

임펠러의 5축 CAM 자동화 모듈(E-ICAM)의 개발 (모듈 구성에 관한 연구)

정현철*, 황종대#, 정윤교**

Development of CAM Automation Module(E-ICAM) for 5-axis Machining of Impeller (A Study on Configuration of Module)

Hyoun-Chul Jung*, Jong-Dae Hwang**, Yoon-Gyo Jung#

(Received 5 June 2011; received in revised form 20 July 2011; accepted 8 August 2011)

ABSTRACT

An impeller is difficult to machine because of severe collision due to the complex shape, overlapping and twisted shape that form impeller blades. So, most CAM software companies have developed CAM module for manufacturing impeller in addition to their CAM software. But it is not still easy for inexperienced users to machine impellers. The purpose of this paper is the development of automatic CAM module for manufacturing impeller(E-ICAM) which is based on visual basic language and it is used CATIA graphical environment in order to be easily machining impellers. Automatic CAM module for manufacturing of impellers generates tool path, and proposes recommended cutting condition according to the material of stock and tool. In addition, it has also included a post processor for 5-axis control machining. Therefore the user can easily machine impellers using this automation module.

Key Words : E-ICAM, Impeller(임펠러), CAM(캠), 5-axis Control Machining(5축가공), Cutting Condition(절삭조건), Post-Processor(포스트프로세서)

1. 서 론

임펠러는 유체에 운동 에너지를 주고 필요한 압력을 생성케 하거나 유체의 에너지를 받아 회전하는 바퀴이며, 발전기, 펌프, 터빈, 터보차저 등의 핵심부품으

로 이용되고 있다. 그 종류로는 booster, turbo-charger, fan 등이 있으며, 주요 재질로는 Ti6242, 17-4PH, SUS630, SUS304, Al-6061-T6 및 Al-7075 등이고, 고속, 고온, 고압의 환경에서 사용되고 있으며 항공산업 및 방위산업, 미래의 자동차 산업 등 활용분야가 매우 넓은 제품이다. 이러한 임펠러의 구조는 심하게 휘어진 블레이드를 다중으로 가진 형태를 가지고 있어 블레이드 간의 공구 경로상 간섭이 발생하므로 5축 가공을 통해서만 가공할 수 있다^[1]. 그렇지만 임펠러의 가공은 5축 가공중에서도 가공 경로를 생성하

* 창원대학교 대학원 기계공학과
교신저자 : 제주관광대학 메카트로닉스과
E-mail : hjd2123@korea.com
** 창원대학교 기계공학과

기 어려운 작업에 속한다. 이 때문에 많은 CAM 소프트웨어 회사에서 임펠러 가공용 프로그램의 접근성을 용이하게 하기 위해 임펠러 전용 모듈을 개발하여 탑재하고 있다. 그러나 이러한 CAM 소프트웨어들이 대부분 외산이고, 이러한 소프트웨어들을 사용하더라도 비숙련자가 임펠러를 가공하기에는 아직 어려운 점이 있다.

임펠러 가공시 부딪히게 되는 문제점은 세가지가 있다. 임펠러를 가공하기에 적절한 이송속도, 스핀들 회전속도 등의 절삭 조건을 결정하는 문제와 공구와 공작물 간의 간섭을 회피하는 공구 경로를 생성하는 문제, 가공할 5축 가공 장비에 맞도록 포스트 프로세싱을 수행하는 문제가 바로 그것이다.

이러한 임펠러를 가공하기 위해 5축 가공기에서의 임펠러 가공을 위한 공구경로 생성에 관한 연구가 여러 차례 이루어진 바 있으나, 방법적인 부분은 해결해 주지 못하였다^[1-5]. 또한 절삭조건 선정에 관한 연구도 있었지만, 선정된 절삭 조건의 타당성과 적용성이 부족하였다^[6]. 그리고 네트워크를 기반으로 하여 임펠러 가공 사례들을 데이터베이스화하여 만든 임펠러 가공 전략지원 시스템이 개발되어진 바 있는데, 이 역시 여전히 진행중인 연구이며 적용상의 한계점을 가지고 있었다^[7]. 포스트 프로세싱에 대해서는 최근 5축 가공 장비의 메커니즘을 정리하고 여러 가지 기능을 추가한 5축 가공용 포스트 프로세서를 개발한 바 있다^[8,9].

