

웹을 이용한 실시간 소성가공의 해석에 관한 연구

이상돈* · 최호준** · 방세윤* · 임중연* · 이호용*

(2002년 9월 17일 접수)

A Study on the Real Time Analysis of Plastic Deformation Process using WWW(World Wide Web)

S. D. Lee, H. J. Choi, S. Y. Bang, J. Y. Lim and H. Y. Lee

Abstract

This paper is concerned with the compression test and forming process of flange by using virtual reality and analysis(simulation) program. This virtual manufacturing can be carried out on a personal computer without any expensive devices for experiment. The virtual manufacturing is composed of three modules such as the input, calculation and the output modules on internet. Internet user can give the material's property and process parameters to the sever computer at the input module. On the calculation module, a simulator computes the virtual manufacturing process by analysis program and stores the data as a file. The output module is the program in which internet user can confirm virtual manufacturing results by showing tables, graphs, and 3D animation. This program is designed by an internet language such as HTML, CGI, VRML and JAVA, while analysis programs use the finite element method with fortran language. Since the study of virtual reality on internet is rapidly increasing, the virtual manufacturing technique will substitute many real experiments in the future.

Key Words : Virtual Reality(VR), Virtual Manufacturing(VM), Finite Element Method, Virtual Reality Modeling Language(VRML), Ring Compression, Flange

1. 서 론

산업계에서는 열려진 정보화시대로의 획기적인 변화를 겪고 있다.⁽¹⁾ 제조분야에서 많은 장점들을 갖고 있는 대량생산의 패러다임이 유연성과 빠른 응답성에 근거한 쪽

으로 바뀌고 있다.⁽²⁾ 생산분야에서 중요한 주제의 하나는 공학적 활동과 생산적 활동을 어떻게 통합하느냐이다. 이러한 통합을 달성하기 위해서는 모든 공학적 기능, 정보의 흐름과 제조시스템의 간결한 특징을 갖춘 모델이 요청되고 있다. 일반적으로 제조회사들은 제조를 위한

* 동국대학교 기계공학과

** 강릉대학교 금속재료공학과 강사

정보를 디지털화하고 제조혁신의 속도를 더하는데 초점을 맞추며, 세계시장에서 경쟁력 우위를 점하려고 노력하고 있다. 이러한 노력은 최근 활용범위가 넓어지고 있는 인터넷을 응용한 기술로도 확장되고 있으며, 이러한 확장에는 인터넷 통신속도의 증가와 가상현실(Virtual Reality)의 발달을 기반으로 가능해졌다. 가상현실(VR)은 1990년대 초부터 VR(virtual reality)의 개념이 제조공학 분야로 확대 적용되면서 가상제조기술(virtual manufacturing technology)⁽⁴⁾이라는 용어가 탄생하였다.

가상제조(VM)는 현실세계의 모델 및 실험의 운영이나 사물 대신에 이것들을 다루는 제조환경을 통합하는 컴퓨터 기반 기술과 정보를 의미한다.⁽⁴⁾ VM은 제조자원 모델(a manufacturing resource model), 제조환경모델(a manufacturing environment model), 제품모델(a product model) 및 virtual prototyping(VP)을 포함한다.⁽⁵⁾

Kazuaki Iwata 등⁽⁶⁾에 의하면 VM은 엄격한 국제규격을 따른 제품을 유연하고 신속하면서 분산된 생산 환경에서 적은 로트 단위로 생산하기 위하여, 가상적 생산 체제하에서 생산공정의 시뮬레이션과 컴퓨터 모델을 사용하는 것으로 가상현실을 생산 시스템에 좀더 적극적으로 활용하고자 하는 방법이라고 설명하고 있다. 이것은 또한 인터넷과 웹 브라우저만 있으면 어느 곳에서나 가상현실을 통해 VM과 VP의 수행결과를 활용할 수 있게 되었다는 것을 의미하기도 한다.⁽⁷⁾ 웹 환경에서 VM을 여러 사용자들과 연결하기 위해서는 웹 관련 기술이 활용되며, 3차원 부품형상을 지원하는 공동 작업환경을 개발하기 위해서는 3차원 형상 처리 기술 및 네트워크 기술을 필요로 한다.

