

헬리컬 기어 단조품 치수정밀도 향상을 위한 연구 Dimensional Accuracy of Forged Helical Gear

*#이영선¹, 정택우¹, 문영훈²

*#Y. S. Lee(lys1668@kims.re.kr)¹, T. W. Jung¹, Y. H. Moon²

¹ 한국기계연구원 변형제어연구그룹, ³ 부산대학교 기계공학부

Key words : Transmission, Helical Gear, Cold Forging, Dimensional Accuracy

1. 서론

냉간단조는 높은 치수정밀도와 생산성으로 인해 자동차용 구동부품, 특히 변속기, 차동장치용 기어 등 절삭가공으로도 선삭공정만으로는 정밀도를 만족시키기 곤란한 부품을 대량생산하는데 적용이 증가되고 있다. 국내의 경우도 기술 선두그룹을 중심으로 1995년부터 클러치기어, 스플라인류, 직선형 베벨기어, 스퍼기어 등을 냉간단조로 제조하여 자동차에 사용하고 있다. 그러나, 헬리컬기어는 단조방향과 일정각도로 경사져 있는 헬릭스 각도(Helix Angle)로 인해 금속의 변형제어와 금형수명 확보에 많은 어려움이 존재하기 때문에 분말야금 분야에서만 회전형 금형시스템을 이용하여 생산을 해온 실정이다.

그러나, 선진국의 경우는 오래전부터 조향장치 부품용 압출형 헬리컬기어를 중심으로 개발을 완료하여 대량생산을 하고 있는 실정이며 현재는 변속기용 헬리컬기어를 냉간단조로 생산하여 1개 회사가 차지하는 생산량이 1,300억 원/년에 달하고 있는 실정이다. 국내의 경우는 조향장치용 헬리컬기어를 연구개발하여 시제품을 제조하고 상용화를 위한 노력을 기울인 바 있으며[1] 대학, 연구소에서 연구자원의 개발이 이루어져 요소기술개발을 이룬바 있다.[2-4] Fig. 1은 일본 O사의 년차별 생산량을 나타내고 있다.

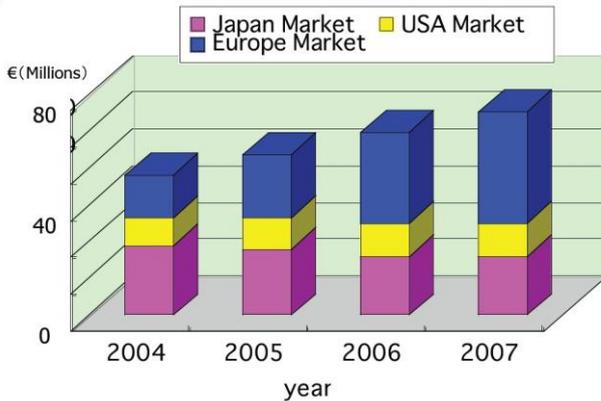


Fig. 1 Market share of helical gear forging company (Japan, O-Co.)

현재, 변속기에 대한 관심은 그 어느때 보다도 증가하고 있는 실정이다. 자동변속기는 6속, 7속으로 변속 단수가 증가되고 있고 CVT, DCT 등의 신규 변속기들의 개발이 그 어느때 보다도 활발하기 때문이다. 예를 들어 6속, 7속으로 변속기의 단수가 증대되면 그만큼 변속용 기어 수가 증대되는 만큼 기존의 절삭가공으로 제조하는 방법을 탈피하고자 하는 욕구가 증대될 수 밖에 없는 것이다. 또한 기어를 포함 동력전달 장치를 최적화하지 않으면 단수 증가에 따른 크기, 중량 증가로 인해 연비향상 효과가 절감될 수 있기 때문에 부품의 최적화 및 제조공정 개선은 필수 사항이다. 단조기어는 단류선(Metal Fiber) 효과와 형상 개선을 통해 부품 최적화(Compact)에 유리하기 때문에 차세대 변속기 개발에 많은 도움을 줄 수 있다. 변속기용 헬리컬기

어는 크게 2 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 헬리컬기어, 또 하나는 헬리컬 피니언이다. 2 가지 모두 헬릭스 각도로 인해 펀치(Punch) 진행방향과 금속 유동방향은 헬릭스 각도만큼 경사지게 되며 정밀성형의 어려움의 시작을 차지하게 된다.

