



부품생산 자동화를 위한 CAM 응용 기술

류 갑 상[†]

◆ 목 차 ◆

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1. 서 론 | 4. Rapid Prototyping 기술 |
| 2. CAM 시스템 요소 기술 | 5. 결 론 |
| 3. 임펠러 가공을 위한 CAM 시스템 | |

1. 서 론

다품종 소량생산체제로 제조방식이 변화됨에 따라 생산현장에서 자동화가 급격히 이루어지고 있다. CAD(Computer Aided Design) 시스템의 도입을 통한 부품의 설계에서 CAM(Computer Aided Manufacturing) 시스템의 도입을 통한 부품의 생산까지 생산공정의 전과정이 엔지니어링 데이터베이스 및 네트워크에 의한 컴퓨터 통합 제조 시스템 형태로 발전하고 있다. 특히 제조방식의 변화에 따른 제품의 생명주기가 단축됨에 따라 컴퓨터를 이용한 제품의 설계에서 생산으로 이어지는 CAM 응용소프트웨어 개발기술의 보급이 보편화되고 있다. 과거 3축 NC(Numerical Control)기계 제어용 CAM 시스템 개발에서 습득된 기술은 최근들어 항공기 생산과 관련된 고정도, 고정밀의 부품 생산을 위한 5축 가공기의 도입이 증가함에 따라 5축 NC 프로그램 기술개발로 발전되고 있다.

본 논문에서는 CAM 시스템을 구성하는 요소기술에 대해 기술하고 5축 NC기계에 의한 임펠러(impeller)부품의 가공을 자동화할수 있는 CAM 응용 프로그램 개발사례를 제시한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 CAM 시스템의 구성과 관련 요소기술을 소개하고 최적 공구경로산출을 위해 고려되어야 할 기술을 소개한다. 3장에서는 임펠러를 가공할수 있는 5축 CAM 시스템 개발의 실례를 보인다. 4장에서는 Rapid Prototyping 기술을 소개한다. 5장은 본 논문의 결론부분으로 가공자동화를 위한 지속적인 연구의 필요성과 5축 NC 프로그램 기술개발의 방향을 제시한다.

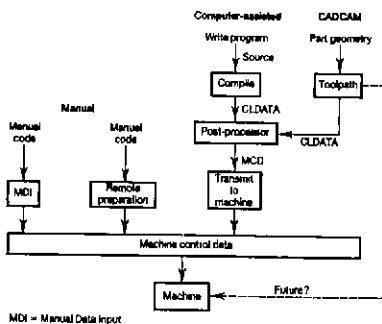
2. CAM시스템 요소 기술

2.1 NC 절삭가공

NC 절삭가공이란 NC 기계에서 절삭가공을 수행하는 것을 의미한다. NC 기계를 수치데이터로 제어하기 위해서는 기계제어장치가 판독할 수 있는 표준화된 데이터 형식이 필요하다. 이와같이 표준화된 수치데이터 형식을 NC 코드라 부르며

[†] 정회원 : 동신대학교 컴퓨터학과 교수

하나의 NC 절삭가공작업을 수행하는데 필요한 일련의 NC코드를 파트프로그램(part program)이라 부른다. 파트프로그램을 작성하는 일을 파트프로그래밍(part programming)이라 부르고 이를 작성하는 사람을 파트프로그래머(part programmer)라 부른다. 절삭가공에서 공구의 동작제어는 2차원 위치제어, 2차원 윤곽제어 및 3차원 곡면제어의 세 가지가 있다. 2차원 위치제어는 주로 구멍가공에 해당되는데 이때에는 NC 코드만으로도 쉽게 파트프로그램을 작성할수 있다. NC코드만을 이용하여 파트프로그램을 작성하는 것을 보통 수동 NC 프로그래밍이라고 부른다. 한편 컴퓨터 소프트웨어를 이용하여 가공하고자 하는 형상의 도형정보를 입력하여 NC 절삭가공에 필요한 NC 코드를 얻어내는 방식을 자동 NC 프로그래밍이라고 부른다. 이와 같이 자동 프로그래밍에 이용되는 컴퓨터 소프트웨어를 파트프로그래머언어 혹은 CAM 시스템이라고 부른다. 국내에 보급되어 사용되고 있는 CAM시스템에는 일본에서 개발된 DIE-II, GP-3000등과 영국에서 개발된 DUCT, 미국에서 개발된 ANVIL5K, WorkNC, 그리고 국내에서 개발된 SWEEP등이 있다.



(그림 1) 다양한 파트프로그래밍 방식

2.2 CAD/CAM 시스템

CAD/CAM은 물체의 기하학적 형상정보를 표

현하고 조작하는 기능을 바탕으로 설계에서 제조에 이르는 다양한 기술 활동을 지원하고 그 기술 정보를 관리함으로써 설계 및 제조 과정을 합리화하고 기술자간의 의사 소통을 원활하게 하는 컴퓨터응용 기술이다.

