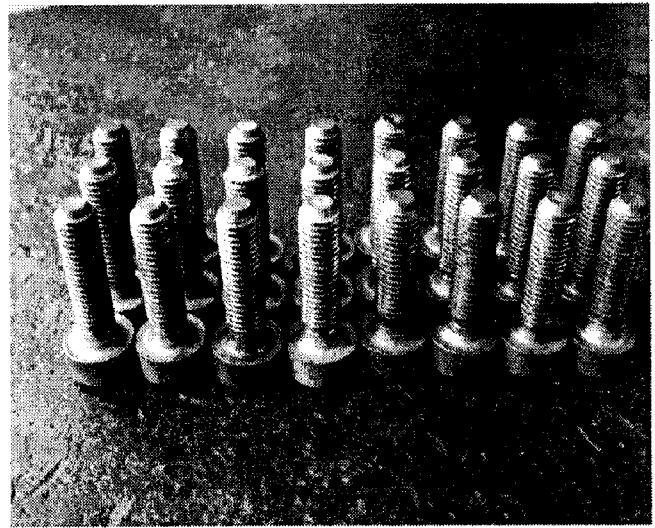
1. 신진볼텍주식회사  
2. 재료연구소(KIMS), 특수합금연구그룹  
\* 교신저자: 재료연구소, E-mail:yjt96@kims.re.kr

## 2. 연구 결과

본 연구개발에서는 타이타늄합금 볼트의 대량생산 및 제조에 있어 몇가지 문제점을 해결하고자 노력하였으며 그 문제점은 성형시 소재와 금형간의 고착현상, 소재의 미충진, 성형중 금형 또는 소재균열 등이다. 결국, 이러한 문제점은 타이타늄합금이 가지고 있는 상대적으로 낮은 열전도도와 난성형성에 기인한 것으로, 이를 해결하기 위한 가장 중요한 기술적 방안은 성형성을 향상시키기 위한 초기조직제어, 소재고착을 방지하기 위한 표면코팅방법 구축, 소재의 온도하강을 방지하기 위한 방안 등을 들 수 있다. 결국, 본 연구개발에서 금형설계, 표면코팅, 가열장치 설계 및 제작 등을 통해 이러한 기술적 문제들을 성공적으로 해결할 수 있었으며, 그림 1에 몇가지 타이타늄합금 볼트 시제품들을 나타내었다.



(a) M9 bolt



(b) M7 bolt

**Fig. 1 Ti-6Al-4V alloy bolts manufactured by the warm forging process.**