

응용논문

트랙터 변속장치 기어의 3차원 파라메트릭 설계 및 분석

Development of the 3D parametric modeling system for transmission gears of tractor

유우식*

Yoo, Woo Sik

김성균**

Kim, Sung Gyun

Abstract

This paper describes a three dimensional parametric modeling system for transmission gears of tractor. In conventional design and manufacturing, information about three dimensional shapes has been described in engineering drawings. However drawing based design presents several problems: 1) communication errors between the designer and the modeller or manufacturer. 2) time taken and costs incurred in the design process.

To solve these problems the system of parametric design based modeling has been proposed. Developed system in this paper consists of four steps; 1) parametric design of transmission gears with a solid modeler. 2) evaluation of gear geometry and strength. 3) dynamic simulation for gear interference check. 4) gear stress analysis with a CAE software. The proposed system has been tested in the fields and found to be a useful system.

1. 서론

기계부품설계는 전통적으로 2차원 설계도면 작성을 의미했으나 최근 CAD/CAM 기술의 발달에 힘입어 3차원 설계가 보편화 되고 있다. 그러나 현실적으로 중소기업에서는 아직도 2차원 설계방식을 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 2차원 설계방식은 설계소요 시간도 클 뿐만 아니라 제품의 설계오류가 발생할 가능성이 3차원 설계보다 상대적으로 높다. 이는 설계시 형상파악이 시각적으로 가능한 3차원 설계에 비해 2차원 설계는 설계 중간단계에서 설계사양을 검증할 만한 방법이 없기 때문이다. 트랜스미션의 경우에도 축과 기어류를 설계하여 배치한 후 Housing의 모듈드 설계시에 이러한 문제점이 크게 대두되고 있다. 따라서 설계오류를 사전에 줄일수 있는 3차원 모델링 시스템의 도입이 추진되고 있으나 새로운 시스템 도입의 비용문제 및 사용자 교육문제 등으로 인해 중소기업에서는 아직 현실화하지 못하고 있는 실정이다. 그러나 본 연구에서와 같이 파라메트릭 방식의 3차원 전용 모델링 시스템이 구축되면 설계시간의 획기적인 단축은 물론 설계상의 오류를 쉽게 찾아낼 수 있게 될 것이다. 또한, 편리한 사용자 환경으로 중소기업에서의 설계환경을 크게 개선할 것이다.

따라서 본 논문에서는 기계부품의 3차원 설계시 매개변수를 이용하여 특정 모델을 자동으로 모델링하는 변속장치 기어의 전용 3차원 모델링 시스템을 설명하려 한다. [그림 1]은 Housing 내부의 트랜스미션 부품의 조립상태를 보여주고 있는데 축과 기어류 그리고 클러치등의 부품들이 결합되어 있다. 이 변속장치는 기어류의 설계에 많은 노력이 드는데 본 연구에서는 변속장치중 기어류의 설계에 중점을 두고 파라메트릭 모델링 시스템을 개발하였다.

본 논문에서는 1) 2차원 설계공정분석 및 3차원 설계로 변화시 고려사항 2) 3차원 솔리드모델링 시스템의 도입을 통한 3차원 파라메트릭 모델링 시스템 구현 3) 상용해석 S/W를 이용한

* : 인천대학교 산업공학과

** : 인천대학교 대학원 산업공학과

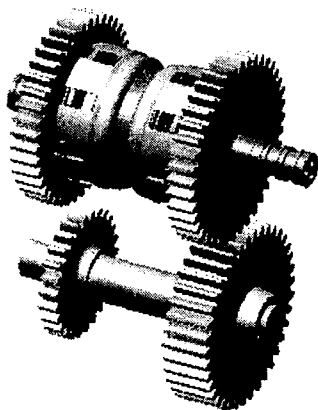
CAE 응력해석 등의 연구를 수행하였는데 자세한 설명은 다음과 같다.