CAM 이란 제조시스템의 운용에 컴퓨터를 활용하는 것으로 “제품도면”으로부터 주어진 제품에 대한 사양을 실제 기계가 받아들일 수 있는 “가공정보”로 바꾸어 주는 “생산기술”의 한 분야에 컴퓨터를 이용하는 기술로 정의할 수 있다. 설계 및 제조에 필요한 기술 정보를 표현하고 의사 소통을 하기 위하여 사용되는 도면에는 부품의 형상과 부품간의 위치 그리고 공차 및 표면상태를 표현하는 형상정보와 수량 및 재질 그리고 제작 방법과 기타 주석을 표현하는 비형상정보가 기록되어 있다. 컴퓨터를 이용하여 위와 같은 정보를 다루기 위해서는 무엇보다도 형상정보를 컴퓨터내에서 표현하고 저장하며 여러 가지 조작을 할 수 있어야 한다 [2].

상용되고 있는 CAD/CAM 시스템은 다음과 같은 주요 모듈들로 구성되고 있고 이의 기능은 다음과 같다.

1)형상모델러(geometric modeler) : 물체의 기하학적인 형상정보를 컴퓨터 내에서 표현하고 여러 가지 조작을 할 수 있는 소프트웨어 모듈이다. 응용 분야에 따라 와이어 프레임 모델(wire frame model), 곡면 모델(surface model), 솔리드 모델(solid model)이 있다. CAM응용에서는 가공정보 산출이 주가 되기 때문에 곡면모델을 주로 사용한다.

2)그래픽스 모델 : 형상모델을 컴퓨터 화면에 보여주는 역할을 한다. 점, 직선과 곡선등의 와이어프레임을 그리거나 곡면과 솔리드의 은선/은면 제거 및 음영 처리(shading)를 하고 관측 방향을 변경(viewing) 시키거나 확대(zooming), 이동(panning), 동화상 처리(animation)등의 기능을 수행한다.

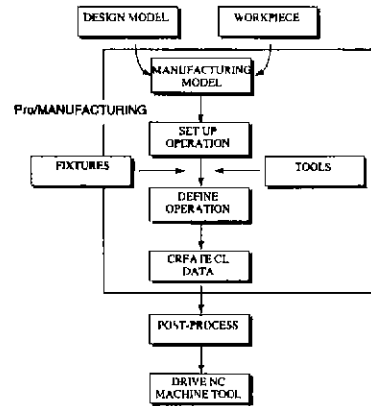
3) 응용 모듈 : 설계에서 제조에 이르는 각 기술적 과정을 직접적으로 지원한다. CAD 모듈은 제품의 개념 설계에서부터 상세 설계까지 각종 설계 계산, 자료 선정 및 설계 결과의 검토과정을 지원한다. CAD 모듈은 일정한 규칙을 따라 선, 기호, 문자등으로 설계된 결과를 2차원 평면상에 표현하는 과정이다. 종래의 수작업에서 사용하던 제도용구를 대신하여 컴퓨터 화면상에서 편리하게 도면을 제작할수 있도록 다양한 기능을 지원한다. CAE 모듈은 설계된 결과를 평가하는 과정으로 강도해석, 진동해석, 유체의 유동해석, 열전달 해석, 기구 해석등이 있으며 주로 유한요소해석을 이용한다. CAM 모듈은 설계된 부품을 가공·조립하는데 필요한 데이터를 만든다.

4) CAD/CAM 데이터 교환

모든 CAD/CAM 시스템은 형상 및 비형상 정보를 자기 고유의 데이터 구조로 표현하고 저장한다. 그런데 이기종의 시스템과 제품에 대한 데이터를 교환하려면 데이터의 변환과정이 필요하다. 제품데이터의 교환을 위하여 국제적으로 널리 쓰이는 표준데이터 형식에는 IGES, DXF, STEP 등이 있다.

2.3 NC 프로그래밍

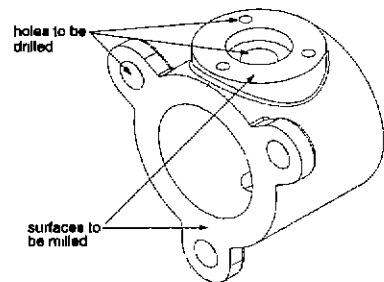
본장에서는 Pro/ENGINEER의 CAM 모듈인 Pro/MANUFACTURING을 이용한 부품의 가공정보를 산출하는 과정을 기술한다. 대부분의 CAM 시스템은 가공데이터를 산출하는 자기 나름대로의 방식을 갖고 있으나 작업 내용들은 대개가 비슷하여 한 시스템의 전반적인 기능을 이해하면 다른 시스템을 사용하는데 많은 도움이 된다. (그림 3)과 같은 벨브하우징의 모형이 CAD 시스템에 의해 모델링되면 이를 가공하는데 필요한 각종 정보가 주어지고 다음 (그림 2)에서 보이는 일련의 과정을 거치면서 공구 경로 데이터가 산출된다. 각 단계별로 설명한다.