본 연구에서는 웹에서 3차원 형상 정보를 표현하고 애니메이션하기 위해 VRML⁽⁸⁻⁹⁾을 이용하고 있다. 또한 CGI (Common Gateway Interact)로 인터넷 사용자와 서버 컴퓨터간의 의사소통을 가능케 하였으며, 네트워크 응용 프로그램을 쉽게 개발할 수 있는 방법을 제공하는 JAVA를 이용하여 VM의 기반을 둔 소성가공의 일반적인 성형 모의실험이 용이하도록 하였다.⁽¹⁰⁻¹²⁾ 또한, CGI와 연동하여 사용이 가능한 유한요소해석 시뮬레이션 프로그램을 이용한 압축실험과 플랜지 성형공정⁽¹³⁾을 VM의 개념에 따라 해석을 수행함으로써 가상의 소성가공실험실(Virtual Reality Laboratory) 구축의 가능성을 제시하고자 하였다. 가상 압축 성형공정에서는 인터넷의 사용자 요청에 따라 load와 stroke, stress와 strain의 상호관계가 테이블과 그래프를 이용해 제시될 것이며 가상 플랜지 성형 공정에서는 load와 stroke로 공정해석의 결과가 사용자에게 보여질 것이다. 두 실험 모두 공정의

진과정을 애니메이션으로 3차원 형상정보를 볼 수 있도록 할 것이며, 필요하다면 해석대상의 단면을 취하여 필요한 정보를 얻을 수 있도록 하였다. 가상현실을 이용한 인터넷상에서의 공학적 성형실험의 해석⁽¹¹⁻¹⁶⁾은 시도되어진 바가 적으나 웹을 통하여 실시간으로 소성가공의 성형공정을 해석함으로써 실제 현장에서 필요로 하는 유용한 자료를 제공할 수 있게 된다.

2. 실시간 성형공정 해석 시스템 구조

인터넷에서의 가상압축실험과 다단공정을 거치는 가상플랜지 성형공정의 해석은 애플릿-서버 구조로 임의의 사용자가 웹을 통하여 접속할 수 있으며 별도의 소프트웨어를 설치할 필요가 없다.⁽¹⁷⁾

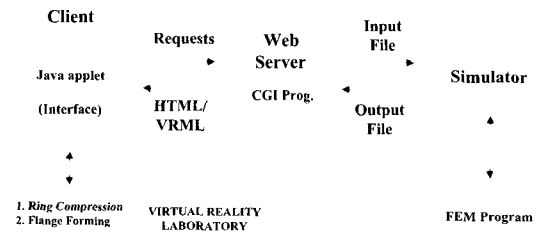


Fig. 1 System architecture

Fig. 1은 제안된 시스템의 전체적인 구조를 보여주고 있으며 VR 시스템구조도⁽¹⁸⁾의 변형된 형태라고 할 수 있다. 사용자(client)가 인터넷을 통하여 가상실험실에 접속하면 압축실험(ring compression)이나 플랜지 성형공정(forming process of flange)을 선택하게 되며 이러한 요구에 따라 web server 상의 CGI 프로그램을 동작시켜 강소성 유한요소해석코드로 되어있는 ALPID⁽¹⁹⁾ 프로그램을 수행하며, 이에 따른 결과를 다시 web server를 거쳐 사용자의 화면에 3차원형상의 가상의 소성유동과 관련된 데이터 및 그래프를 보여주게 된다.

3. VM에 기반한 성형공정의 해석

3.1 가상 압축 성형공정

본 논문에서의 가상실험실 압축실험은 원형실린더의 압축 실험과 중공실린더의 링 압축 실험으로 나뉘어져 있다.

