

CAPP를 위한 3차원 CAD에서의 공차정보 관리에 관한 연구

A study on 3D CAD tolerance information handling for inspection planning

황인식¹, 이관복, 하성도 (한국과학기술연구원 CAD/CAM 연구센터)
Inshik Hwang¹, Kwanbok Lee, Sungdo Ha (KIST CAD/CAM Research Center)

ABSTRACT

It is known that the 3D Solid CAD system can provide various information which is useful for implementing CAPP and CAE. However the commercial 3D CAD systems available today do not support the handling of non-geometric information such as geometry tolerance and surface finish. It is impossible to input the non-geometric information during design of parts while CAPP needs the information for selecting machine tools, fixtures, inspection methods, etc. In this paper the need of research on handling tolerance information in 3D CAD systems is considered. The development of inspection planning support system is also explained with an example. The inspection planning support system receives the design geometry information from the 3D CAD system in the form of 2D draft and generates the inspection data base and the inspection sheet through the user interaction.

1. 서론

3차원 Solid CAD 시스템은 설계된 형상정보를 형상 요소 (geometric entity) 정보와, 이들간의 위상 (topology) 정보를 함께 저장하는 데이터 구조를 가지고 있어서 NC 가공 정보 획득이나 형상 추론 (geometric reasoning)을 통한 가공특징형상의 인식이 용이하다. 따라서 3차원 Solid CAD 시스템은 CAD/CAPP/CAM 인터페이스에 있어서 초기 정보 원천으로서의 역할을 수행하는 중요한 자리를 차지하고 있다. 그러나 현재 상용화되어 있는 CAD 시스템에서는 공정계획이나 검사계획에 필요한 형상공차나 표면거칠기 등의 공차 정보의 취급은 설계단계에서 지원하지 않기 때문에 사용자가 2차원 도면을 해석한 후에 그 결과로서 도출된 데이터를 CAPP 시스템에 재입력 시킬 수 밖에 없는 상황이 발생하며 이 점이 항상 실용적인 CAPP 시스템의 구현에 있어서 걸림돌이 되어왔다.⁽¹⁾

이에 본 논문에서는 CAD 시스템에서의 공차 정보 표기 방법의 연구 필요성을 제시하고 3차원 Solid CAD 시스템에 저장된 공차정보를 이용하여 효율적인 CAPP 시스템을 개발하는 첫 단계로서 CAD 시스템에서 만들어진 제품설계 정보를 이용하여 검사

계획 업무를 지원하는 '검사계획지원시스템'의 개발에 대한 내용을 소개한다.

2. CAPP와 공차정보

2.1 공정계획과 검사계획에서의 공차정보

철삭 가공으로 제작되는 금속 제품의 품질은 가공형상의 정밀도, 가공치수의 정확도, 가공표면상태 등으로 표현된다. 특히 가공된 제품이 조립체의 부품으로 사용되는 경우에 이러한 특성들은 최종 제품의 조립상태에 직접적인 영향을 미치며 최종 제품의 성능 및 수명 등의 품질을 결정짓게 된다. 따라서 설계단계 이후의 공정계획(process planning) 및 검사계획(inspection planning)은 고품질의 제품을 생산하기 위하여 매우 중요하다.

공정계획은 제품의 설계정보를 바탕으로 제조에 필요한 가공 정보를 결정하는 기술로 설계와 생산 기능을 연결하는 역할을 하며, 제품 개발의 리이드 타임 단축은 물론 합리적이고 효율적인 생산준비를 구현하기 위하여 필요한 기술이다. 공정계획을 수행하기 위해서는 주어진 설계 정보를 분석하여 공정계획에 필요한 데이터를 도출하는 작업이 선행되어야 한

다. 기계 부품을 예로 들면 재질의 종류, 부품을 구성하는 특징형상에 관련된 형상 관련 데이터, 표면 거칠기, 치수 공차 및 기하공차와 같은 공차 관련 데이터가 필요하다. 검사계획이란 일반적으로 가공 후에 이루어지는 측정을 위하여 제품의 기하학적인 형상 이외에 치수공차, 형상공차 및 표면상태 등의 정보를 이용하여 측정위치, 측정장비 및 측정순서, 측정셋업 등의 측정방법을 결정하는 과정을 말하며 그 결과는 검사기준서(inspection sheet)로 표현된다.