(그림 2) NC 프로그래밍 과정

1) 제조 모델(manufacturing model) 구축

제조 모델은 설계모델(design model)과 공작물(workpiece)이 결합된 형태를 갖는다. 가공이 완료된 최종 제품의 모형을 표현하는 설계모델은 모든 가공공정에서 기본이 되며 모델내의 특징형상, 곡면 그리고 경계선들은 부품제조 데이터 생성시 참조된다. 공작물은 제조공정에서 절삭될 원자재이다. 공작물은 여러 형태로 표현이 가능한데 일반적으로 설계모델을 복사하여 그 치수를 변경하거나 특징형상중 실지 가공에 사용할 공작물의 형상을 유지하도록 일부를 제거하거나 단순화하여 표현할 수 있다.



(그림 3) 벨브하우징의 제조모델

2) 공구, 고정구 및 좌표계 설정

부품가공에 들어가기 전에 머신샵을 표현하기 위해 공구(tools) 및 고정구(fixture)를 표현하는 데이터를 정의할수 있다. 부품 가공시 사용하게 될 각종 도구들을 데이터베이스상에 저장했다 가공시 필요한 공구를 호출할수 있도록 미리 정의되어야 한다. 고정구는 공작물이 가공될때 이를 고정시키기 위해 필요한 지그와 클램프로 구성되는데 각각의 형상과 치수 그리고 공작물상의 고정될 위치가 지정되어야 한다. NC기계에 의해 공작물을 가공하기 위해서는 공구의 이동경로를 표현할수 있는 좌표계가 필요하다. 좌표시스템은 기계상에 위치한 공작물의 원점을 지정하는 공작물 좌표계와 NC기계의 원점을 지정하는 NC기계 좌표계가 있다. 공작물 가공을 위한 공구경로 산출은 공작물 좌표계에서 이루어 지며 최종 NC기계를 제어하기 위해서는 NC 포스트프로세서에 의해 NC기계좌표로 변환된다.

3) 가공공정 지정

절삭가공은 가공형상에 따라 선삭(turning), 드릴링(drilling), 밀링(milling), 그루빙(grooving)으로 구분할 수 있고 이들 각 공정을 제어해주는 별개의 CAM 모듈이 존재한다. 3차원 자유곡면을 포함한 복잡한 형상의 금형가공에는 대부분 밀링공정이 이용되며 본 논문에서도 밀링공정에서의 NC 프로그램을 다룬다. 자유곡면의 NC 가공을 위해서는 다음의 사항들이 고려되어야 한다. [2]

① 황삭계획 및 허용공차 지정

절삭을 위한 예비단계로 황삭 가공에 관한 계획이 선행되어야 한다. 황삭과정에는 실제 가공에 사용할 공구보다 큰 공구 반경의 볼엔드밀(endmill)을 사용하거나 값이 싸고 절삭성이 좋은 라운드 엔드밀을 사용하여, 원래의 자유곡면 정보로부터 이들 황삭 가공을 위한 NC테이프를 작성하여야 한다.

② 가공경로 계획 및 영역가공

자유곡면을 절삭 가공할 때 공구의 경로를 어떤 방식으로 정할 것인가를 계획하는 것으로 수치적 계산이 간단하며 규칙적인 사각형 곡면을 가공하는 경우에 파라메트릭(Parametric)방식이 적합하고, 정의된 곡면이 위상학적으로 불규칙하게 나타난 경우에 칼테시안(Cartesian) 방식을 쓴다.

③ 직선보간길이 계산

3차원 NC가공에서는 항상 직선보간에 의하여 곡면을 가공하므로 직선 보간 오차가 생긴다. 직선보간 길이는 공구가 따라가야 할 곡선상의 일련의 공구 접촉점들을 연결한 직선 길이로 직선보간 허용오차가 주어지면 이에 상응하는 직선보간 길이를 구해야 한다.

④ 경로간 간격 계산

볼 엔드밀로 곡면을 가공하면 가공경로 사이에 공구의 흔적이 남게 되는데 이를 커셉(cusp)이라 부른다. 커셉의 높이는 경로간의 간격과 공구반경에 의해 결정이 되므로 커셉을 줄이기 위해서는 경로간의 간격을 줄이도록 하여야 한다. 경로간 간격은 가공시간을 줄이면서 커셉의 높이를 최소화 할수 있도록 계산되어야 한다.