2. 3차원 파라메트릭 모델링 시스템

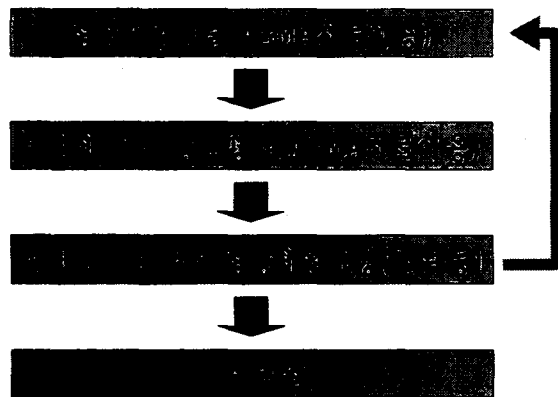
본 논문의 연구대상인 변속장치 기어는 기존에 2차원 설계방식으로 작업되어 왔는데, 기어 형상 제원 산출에 많은 계산이 필요하고 강도평가 등을 통해 수정작업을 반복적으로 수행하여야 하는 문제점이 있어왔다. 또한 2차원 설계의 순차적 프로세스에서는 후 공정에서 도면 정보를 왜곡해석 할 가능성이 상존하고 도면에 표현된 설계정보 또한 후 공정에서 사용하는 일이 수월하지 않았다. 2차원 설계 공정에서는 설계 검증 작업의 경우에도 숙련된 설계자가 아니면 쉽게 검증작업을 할 수 없을 뿐만 아니라, 납기 단축을 위한 동시공학적 공정체계 구축을 위해서는 3차원 설계체계 구축이 필요하였다.

[그림2]는 기존의 수작업 형상제원 산출과 강도평가 등을 통해 2차원 설계를 수행하는 절차를 보여주고 있다. 본 논문에서는 상용 3차원 모델러를 이용하여 기존의 2차원 변속장치 기어 모델링절차를 파라메트릭 모델링체계를 도입한 3차원 설계 방식으로 변경하는 과정과 개발시스템을 설명하려 한다. 3차원 설계공정을 적용하면 3차원으로 설계된 모델 데이터를 후 공정에서 활용할 수 있으며 설계 검증이 용이하고, 3차원 형상을 매개로 각 부서의 협업이 증대되어 궁극적으로 동시 공학적 공정설계가 가능하게 된다. 그러나, 2차원 설계에서 3차원 설계로 변화시 주의 하여야 할 사항들이 있다. 먼저, 회사의 실정을 고려하여 시스템을 도입하여야 하며, 도입된 시스템의 특성을 정확히 파악하고 그 시스템에 숙달되어야 한다. 또한, 적용업무의 표준화 및 데이터베이스 구축, 라이브러리 구축등 전용화(customize)시스템을 개발하여야 한다.

따라서 본 논문에서는 변속장치 기어의 3차원 설계 프로세스를 지원하는 전용화 시스템으로 변속장치 기어의 전용 설계 시스템을 개발하였는데, 변속장치의 설계시 기어는 형상제원을 검토하고 계산하여 여러번 반복설계되어야 한다. 따라서 기어의 반복설계를 지원해주기 위하여 설계가 끝난 기어모델을 이용하고, 변하는 형상제원만 변경시켜 수정된 기어모델을 자동으로 생성시키는 파라메트릭 모델링시스템을 개발하였다.



[그림 1] 수송장비 트랜스미션의 부분 조립품

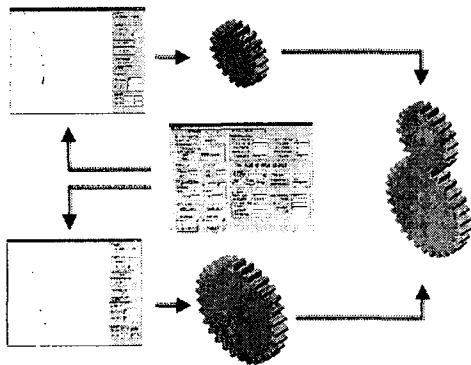


[그림2] 2차원 설계절차

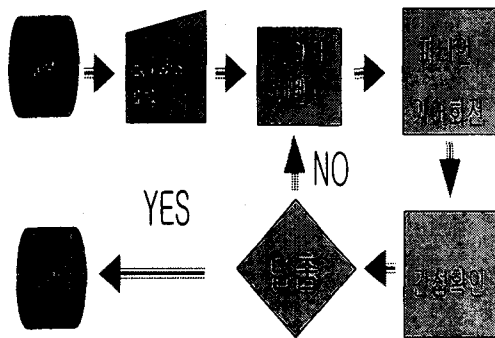
형상제원	피니언	기어
잇수	z_1	z_2
전위 계수	x_{n1}	x_{n2}
공구모듈	m_c	
공구압력각	$\alpha_c = \alpha_0 = \alpha_n$	
공구이끝틈새	c_k	
기준피치원지름	$d_{01} = z_1 m_n$	$d_{02} = z_2 m_n$
이끝원 지름	$d_{k1} = \{z_1 + 2(1 + x_{n1})\} m_n$	$d_{k2} = \{z_2 + 2(1 + x_{n2})\} m_n$
기초원 지름	$d_{g1} = d_{01} \cos \alpha_s = z_1 m_n \cos \alpha_s$	$d_{g2} = d_{02} \cos \alpha_s = z_2 m_n \cos \alpha_s$