본 연구에서는 임펠러의 생산성을 높이기 위하여 Visual Basic을 기반으로 하고 CATIA 프로그램의 그래픽 환경을 이용하여 임펠러의 5축 가공시 적절한 절삭 조건을 제시하여 주고 블레이드간 간섭을 회피하는 공구 경로를 생성시켜 주며, 포스트 프로세서까지 탑재하여 비숙련자도 쉽게 임펠러 가공에 접근할 수 있는 임펠러 전용 자동 CAM 모듈(E-ICAM : Easy Impeller CAM module)을 개발하고자 한다.

2. 임펠러의 가공 공정

Fig. 1은 임펠러의 가공 공정을 순서도로 표현한 그림이다.

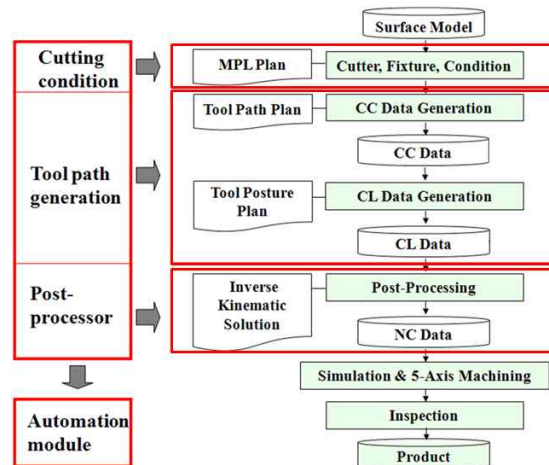


Fig. 1 Machining process of impeller

먼저 임펠러의 형상 모델링이 주어지고 임펠러의 사용 용도에 따라 제품으로 만들 소재가 결정되면, 그에 따라 공구 및 치구를 결정한다. 그리고 가공 공정 계획을 작성하게 되는데, 이때, 절삭속도와 공구의 돌출길이 등의 절삭 조건도 선정하게 된다. 그 다음, 공구 경로를 생성하게 되는데, 먼저 공구의 이동 궤적인 CC data(Cutter Contact data)가 결정되고, 공구와 공작물의 간섭을 회피하는 것을 고려하여 공구 자세가 결정되면 CC data에서 공구 자세와 공구 형상 및 직경을 계산하여 공구 끝점의 데이터를 구하고 공구 자세 데이터와 합치면 CL data(Cutter Location data)가 된다. CL data는 공구의 끝점 좌표와 공구 자세 벡터의 데이터이므로 이를 5축 가공 장비에서 구동시키기 위해서는 NC data(Numerical Control data)로 변환해 주어야 한다. 가공할 5축 가공 장비의 메커니즘에 맞추어 CL data를 NC data로 변환시켜주는 것이 포스트 프로세싱 공정이다. 포스트 프로세싱 공정을 수행하고 나면 머신 시뮬레이션을 통해 검증가공을 거치고 5축 가공 장비에서 가공을 수행하면 최종적인 제품인 임펠러를 얻게 된다.

본 연구에서는 임펠러 전용 자동 CAM 모듈을 절삭 조건을 제시하여 주는 서브 모듈, 공구 경로를 생성하는 서브 모듈, 포스트 프로세서 서브 모듈의 세가지 서브 모듈로 나누어 구현하였다.

3. 모듈의 구성

3.1 메인 프레임

Fig. 2는 모듈의 구성요소들을 나타내고 있다. 이 중 메인 프레임은 각각의 서브 모듈과 연결하는 기능을 수행하는 메뉴 툴바와 공구 경로 생성 서브 모듈과 연동되어 각각 CC data, 공구 자세 벡터, CL data를 출력하여 보여주는 세 개의 Status window 로 구성되어 있다.