⑤ 공구간섭 방지

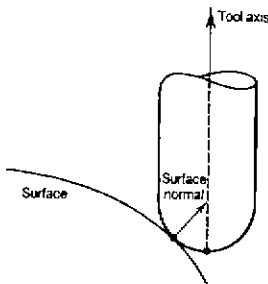
자유곡면을 볼-엔드밀로 가공하는 경우에 overcut과 undercut이 발생할 수 있다. 이들 간섭들을 동시에 방지하려면 사용하는 공구의 반경이 곡면상의 최소 곡률반경보다 작아야 한다. 따라서 자유곡면상의 여러 점들에서의 곡률반경을 구하고 이들 값 중 최소값을 취하여 이를 기준하여 공구를 선정하여야 한다.

4) 공구경로 데이터 산출

NC가공에서 공구의 위치를 나타내는 좌표값을 공구경로데이터(cutter location data)라고 부르는데, 볼-엔드밀에서는 공구의 바닥 끝점을 기준으로 삼는다. 볼-엔드밀의 반경을 R 이라 하고 공구의 회전축방향을 단위벡터 u 로 표시하면, 공구경

로 데이터 r_L 은 곡면상의 접촉점 r_c 로부터 다음과 같이 구해진다. 곡면의 NC가공을 위해서는 정의된 곡면상의 모든 점에서 곡면의 단위법선 벡터를 계산할수 있어야 한다 [1][2].

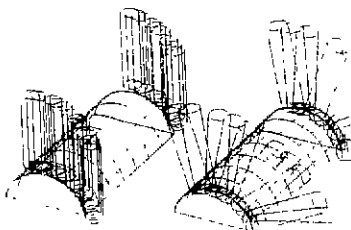
$$r_L = r_c + R(n - u) \quad (\text{식 1})$$



(그림 4) 자유곡면에서의 공구경로 계산

5) 공구경로 데이터 편집

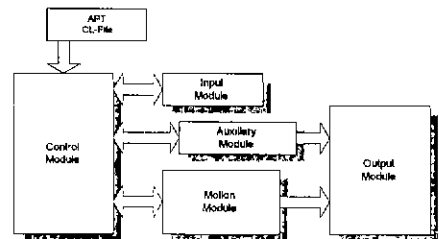
공구경로가 결정이 되면 파트프로그래머는 오류 유무를 판별하기 위해 화면상에 공구경로를 디스플레이를 하고 필요에 따라 추가적인 편집 오퍼레이션을 수행할수 있다. 일반적으로 공구 변경을 위한 추가적인 이동 명령을 추가하거나, 공구간섭을 제거하기 위해 불필요한 경로 데이터의 제거 그리고 주축, 윤활유, 이송속도 제어를 위한 각종 명령어를 삽입하기도 한다.



(그림 5) 공구경로 검증을 위한 시물레이션

데이터는 ASCII코드로된 ISO 표준의 APT CLDATA 형식을 갖고있으며 NC프로그래머에 의해 설정된 공작물 좌표계를 기준으로 산출되어 있다. 따라서 부품 가공에 사용할 NC 기계의 콘트롤러를 제어하기 위해서는 NC코드로의 변환과 함께 NC 기계 좌표계로의 사상이 필요하다. 이를 위해서 NC 포스트프로세서 기능이 요구된다. NC 포스트프로세서는 APT CLDATA 형식의 공구경로 데이터를 입력받아 다음 6가지의 주요 기능을 수행하는 응용프로그램이다. 출력되는 NC 데이터는 NC 기계의 콘트롤러로 임혀지고 한 문장씩 처리되면서 동시에 NC기계를 작동시켜 부품을 가공케 하는 콘트롤 제어 코드로 구성되어 있다. NC 포스트프로세서는 CAM시스템과 NC 공작기계를 연결시키는 인터페이스 프로그램으로 그림 6에서 보인바와 같이 Control, Motion, Auxiliary, Input, Output의 주요 모듈로 구성되어 있다 [6].

- ① CL데이터 좌표를 기계의 공구좌표로 변환한다
- ② 머신-들의 허용한계 범위 초과 여부를 검사한다
- ③ 주축의 회전 및 이송 속도를 계산한다
- ④ 공구의 직선보간 및 원호보간 명령을 지시한다
- ⑤ NC 제어기 구동용 NC 코드를 생성한다
- ⑥ NC 가공을 위한 작업지시서를 출력 시킨다



(그림 6) NC 포스트프로세서 구성도

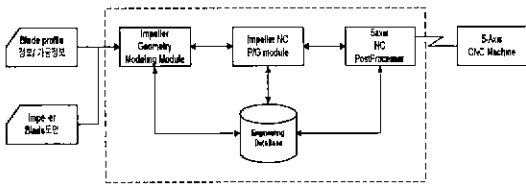
2.4 NC 포스트프로세서

CAM 응용프로그램에 의해 출력되는 공구경로

3. 임펠러 가공을 위한 CAM 시스템

임펠러는 원심형 압축기, 터빈등 유체기계에서 고

속으로 회전하면서 유체의 압력을 높혀 주거나 유체의 유동을 이용하여 회전에너지를 발생시키는 기계 부품이다. 본 장에서는 임펠러를 가공하는데 필요한 NC데이터를 자동으로 산출할수 있는 임펠러 가공용 CAM 시스템 개발 사례를 기술한다. 본 시스템은 그림 7에서 보인바와 같이 임펠러 형상모델러, NC 프로그래밍모듈 그리고 NC 포스트프로세서로 크게 구성되어 있으며 PC의 윈도우 환경에서 실행 가능하도록 Visual C++과 Open/GL 로 개발되었다.