[표 1] 전위 평기어의 형상제원 산출공식

자동으로 모델링하고, 조립하는 기능을 [그림 5]와 같이 확인할 수 있다. 이와같이 사용자는 매개변수만 입력하고 이후의 모델링과 수정을 자동적으로 수행하는 시스템으로 개발하였다. 본 논문에서는 또한 후 공정에서의 설계 오류로 인한 설계 지연을 미연에 방지하기 위하여 연속적인 시뮬레이션을 통한 간섭(Interference)검사 모듈을 시스템에 포함시켰는데 [그림6]은 시뮬레이션 구성도이고 [그림7]과 [그림8]은 기어가 회전하면서 간섭이 일어나는지의 여부와 백래쉬 크기 등을 검사할 수 있는 화면의 예이다. 간섭체크는 [그림8]과 같이 회전을 시켜보면 간섭이 일어나는 부분의 색이 변하게 되어 검사를 하고 백래쉬 측정은 [그림 7]에서와 같이 그 양을 정밀계측할 수 있는 방법을 이용한다.

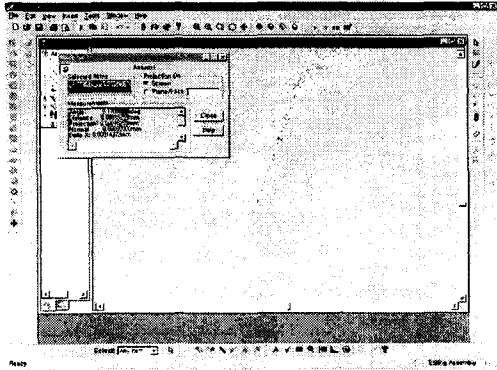


[그림 5] 기어, 피니언 모델링 절차

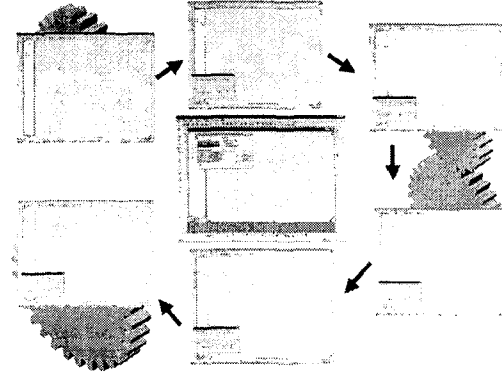


[그림 6] 시뮬레이션 구성도

본 논문에서 제시하는 파라메트릭 모델링시스템을 활용하면 변속장치 기어의 모델링 시간을 획기적으로 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 간섭여부, 백래쉬 크기, 강도 등의 정보를 정확히 확인 하면서, 설계를 수행할수 있어 3차원 설계로의 설계방식 변화를 지원해 줄 수 있는 시스템으로 사료된다.



[그림 7] 백래쉬 계측



[그림 8] 시뮬레이션을 통한 간섭체크와 백래쉬측정

3. CAE 응력해석

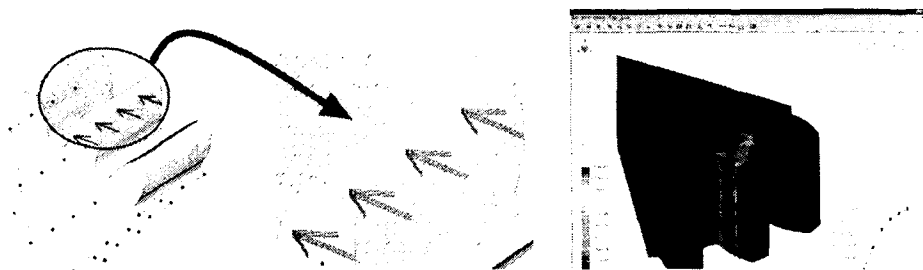
본 논문에서는 상용 솔리드 모델러를 활용하여 기어형상의 3차원 모델링 시스템을 구현하였는데 그 결과 부가적인 소득으로 CAE 응력해석이 가능해진 점을 들 수 있다. CAE 해석을 위해서는 3차원 모델이 존재해야하는데 앞에서 설명한 기능으로 기어의 3차원 형상을 간단한 파라미터만을 입력하여 쉽게 얻게된 것이다. CAE 응력해석은 DesignWorks라는 상용 소프트웨어를 활용하였다.

