

미세성형품 치수정밀도향상을 위한 해석 및 실험적 연구 FEM analysis and experiment for the accurate improvement of dimension in micro forged part

*이명원¹, #이영선², 이정환³

* M. W. Lee¹, # Y. S. Lee(lys1668@kims.re.kr)², J. H. Lee³

¹ 한국기계연구원 소성응용연구그룹, ² 한국기계연구원 소성응용연구그룹, ³ 한국기계연구원 융합공정연구부

Key words : Dimensional changes, SUS, FEM, Formability, Precision cold forging

1. 서론

전자, 의료산업 등의 분야의 비약적인 발전과 기계요소 소재의 개발과 제품의 다양성 등으로 미세기계부품은 부가가치가 큰 산업으로 인식되고 미세기계부품에 대한 수요는 증가하고 있다. 그러나 미세기계부품의 수요의 증가와 함께 그에 따른 성능 및 기능의 고급화에 대한 요구, 가격인하에 대한 요구도 증가하고 있다. 정밀한 냉간 단조는 기계가공과정을 감소시켜 소재를 절감하고 공정의 축소로 생산가격을 낮출 수 있으며 금속의 재결정 이하의 온도에서 성형되어 소재의 가공경화로 기계적 특성이 향상되는 장점이 있다. 그러나 소재에 작용하는 응력이 큰 냉간 단조는 단조과정에서 단조품의 치수변화가 크게 발생되는데 냉간 단조로 품질이 우수한 미세 성형품을 제조하기 위해서는 무엇보다도 정밀치수를 안정적으로 생산할 수 있는 관련기술의 확보가 가장 중요하다. 일반 단조품에 비해 제품의 치수 제어의 중요도가 높은 미세성형품의 경우 치수정밀도 향상을 위해서는 정밀냉간단조 시 치수변화의 분석이 보다 중요하다. 최근 냉간단조의 가공정밀도와 기술적인 향상에 의해서 그 응용범위가 넓어지고 공업의 생산규모가 확대되고 있다.

본 연구에서는 유한요소해석 프로그램을 이용하여 핀 힌지(Pin hinge)의 냉간 단조 공정 동안의 치수를 분석하고 이를 실제 실험과 같이 수행하여 해석과 실제 단조품의 치수를 비교 분석 하였다.

2. 실험 및 유한요소해석

본 연구의 대상인 핀 힌지는 전자부품 가운데 하나이며 기계부품과 부품의 위치를 고정하기 위해 이 두 부품을 관통하는 구멍을 통해서 고정하는 결합용 기계요소이다.

두께 0.95mm, 높이 2.29mm의 SUS302 와이어(Wire) 소재로 50ton 유압프레스로 냉간단조 하였다. Fig. 1은 실험에 사용된 펀치(Punch), 다이(Die), 다이 홀더(Die holder)와 인서트 핀(Insert pin)이다.

핀 힌지의 정밀냉간단조 시 단조 공정 동안에 단조품의 치수 변화를 분석하기 위해 실험과 해석은 동일한 조건으로 진행하였다.



Fig. 1 Photo of die for pin hinge

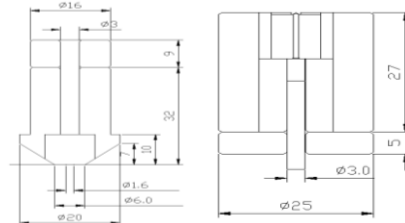


Fig. 2 Drawing of die and pin hinge

기존의 단조품 치수정밀도 향상에 관한 연구에서 보여지듯 단조과정 동안 금형이 받는 응력과 단조품이 받는 응력에 차이가 생기고 가압시 단조품보다 높은 응력을 가지는 금형은 계속적으로 단조품에 힘을 가하게 되므로 가압 해석까지의 단조품 만으로 탄성변형량을 정확하게 예측하기에는 무리가 있다. 핀 힌지의 유한요소해석에서는 냉간단조 공정 동안에 발생하는 치수의 변화를 정확하게 분석하기 위해 가압>Loading), 제하>Unloading), 취출>Ejecting) 순으로 핀 힌지의 탄소성 성형 해석을 진행하여 소재 내 잔류 응력과 금형과 단조품의 응력 차로 발생하는 단조품의 치수 변화를 고려하였다. 가압 시의 펀치속도는 100mm/sec으로 가정하였고 소재와 금형의 마찰계수(Friction)는 일정전단마찰계수로 0.08의 값을 적용하였다. 소재의 성형해석은 유한요소해석 프로그램인 DEFORM-2D를 이용하였다. 소재 SUS 302의 화학 조성표는 다음과 같다.