이와 같이 거칠기공차, 치수공차 및 기하공차 등의 공차정보는 가공을 위한 특징형상 정보와 더불어 공정계획과 검사계획에서 필요한 주요 정보로서 이의 체계적이며 효율적인 관리방법의 개발이 필요하다.

2.2 3차원 Solid CAD와 CAPP

CSG (Constructive Solid Geometry)나 B-Rep (Boundary Representation) 등의 기법을 이용하여 물체를 모델링하는 3차원 Solid CAD 시스템은 3차원 물체의 기하학적 형상 모델링만이 아니라 물리적 성질의 계산에 필요한 정보를 제공하며, NC 가공 정보의 획득과 이의 모의 실험도 가능한 기반을 제공하는 등 와이어 프레임 (wire frame) 모델이나 서피스 (surface) 모델과 같은 기타 3차원 CAD 시스템에 비하여 그 이용 추세가 급격히 증가하고 있다. 3차원 Solid CAD 시스템은 설계된 형상정보를 선, 면과 같은 형상 요소 (geometric entity) 정보와, 이들간의 위상 (topology) 정보를 함께 저장하는 데이터 구조를 가지고 있는데 이러한 데이터 구조는 형상 추론 (geometric reasoning)에 유리하다. 따라서 이른바 CAx-chain, 즉 CAD/CAPP/CAM 인터페이스의 초기 정보 원천의 역할을 수행하는 중요한 자리를 차지하고 있다.

CAD 시스템은 앞절에서 기술한 특징형상 및 공차정보를 CAPP 단계에 원활하게 제공할 수 있어야 한다. 이를 구현하기 위한 주요 연구분야 중의 하나는 설계도면에 나타난 부품특징형상, 즉 Pocket, Hole, Slot 등의 가공특징형상 (manufacturing feature)의 인식에 관한 것이다. 이러한 가공특징형상을 설계특징형상 (design feature)으로 정의하고 이를 설계에 이용하는 FBM (feature based modeling) 기법이 적용된 3차원 특징형상 솔리드 모델링이 지속적으로 상용화되고 있다. 그리고 이러한 CAD 시스템은 대부분 강력한 API 도구를 제공하고 있어서 3차원 Solid CAD 시스템은 CAPP를 위한

주요 구성 요소로서 중요한 위치를 점하고 있다²⁾

3. 3차원 Solid CAD에서의 공차 표현 연구

3.1 상용 CAD 시스템에서의 공차정보 관리

CAD 시스템은 초기에 컴퓨터 그래픽스 기술에 전적으로 의존하였던 이유에서 오직 형상의 정확한 모델링에 대해서만 대부분의 연구가 집중되었다. 따라서 CAD 관련 연구의 대부분은 형상 모델링을 위한 다양한 함수들의 개발에 관한 것에 대한 내용이다. 현재 상용화되어 있는 CAD 시스템에서도 이른바 비형상관련 정보들, 즉 가공특징형상의 치수공차, 기하공차 및 거칠기 등과 같은 공차정보들에 대한 표현 기능은 아주 미흡하다. 그러나 앞절에서 기술한 바와 같이 공정계획에서 공정 선정, 장비 결정, 치공구 결정, 공정순서 결정, 작업내용 선정, 공구 및 절삭조건 결정과 NC 프로그래밍과 검사계획에 중요한 정보로서 공차정보 같은 비형상 관련 정보가 필요하다.