3.1.1 원형실린더에 대한 가상 압축 실험

Fig. 2의 입력 데이터에는 실험자의 이름과 실험할 재

료의 종류, 원형 실린더 모양에 대한 반경과 높이를 입력할 수 있도록 하였으며 압축비율과 다이(die)와 재료 사이의 마찰인자를 입력할 수 있도록 구성되어 있다. 재료의 종류에는 Steel, Copper, Aluminum으로 나누며 각각의 재료에 다시 세부적으로 재료의 종류를 선택하는 방식으로 만들어져 있다.

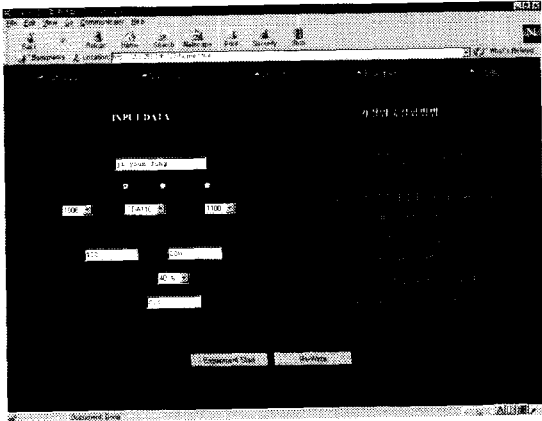
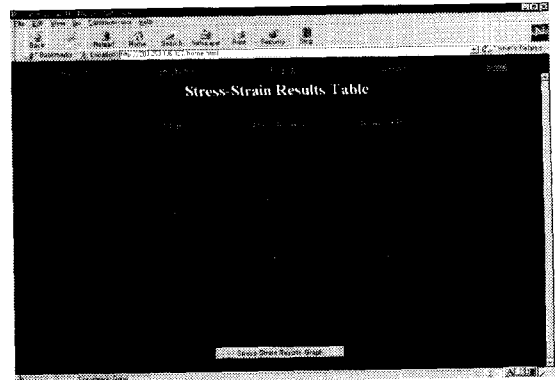


Fig. 2 Input configuration for cylinder compression

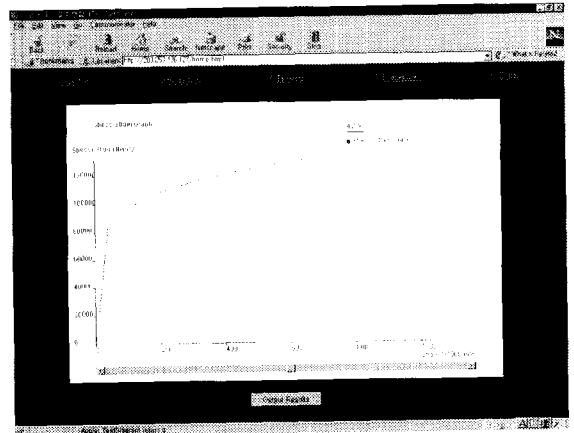
인터넷상에서 입력데이터 값은 인터넷 사용자의 컴퓨터에서 직접 입력하게 되며, 이 값은 계산모듈인 유한요소해석 프로그램에서 읽어 들일 수 있도록 데이터파일로 저장된다. 입력데이터 파일의 값에 따라 해석프로그램에서 가상실험 또는 가상제조를 통해 얻어진 결과는 다시 사용자에게 테이블과 그래프, 3차원 영상의 형태로 인터넷 사용자에게 제공된다. Fig. 3은 가상압축실험을 한 후 결과를 실시간으로 인터넷 사용자에게 제공하는 화면의 예들을 보여주고 있다. Fig. 3(a)는 테이블형태의 결과가 제공되는 화면으로 Load-Stroke, Stress-Strain 결과의 출력형태이며, Fig. 3(b)는 Load-Stroke, Stress-Strain 결과를 그래프로 화면에 출력시키며 Fig. 3(c)는 원형실린더의 가상압축실험의 애니메이션의 결과를 나타내는 것으로 초기부터 실시간으로 압축되어지는 과정을 애니메이션으로 사용자가 직접 눈으로 확인할 수 있도록 화면에 보여주게 된다.