본 연구에서는 유한요소해석을 이용하여 헬리컬 피니언의 금속유동에 대한 정밀분석과 치수정밀도 향상을 위해 전극에서부터 최종 단조품에 이르는 치수변화에 대한 정량적 분석을 수행함으로써 헬리컬 피니언의 정밀제조가 가능하도록 하는 단조기술을 개발하고 헬리컬 기어 개발에도 활용하고자 한다. Fig. 2는 헬리컬기어를 정밀단조 하는데 필요한 주요공정을 정리한 것으로 원하는 치수정밀도를 얻기 위해서는 전공정에 대한 적절한 제어가 필요하다.

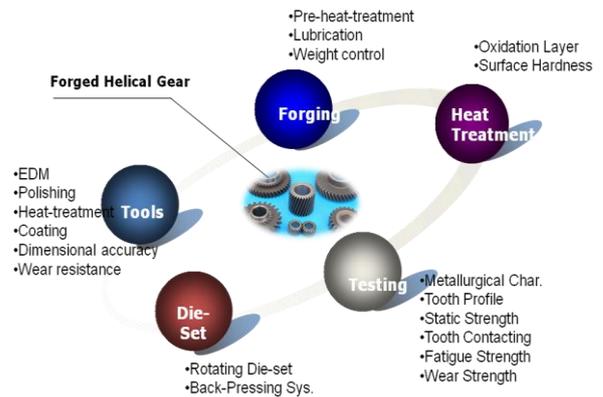


Fig. 2 Primary process variables and details

2. 실험 및 해석

2.1 실험

단조용 소재는 기어용 침탄강인 SCM920HVS1으로 냉간단조를 위해 구상화 소둔된 상태에서 압축 변형저항은 링 압축시험을 통해 구한 결과 Fig. 3과 같다.

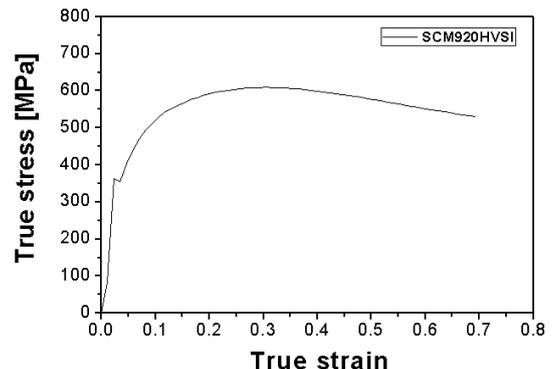


Fig. 3 Flow stress of workpiece material(SCM920HVS1) as spheroidized annealed

실험에 사용된 헬리컬기어는 헬릭스 각도 18.4°, 잇수 31, 모듈을 1.33, 압력각은 20° 인 피치원 직경은 43.45mm 인 헬리컬 피니언 중에서는 다소 큰 기어에 해당된다.

2.2 해석(FEM analysis)

헬리컬 피니언의 단계별 치수변화를 정량적으로 분석하기 위해 유한요소해석에서는 150,000 개 이상의 요소(Element)를 이용하여 치형의 치수변화를 측정하였다. Fig. 4 는 3 차원 해석을 위한 빌렛(Billet)과 금형 3 차원 모델(Model)을 나타내고 있다. 해석은 계산시간의 단축을 위해 16-노드(node) 클러스터(Cluster) 컴퓨터에서 상용유한요소프로그램인 Forge™ 을 이용하였다.

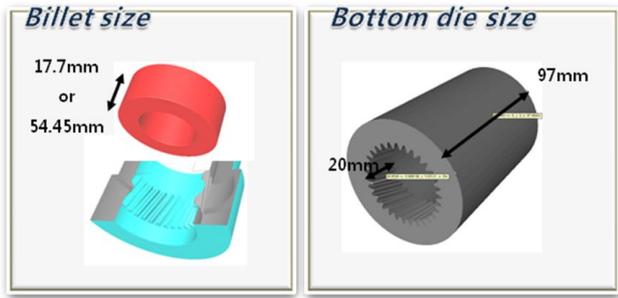


Fig. 4 3-dimensional model of billet and die

3. 실험 결과 및 고찰

전술한 바와 같이 기어의 치수정밀도를 향상시키기 위해서는 전극-금형-단조품-열처리품에 이르는 일련의 과정 동안 치형곡선(Tooth Profile)의 변화를 정량적으로 분석하여 최종제품의 정밀도를 얻기 위해 필요한 전극치수, 즉 금형치수를 확보해야 하는 것이 가장 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 전극치수를 Fig. 5 와 같이 측정을 하였으며 재원(Specification)과 비교할 수 있는 3 차원 모델링 시스템을 구축하여 각 높이와 반경방향으로 크게 4 부분에 해당되는 치형의 치형곡선을 측정하였고, 최종제품과 상대비교제인 기계가공품과도 비교· 분석하였다.

