

## 냉간 단조용 금형 수명 및 단조품 품질 향상을 위한 금형 특성 연구

이영선\*, 권용남, 권용철, 이정환(한국기계연구원 소재성형연구센터), 최석탁(주, 티에이케이)

### Characteristics of tools for improving the tool life and forged product on cold forging

Y.S. Lee, Y.N. Kwon, Y.C. Kwon, J.H. Lee (KIMM, Material Processing Research Center), S.T. Choi(TAK Co.)

#### ABSTRACT

The characteristics of the tool system give many effects into the costs and qualities for the finished components. Therefore, a tool life is one of the important issues on cold forging industry. However, since variables related with tool life are many complicated, the studies for solution should be investigated by the systematic research approach.

In this study, heat-treatment of tool material is investigated to improve the tool life. Deep cryogenic treatment of tool steel is very efficient to improve the wear resistance due to the fine carbide. And, it is investigated that the shape and dimension of tool give effect into both tool life and quality of forged product.

**Key Words:** Cold Forging(냉간 단조), Tool Life(금형 수명), FEM(유한요소해석), Cryogenic Heat Treatment(극저온처리), Transverse Rupture Strength(굽힘 강도), Ti-Nano Heat-treatment(티타늄 나노열처리)

#### 1. 서론

자동차 산업의 발전과 함께 비약적인 발전을 거듭해온 냉간 단조 산업은 최종 제품에 가까운 치수 정밀도를 얻을 수 있는 장점 때문에 경합공정보다 우위를 유지하면서 적용분야를 넓혀왔다. 결국 품질과 가격 면에서 많은 장점을 보유하고 있는 것이 경쟁력의 원천인 것이다. 그러나, 자동차 산업은 매우 치열한 경쟁을 계속하고 있기 때문에 품질과 가격에서 경쟁력을 유지할 수 있도록 하는 제조 기술의 개발은 지속적으로 중요한 부분을 차지하고 있다. 이러한 측면에서 냉간 단조품의 품질을 유지 또는 향상시키면서 금형 수명을 향상시킬 수 있도록 하는 연구는 계속적으로 진행되고 있다.

본 연구에서는 금형 수명과 단조품 품질을 향상시키기 위해 필요한 금형의 특성에 대해서 그 열처리 방법과 형상 및 치수 설계에 대해서 분석하였다. 금형의 열처리법으로는 초 심냉 처리(Cryogenic Heat Treatment)를 이용하여 금형의 강도와 마모 특성을 향상시키는 방법과 Ti-나노 열처리법과 병행함으로써 실 금형 수명을 향상시킨 결과를 분석하였으며 금형 형상 및 설계에 따른 단조품의 특성을 분석하였다.

#### 2. 초심냉 처리에 따른 영향

초 심냉 처리(Deep cryogenic treatment)란 공구강을 열처리함에 있어 오스테나이트화 후 템퍼링을 실시하기 전에 액체질소 온도 부근의 저온에서 일정 시간 유지한 후 템퍼링을 실시한 것으로, 이를 통

해 공구강의 내마모성을 향상시킬 수 있다. 기존의 서브제로처리 또는 저온처리(-80°C이상)는 잔류 오스테나이트의 마르텐사이트로의 상변태에 중점을 둔 반면 -196°C 이하의 초 심냉 처리는 나노 단위의 미세 탄화물 석출에 의한 내마모성이 향상됨에 따라 공구수명이 최고 6 배까지 향상시킬 수 있는 수준으로 이는 TiN코팅 이상의 효과에 해당된다.

본 연구에서는 냉간단조용 공구강으로 널리 사용되고 있는 KS-STD11 강종의 미세조직 및 내마모 특성에 미치는 초 심냉 처리의 영향을 분석하였다. 열처리 조건은 1005°C에서 1.5 시간 동안 가열하여 오스테나이트화 처리 후 공냉하였으며, 뜨임처리는 580°C에서 2 시간 동안 가열 후 공냉하는 과정을 2 회 반복하였다. 또한 초 심냉 처리는 오스테나이트화 처리 후, 뜨임 처리를 실시하기 전에 액체질소에 20 시간 동안 침지하여 실시하였다.

그림 1 은 초 심냉 처리를 추가로 실시한 시편의 TEM 사진으로 탄화물의 크기 및 분포 등을 보여주고 있다. 뜨임 처리 온도를 변화시켜 미세조직을 관찰한 결과 뜨임 처리 온도가 증가할수록 탄화물량이 증가하고 조대화되었으며 초 심냉 처리를 실시한 경우, 탄화물이 상대적으로 미세화되고 그 수가 증가하였다. 이러한 경향은 그림 1 에 잘 나타나 있으며 이는 초 심냉 처리에 따라 탄화물의 핵생성 구동력이 변화되기 때문으로 판단된다. 마모 시험을 통한 내마모성 비교 결과는 초 심냉 처리를 한 경우가 내마모 특성이 20% 이상 향상되었다.[1]



Fig. 1 TEM Micrographs of additional deep cryogenic treated specimen.