3.1.2 중공실린더에 대한 가상 링 압축 실험

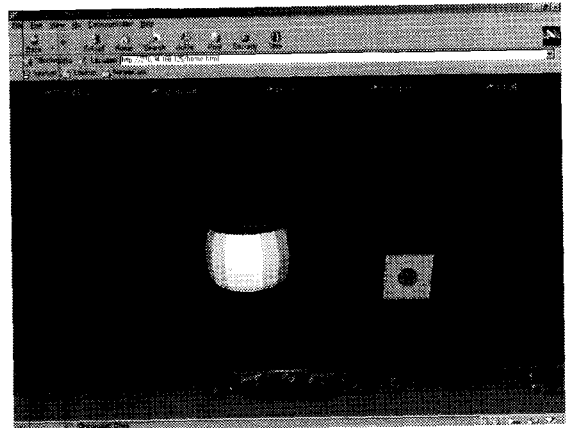
중공실린더(링)의 압축 실험은 전체적으로 원형실린더의 압축실험과 같은 형식을 취하고 있다. 입력화면은 Fig. 4에서 볼 수 있는 것처럼 원형실린더의 압축실험과 거의 유사하다. 입력데이터와 가상 압축실험방법으로 나누어서 HTML을 이용하여 구성되어 있으며, 인터넷 사



(a) Table type



(b) Graph type



(c) Animation type

Fig. 3 Types of output for cylinder compression

용자가 입력한 데이터는 CGI를 이용하여 서버 컴퓨터에 전달되는 과정을 거치게 된다. 실험할 재료가 중공실린더 모양이므로 내경과 재료의 두께를 입력하도록 구성하

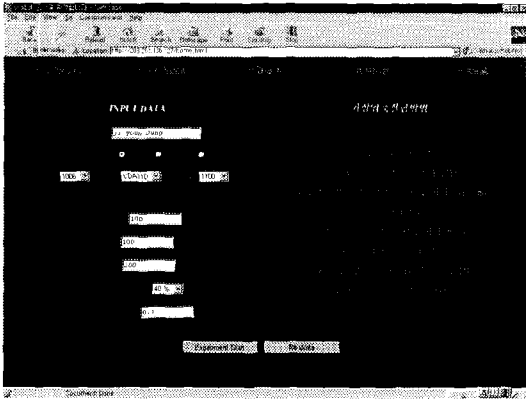
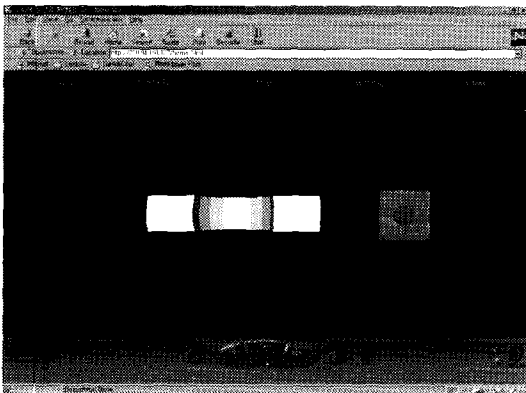
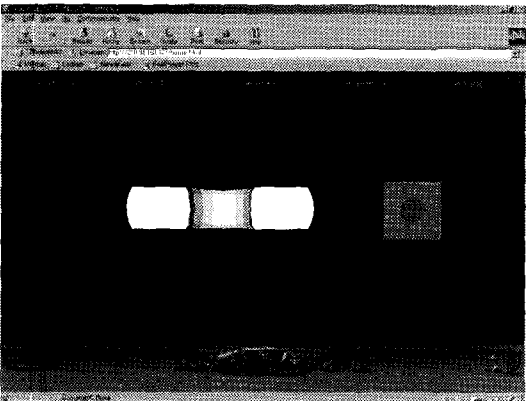