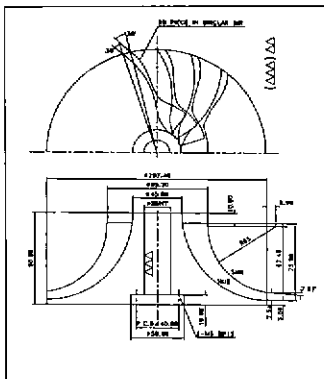


(그림 7) 임펠러 CAM 시스템 구성도

3.1 임펠러의 도형 정의

1) 모델링 입력 데이터

임펠러는 몸체부(boss)와 블레이드(blade)부로 구성되어 있다. 몸체부는 블레이드의 허브(hub)곡선을 따라 움직이는 곡면으로 되어 있고, 블레이드 부는 허브와 쉬라우드(shroud) 곡선을 포함한 곡면으로 되어있다. 본 연구에서는 설계가 완료된 임펠러의 도면과 다음의 주요 설계정보를 이용하여 형상을 모델링하였다.

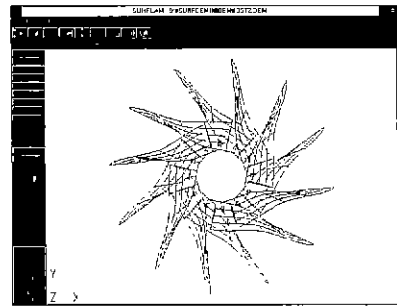


(그림 9) 임펠러 설계도

- ① 블레이드 형상 곡선을 표현하는 점데이터
 - ② 몸체부의 치수 데이터
 - ③ 블레이드의 갯수
 - ④ 블레이드와 몸체부가 만나는 라운딩 반경
- 2) 블레이드 형상모델링

① 블레이드면 모델링

블레이드면은 룰드면(ruled surface)으로 구성되어 있거나 일반적인 자유곡면으로 구성되어 있는데 본 연구에서는 룰드면인 경우만을 취급하였다. 실제로 사용되는 유체기계의 임펠러는 대다수가 룰드면의 형상을 갖고 있으며 NC 가공의 관점에서 블레이드면이 룰드면일 때 공구축 방향과 곡면의 룰드 방향을 접하게 가공할수 있어서 좋은 가공면을 얻을수 있다.[3] 블레이드면은 허브 곡선과 쉬라우드 곡선을 경계로 하여 한 개의 직선이 이들 구 곡선을 따라 가면서 곡면을 형성하게 된다.

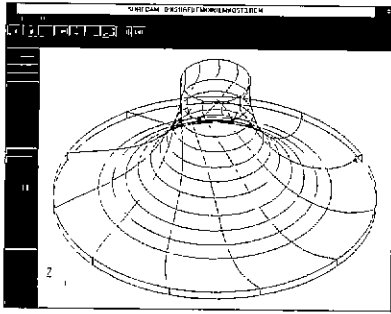


(그림 10) 블레이드면의 모델링 예

② 몸체부의 모델링

임펠러 몸체부는 블레이드 허브곡선을 중심축을 기준으로 360도 회전시킴으로써 곡면을 모델링할수 있다. 이러한 유형의 곡면은 회전체면(surface of revolution) 기법으로 모델링을 하게 된다. 예를들어 Z축을 중심으로 회전하여 얻어지는 곡면을 Z축을 포함하는 평면으로 절단하여 단면 곡선을 정의하고 Z축을 중심으로 X축으로 부터

6 만큼 회전하여 몸체부를 모델링한다.



(그림 11) 블레이드 몸체부 모델링

③ 블레이드면의 복사 및 회전

도형모델에서 좌표변환은 직교 좌표계상의 정의된 도형의 한 점에서 시작하는데 3차원 좌표변환에는 x,y,z 값 모두를 변환시킴으로써 새로운 형태의 도형모델을 창출하게 된다. 임펠러는 동형의 여러 블레이드로 구성 되어있다. 따라서 블레이드 하나를 모델링한후 이것을 원점을 중심으로 일정각도(30도) 만큼 회전하면서 11개의 블레이드를 복사를 하게 되는데 본 연구에서는 3차원 회전변환 기법을 적용하였다.

