

F.E.M을 이용한 열간 금형 수명 향상

이 회 방, 김 주 현, 강 종 훈*

Tool life increase for Hot forging with Finite Element Method

H.B.Lee, J.H.Kim and J.H.Kang

Abstract

In the stage of process design, many factors affecting tool life should be considered. Wear, Damage Accumulation and excessive die Stress are those. Most Engineer think wear and damage accumulation affect deeply to the cold forging dies and wear for the hot forging dies. In this report, the example that wear and stress distribution affect tool life in hot forging together will be introduced and the way to solve that problem using Finite Element Method.

Key Words : Tool Life, Wear, Stress Concentration, Finite Element Method

1. 서론

금형수명에 영향을 미치는 인자들은 성형과정중 과대한 하중에 의한 소성변형, 응력집중에 의한 파손, Damage값의 축적 및 금형 마멸에 따른 치수 정도 저하등을 들 수 있다. 일반적으로 앞에서 언급한 하중 및 급격한 하중의 증가등은 냉간 수명 결정인자로 알려 있고, 열간의 경우 낮은 유동응력으로 인하여 금형의 파손 보다는 마멸에 의한 치수 정도 저하에 의한 금형 교환이 주를 이루고 있다.

본 연구에서는 제품 형상에 따라 열간 금형에서 금형의 마멸뿐만 아니라 금형에 작용되는 응력에 의한 수명 저하 요인에 대하여 언급하고, 유한 요소 해석을 통하여 원인 분석 및 해결방안을 제시하였다.

금형 응력 저하를 위한 형상변경을 유한요소 해석을 통하여 실시하였으며, 수명향상을 위한 금형 표면처리를 실시하여 금형수명 향상을 이룩하였다.

2. 금형 수명 저하 요인 분석

본 연구대상은 자동차용 프론트 허브로 1250℃로 가열하여 3단으로 성형된다. 그림1에 제품 형상을 나타내었다. 성형은 1차 업셋팅, 2차 예비성형, 3차 피니싱공정을 거쳐 완성된다. 형상에서 보듯이 제품은 측방으로 업셋팅 되는 형태로 플랜지 두께가 얇아 성형이 끝날 시점에 상당한 면압증가가 예상된다.

기존 사용되어진 금형은 STD61종 금형용강으로 Q&T 처리후 바로 생산에 적용하였다. STD61종 금형용강의 Q&T후 표준 경도는 Hrc 48정도 수준으로 낮은 정도로 인하여 높은

마멸을 나타낸다. 이를 해결하기 위하여 표면에

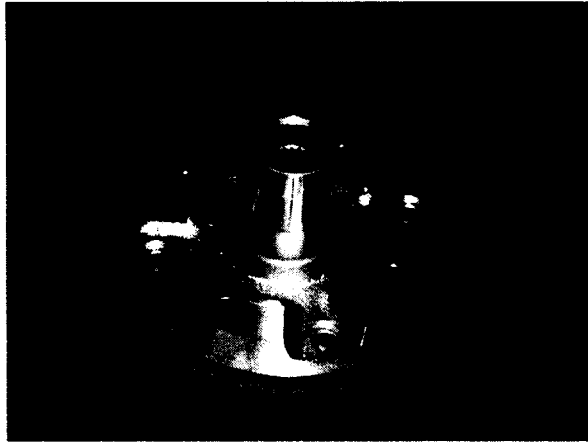


Fig.1 Figure of Front Hub

질화처리를 실시할 경우 종방향 크랙이 금형 전면에 발생하여 금형의 응력이 상당히 높은 것으로 예측되었다.

앞에서 언급한 예측을 확인하기 위하여 유한 요소 해석을 수행하였다. 기존 성형 공정 해석결과를 그림 2에 나타내었다.

해석 결과 성형 단계별 하중은 업셋팅 16톤, 블록 83톤, 피니셔 공정에서 3500톤의 하중이 예상 되었다. STD61 금형강에 대한 금형 해석 결과 금형내부의 응력이 800 Kgf/mm^2 로 나타나 보강이 되어 있지 않은 금형 허용 한계치를 넘는 면압이 작용하는 것으로 밝혀 졌다.

따라서 금형에 표면처리를 할 경우 표면 및 기지부의 경도 상승으로 원주방향로 크랙 발생이 발생하게 되는 것이다.