Table 1 Chemical composition of SUS 302 (wt.%)

Alloy (%)	Cr	C	Mn	Ni	P
SUS302	18	0.15	2	9	0.2

해석은 공정조건을 금형을 강체로 가정한 Process1과 금형을 탄성체로 가정한 Process2 두가지 방법으로 나누어 진행하여 단조품의 취출 후 치수변화를 비교 분석 하였다. Table 2는 핀 힌지 해석과정 동안 소재의 타입을 표로 나타낸 것이다.

Table 2 Process of FEM analysis

(a)

Process 1	Loading	Unloading	Ejecting
Die	Rigid	Rigid	Rigid
Forged tool	Elasto-plastic	Elasto-plastic	Elasto-plastic

(b)

Process 2	Loading	Unloading	Ejecting
Die	Elastic	Elastic	Elastic
Forged tool	Elasto-plastic	Elasto-plastic	Elasto-plastic

3. 결과 및 고찰

핀 힌지의 내부를 가압방향으로 20 부위 나누어 핀 힌지의 높이에 따라 유효응력(Effective stress), 유효변형(Effective strain)의 값을 도출해 그래프로 나타내보았다.

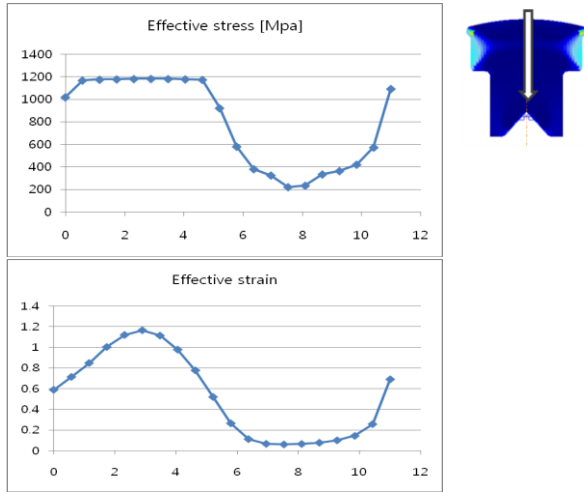


Fig. 3 Effective stress and Effective strain of pin hinge

금형을 강체로 가정한 해석에서 핀 힌지의 (a), (b), (c) 부분으로 나누어 각 공정 별로 치수의 변화를 살펴보았다. 핀 힌지의 축의 수직인 방 방향 (a), (b)에서는 취출 시 소재의 탄성 변형이 크고 축 방향 (c)에서는 제하 시 탄성변형이 크게 나타남을 알 수 있다.