상용 CAD 시스템에는 현장에서 주로 사용되는 2차원 도면의 생성 기능이 대부분 구현되어 있다. 형상 설계 단계에서 입력하지 못하였던 치수공차 및 형상공차와 거칠기 등과 같은 비형상 관련 정보들은 이러한 2차원 도면 생성시에 입력할 수 있도록 되어 있다. 그러나 이러한 정보는 단순한 텍스트 형태의 정보에 지나지 않아서 공정계획이나 검사계획에 적절히 사용될 수 없다.

3.2 2차원 도면의 공차정보 활용의 한계

현재 상용화되어 있는 CAD 시스템의 일부는 치수공차에 한해서 사용자가 원하면 설계시 치수와 함께 기입할 수 있는 기능을 제공한다. 그리고 이 정보는 향후 2차원 도면을 생성할 때에 바로 이용된다. 그 외의 기하 공차나 표면 거칠기 등의 정보는 형상 설계가 완전히 끝난 후에 2차원 도면을 생성할 때에 별도로 입력하여야 한다. 이렇게 2차원 도면에 기입된 공차 정보는 3차원 환경에서 정의한 특징형상과의 상호 연관성을 갖지 못하여 공정계획 및 검사계획 작업을 수행하기 위한 정보로서의 역할을 수행할 수 없게 된다. 따라서 사용자가 2차원 도면을 해석한 후에 그 결과로서 도출된 데이터를 CAPP 시스템에 다시 입력시킬 수 밖에 없는 상황이 발생하며 이 점이 항상 실용적인 CAPP 시스템의 구현에 있어서 걸림돌이 되어왔다. 따라서 공차나 표면 거칠기 등

의 비행상관련 정보를 3차원 형상 정보와 같은 데이터 구조에서 관리할 수 있는 방법이 강구되어야 한다.

3.3 3차원 Solid CAD에서의 공차표현 방법 연구조사

CAD 시스템에서 공차를 형상 정보와 함께 표현하기 위해서는 설계된 형상 요소에 공차를 설정할 수 있는 기능과 데이터의 생성 및 설정기능이 필요하다. 이는 형상 정보와 공차 및 데이터 정보를 함께 표현할 수 있는 데이터 구조를 필요로 한다. 이러한 데이터 구조를 설계하기 위해서는 우선 공차의 표현 방법을 체계화할 필요가 있는데 공차는 과거 그 표기법이 설계자의 습관에 따라 달리 적용되는 등 공차 표기에 대한 표준안이 없었다. 이러한 이유로 인하여 CAD 시스템에서의 공차 표현에 관한 연구 및 개발이 미비하였다. 그런데 1982년 ANSI에서 ANSI Standard Y14.5를 발표하여 3차원 CAD에서 형상 공차를 정의할 수 있는 기반을 제공하였다.

모든 생산 시스템이 CIM화 되어가는 추세에서 이제는 더 이상 2차원 도면만이 제품의 형상과 가공에 필요한 정보를 표현하는 수단으로 사용될 수 없다는 취지에서 3차원 Solid CAD 시스템에서 형상 공차 정보를 표현할 수 있는 방법에 대한 연구가 시작되고 있는데⁽³⁾⁽⁴⁾ 그 한 예로 James Guilford와 Joshua Turner은 ANSI 14.5에 의한 공차를 9개의 object로 표현하는 tolerance primitives를 정의하여 Solid CAD Modeler에서 공차를 다루기 위한 표현 방법을 제시하였다⁽⁵⁾.

4. 3차원 CAD 시스템을 이용한 검사계획 지원시스템 개발

본 논문에서는 3차원 Solid CAD 시스템에서 만들어진 제품설계 정보를 이용하여 측정위치와 측정장비, 측정방법을 결정하여 그 결과를 검사기준서로 표현하며, 측정결과를 저장하기 위한 검사 DB (inspection database)를 생성하는 검사계획 지원시스템의 개발에 대한 내용을 소개한다. 이는 3차원 Solid CAD 시스템에 저장된 공차정보를 이용하여 실용적인 CAPP 시스템을 개발하는 첫 단계로서 수행하였다.

