

Lead Screw 전조해석을 이용한 금형형상 및 온도의 영향 분석 Thread Rolling analysis of Lead Screw and Investigation into the effect of Tooling Dimensions and Temperature

*신명수¹, 차성훈¹, #김종봉¹, 김종호², 나승우³

*M. S. Shin¹, S. H. Cha¹, # J. B. Kim(jbkim@snut.ac.kr)³, J. H. Kim⁴, S. W. Ra⁵
¹ 서울산업대학교 자동차공학과, ² 서울산업대학교 금형설계학과, ³ ㈜서울금속

Key words : Thread Rolling, Frank angle, Warm Forming

1. 서론

전조란 전조다이스 사이에 소재를 끼워 소성변형을 하여 원하는 모양으로 만드는 가공방법으로 나사나 기어를 만드는데 이용되고 있다. 이 방법은 정도가 우수하고 균일한 나사산의 생산이 가능하기 때문에 대부분의 나사성형에 이용된다. 전조의 방식으로는 두 개의 원형다이스 사이에 소재를 끼우고 다이스를 회전시켜 나사를 만드는 방식과 평판형 다이스를 이용한 방식이 있다. 원형다이스를 이용한 방식과 평판형 다이스를 이용한 방식 모두 절삭가공에 비해 가공시간이 매우 단축되는 장점이 있다. 평판형 다이스 이용 방식은 소형나사의 대량생산에 이용되고, 원형 다이스를 이용한 방식은 정밀한 나사를 만드는 공정에 많이 이용된다.

전조에 대한 연구는 미비한 실정이며, 현장에서는 전문가의 경험에 의존하여 제품을 생산하고 있다. 전조에 대한 선행 연구로는 spindle screw 공정에서의 최적 소재경 선정에 관한 연구¹⁾, 프랭크 각도, 초기 소재경, 다이스 치형 끝단 부 라운드, 마찰계수, 소재의 가공경화지수에 따른 전조 정밀도 향상에 관한 연구²⁾, counter flow 방식의 고정밀도 텍다이의 설계에 관한 연구³⁾, 전조공정에서의 설계인자에 관한 연구⁴⁾ 등이 있다. 본 연구에서는 DEFORM 3D를 이용하여 치형의 개수에 따른 해석 결과의 차이를 관찰하여 최적의 성형해석 조건을 설정하였다. 그리고, 성형인자와 소재의 온도특성에 따른 전조해석을 수행하여 그 영향을 파악하였다.

2. 리드스크류 소재의 특성

리드스크류란 이송장치를 구성하는 핵심 부품으로 소재로 탄소강, 합금강, 스테인레스강 등이 주로 이용된다. 이번 연구에서는 실제 공정에서 사용되고 있는 S 첨가 AISI SUS304 소재를 사용하였다. 소재의 화학적 조성과 온도에 따른 응력-변형을 특성⁵⁾은 Table.1 과 Fig.1 에 각각 나타내었다. 위에 언급한 논문들에서는 원형 다이스를 이용해 냉간상태의 전조공정을 연구하였지만, 본 연구에서는 평판 다이스를 이용한 열간 상태의 전조공정에 대해서도 해석해 보고자 한다.

Table 1 Chemical composition of AISI SUS 304

C	Cr	Mn	Ni	P	Si	S
0.03%	18~20%	2%	8~12%	0.045%	1%	0.03%

3. 치형 개수에 따른 성형성 파악

전조해석은 상판 다이스가 진행되는 동안 성형이 미세하게 점진적으로 일어나므로 해석시간이 많이 소요된다. 또한 치형의 모양과 개수에 따라 성형시간이 많이 좌우되기도 한다. 이번 연구에서는 최소한의 치형 개수로 실제 치형 개수와 같은 결과를 얻을 수 있는지 알아보기 위해서