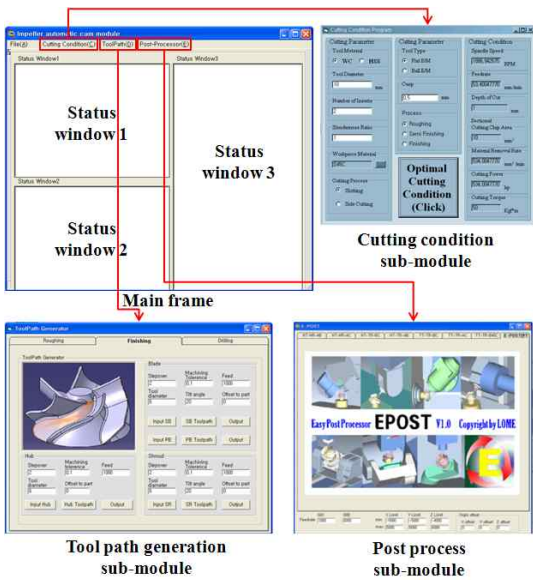


Fig. 2 Composition of module

3.2 절삭 조건 제시 서브 모듈

Fig. 3은 절삭 조건 제시 모듈로서, 가공 경험이 부족한 작업자에게 가장 어려울 수 있는 절삭 조건의 선정을 도와주는 역할을 수행한다.

입력값으로는 사용할 가공소재의 재질, 엔드밀의 형태(Flat/Ball), 재질, 직경, 날 수, 세장비, Cusp의 높이, 가공 공정을 입력하고, 출력값으로는 스핀들의 회전속도, 이송속도, 절입 깊이, 절삭칩의 단면적, 소재 제거율, 절삭 동력, 절삭 토크가 출력된다.

공구 재질 및 소재의 재질에 따라 결정되는 이송 속도와 스핀들 회전 속도는 국내의 4대 공구사들이 제시하는 추천 절삭 조건의 데이터들을 정리하여 데

이터베이스화 하였으며, 현재는 탄소강, 크롬강, 크롬몰리브덴강, 알루미늄 등의 일부 재료들의 자료가 구축되어 있으며, 지속적인 자료 수집 및 절삭시험을 통해 신뢰성을 높여갈 계획에 있다.

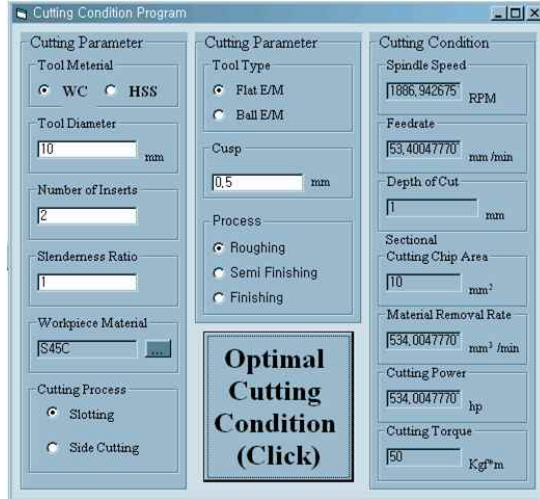


Fig. 3 Cutting condition sub-module

3.3 공구 경로 생성 서브 모듈

Fig. 4는 공구 경로 생성 서브 모듈에서 공구 경로를 생성하는 과정을 보여준다.

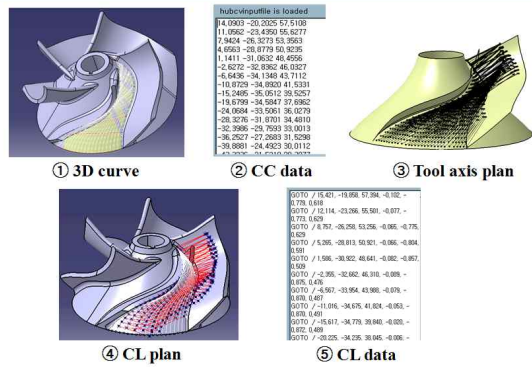


Fig. 4 Process of tool path generation

- ① CC data를 생성하기 위해 CATIA 프로그램의 그래픽상에서 매크로 기능을 이용하여 가공 경로를 3차원 곡선으로 생성시킨다.
- ② 생성된 가공 경로상의 데이터를 추출하면 CC

data가 된다.

③ CC data의 좌표점에서 공작물과 공구의 간섭을 회피하기 위해 공구의 자세 벡터를 생성시킨다.

④ CC data와 공구 자세 벡터까지 결정되면 공구의 형태와 직경에 따라 공구의 끝점 좌표를 계산한다.