3.2 임펠러 NC 프로그램

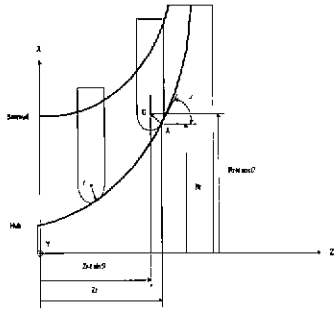
임펠러 가공은 몸체와 블레이드를 일체형으로 가공하여야 하므로 5축 CNC 기계를 사용하여 가공하여야 한다. 5축가공은 3축가공에 비해 두 개의 축이 추가됨에 따라 기하학적 복잡성이 기하급수적으로 커지게되어 공구경로를 산출하는 알고리즘과 이를 NC코드로 변환하는 다축 NC 포스트프로세싱이 대단히 복잡하다. 본 연구에서는 유체의 유동성능을 충족시키는 미려한 임펠러 가공면을 얻을 수 있도록 가공에 필요한 공구를 자동 설정하고 공구의 간섭을 피하면서 가공시간을 최소화하는 공구 경로 산출이 가능하도록 CAM 모듈을 설계하였다.

1) 공구의 자동 설정

임펠러의 가공은 허브의 바닥면과 블레이드면을 공구의 밑부분과 몸통면으로 동시에 가공할 수 있도록 하기 위해 볼-엔드밀을 이용하였다. 가공은 황삭과 정삭으로 이루어 지는데 황삭시의 공구경은 블레이드 사이에서 간섭을 일으키지 않는 제한조건에서 최대크기를 선정하여 공구간의 커셋이 최소가 되도록 설계하였다. 임펠러 기계 가공 후 폴리싱(polishing) 작업은 현실적으로 불가능하므로 정삭시 최종 가공면의 정밀도를 고려하면서 공작물 절삭량을 최대화시켜 가공 시간을 줄일 수 있도록 블레이드와 날개면 사이의 라운딩 반경에 맞는 볼엔드밀을 사용한다. 그러나 곡률 반경이 너무 작은 경우 블레이드 가공면에서 공구의 처짐이 크게 발생하여 가공성이 떨어질 수도 있으므로 라운딩 반경보다는 크지만 블레이드 곡면과 간섭이 발생하지 않는 공구직경의 공구로 선가공후 작은 직경의 공구로 브랜딩면만 재가공하는 방법을 채택하였다 [1][3].

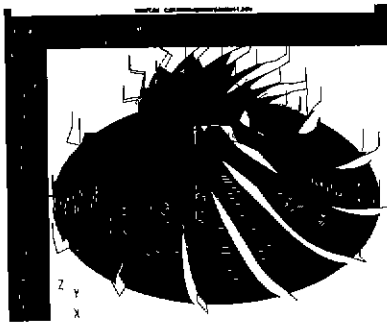
2) 공구 이동 경로 계산

5축 가공에서 공구의 경로는 공구축 방향벡터를 구하여 공구의 위치와 방향을 구하므로써 결정된다. 공구의 위치와 방향은 그림 12와 같이 X-Z 평면에서 공구경로 정보를 먼저 구한 뒤 Z에 따른 Y의 변화만큼 Z축 중심으로 회전시켜서 구하게 된다. X-Z 평면에서 공구 중심좌표 c는 공구와 허브가 만나는 A 점의 기울기로 부터 구할 수 있다. 따라서 X-Z면에서 (Z_r, X_r) 인 점의 공구 중심 궤적은 $(Z_{R-r} * \sin \theta, X_{r+r} * \cos \theta)$ 이므로 이를 Z축 중심으로 $Y(\theta)$ 만큼 회전시켜 X-Y-Z 공간상의 좌표를 얻을 수 있다. 임펠러의 블레이드면은 볼엔드밀의 측면으로 롤드면의 롤드 방향을 공구 반경만큼 떨어진 법선벡터의 끝단의 궤적을 연결하므로써 공구 이동경로가 구해진다.



(그림 12) 몸체 가공경로 산출

$$[Z \ X \ Y] = [Z_r - r \sin \theta \ X_r + r \cos \theta \ 0] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (식2)$$

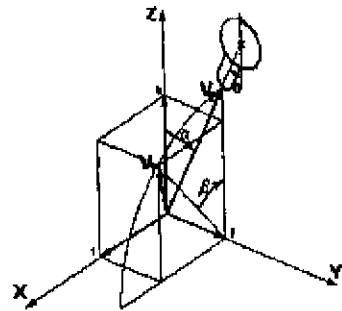


(그림 13) 공구경로 시뮬레이션

3.3 다축 NC 포스트프로세서

다축 기계에서의 NC 가공을 위해서는 보통 3개의 직선축(x,y,z)과 2개의 회전축(α, β)을 사용한다. α와 β는 회전축의 어드레스로서 NC 코드에서는 대개 A,B,C 중의 하나이다. 이때 NC 포스트프로세서가 고려해야 할 사항은 MULTAX문처리, 회전축에 따른 좌표변환, 회전축에 따른 이송속도의 계산이 중요하다. 본 연구에서는 스피indle 캐리어가 정밀한 토크와 피니언에 의해 두 방향으로 회전하는 신시네티 밀라크론의 5축 CNC 기계를 임펄러 가공 기계로 설정하였으며 기존에 개발된 3축 NC 포스트프로세서에 다축 처리 기