또한, 대표적인 냉간단조용 금형강 중의 하나인 SKH51 또한 동일한 양상을 나타내었으며, 강도 분석을 위해 2 가지 소재에 대한 굽힘강도 시험을 수행하였다. 시험 소재는 상대 비교를 위해 일반 열처리된 소재와 함께 비교하였으며, 시험 결과는 표 1 과 같이 2 가지 소재 모두 20%에 달하는 강도 향상 효과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

Table 1 Transverse rupture strength test results according to the heat treatment condition of tool for cold forging

Mate-rial	Heat treatment	b (mm)	h (mm)	l (mm)	P (kg)	$\sigma$ (MPa)
SKD11	Q/T	6.01	2.94	39.5	223	2,540
	Cryogenic	6.03	2.93	39.5	268	3,060
SKH51	Q/T	6.03	2.95	39.5	380	4,290
	Cryogenic	6.09	2.96	39.5	451	5,010

표 1 에서 알 수 있듯이 초심냉 처리는 금형의 강도를 향상시켜주고 있으므로 금형의 수명을 향상시킬 수 있음을 예측할 수 있었으며 직선형 베벨기어 냉간단조용 금형에 적용함으로써 실 금형에서 수명을 확인하였다. 초 심냉 처리 후 Ti-나노 열처리 한 금형의 경우 기존 수명에 비해 50% 이상 향상되는 효과를 나타내었다. 그림 2 는 연구 대상인 베벨기어 단조품의 3 차원 형상을 보여주고 있다.

### 3. 금형 설계에 따른 영향

앞 절에서 적용된 대상 제품인 직선형 베벨기어는 냉간 단조품의 장점을 최대한 살린 제품으로 기어 가공면을 그대로 사용함으로써 치절기를 이용한 제조 방법에 비해 생산성이 월등하다. 따라서, 금형 수명 향상과 함께 또한 제품의 품질을 향상시키고자 하는 노력이 계속되고 있다. 단조품의 특성상

치절가공품에 비해 강도 또한 높지만, 부분적으로 미성형나 결함이 발생될 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 FEM 해석을 이용하여 금형 형상에 대한 최적의 치수를 제공함으로써 그 결함을 제거할 수 있었다. 그림 2 는 해석 결과를 정리한 것으로 겹침 결함이나 미성형이 발생되는 않는 소재와 금형 조건을 설계에 반영하여 우수한 단조품을 제조할 수 있었다.

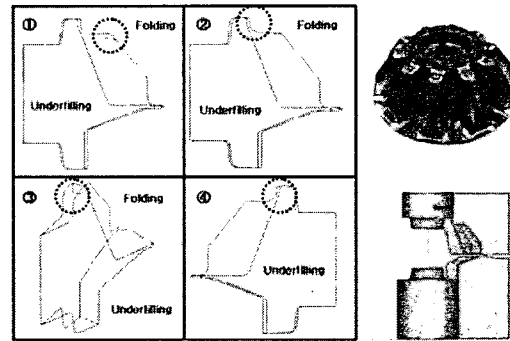


Fig. 2 FEM analysis results for bevel gear cold forging

### 4. 결론

냉간 단조품의 품질 향상과 공구 수명을 향상시키기 위한 금형 열처리법과 설계에 대한 중요도를 확인할 수 있는 시험과 현장적용 결과를 얻음으로써 금형에 대한 중요성을 재인식하였으며 향후 연구 방향을 설정할 수 있었다.

### 후 기

본 연구는 자동차 기반 기술 개발사업으로 추진 중인 “고 난이도 고정밀 자동차 단조 부품의 생산성 향상 기술 개발” 과제의 연구 결과로서 관계자 여러분께 감사의 말씀을 드립니다.

### 참고문헌

- 이영선 외, “냉간단조용 금형 수명에 미치는 공정변수의 영향”, 한국소성가공학회 2005 춘계학술대회 논문집, pp215-218
- John Walters, Wei-Tsu Wu, Anand Arvind, Guoji Li, Dave Lambert Tang, 2000, “Recent development of process simulation for industrial applications”, J. of Materials Processing Technology 98, pp205-211
- H. Berns, A. Mclander, D. Weichert, N. Asnafi, C. Broeckmann, A. Grob-Weege, 1998, “A new material for cold forging tools”, Computational Materials Science 11, pp166-180