⑤ 공구의 끝점 위치 데이터와 공구의 자세 벡터 데이터를 합쳐 CL data를 출력한다.

이러한 과정을 Fig. 5의 공구 경로 생성 서브 모듈로 구현하였고 현재 허브부의 정삭가공에 대한 공구 경로 생성 부분까지 개발되었다.

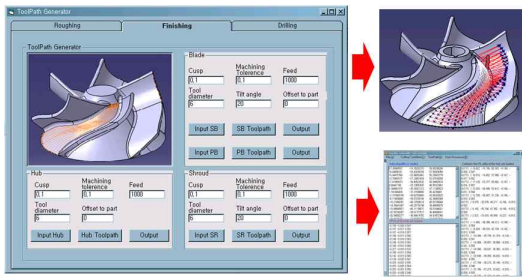


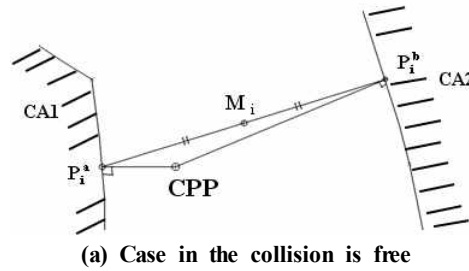
Fig. 5 Tool path generation sub-module

공구경로 생성 서브 모듈은 절삭 조건 제시 서브 모듈에서 이송속도 값을 받아오고 입력값으로는 Cusp의 높이, 가공 정밀도, 공구 직경, 가공 여유의 최소한의 선택사항들만 입력하면 공구경로가 생성될 수 있도록 작성하여 사용자의 편의성을 높이고자 하였다. 모듈에서 생성되는 공구 경로는 CATIA 프로그램의 그래픽상에서 와이어프레임으로 표현되어 보여지며, Main frame에서 생성한 CC data와 공구 축 벡터, CL data를 출력한다. 그리고 Output 명령을 통해 파일로 출력하게 된다.

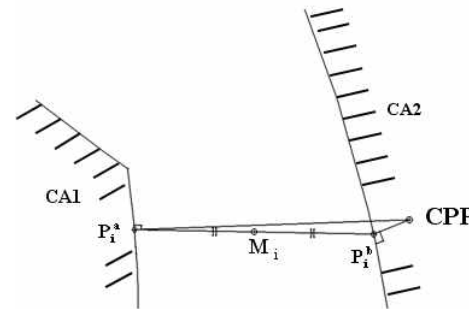
공구 이동 경로를 생성시키는 방식으로는 유체흐름을 고려하여 임펠러 가공에서 가장 적합한 iso-parametric 방식을 사용하였다.

Fig. 6은 임펠러 허브부의 정삭 가공 시 간섭을 회피하는 공구 축 벡터를 생성시키는 방법을 도식화한 것으로, 이전 연구^[11]에서 진행된바 있다. 먼저 최초의 CPP(Cutter Posture Point)는 허브 곡면에서부터 수직방향에서 구하고 양쪽 블레이드의 상면 쉬라우드부를 간섭영역 CA(Collision area)로 지정, CPP로부터 양쪽 간섭영역과의 가장 가까운 점을 각각 찾고 두 점을 연결하는 직선의 중심점 M_i 로 공구 자세 끝

점을 옮기고 CC data 점과 M_i 를 잇는 직선이 새로운 공구 자세 벡터가 되는 방식을 적용하였다. 또한 앞선 연구^[10,11]의 공구 자세 제어의 연속성을 고려하는 알고리즘을 적용하여 임펠러의 가공성 및 품질을 더욱 높이고자 하였다.



(a) Case in the collision is free



(b) Case in the collision is detected

Fig. 6 Collision avoidance method

3.4 포스트 프로세서 서브 모듈

공구 경로 생성 서브 모듈을 통해 생성된 CL data가 5축 가공 장비에서 가공을 하기 위해서는 장비의 메커니즘에 맞는 포스트 프로세싱 작업이 필요하다. 이를 위해 E-Post라는 포스트 프로세서 모듈을 개발^[8,9]한 바 있으며, 본 연구에서도 기개발한 E-Post를 연동시켜 Fig. 7과 같이 포스트 프로세서 서브 모듈을 구성하였다.