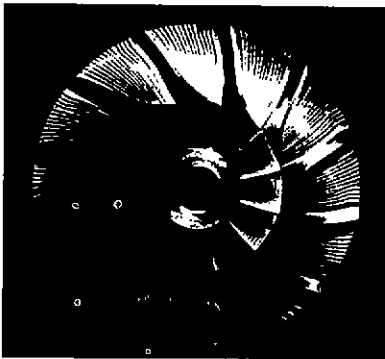
능만 추가 하였다. 본 논문에서는 회전축에 따른 좌표변환을 위해 공구의 기본 방향이 Z축에 평행하며, 로타리 테이블은 Y축에 대하여, 로타리 헤드는 X축에 대하여 회전하는 기본 좌표계를 이용하였다. 그림 14에는 기본 좌표계에서의 공구벡터 V₁과 V₂를 구성하는 i,j,k 성분 벡터가 표시되어 있다. 그림에서 보듯이 공구벡터가 V₁인 경우 실제 공구는 YZ 평면상에서만 회전이 가능하므로 로타리 테이블을 회전시켜 공구 벡터가 YZ 평면상에 위치할 수 있도록 하여야 한다(V₂). 즉 로타리 테이블은 피삭재를 회전시켜 기본 좌표계의 YZ 평면상에 놓이게 하고 로타리 헤드를 탈팅시켜서 피삭재의 공구 벡터와 실제 공구축의 방향을 일치 시켜야 한다. 회전각 α와 β에 따라 부품 좌표계의 공구 경로가 기본 좌표계에서의 값으로 변환되어야 하며, 기본 좌표계에서의 공구 접촉점을 계산한다. 이때 공구길이 및 헤드의 회전중심과 공구 길이 기준선간의 길이도 고려한다 [6].



```
%
N1000T02M19G92X0Y0Z0A0B0G91G28Z0M06G29Z0
N1010M08
N1020S0050M03
N1030G90G01X40072Y-13198Z402154A30000B15542F02509
N1040X1Y-75000Z279904F00250
N1060X0Y-73585Z280710A29377B15197F00189
```


N1070X2Y-72170Z281497A28759B14855
 N1080Y-69340Z283011A27533B14182
 ~ ~ ~ ~ ~
 N1200X-1Y-53774Z290030A21007B10685
 N1210X1Y-52358Z290565A20429B10381
 N1220X2Y-50943Z291084A19854B10079
 ~ ~ ~ ~ ~
 N2260X-2Y-45283Z293001A17571B8891
 N2270M09M05M00M08S0050M03
 N2280M09
 N2290M05
 N2300M30
 %

(그림 15) 포스트프로세싱 NC화일



(그림 16) 가공된 임펠러

4. Rapid Prototyping 기술

Rapid Prototyping(RP)이란 짧은 시간내에 CAD 그래픽 데이터로부터 3차원 형상의 시제품을 만들어 내는 기술로서 액체, 고체등의 재료를 한층씩 차례로 쌓아서 부품을 만들어내는 가산적인 공정 특징을 가지고 있다. RP 기술을 이용한 제작공정은 일반적으로 전공정, 주공정, 후공정 그리고 후가공으로 분류할 수 있다.[4] 전공정에서는 CAD 모델로부터 RP 기계에서 적층작업을 할 수 있도록 단면화된 STL파일을 생성해낸다. 주공정은 STL파일로부터 각 공정에 필요한 스캔(scan)

데이터를 생성시켜서 재료를 한층씩 적층해서 실제로 부품을 제작하는 과정이다. 후공정은 지지대의 제거, 완성된 수지파트의 추가 경화작업, 경화되지 않는 파우더제거등을 하며 후가공에서는 부품의 정밀도나 표면의 조도를 높이기 위해 샌딩(sanding)이나 폴리싱(polishing) 작업을 하여 부품 생산을 마무리하게 된다. RP기술에서 소프트웨어적인 접근이 가능한 부분은 전공정과 주공정이다. 3차원 형상의 CAD데이터를 높이방향으로 0.1mm 정도씩 두께의 단면으로 나누어 각 단면의 정보를 STL 파일형태로 저장한다. 이를 위해서는 부품 단면의 다면체정보를 여러개의 삼각형을 서로 연결하여 표현하여야 하는데 이를 위해서는 각 삼각형에 대하여 직선의 방정식을 이용하여 일정하게 증가하는 Z값과의 교점을 구하고 구하여진 Z값에 대하여 크기순으로 배열하여 같은 Z값의 데이터를 추출 저장함으로 2차원 단면형상정보를 얻을 수 있다. 그리고 부품의 윤곽 데이터 산출을 위해서는 솔리드모델이나 곡면모델로 표현된 CAD 데이터를 변환하거나 CT-Scanner를 사용하여 직접 생성할 수 있다. 주공정의 스캔데이터는 주어진 단면을 레이저빔으로 가공하는데 필요한 경로로서 벡터방식, 레스터방식 또는 윤곽방식들을 사용하여 곡면에서 NC 밀링데이터를 산출하는 방식과 유사하게 산출할 수 있다.