Fig. 4 Input configuration for ring compression



(a) animation output in friction factor, $m = 0.1$



(b) animation output in friction factor, $m = 0.5$

Fig. 5 Output screen for ring compression

었다. 화면의 구성원리와 형식은 원형실린더의 압축실험과 동일하며 계산모듈에 전달되는 입력화일의 형태만 조금 다를 뿐이다. 결과 테이블과 그래프는 원형실린더와 같은 형식을 가지며 애니메이션은 중공실린더 내경과 외

경의 변화를 정확하게 관찰하기 위하여 실린더 단면을 볼 수 있도록 구성하였다. Fig. 5는 축방향의 단면을 통하여 마찰인자의 변화에 따른 가상 중공실린더의 출력결과를 다른 형태로 보여주고 있다. 압축률에 대하여 마찰인자의 값을 변화시킨 것으로 압축 실험결과 마찰인자의 값이 작은 경우, Fig. 5(a)에서는 내경이 외경을 따라 증가하며, 마찰인자의 값이 큰 경우, Fig. 5(b)에서는 재료와 다이의 마찰에 의하여 내경과 외경이 반대로 움직이는 모양을 관찰할 수 있다.

3.2 가상 플랜지 성형과정

가상 플랜지의 단단계 성형과정의 해석은 HTML과 CGI를 이용하여 인터넷 접속자의 요청을 따라 성형공정을 시작하며, 선택된 재료의 물성치가 서버로 전송되고 성형공정을 해석한 후 다시 접속자의 화면으로 결과값을 출력해준다. 플랜지는 2단계의 가상성형공정을 거쳐 만들어진다.

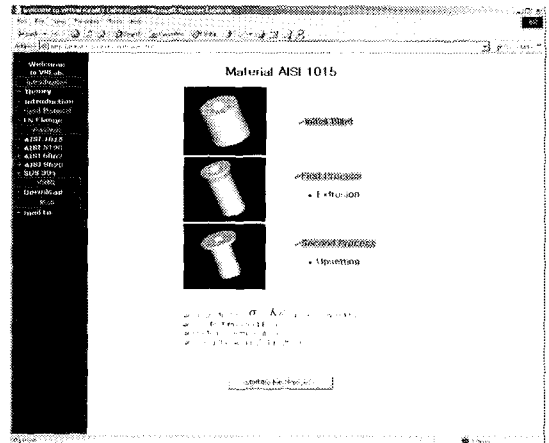


Fig. 6 Selection of raw material

3.2.1 가상 플랜지 성형 공정의 시작

Fig. 6에서는 초기화면에서의 재료를 선택함에 따라 플랜지 가상 성형공정 순서와 재료 물성치에 대하여 설명해 주고 있다. 첫 번째 공정에서는 압축, 두 번째 공정에서는 업셋팅 임을 나타내고 있으며 “Start the First Process” 버튼을 누르면 첫 번째 공정이 시작된다. 이것은 자바스크립트를 사용하여 CGI로 연결이 되게 하는 일종의 하이퍼텍스트(Hyper Text)이다. 가상성형공정의 두 번째는 1차 공정이 끝난 후 “Start the Second Process” 버튼을 누르면 된다.