작동법은 먼저 상단의 탭에서 가공을 수행할 장비의 메커니즘을 선택하고 Pivot 길이값과 회전축 및 이송축 한계를 입력한다. Data input 버튼을 클릭하여 CL data를 입력한 다음 CL data의 형식이나 출력할 데이터의 형식에 따라 알맞은 버튼을 클릭하여 출력데이터를 얻을 수 있다. 이 때, 입력된 data는 서브 모듈의 오른쪽 상단 창에 출력하여 보여주며, 출

력된 파일의 내용은 오른쪽 하단 창에 출력하여 보여지게 된다. 입력할 수 있는 data의 형식은 CL data 중 ISO 규격의 파일형태인 Apsource 파일과 하이퍼밀의 공구경로 파일인 POF 형식의 파일, Vector Post 형식의 파일로 세가지 형식의 파일에 대해 지원하며, 출력 data 형식은 일반적으로 Pivot point의 동작 명령을 지정하는 형식과 공구선단점을 제어하는 RTCP(Rotary Tool Control Point) 기능을 사용하는 형식의 파일로 출력이 가능하다. 이 기능은 공구의 끝점이 항상 공작물 좌표계 상에서 자신의 위치를 유지하도록 회전이송과 직선이송을 연동하여 제어하므로 충돌의 위험을 줄여주고 회전이송 시 Pivot point와 공구 끝점의 이송속도 차이에서 발생할 수 있는 이송속도 오차 및 이로 인한 과부하나 가공시간 지연 등의 단점을 보완할 수 있어 유용하다. 그러나 아직까지 이 기능을 지원하지 못하는 장비가 많아 RTCP 기능이 사용된 형식의 NC data를 Pivot 중심의 Data로 변환시켜주는 기능도 추가적으로 지원하고 있다.

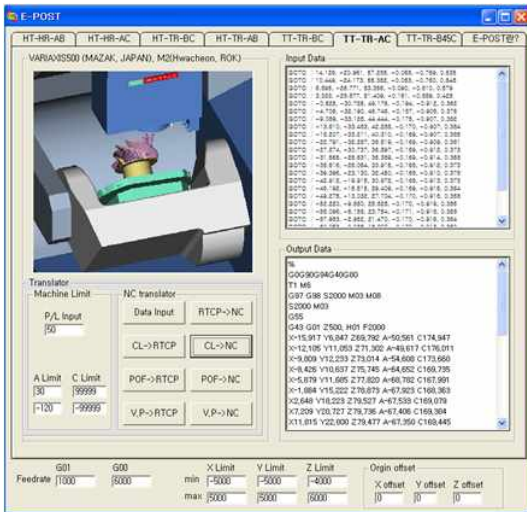


Fig. 7 Post processor sub-module

그리고 공구 경로 생성 모듈에서 생성된 CL data의 원점은 CATIA 프로그램의 그래픽 환경에서의 공작물 좌표계 원점으로 설정되어 데이터가 출력되기 때문에 공작기계에서의 실제 공작물 좌표계 원점과 상이할 경우가 있다. 또한 장비 이동이나 치구 재설정 시 공작물 좌표계가 변경될 경우 재차 CL data를

계산하지 않고 변경된 공작물 좌표계 원점을 사용하여 NC data를 출력 할 필요가 있다. 이를 위해 포스트 프로세서 서브 모듈에서 Origin offset 기능을 통해 최초의 공작물 좌표계 원점과 변경된 원점 간의 상대값을 서브 모듈의 오른쪽 하단에 있는 입력창에 입력하여 NC data를 출력할 수 있도록 개발하였다. 이러한 기능은 공작물의 세팅 위치가 변경되었을 때도 CAM 과정을 다시 거치지 않고 작업자가 포스트 프로세서만으로도 간단하게 NC data를 변경할 수 있는 장점을 가진다.

