냉간 비조질강용 금형 수명 향상방안

A Study to Improve the Tool Life for the use of non heat treated micro alloyed steel

*이명원 [1], 정택우 [1], #이영선 [1], 최정묵 [2], 문영훈 [3]

* M. W. Lee [1], T. W. Jung [1], # Y. S. Lee(lys1668@kims.re.kr) [1], J. M. Choi [2], Y. H. Moon [3]

[1] 한국기계연구원 변형제어연구그룹, [2] (주)진합 기술연구소, [3] 부산대학교 기계공학부

Key words : FEM, Formability, Tool Life, Cold forging, Non heat treated micro alloyed steel

1. 서론

원재료 구상화 열처리 및 단조 후 제품 열처리시의 환경유해물질발생과 제품의 열처리 후 뒤틀림(Distortion)발생으로 인한 가공공정 추가와 같은 환경성 및 경제성 저하의 요소들로 인해 부품소재의 기술개발 필요성은 점점 확대되고 있다.

냉간단조용 비조질강은 제어압연과 제어냉각을 통해 적정강도 및 인성을 확보하여 구상화 열처리, 담금질, 뜨임처리를 생략할 수 있도록 하여 친환경 소재로 인정받고 있다. 그러나 냉간단조 시 강도를 갖는 비조질강 부품들은 제품 부위별로 다른 재질편차와 냉간단조 시 금형에 미치는 큰 저항으로 인한 금형의 수명저하라는 문제점을 가진다. 냉간단조용 비조질강은 주로 볼트(Bolt), 타이로드(Tierod), 볼스터드(Bollstud)등의 부품류에 적용되고 있다. 본 연구는 다단 포머공정으로 생산되는 M6 볼트(Bolt)를 대상으로 냉간 비조질강용 단조 금형의 특성을 분석 하고자 한다. 본 연구에서는 비조질강용 금형의 특성을 고찰하기 위해 선조질강을 비교 소재로 사용하였다.

2. 실험 및 유한요소해석

본 연구에서는 비조질강용 금형의 특성을 고찰하기 위해 선조질강을 비교 소재로 사용하였다. 먼저 기초물성을 조사하였으며 이를 바탕으로 성형공정 및 공정별 금형응력해석을 진행하였다. 소재의 성형해석은 유한요소해석 프로그램인 DEFORM-2D를 이용하였다. 소재 비조질강(POSCO)과 선조질강(ESW)의 화학 조성표는 Table 1과 같으며 비조질강과 선조질강의 실험결과 중 항복강도, 인장강도, 연신률은 Table 2에 나타내었다.

Table 1 Chemical composition (wt.%)

Alloy	C	Si	Mn	P	S	Cr
POSCO	0.23~0.27	1.8~2.1	0.1~0.2	<0.015	<0.015	<0.1
ESW	0.18~0.24	0.15~0.35	0.7~1.0	<0.03	<0.03	0.01~0.2

Table 2 Cylinder specimen Tensile Test Result

Specimen No.		Y. S.(MPa)	T. S.(Mpa)	El(%)
POSCO	1	724.5456	835.3397	13.26
	2	731.7317	851.1637	11.39
ESW	1	771.3510	833.9200	15.78
	2	769.4659	836.1307	15.75

Fig.1 은 본 연구에서 대상으로 한 M6 볼트 다단포머 공정의 실제 단조과정을 보여주는 그림이다. 냉간단조용 비조질강의 단조특성을 선조질강의 단조특성과 비교하기 위해 Fig.2 에서 나타낸 바와 같이 압축시험에서의 Strain-stress curve 를 사용하여 성형공정해석을 실시하였다.