4.1 시스템 구조

개발된 시스템은 상용 3차원 Solid CAD 시스템인 Solid Edge와 검사기준서 작성 GUI로 구성된 '검사

기준서 작성 모듈'과, 작성된 검사기준서를 참고하여 검사를 수행하고 그 결과로 검사성적서를 작성하는 '검사성적서 작성부'의 두 부분으로 구성되었다. 그림 1은 개발된 검사계획 지원시스템의 구조를 보여준다.

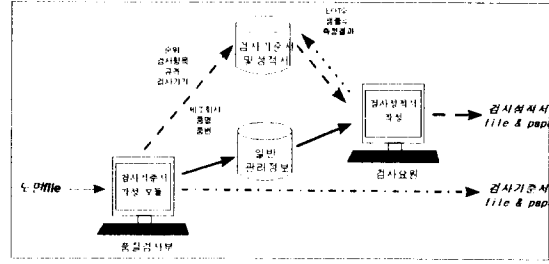


그림 1. 검사계획 지원 시스템

그림 1에서 '검사기준서 작성 모듈'은 Solid Edge Draft로 작성한 2차원 도면을 입력받아 검사계획 작업을 수행하여 그 결과로 검사기준서를 생성하는 모듈이다. 작업을 완료하면 '검사기준서' 파일이 만들어지며 그 내용은 데이터의 효율적인 관리를 위하여 '일반관리정보'와 '검사기준서 및 성적서'의 두 database에 각각 나뉘어 저장된다. '검사성적서 작성부'에서는 두 개의 데이터베이스로부터 검사지시사항을 입력받아 그 내용을 토대로 검사를 수행하고 그 결과를 '검사성적서'에 기입한다. 작업이 끝나면 '검사성적서' 파일이 생성되며 검사 내용은 '검사기준서 작성 모듈'에서와 같이 두 개의 데이터베이스에 나누어 저장된다.

4.2 시스템 구현

시스템은 상용 3차원 Solid 모델러인 Solid Edge의 2차원 도면 생성 모듈인 Solid Edge Draft와 MS-EXCEL 및 Visual Basic을 이용하여 구현하였다. 본 시스템에서는 가능한 한 작업자가 마우스만을 이용하여 간단히 기준서의 해당 항목을 입력할 수 있도록 검사항목과 검사기기를 분류하여 버튼으로 처리하였다. 따라서 검사항목 및 검사기기를 현장의 전문가의 의견을 참고하여 버튼을 이용한 GUI를 구성하였다. 또한 검사기준서를 작성할 때에는 해당 검사부위를 작업자가 인지할 수 있어야 하는데 이는 프로그램 환경이 제공하는 OLE 기능을 이용하여 구현하였다.

4.3 실행 예

개발된 시스템의 실행 예를 보이면 다음과 같다.

시스템은 우선 Solid Edge Draft를 이용하여 그림 2와 같이 도면을 입력 받는다.

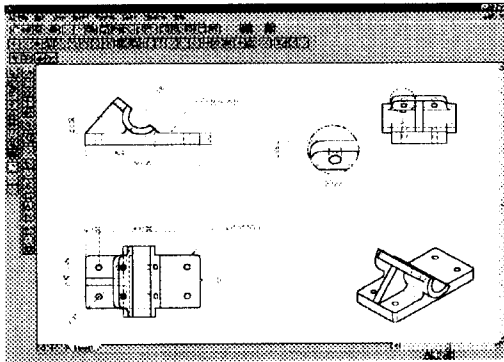


그림 2. 도면 입력

그 후 도면상에 있는 부품 중에서 검사가 필요한 부위를 선정하고 그 이외의 것은 마우스로 선택하여 지운다. 검사 부위의 선정이 끝난 후에는 검사할 부분을 지시하는 치수선은 그대로 두고 나머지 치수선을 역시 마우스로 선택하여 모두 지운다. 그림 3은 검사부위 선정 및 치수선 편집을 끝낸 후의 화면을 보여준다.

