

# 초고속 절단공정을 이용한 반도체용 밸브 피팅 단조

박준홍\*, 전언찬#, 김태호\*\*, 김형백\*\*\*

## Forging of Valve Fitting Products for Semi-Conductor Industry Using a Super-High Speed Shearing Process

Joon-Hong Park\*, Eon-Chan Jeon#, Tae-Ho Kim\*\*, Hyung-Baek Kim\*\*\*

### ABSTRACT

Cropping metal materials is widely used for feeding processes of various forming method, such as forging, extrusion, drawing, and upsetting. However, cropping has many weak points, which are material loss in part of cutting, chip creation, and much use of lubrication oil, etc. In this study, instead of cropping, a novel process is proposed to cut metal materials, especially stainless steel bar which is known very difficult to crop. Results of FE-analysis will be shown to verify the proposed method comparing with those of the conventional cropping process. Also, fitting products were successfully forged using the fabricated billet by the proposed process.

**Key Words :** Shearing Process(절단공정), Stainless Steel Bar(스테인리스 스틸 환봉), FE Analysis(유한요소해석), Valve Fitting(밸브 피팅), Forging Process(단조공정)

### 1. 서 론

다양한 성형 공정을 위한 소재 공급용 절단 공정으로 band saw를 사용한 절단과 원형 톱날을 사용한 공정이 대부분을 차지하고 있다. Band saw를 사용한 절단 공정은 소재 공급용으로 범용성은 높으나 절단 속도가 느리고 절단 톱의 비용이 발생하며, 절단으로 인한 재료의 손실이 발생한다. 또한 원형 톱날을 사용한 절단 공정은 주로 알루미늄 소재, 목재 등에 적용되고 있으며, 단점으로는 고속 절단에 적용이 어렵

고, 절삭유의 과다 사용, 절단 공정으로 인한 재료의 손실 발생을 들 수 있다.

원형 톱날을 사용하여 소재를 절단할 경우 약 15,000개 기준으로 약 100만원 정도가 소요되고 있으며, 연간 생산량 150만개로 계산하면 약 1억원 정도의 금액이 절단 비용으로 지출된다. 또한 원형 톱으로 절단시 뒤쪽의 지지부분으로 인하여 절단 불가 부분이 발생하며 6m 환봉 기준으로 약 150mm 정도를 사용할 수 없게 된다.

또한, 일반적인 성형 소재 공급장치용으로 band saw를 사용한 절단 공정이 적용되고 있으며 Fig. 1은 그 사진을 나타내고 있다.

Band saw에 의한 봉재 절단인 경우 38mm 환봉 기준 약 10분 정도의 시간이 소요되어 생산성이 아주 저하되어 현재 현장에서는 적어도 10배 이상의 절단

\* 동아대학교 신소재공학부

# 교신저자 : 동아대학교 기계공학과

E-mail : ecjeon@dau.ac.kr

\*\* 동아대학교 기계공학과

\*\*\* 퍼펙트부영단조

속도 향상이 요구되어지고 있다.

절단으로 인한 비용이 과다하고, chip으로 소모되는 5% 정도의 재료가 낭비되고 있는 실정이다. 따라서, 스테인리스강의 경우 kg당 10,000원을 가정하며 손실비용이 500원/kg이 되고, 100톤일 경우 5,000만원의 손실이 발생된다.

특히 스테인리스강의 경우 재료비 상승으로 인해 현재의 절단 공정을 사용할 경우 산업체의 경쟁력 약화로 이어질 수 있다. 또한 금속 가공유, 절삭유를 사용해야 하므로 환경 문제가 발생하고 chip 발생으로 인하여 처리 비용이 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해 현장의 대응방안으로 봉재를 적층하여 절단하고 있으나 해결책으로는 미흡한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 성형용 소재 공급을 위한 절단 공정에서 원형 톱날이나 band saw를 사용하지 않으며, 절단불가 부분을 발생시키지 않고, chip으로 버려지는 소재 손실을 zero화 하는 봉재 전단 공정을 개발하고, 이를 통한 소재를 사용하여 반도체용 공정에 사용되는 밸브 피팅류를 열간단조 공정을 통해 제작하고자 한다.