RP시스템은 기존의 절삭공구로서 가공할 수 없는 복잡한 내부형상을 가진 부품을 1회 공정으로 일체형상을 제작할 수 있으며 공구교환이나 공작물의 설치변경이 필요없고 진동이나 소음이 거의 발생하지 않아 무인운전이 가능하는 등 장점을 가지고 있어 의공학 및 각종 기계 제작분야에서 CAM시스템의 대체 시스템으로 널리 사용될것으로 예측된다. 추후 성형제품의 정밀도 향상을 위한 형상제어 알고리즘과 CAD 데이터 검증을 위한 데이터 인터페이스 모듈 개발, 형상제작

시뮬레이션 프로그램 개발, 고정도 위치제어 알고리즘 개발에 대한 연구가 요구된다.

5. 결 론

품질과 생산성 향상 그리고 자동화 추세에 힘입어 NC 공작기계를 이용한 기계 부품의 NC 가공은 획기적으로 증가하고 있다. 이에따라 NC 프로그램 관련 기술의 요구와 수요가 급증하고 있으나 NC 가공을 위한 CAM 응용 소프트웨어 및 관련 기술을 외국에 의존하는 관계로 핵심적인 소프트웨어 기술이전이 어렵고 그 결과 관련 분야의 균형있는 발전이 늦어지고 있다. 본 논문에서는 CAM 응용프로그램을 개발하는데 필요한 요소 기술을 소개하고 이를 실지 임펠러 가공용 CAM 응용프로그램 개발에 적용한 예를 보이고 있다. 고기능의 CAM 시스템을 설계하기 위해서는 부품형상의 도형모델링, NC 프로그래밍 그리고 NC 포스트프로세서가 통합된 엔지니어링데이터베이스를 통해 설계 및 가공정보를 공유하도록 서로 유기적으로 연결되어야 한다. 또한 구축된 부품의 형상모델은 가공에 사용할 공작기계의 동시제어 축수에 따라 최적의 공구경로를 산출할수 있도록 공구의 선택과 가공조건등이 충분히 고려되어야 한다. 본 논문에 소개된 임펠러 가공용 CAM 시스템은 PC의 윈도우 환경에서 실행가능하도록 Visual C++로 프로그래밍 되었으며 신시네티 밀라크론의 5축 CNC 기계로 가공이 되도록 개발되었다. 실지 가공에서 고품질의 양호한 절삭결과를 보였으며 제품생산에 활용되고 있다. 앞으로 국내의 CAM 응용프로그램 개발은 그동안 축적된 3축 NC 프로그래밍 기술을 근간으로 고정밀, 고정도가 요구되는 5축 NC 프로그래밍 기술과 가공준비단계를 자동화 시키기 위한 고정구의 자동 설계부분에 집중될것으로 판단된다.

특히 공구경로 산출 방법을 다양화하여 가공 시간을 줄일수 있는 보다 개선되고 지능화된 연구의 진행이 필요하다.

참고문헌

- [1] Chris McMahon, "CAD/CAM", Addison-Wesley, 1994
- [2] 최병규, "CAD/CAM 시스템과 CNC 절삭가공", 회중당, 1996
- [3] Gershon Elber, "Accessibility in 5-axis milling environment", Computer-Aided Design, V.26, N.11, 1994
- [4] Rapid Prototyping Report : The Newsletter of the desktop manufacturing industry, CAD/CAM Publishing, Inc.
- [5] Michael E. mortenson, "Geometric Modeling", WILEY, 1985
- [6] W.H.P.Leslie, "Numerical control user's handbook", McGrawwhil, 1985



류 갑 상

1983년 전남대 전산통계학과 졸업 (이학사)
 1985년 전남대 전산통계학과 졸업 (이학석사)
 1997년 고려대학교 컴퓨터학과 박사과정

1987년 미국 DEC 국제교육센터 고급시스템 프로그래밍과정 이수

1991년 정보처리기술사 취득

1985년-1996년 한국기계연구원 선임연구원

1996년-현재 동신대학교 컴퓨터학과 전임강사

1997년-현재 기술사사무소 "류컴" 대표

관심분야 : CAD/CAM, 멀티미디어, 가상현실