CAE 응력해석은 구조물을 고정시킨 후 힘을 가할 면을 선택한 후 힘의 방향과 힘의 크기를 지정하고 Material의 물성치인 Young의 계수, Poisson 비, 밀도, 온도팽창계수, 실험실온도, 열전도율등을 입력하여 결과치를 얻는다.

[그림 9] 은 파라메트릭 모델링시스템을 통해 모델링된 기어의 면압강도를 평가하는 화면인데 기어의 중심축이 고정된 상태와 같이 모델링하려면 그림과 같이 기어의 잘려진 부분을 모두 고정시켜야 한다. 본 연구에서는 기어 전체를 해석하지 않고 잇수 3개에 해당하는 기어를 잘라서 해석했는데 결과는 전체모델과 동일한 것으로 판단된다.

본 논문에서 수행한 CAE 응력해석으로 얻은 결과 응력은 AGMA자료의 수식에서 얻은 수치와는 약간의 차이를 보이는데 이것은 AGMA자료에 의한 설계시 OverDesign을 하기 때문으로 파악된다. 즉 모델링된 형상의 매쉬생성을 통한 정확한 응력추정이 불가능한 AGMA 응력산출식에서는 안전하게 최대 응력값을 크게 추정하지만 CAE 소프트웨어에서는 비교적 정밀하게 추정된 응력 결과치를 생성해 준다. 본 논문연구의 결과로 설계단계에서 CAE로 응력해석을 실행하여 봄으로서, 이 차이를 줄여서 생산원가를 줄일 수 있음을 확인할 수 있었다.

다음은 AGMA값과 CAE 응력해석값의 차이를 보여주는 예이다.



[그림 9] 기어의 CAE 응력해석

압력각	14.5 °		20 °	
	AGMA	CAE	AGMA	CAE
피니언	16.23MPa	12.88MPa	9.52MPa	8.52MPa
기어	12.64MPa	12.24MPa	7.78Mpa	6.88Mpa

[표 2] AGMA값과 CAE 응력해석값의 차이

4. 결론 및 기대효과

본 논문에서는 트랙터 변속장치 기어의 3차원 설계체계를 확립하고 나아가 형상수정 및 변경시 파라미터의 조정만으로 새로운 변속장치 모델을 생성할 수 있는 전용 파라메트릭 모델링 시스템을 설명하였다. 본 연구결과를 활용하면 기존에 수작업에 의존하였던 형상제원 계산과 강도평가 등의 작업을 자동화하여 설계시간을 획기적으로 단축시킬 수 있었고 CAE 분석 및 설계오류로 인한 제품의 조립시 주로 발생하는 간섭검사 등의 기능을 사전에 시각적으로 발견할 수 있어 제품설계의 납기를 단축시키고 잘못된 설계로 인한 후 공정의 비용상승을 피할 수 있어 변속장치의 생산단가를 줄이는데 기여할 수 있을 것이다.

본 연구에서 제안한 파라메트릭 모델링 시스템의 기대효과는 ① 설계와 도면 작업을 동시에 병행할 수 있고, ② 설계시 치수 및 강도 계산을 손쉽게 할 수 있으며, ③ 3차원 형상의 모델링을 통해서 도면 작성시간 단축할 수 있고, ④ 부품의 굽힘 및 면압강도를 해석할 수 있고, ⑤ 부품에 걸리는 실제적인 응력을 분석하여 제품 설계시 더 완전한 설계가 가능하며, ⑥ 직관적인 인식이 가능하다. 등으로 파악된다.

그러나 본 논문에서는 트랙터 변속장치중 기어부분의 모델링에만 국한하여 연구를 수행하였으므로 향후에는 축과 클러치 그리고 하우징등으로 파라메트릭 시스템을 확대하여 전체 변속장치의 3차원 파라메트릭 모델링 시스템 구축을 위한 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 김종하역, 기어와 호브반 작업, 기전연구사, 1995
2. 유우식, “수송장비 트랜스미션의 3차원 파라메트릭 모델링 시스템 개발”, ‘98 산학연 컨소시엄 연구보고서, 인천대학교 중소기업 기술개발 지원센터, 1999.
3. 유수중 역, Inside Secrets Visual Basic 5, 1997
4. AGMA 6010-E88, Standard for Spur, Helical, Herringbone, and Bevel Enclosed Drives, 1998
5. AGMA 2001-C95, Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth, 1998
6. AGMA 908-B89, Geometry Factors for Determining the Pitting Resistance and Bending Strength of Spur, Helical and Herringbone Gear Teeth
7. Raymond J. Drago, P.E, Fundamentals of Gear Design, 1988