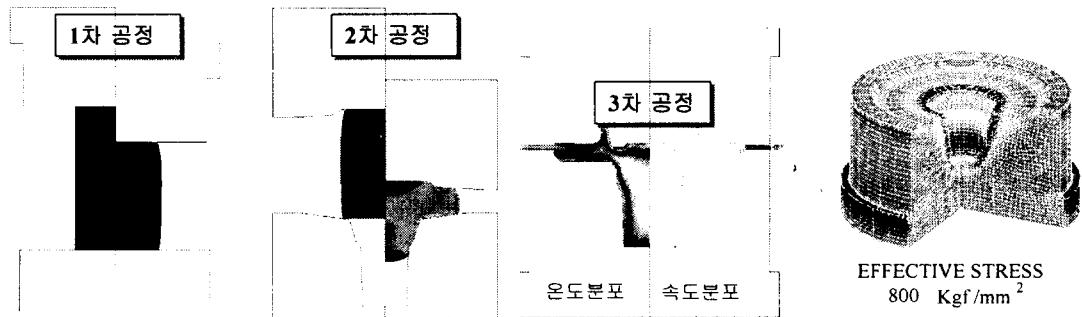


Fig. 2 Current Forging Sequence Analysis and Tool Stress

3. 금형 수명 향상 대책

금형 내부 응력 과다로 인하여 기존의 표면처리를 실시할 경우 금형파손이 예상 되었다. 또한 기존에 생산되고 있는 제품이어서 최소한의 형상변경과 표면처리 방법으로 금형 수명 향상을 꾀하였다. 열간 공정에서 내압을 줄이는 가장 간단한 방법으로 흔히 적용되는 플래쉬 두께를 조정하여 금형 형상의 내압을 줄이고자 하였다. 기존의 두께 2.5mm를 3, 4, 5mm로 크게 하여 금형 내부 응력 변화를 조사하였다. 또한 2차 블로커 스트로크 변화에 따른 응력도 조사하여 성형 하중 및 응력 분포를 표.1에 나타내었다.

2차 블로커의 변화 및 최종 형상을 비교해 보면 그림 3과 같다. 응력 및 분포하중의 측면에서 고려해 보면 플래쉬를 크게하여 내부 면압을 줄일수 있고, 그에 따른 수명 향상 또한 기대 할 수 있다. 하지만 플래쉬의 크기가 증가하면 할수록 트리밍 공정의 문제점이 나타나 최대 두께는 3.0mm로 설정하였다.

플래쉬 두께	공정변수	피니시 하중	금형 용력
2.5mm	2차 동일	3500톤	800 Kgf/mm^2
3.0mm	2차 동일	2600톤	360 Kgf/mm^2
	2차 변경	2700톤	370 Kgf/mm^2
4.0mm	2차 동일	1497톤	220 Kgf/mm^2
	2차 변경	1629톤	240 Kgf/mm^2
5.0mm	2차 동일	1150톤	150 Kgf/mm^2

표 1 플래쉬 두께에 따른 하중, 용력 비교

플래쉬의 두께를 0.5mm 두께로 하여 내부 면압을 줄임에 따라 금형 마멸량을 줄일 수는 있으나 크게 기대하기 어렵고, 또한 금형내 용력은 $360 Kgf/mm^2$ 을 넘고 있으므로 일반적인 표면처리로는 수명향상을 기대하기 어렵다. 따라서 기조직의 경도의 큰 상승없이 소재와

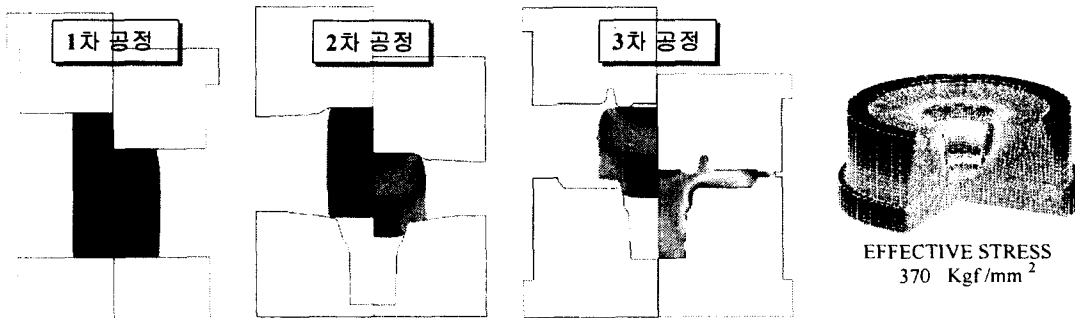


Fig. 3 Analyzed Result for Modified Process

금형과의 마찰계수를 낮출수 있는 열처리 방안으로 금형의 파손없이 낮아진 면압으로 금형 마멸량을 줄여 수명을 향상 시킬수 있다. 이러한 특성을 지닌 Plasox 열처리를 실시하여 표면경도를 Hrc52, 모재 경도의 상승을 억제하여 적용하였다.

이와 같은 개선된 금형을 적용한 경우 금형수명이 80%이상 향상 시킬수 있어 상당한 생산성 향상 및 비용절감을 이룩하였다.

4. 결론

고질적인 문제를 안고 있던 허브 금형 수명 향상 연구를 통하여 다음과 같은 결론에 도달하였다.

- 1) 열간 금형 수명 지배인자는 알려진 바와 같이 금형 마멸이지만 형상에 따라 국부적인 응력집중으로 표면처리를 할수 없는 조건이 발생할 경우 응력집중 또한 열간 수명에 지대한 영향을 미치는 인자이다.
- 2) 열간 금형의 경우 작업조건 및 공정변수에 따라 표면처리에 의한 수명향상도 가능하지만 경우에 따라 수명저하도 발생할 수 있다.

3) 해석기법을 이용하여 단조 공정의 문제점을 미리 예측하고, 분석함으로써 비용절감, 생산성 향상을 기할 수 있다.