Fig. 1 Cutting process with band sawing

## 2. 스테인리스 봉재의 초고속절단공정

### 2.1 스테인리스 봉재의 절단

일반적으로 스테인리스 환봉의 경우 전단 매커니즘을 적용한 절단 공정을 적용하면 절단면이 불량하여 소재 공급용으로 부적합하다. Fig. 2는 일반적인 전단 공정으로 스테인리스 환봉을 절단한 경우의 절

단면을 나타내고 있다. 따라서 소재 공급용으로서 적절한 절단면 직각도 유지를 위한 설계가 필요한 실정이다.<sup>[1,2]</sup>



Fig. 2 Cutting section of stainless steel rod by conventional shearing processes

### 2.2 초고속 전단 공정 개발

일반적인 전단공정의 경우 소재의 지지없이 전단 펀치가 하강하여 절단되므로 절단면의 직각도를 유지할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 Fig. 3과 같은 스테인리스 환봉의 신개념 전단 공정<sup>[3]</sup>을 개발하였다.

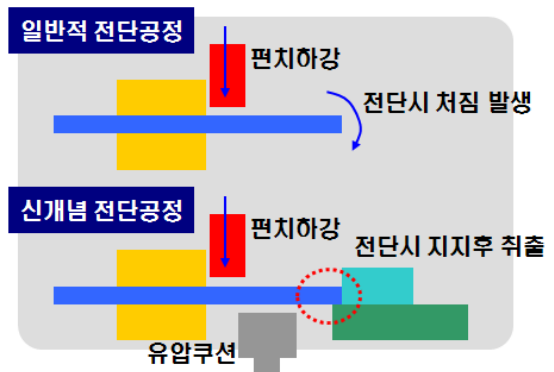


Fig. 3 Concept design of a novel shearing process for stainless steel rods

신개념 전단 시스템의 구성은 소재 공급부, 전단 펀치, 봉재 holding 치구, 유압 쿠션, backing 금형으로 이루어져 있으며, 재료, 봉재의 직경, 절단 길이 등에 따라 금형의 치수가 결정된다. Fig. 4는 개발된 전단 시스템의 개략도를 나타낸다.

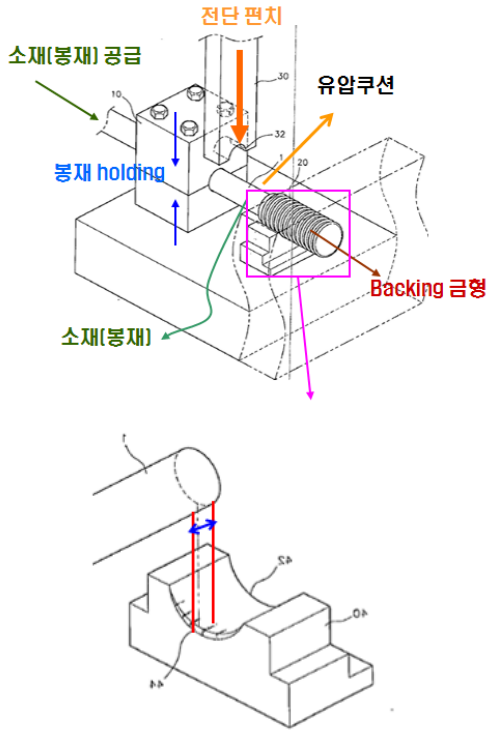


Fig. 4 Schematic drawing of the developed shearing system and its components

또한, 전단 시스템 전면부에 소재의 자동 공급을 위한 장치를 개발하여 구성하였으며, Fig. 5는 자동 소재 공급 장치를 포함한 전단 시스템의 개략도를 나타내고 있다.

