

# 친환경 금형 가이드 핀 제조공정 개발 Development of Green Manufacturing Process for Spring Guide Pin of Press Die set

\*정명식<sup>1</sup>, 이상곤<sup>1</sup>, 성지현<sup>1</sup>, 김강은<sup>1</sup>, 이강원<sup>2</sup>, 임용희<sup>3</sup>, #최태훈<sup>1</sup>

\*M. S. Jeong<sup>1</sup>, S. K. Lee<sup>1</sup>, J. H. Sung<sup>1</sup>, K. E. Kim<sup>1</sup>, K. W. Lee<sup>2</sup>, Y. H. Im<sup>3</sup>,

#T. H. Choi(thchoi@kitech.re.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원 녹색전환기술센터, <sup>2</sup>한국생산기술연구원 대경권지역본부, <sup>3</sup>신화

Key words : Multi-stage forging, Energy saving, Spring guide pin, FE-analysis

## 1. 서론

최근 에너지 활용에 대한 관심이 높아지면서 제조 기술의 패러다임이 점차 지속가능생산으로 변화하고 있다. 이를 위해서는 제품의 전주기적 환경영향의 최소화가 필요하며, 에너지 소비를 최소화 시키는 최소제조(minimal manufacturing)를 고려한 친환경 설계가 필요하다. 제품제조의 친환경화는 공정최적화, 공정대체 및 공정생략 등의 방법으로 접근할 수 있다.

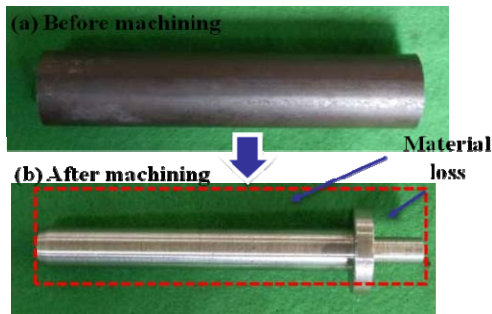
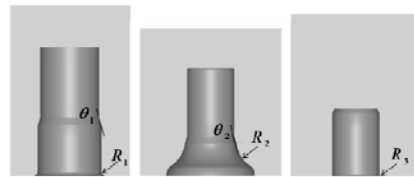


Fig. 1 Spring guide pin made by cutting process

Fig. 1 은 기계가공으로 제조된 스프링 가이드 핀으로 약 60%의 재료손실이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 스프링 가이드 핀 제조를 위한 기계가공 공정을 다단 냉간 단조(multi-stage cold forging)공정으로 대체하여 적용하였다. 유한요소 해석을 통하여 성형 공정을 설계 하였으며, 현장 실험을 통해 이를 검증하였다. 또한 기존 공정과의 비교를 통하여 개발공정의 효과를 비교 분석하였다.

## 2. 다단 냉간 단조 공정 설계

냉간 업세팅 공정에서 좌굴(buckling) 발생을 방지하기 위하여 소성변형이 발생하는 부분의 형상에 기초한 성형 공정수(forging stage)의 결정이 필요하다. 본 가이드핀의 경우 냉간 업세팅 비(cold upsetting ratio)가 2.59로 최소 2 단계 이상의 성형공정이 필요하다[1]. 본 연구에서는 1 차 축간 작업을 포함하여 총 3 단계의 다단성형공정을 설계하였으며 펀치형상은 Fig. 2 와 같다.



(a) first punch (b) second punch (c) third punch  
Fig. 2 Shape of each punch for the multi stage forging process

가이드핀의 제조에 사용된 재료는 AISI1020 이며 DEFORM-2D 를 이용하여 2 차원 해석을 수행하였다. 2 차 펀치 하부의 곡률반경에 의해 중간 단계의 예비성형체 형상이 결정되며, 최종 공정의 해석결과와 성형장비의 하중한계를 고려하여 형상을 결정하였다.