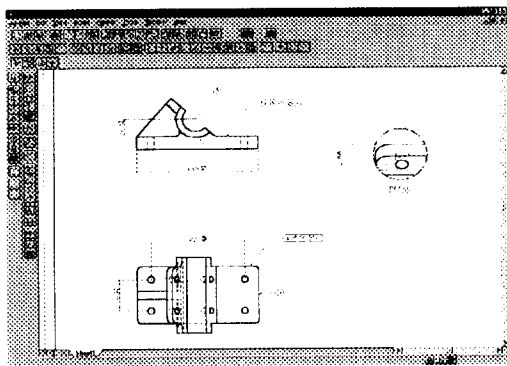


그림 3. 검사부위 선정 및 치수선 편집

검사부위와 치수선에 대한 선정 및 편집 작업후에는 현재 검사부위를 지시하고 있는 치수선을 검사지시선으로 변환하여야 한다. 이를 위하여 치수지시선에 기입되어있는 치수 값을 검사 순위를 의미하는 일련 번호로 대체할 수 있는 기능을 Visual Basic을 이용하여 개발하였다. 그림 4에서 그림 5는 치수선

을 검사지시선으로 변환하는 과정을 보여준다.

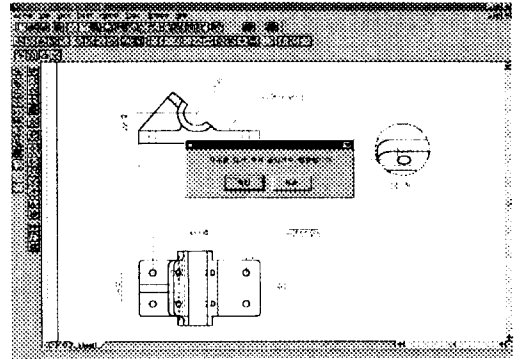


그림 4. 치수선의 검사지시선으로 변환(1)

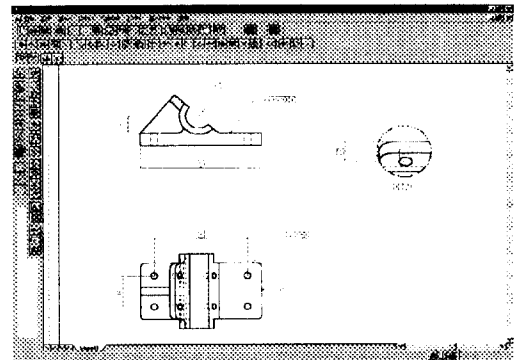


그림 5. 치수선의 검사지시선으로 변환(2)

검사부위 선정과 검사지시선 설정 작업이 끝나면 검사부위를 하나씩 검사기준서 작성 GUI에 차례로 복사하여 놓고 검사계획 작업을 수행한다. 그림 6은 검사계획 작업을 수행하는 화면을 보여준다.

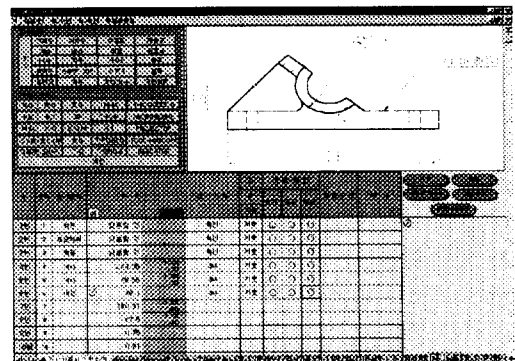


그림 6. 검사계획 작업 수행

작업이 모두 끝나면 검사기준서는 MS-EXECL 파

일로 저장되고 그 내용은 향후 품질 분석의 자료로 사용하기 위하여 DB에 저장된다. 그림 7은 완성된 검사기준서의 화면을 보여준다.