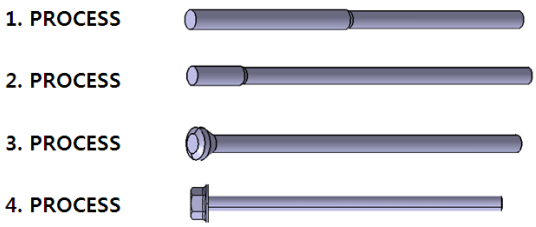


Fig. 1 M6 bolt model by Process

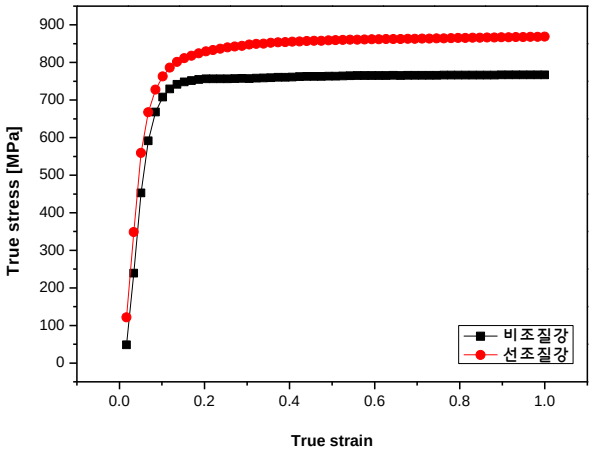


Fig. 2 Strain-stress curve of compression test

3. 결과 및 고찰

Fig.3 에서 4 개의 공정으로 구성된 다단포머 공정 시 각 공정별로 필요한 하중을 두 개의 소재를 비교하여 나타내었다. 실제로 4 개의 공정 중 마지막 공정에서 가장 높은 하중이 걸리는 것을 확인 할 수 있었다. 본 연구에서 비교재로 적용한 선조질강의 성형해석에 비하여 비조질강 성형해석에서 낮은 값의 하중을 갖는 것으로 확인되었다. Process 별로 살펴보면 1Proces 에서 1300N, 2Proces 에서 1358N, 3Proces 에서 9442N, 4Proces 에서 3444N 의 차이를 나타내고 있다.

Fig.4 에서는 비조질강과 선조질강의 성형해석 시 각 공정별 프리폼들의 변형율을 그림으로 나타내었다. 3Process 에서 최대유효변형율(Peak effective strain)의 차이가 좀더 크게 나타나고 있으며 1,2Process 에서는 비조질강에서 3,4Process 에서는 선조질강에서 유효변형율의 값이 높게 나타났다.

Fig.5 는 Fig.4 에서의 성형해석을 실시한 후 진행한 금형응력해석에서 금형파손의 역할을 하는 주응력(Max principal stress)을 Process 별로 나타낸 그림이다. Fig.5 를 살펴보면 비조질강용 금형의 2Process 와 3Process 에서 220MPa 과 250MPa 정도의 인장응력이 덜 관찰되는 것에 반해 4Process 에서는 110MPa 정도 인장응력이 더 높게 관찰되고 있다.

아래의 Fig.6 에서는 비조질강용 금형과 선조질강용 금형

의 응력해석에서 금형에 분표하는 주응력을 나타낸 그림이다.

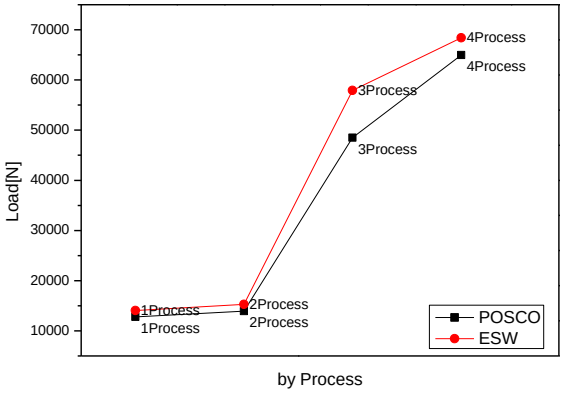
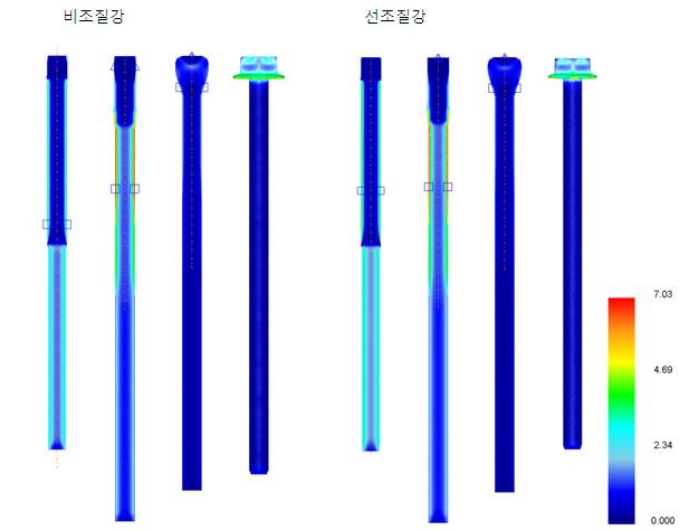