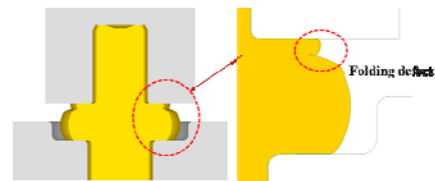


Fig. 3 FE analysis results : Second punch  $R_2=5$

유한요소해석 결과 2 차 펀치의 하부 곡률 반경( $R_2$ )이 5 인 경우 Fig. 3 과 같이 folding 결함이 발생하는 것을 확인하였다. 이러한 결함을 피하기 위해서 Fig. 4 와 같이 5R~15R 의 다양한 곡률반경에 대한 소재의 유동양상을 관찰하였으며, 곡률반경 12R 이상에서는 결함이 발생하지 않는 것을 확인하였다.

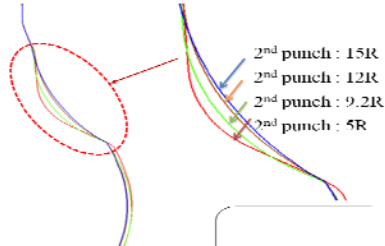


Fig. 4 Preform for third stage forging

Fig. 5 는 해석결과를 정리한 것으로 성형장비의 하중한계를 고려하였을 경우 스프링 가이드핀의 다단 냉간단조 공정 시 2 차 펀치 하부의 최적 곡률반경은 12R~13R 로 판단된다.

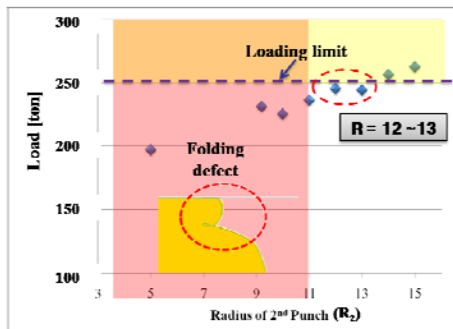


Fig. 5 The load and third punch as a function of  $R_2$

### 3. 다단 냉간 단조 공정 실험

Fig. 6 은 각 성형 공정 후 제품 형상을 나타낸 것이다. 2 차 펀치 하부의 곡률 반경은 12R 로 설정하였으며, 공정 중 베럴링이나 터짐 등의 결함은 발생하지 않았다. 최종제품의 표면에도 크랙과 같은 결함이 없음을 확인 할 수 있었다. 그러나 미소량의 플래시가 발생하였으며, 유한요소 해석을 통해서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 초기 소재 치수 수정 및 금형 형상 수정을 통해 플래시 발생량은 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

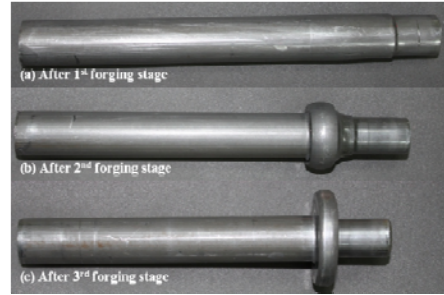


Fig. 6 The spring guide pin at each stage

Fig. 6 에 생산된 금형 가이드핀을 나타내었으며, Table 1 은 개발된 공정을 기존 공정과 비교결과를 나타낸 것이다. 동일한 제품의 제조 시 초기 빌렛의 직경을 50% 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한 100%의 재료 사용률을 보이며, 생산성 또한 약 200 배 향상이 가능하였다. 그 결과 단조공정 적용 시 금형 가이드 핀 제조 단가를 50% 저감이 가능하였다.

Table 1 Comparison of the development process and original process

Items		Original process	Development process
Material	Diameter	Φ50	Φ25
	Steel grade	A283-C	AISI1020
Manufacturing process		Cutting	Multi-stage cold forging
Material usage(%)		40	100
Productivity (EA/min)		1	200
Unit price		1	1/2

### 4. 결론

본 연구에서는 제조공정 대체를 통하여 스프링 가이드 핀의 친환경 제조공정을 제안하였다. 유한요소 해석을 통하여 최적 예비성형체 형상을 설계 하였다. 또한 기존 공정과의 비교를 통하여 개발 공정의 효과를 분석하였다.

### 참고문헌

1. Lange K., Handbook of metal forming. McGraw-Hill Book Company, 1985. 1985:1216