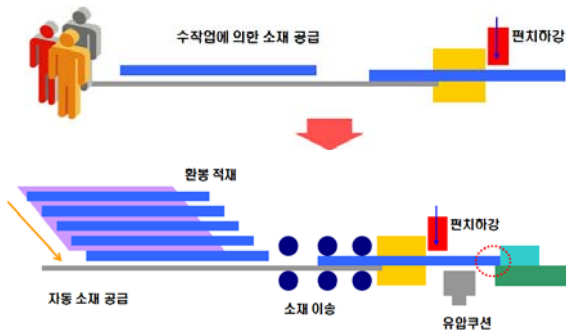
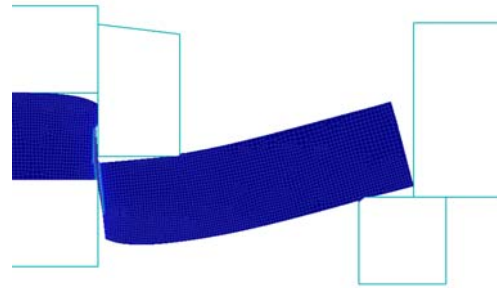


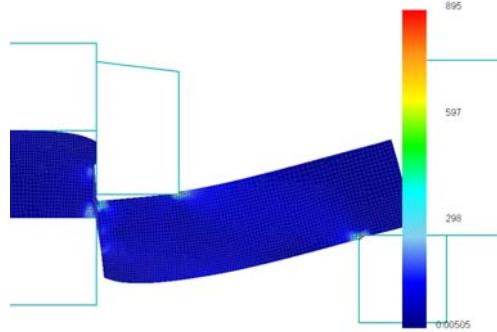
Fig. 5 Schematic drawing of the developed shearing system including automatic rod feeding equipment

### 2.3 개발 공정의 유한요소 해석

개발된 공정의 메커니즘을 분석하기 위하여 DEFORM™을 이용하여 유한요소해석을 수행하였다.



(a) distribution of effective strain



(b) distribution of effective stress

Fig. 6 Results of FE analysis for the developed process

위의 결과는 기존 전단 공정에서의 변형거동과는 달리 backing 금형에 의해 전단시 소재가 지지되어 성형을 위한 직각도가 유지됨을 알 수 있다. Fig. 7은 일반적인 전단 공정의 해석 결과를 나타내고 있다.

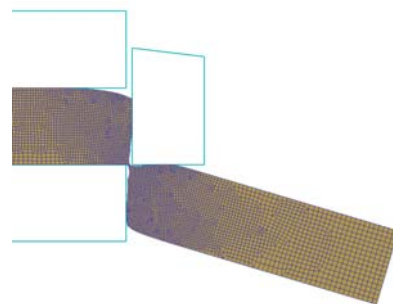


Fig. 7 Results of FE analysis for the conventional shearing process comparing with those of Fig. 6

일반적인 전단 공정과 비교하여 전단면의 직각도가 후성형 공정에 적합하게 유지됨을 알 수 있다.

## 2.4 전단 시스템의 제작 및 시제품 생산

개발된 공정을 적용한 전단 시스템을 제작하였으며, 그 사진은 아래와 같다.



(a) shearing die set



(b) shearing part



(c) rod feeding system

**Fig. 8 The developed shearing system**



(a) conventional product (b) developed product

**Fig. 9 Comparison of cutting section between conventional and developed products**

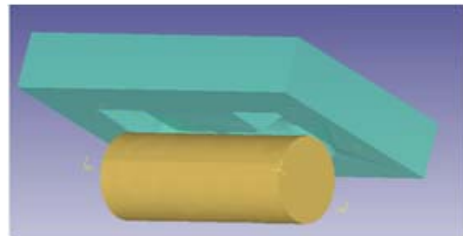
개발된 공정을 적용하여 절단된 시편과 기존 공정을 적용한 시편의 사진을 Fig. 9에 나타내었으며, 기존의 공정을 적용한 제품은 연속적인 절단 작업이 불가능하였을 뿐만 아니라, 후단조 공정에 적용할 수 없었다.

## 3. 개발 시편의 단조 공정 적용

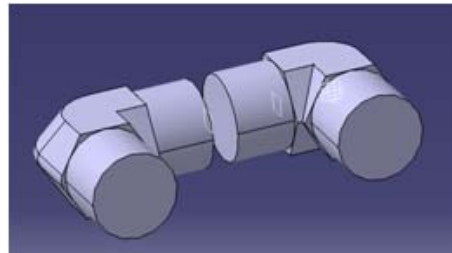
### 3.1 유한요소해석

개발된 전단 공정에 의한 소재를 사용하여 반도체 공정용 피팅 제품에 대한 단조 해석을 수행하였다.