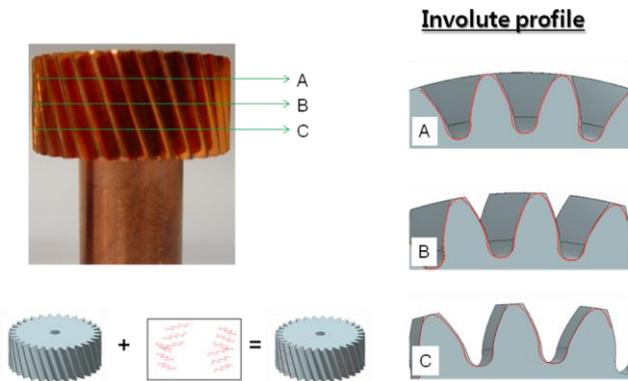


Fig. 5 Tooth profile of electrode for helical pinion

측정된 치형곡선은 최종 제품의 치수정밀도를 얻기 위해 필요한 보정곡선을 얻는데 활용되며 1 차적으로 제조된 제품과 기계가공품이 Fig. 6 에 비교되어 있다. 치형곡선의 보정을 위해서는 전술한 바와 같은 일련의 과정에 대한 정밀한 측정과 분석이 필요하며 체계적인 비교가 가능한 시

스템 구성이 필요하다.



Fig. 6 Helical pinion made by hobbing and forging

치형곡선의 변화에 대한 정량분석을 위해 유한요소해석 프로그램을 이용하여 분석된 결과는 Fig. 7 과 같으며 Fig. 5 에 나타나 있는 바와 같이 3 차원 모델 프로그램에서 정량적인 비교가 이루어 진다.

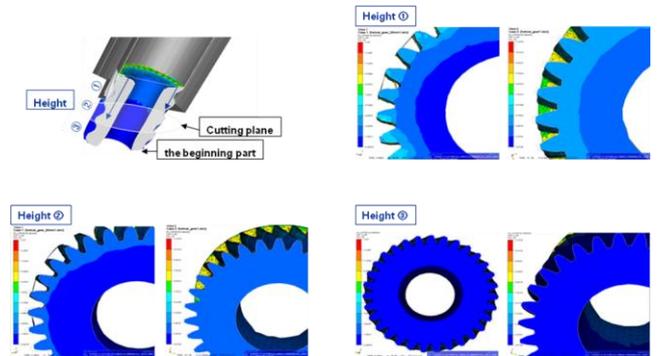


Fig. 7 deformation patterns and dimension of helical pinion calculated by FEM analysis

4. 결론

본 연구에서 변속기용 헬리컬 피니언의 냉간단조 공정에 대한 실험과 해석을 수행함으로써 최종제품이 요구하는 치수정밀도를 얻기 위한 전극 및 금형치수를 확보하고자 하였다. 또한, 정량적 치수비교와 보정을 위해 3 차원 모델상에서 해석결과와 측정결과를 비교할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 향후에는 제조된 제품에 대한 문제점을 보완함으로써 요구 특성과 정밀도를 확보하고자 한다.

후기

본 연구는 지역전략기확사업으로 추진중인 “정밀단조 헬리컬기어 치수정밀도 향상기술” 과제의 일환으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. 이영선 외 “Steering Pinion 정밀제조를 위한 압출공정개발” 한국소성가공학회 2002 추계학술대회 논문집 pp.154~158, 2002
2. 이영선 외 “냉간압출된 유성기어의 내부결함방지” 한국정밀공학회지, 제 16 권, 제 11 호, pp.166~173, 1999
3. 권용철 외, “스피기어의 제조공정에 따른 치수변화와 잔류응력에 관한 연구”, 소성가공, v16, no.8, pp575-581, 2007
4. M.L.Alves, J.M.C.Rodrigues and P.A.F.Martins, “Cold forging of gears: experimental and theoretical investigation”, Finite Elements in Analysis and Design, 37, 6-7, pp549-558, 2001