4. 결론

본 연구에서는 임펠러의 생산을 자동화하기 위하여 임펠러의 5축 가공용 CAM 모듈(E-ICAM)을 개발하고자 하였다. 이를 위해 전체 구성은 절삭 조건 제시 서브 모듈, 공구 경로 생성 서브 모듈, 포스트 프로세서 서브 모듈의 세가지 서브 모듈로 구성하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

1. 전체 모듈은 Visual Basic을 기반으로 하여 구성되었으며, 메인 프레임을 통해서 각각의 서브 모듈로 연결된다.
2. 절삭 조건 제시 서브 모듈은 국내의 4대 공구사에서 제시하는 추천 절삭 조건을 정리하여 데이터베이스화 하여 토대를 만들고 최대 절삭칩 단면적 계산과 소제 제거율 계산식을 적용하였다.
3. 공구 경로 생성 서브 모듈은 CATIA 프로그램의 그래픽 환경과 기능을 이용하여 CC data를 추출하고 공구 간섭 회피 알고리즘을 적용하여 공구 자세 벡터를 설정한 다음, CC data와 공구 자세 벡터, 공구 형상 및 직경의 계산을 통해 CL data를 생성시키는 방식으로 구현하였다.
4. 포스트 프로세서 서브 모듈은 기 개발한 포스트 프로세서 서브 모듈을 연동시켜 구현하였으며, 공구 경로 생성 서브 모듈에서 생성된 CL data를 장비의 메커니즘과 세팅 위치에 맞춰 NC data를 출력하도록 구현하였다.

이 연구를 통해 개발하는 모듈은 기존의 외산프로그램에 비해 CATIA 프로그램의 그래픽 환경상에서

구현되는 시간이 더 오래 소요되는 단점이 있지만, 타 모듈이 보유하지 않은 추천 절삭조건 제시 모듈과 포스트 프로세서 모듈을 함께 포함하고 있다는 장점을 지니고 있으며, CATIA 프로그램의 사용자가 많아 수요 시장이 넓다는 장점도 가지고 있다.

후 기

이 논문은 2009~2010년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. Jang, D. K., Cho, H. Y., Lee, H. K., Kong Y. S. and Yang, G. E., "A study on tool path generation for machining impellers with 5-axis machining center", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 21, No. 3, pp. 83-90, 2004.
2. Cho, H. Y., Jang, D. K., Lee, H. K., and Yang, G. E., "A study on efficient roughing of impellers with 5-axis NC machine", Journal of the Korean Society of Mechanical Engineering, Vol. 27, No. 11, pp. 1917-1924, 2003.
3. Jang, D. K., Cho, Shin, J. K., Hong, S. K., Lee, H. K. and Yang, G. E., "A study on reverse engineering and 5-axis NC machining of impeller", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 21, No. 6, pp. 60-68, 2004.
4. Jang, D. K., Lim, K. N., and Yang, G. E., "A study on five-axis roughing of impeller with ruled surface", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 24, No. 7, pp. 60-68, 2007.
5. Oh, J. Y., Hwang, J. D., Jung, H. C. and Jung, Y. G., "The Effect of Surface Roughness of Impeller by Tool Path and Posture", 2008 Autumn Conference of KSPE, pp. 347-348, 2008.
6. Lee, K. Y., Kim, H. M. Park, S. S. and Jang, K. C., "The Determination of cutting conditions and machining process in 5-axis machining of a impeller", Conference of KSME, No. 6, pp. 1471-1474, 2006.
7. Cho, M. H., Kim, D. W., Lee, C. G., Heo, E. Y., Ha, J. W. and Chen F. Frank., "CBIMS : Case-based impeller machining strategy support system", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 25, pp. 980-988, 2009.
8. Jung, H. C., Park, K. B., Hwang, J. D. and Jung, Y. G., "A Study on the improvement of practicality of E-POST for 5-axis control machining", 2009 Autumn Conference of KSPE, pp. 543-544, 2009.
9. Jung, H. C., Hwang, J. D., Kim, S. M. and Jung, Y. G., "The postprocessor technology for 5-axis control machining", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineering, Vol. 10, No. 2, pp. 9-15, 2011.
10. Hwang, J. D., Lim, E. S. and Jung, Y. G., "The control technology of cutter path and cutter posture for 5-axis control machining", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineering, Vol. 10, No. 2, pp. 1-8, 2011.
11. Park, K. B., Jung, H. C., Hwang, J. D. and Jung, Y. G., "A Continuous Control of Cutter Posture Change for Efficient 5-axis Machining of Impeller", Autumn Conference of KSMPE, Vol. 2010, No. 11, pp. 33-34, 2010.