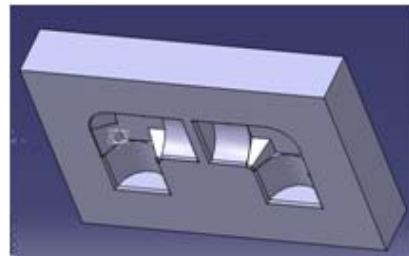
Fig. 10은 최종 제품 형상과 금형 형상을 나타내고 있다.



(a) initial state of FE analysis



(b) modeling of the final product



(c) modeling of die set

**Fig. 10 Modeling of die set and products**

Fig. 11은 수행한 해석 결과의 변형 양상을 나타내고 있으며, Fig. 12는 변형률 분포를 나타내고 있다.

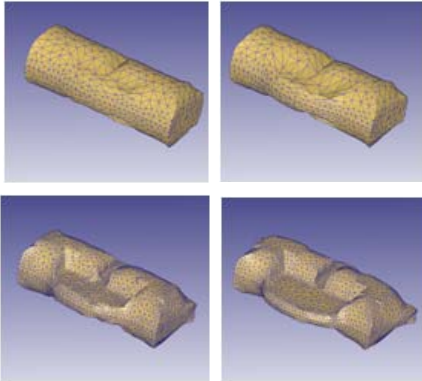


Fig. 11 Results of deformation behavior

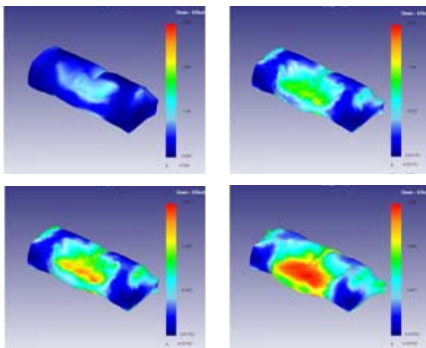


Fig. 12 Results of effective strain distribution

### 3.2 시제품 제작

해석된 공정을 적용하여 시제품을 제작하였으며, 제품은 사진은 Fig. 13과 같다.



(a) initial billet by the developed process and its product



(b) various sizes of the products

Fig. 13 Photograph of the final products from the developed initial rod

## 4. 결 론

본 연구에서는 성형용 소재 공급을 위한 절단 공정에서 원형 톱날이나 band saw를 사용하지 않으며, 절단불가 부분을 발생시키지 않고, chip으로 버려지는 소재 손실을 zero화 하는 봉재 전단 공정을 개발하고, 이를 통한 소재를 사용하여 반도체용 공정에 사용되는 밸브 피팅류를 열간단조 공정을 통해 제작하였으며, 그 결론은 다음과 같다.

1. 신개념 초고속 전단 공정을 개발하여 기존 톱날 및 band saw를 사용한 공정에서 발생하는 재료 손실을 제로화 하였다.
2. 신개념 초고속 전단 공정으로 절단 시간이 대폭 감소되어 기존 38mm 환봉 기준 10분 소요 시간을 20초로 단축하여 약 30배의 생산속도 향상을 가져왔다.
3. 기존 절단 공정에서 발생하여 후면부 봉재 그림(grip)에 의한 절단 불능부 손실을 제로화 하였다.
4. 톱으로 절단시 발생하는 월 300만개 기준 약 2억원의 절단 비용과 톱날 절단시 발생하는 chip을 제로화 하였으며, 절삭유 사용도 제로화 하였다.
5. 개발된 전단 공정에 의해 생산된 소재를 반도체 공정용 피팅류 제품 단조에 적용하여 성형성을 검증하였다.

## 후 기

본 연구는 지식경제부 지정 지역혁신센터사업 신소형재가공정공정개발연구센터 지원으로 수행되었음.

## 참고문헌

1. Chan, L. C., Lee, T. C., Wu, B. J. and Cheung, W. M., "Experimental Study on the Shearing Behaviour of Fine-blanking Versus Bar Cropping," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 80, No. 81, pp.126-130, 1998.
2. Chen, J. D., Wang, Y. W., Yu, D. H. and Zhang, Z. G., "Brittle Precision Cropping of Metal Materials," International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 32, No. 3, pp.415-424, 1992.
3. Kim, H. B., "Cutting equipment of stainless steel rods," Korean Patent, No. 10-2006-0118955, 2006.