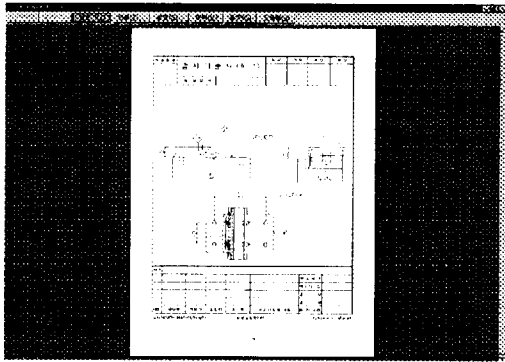


그림 7. 검사기준서 완성

5. 결론

본 논문에서는 3차원 Solid CAD 시스템에서 설계된 제품의 실삭가공을 위하여 필요한 공정계획 중에서 가공 후의 검사 공정을 계획하는 검사계획 시스템에 관하여 살펴보고, 그 첫 단계로서 검사계획 지원 시스템의 개발에 관한 연구결과를 설명하였다.

검사계획 시스템은 제품의 기하학적인 형상정보 뿐만 아니라 공차정보를 필요로 하나, 기존의 CAD 시스템에는 공차 정보의 입력 및 관리 기능이 구현되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 향후 3차원 Solid CAD 시스템에서 공차 정보를 입력하고 입력된 정보를 체계적으로 관리하여 검사 계획을 비롯한 공정 계획에서 사용할 수 있도록 기능을 개발하며, 입력된 공차정보의 효율적인 관리를 위한 검사 DB를 구성하고, 설계된 공차정보를 해석하여 가공 후의 측정 부위와 측정 방법 및 측정 순서 등을 결정하는 알고리즘을 개발하고자 한다. 검사계획 지원 시스템은 CAD 시스템으로 작성된 도면을 이용하여 검사기준서를 수작업으로 작성하던 종래의 과정을 개선하기 위하여, 설계된 형상 정보를 이용하여 컴퓨터를 통해 검사기준서를 작성할 수 있도록 지원하는 시스템으로서, 현장의 품질관리 부서의 업무를 효율화하는 데에 크게 기여하고 있다.

본 연구에서 개발된 시스템은 3차원 Solid CAD 시스템인 Solid Edge와 검사기준서 작성 GUI로 구성된 '검사기준서 작성 모듈'과 작성된 검사기준서를 참고하여 검사를 수행하고 그 결과로 검사성적서를

작성하는 '검사성적서 작성부'의 두 부분으로 구성되어 있다. 향후 이 검사계획 지원 시스템에서 검사계획자가 결정하여 입력하는 측정 부위, 측정 방법, 측정 기기 등의 검사계획을 검사 계획자의 경험 및 노하우를 분석하고 논리화하여 자동화하여 검사계획이 설계정보로부터 자동으로 이루어지는 검사 계획 시스템을 개발한다.

6. 참고문헌

1. Hong-Chao and Leo Altng, *Computerized Manufacturing Process Planning Systems*, Chapman & Hall, pp. 230-255, 1994.
2. Jami J. Shah and Martti Mantyla, *Parametric and Feature-Based CAD/CAM*, JOHN WILEY & SONS, pp. 9-18, 1995.
3. Ian Stroud, "Modelling Techniques for handling non-geometric information", *Second Symposium on Solid Modeling and Applications Proceedings*, pp. 367-376, May, 1993.
4. Andre CLEMENT, Alian RIVIERE, Philippe SERRE and Catherine VALADE, "The 13 Constraints for Dimensioning and Tolerancing", *Proceeding of 5th CIRP International Seminar on Computer-Aided Tolerancing*, pp.73-82, April 27-29, 1997
5. James Guilford and Joshua Turner, "Representational primitives for geometric tolerancing", *Computer-Aided Design*, Vol. 25, No. 9, 1993.