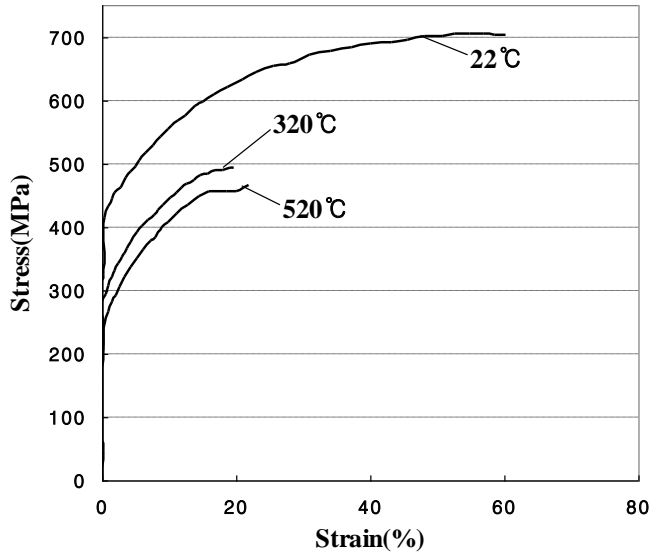


Fig.1 Stress-strain curve of AISI SUS 304 at various temperature

치형의 개수를 4, 8, 12로 증가시키며 해석을 수행하였다.

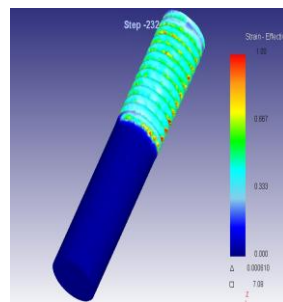


Fig.2 Effective strain distributions on lead screw

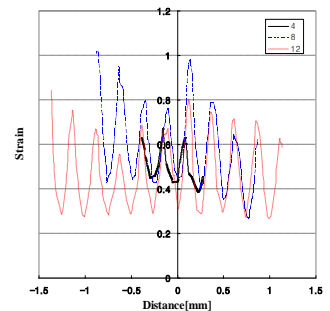


Fig.3 Effective strain distribution along teeth section for the various numbers of teeth

Fig.2 는 리드 스크류에서 유효 변형률 분포이다. 이뿌리 부분에서 변형률이 가장 크게 나타나는 것을 확인 할 수 있다. Fig.3 는 치형의 가운데 부분에서 치형 개수에 따른 유효 변형률을 나타낸 것이다. 치형의 시작 부분에서는 차이가 좀 나타나지만 치형의 끝단부로 갈수록 비슷한 양상을 보이는 것을 확인할 수 있었는데, 변형률이 차이가 나는 이유로는 요소의 개수가 적기 때문으로 생각된다. 이번 해석에서는 치형 4 개로 해석을 수행하여 성형인자와 온도의 영향을 고려하였지만, 좀더 많은 요소의 개수로 해석을 수행해 볼 필요가 있을 것으로 사료된다.

4. 성형인자에 따른 전조해석

전조시 성형에 영향을 주는 성형인자로는 프랭크각도, 다이스 끝단부 라운드, 마찰계수, 소재의 가공경화 지수 등이 있다. 본 연구에서는 프랭크각도와 다이스 끝단부 라운드의 유무에 따른 성형성을 파악해 보았다.