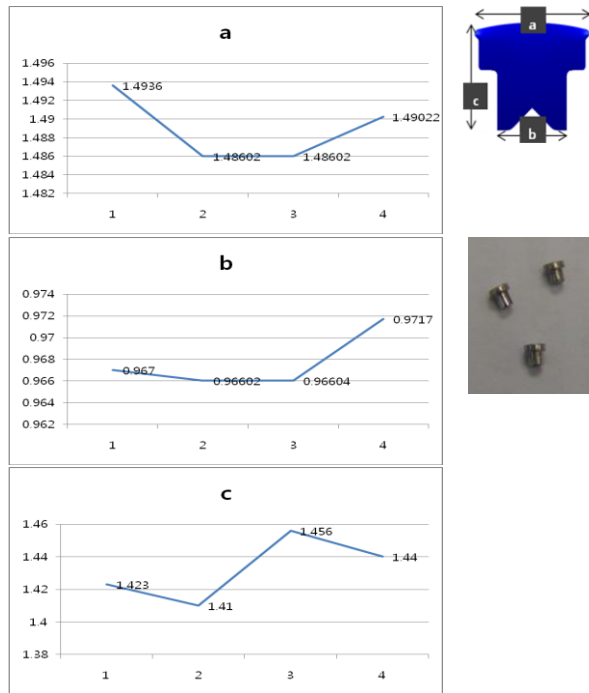


Fig. 4 Dimensional changes on process of pin hinge

금형을 강체로 가정한 해석과 탄성체로 가정한 해석에서의 단조품의 치수의 차를 공정별, 부분별로 분석하였다.

Table 3 Dimensional difference on rigid die and elastic die analysis

		load	Unload	Eject
a	Rigid	1.48602	1.48602	1.49022
	Elastic	1.4865	1.49122	1.48702
	차	0.00048	0.0052	0.0032
b	Rigid	0.96602	0.96604	0.9717
	Elastic	0.96602	0.96614	0.96618
	차	0	0.0001	0.00552
c	Rigid	1.41	1.456	1.44
	Elastic	1.4278	1.4306	1.4272
	차	0.0178	0.0254	0.0128

해석과 실제 단조품을 (a), (b), (c) 부분으로 나누어 치수를

비교 분석하였다.

Table 4 Dimensional difference on experimental forged tool and analytical forged tool

실제 단조품과의 차	Rigid die 해석	Elastic die 해석
a	0.00338	0.00658
b	0.0047	0.00082
c	0.017	0.0042

4. 결론

핀 힌지 냉간 단조 공정 동안에 치수의 변화를 분석하고 실제 단조품과 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

핀 힌지의 각 부분의 치수변화를 수치적으로 확인할 수 있었다. 핀 힌지의 해석에서의 탄성회복분석 결과 가압 시를 기준으로 Y축으로 더 많은 치수변화를 나타내고 X-Y 전체의 평균 치수변화는 7.475 μ m 임을 알 수 있었다. 핀 힌지의(c) 부분에서 금형을 강체로 가정한 해석이 금형을 탄성체로 가정한 해석에서 보다 실제 단조품과 약 4배 정도 차이가 더 나는 것을 확인 할 수 있었다.

단조품의 부위별(5-point) 치수측정을 통해 X축 변형과 Y축 변형의 평균 치수 변화량을 분석한 결과 일반적인 크기 (mm단위)의 냉간단조품은 0.006mm, 미세성형품은 0.005mm의 평균치수변화를 나타내었다. 이는 탄성범위 내에서 금형에 가해지는 작용압력이 작기 때문으로 판단된다. 일반적인 냉간단조품에 비해 매우 상대적으로 적은 치수변화를 나타내고 있고, 제품 크기 대비 치수변화를 고려하고 요구하는 치수정밀도가 μ m 단위임을 감안할 때 보다 세밀한 치수제어가 요구됨을 알 수 있다.

후기

본 연구는 부품소재기술지원 사업의 일환으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고 문헌

[1] 이영선 외, “냉간단조용 금형 수명에 미치는 공정변수의 영향”, 한국소성가공학회 2005 추계학술대회 논문집, pp215-218

[2] 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

[3] 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

[4] J.R.Cho, W.J.Kang, M.G.Kim, J.H.Lee, Y.S.Lee, W.B.Bae, 2004, “Distortion induced by heat treatment of automotive bevel gears”, J. of Materials Processing Technology, Vol.153-154, pp.476-481J. L. Bassani, 1977, Yield characterization of metals with transversely isotropic plastic properties, Int. J. Mech. Sci., Vol. 19, pp. 651 ~ 156.

[5] 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

[6] 이영선 외, “미세성형품의 치수변화에 미치는 공정변수의 영향”, 한국정밀공학회 2008 추계학술대회 논문집, pp389-390

[7] 이영선 외, “냉간단조의 Ejecting 공정이 치수정밀도에 미치는 영향”, 한국소성가공학회 2004 추계학술대회 논문집, pp338-341