Fig. 3 Peak load by process



Peak Effective strain	1 PROCESS	2 PROCESS	3 PROCESS	4 PROCESS
비조질강	1.06	1.55	6.00	2.68
선조질강	0.94	1.53	7.03	2.73

Fig. 4 Compare non heat treated micro alloyed steel with pre-heat treated micro alloyed steel on peak effective strain

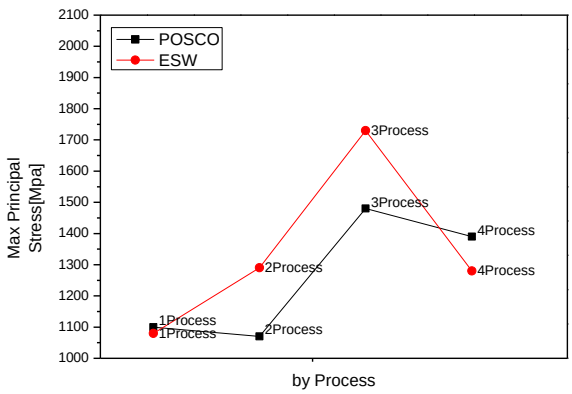


Fig. 5 Max principal stress by process

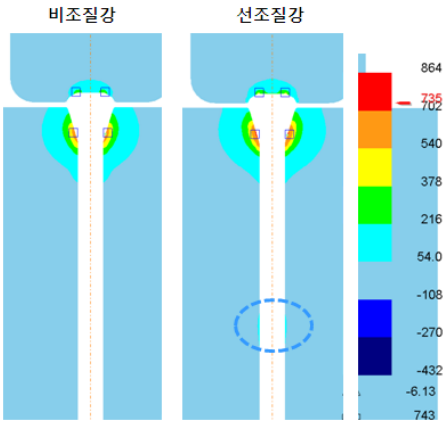


Fig. 6 Compare non heat treated micro alloyed steel with pre-heat treated micro alloyed steel on Max principal stress

4. 결론

본 연구에서는 비조질강과 선조질강의 인장시험을 통해 항복강도, 인장강도, 연신률의 소재물성을 얻고 유한요소해석을 통해 성형하중 및 금형응력을 공정 별로 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 성형해석에서 비조질강이 선조질강에 비해 낮은 값의 하중을 갖는 것으로 확인되었다.

(2) 금형응력해석에서 비조질강의 금형응력을 Process별 별 살펴볼 때 선조질강에 비해 각 Process별 응력의 차가 적었다.

앞으로 금형구조별 성형성 연구 및 비조질강 금형구조 표준화에 대한 연구를 계속 진행하고자 한다.

후기

본 연구는 고강도 냉간 비조질강 단조품의 품질향상 기술지원사업의 일환으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. 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
2. Y.S.Lee, J.H.Lee, Y.N.Kwon, T.Ishikawa, 2004, “Experimental and FE analysis to predict the dimensional changes of workpiece and tool in cold forging”, Proc. of Int. Conf. NUMIFORM2004, pp.504-509.
3. Y.S.Lee, J.H.Lee, Y.N.Kwon, T.Ishikawa, 2004, “FE-modeling approaches to accurate dimension prediction for the cold forged part”, J. of Engineering Manufacture B, Vol. 218, pp.1709-1722
4. 박지태, 전만수, "선조질강 ESW95 의 기계적 성질에 관한 연구", 한국소성가공학회 춘계학술대회논문집, 439-443, 2008.
5. 윤덕재 외, 한국소성가공학회지, 제 15 권, 제 8 호, 2006.
6. 이영선 외, 한국소성가공학회 춘계학술대회논문집, 215-218, 2005.
7. 김남규 외, 한국소성가공학회 춘계학술대회논문집, 321-324, 2005.