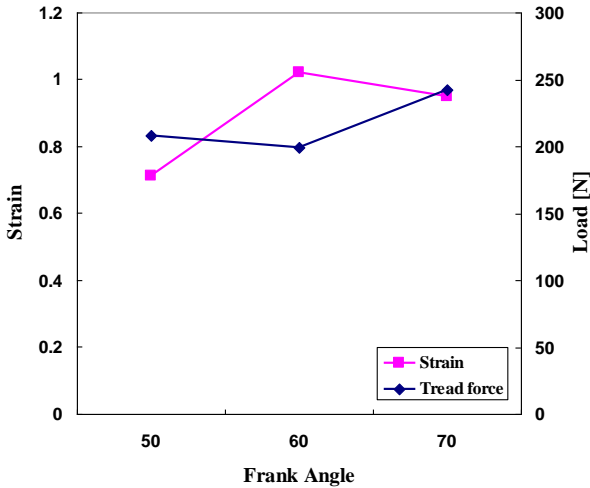


Fig.4 Effective strain and thread force for frank angle

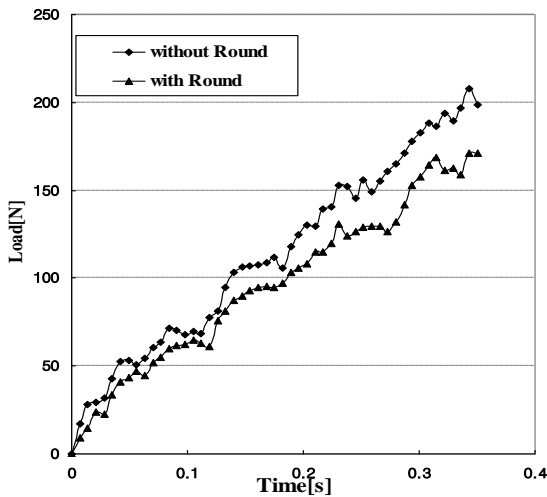


Fig.5 Effect of round at tooth-end on tread force

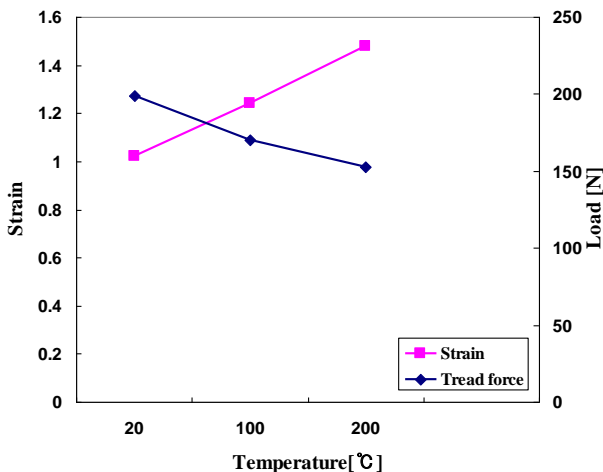


Fig.6 Effective strain and thread force for temperature

Fig.4 는 프랭크 각도에 따른 유효 변형률과 전조력을 나타낸 그림이다. 프랭크 각도가 60 도일 때 전조시 가장 유리하다는 것을 확인 할 수 있었다. Fig.5 는 치형 끝단부 라운드의 유무에 따른 전조력을 보여준다. 치형 끝단부 라운드는 변형률에는 영향을 주지 않았으나, 전조력에는 영향을 주는 것을 확인 하였다. 라운드가 있을 경우가 없을 경우보다 전조력이 적게 소요되는 것을 알 수 있었다.

5. 온도특성에 따른 전조해석

AISI SUS 304 는 Fig.1 에서 볼 수 있듯이 온도가 상승 할 수록 SUS 의 특징인 상변태에 의해서 파단이 빨리 일어난다. 그러므로 본 연구에서는 상온, 100℃, 200℃에서 해석을 각각 수행하였다.

Fig.6 은 온도에 따른 유효 변형률과 전조력을 나타낸 것이다. 온도가 상승할수록 변형률 값이 더 크며, 전조력이 작게 필요한 것을 확인 할 수 있다. 하지만 AISI SUS 304 의 온도 특성을 볼 때 고온에서 연신율도 작고, 또한 Fig.6 에서 변형률이 크기 때문에 크랙 등의 불량 발생 가능성이 커진다고 볼 수 있다.

결론

AISI SUS 304 소재를 이용하여 리드스크류의 성형인자와 온도특성을 고려한 전조 해석을 수행하였다. 치형의 개수에 따른 성형성에서는 유효 변형률에 차이가 있었지만 메쉬의 개수를 조정하면 적은 개수로도 실제 개수와 같은 결과를 얻을 수 있을 것이라 생각된다. 프랭크 각도가 60 도일 때 전조시 가장 유리하다는 것을 확인 할 수 있었고, 라운드가 있을 경우 전조력이 적게 소요되는 것을 알 수 있었다. 온도가 상승할수록 전조력 측면에서 유리하지만 소재의 특성에 의해 적정한 온도 상승이 필요하다고 생각된다.

후기

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술재단의 전략기술인력 양성사업으로 수행된 연구결과임. 또한 중소기업청의 기술혁신사업으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

1. K. H. Kim, D. H. Kim, B. K. Kim, "Determination of optimum blank diameter for the high precision if Spindle Screw", Proc. of Material Processing, Spring, 133-137, 2002.
2. K. H. Kim, D. H. Kim, D. C. Ko, B. K. Kim, "Characteristics Evaluation of Process Parameters for Improvement the Precision of Tread Rolling in Lead Screw", Proc. of KSPE, Fall, 321-315, 2002.
3. D. C. Ko, J. M. Lee, B. M. Kim, "Development of form Rolling Technology for High Precision Worm using the Rack Dics of Counter Flow Type", Journal of KSPE, Vol.21, 57-64, 2004.
4. Joseph. P. Domblesky, Feng. Feng, "A parametric study of process parameters in external thread rolling", Journal of Materials Processing Technology, 121, 341-349, 2002.
5. Ju Chen, Ben Young, "Stress-strain curves for stainless steel at elevated temperatures", Engineering Structures, 28, 229-239, 2006.