3.2.2 VM에 따른 플랜지 성형 공정의 해석

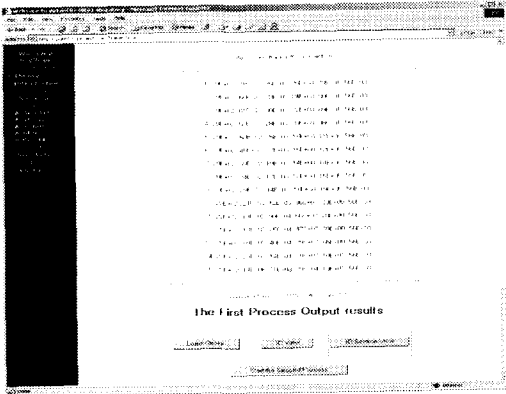
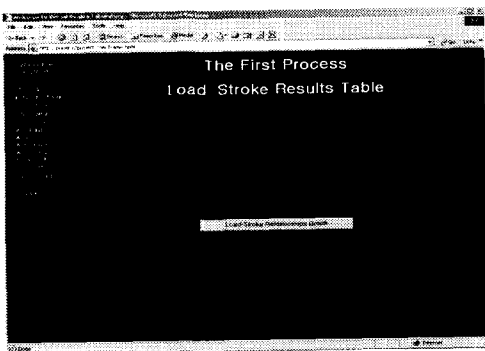
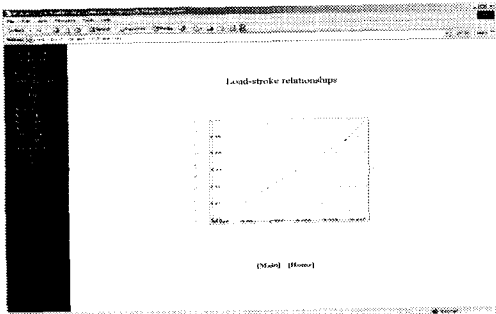


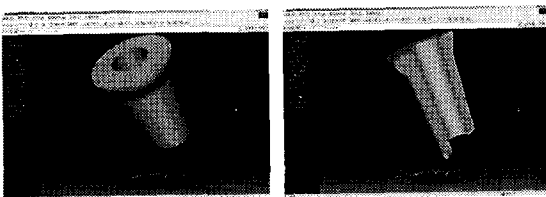
Fig. 7 Simulation outputs in the first process



(a) Load-stroke table



(b) Load-stroke relationship graph



(c) 3D view and 3D section view

Fig. 8 Output in forming process of flange

Fig. 7은 첫 번째 가상 성형공정의 유한요소 해석프로 그램의 결과들이 화면에 나타나는 모습을 보여주고 있다. 화면하단의 세 개의 버튼은 공정의 결과들을, 형태를 달리하여 화면에 보여주게 되어 인터넷 실시간 사용자들 로 하여금 가상제조과정을 통해 실진의 성형가공의 공정 진행 경험을 습득할 수 있게 지원역할을 해 준다. 그림의 화면 중앙의 맨 하단의 버튼은 다음 공정으로 진행시 키기 위한 버튼이다.

Fig. 8은 Fig. 7의 화면하단에 나란히 놓여있는 세 개 의 공정해석 결과들을 예시하고 있다. Fig. 8(a)는 Load 와 Stroke의 관계를 테이블에 수치적으로 표현하고 있으 며, (b)는 자바애플릿(Java Applet)을 이용하여 (a)의 수 치적 값들을 그래프로 나타낸 것이다. (c)는 VRML을 이용하여 첫 번째 공정을 마치고 난 소재의 변형을 GUI(Graphic User Interface)형식으로 모델링한 것이다. VRML을 이용한 것으로 사용자가 직접 시점을 바꾸거나 소재를 직접 돌려보듯이 관찰할 수 있게 구성되어 있다. 3D section view는 소재의 단면을 취하여 그 단면의 해석을 행하는 것으로, 소재의 변화를 면밀히 관찰할 수 있다. 플랜지의 가상 성형을 위한 두 번째 공정의 결과 도 물론 첫 번째 공정의 것과 동일하게 표현된다.

4. 결론

웹을 이용한 인터넷 상에서의 가상제조공정인 압축실 험과 플랜지 성형실험의 수행은 소성가공에 VM의 개념을 도입한 예로서, 이와 같은 가상 성형공정의 해석을 통해 다음과 같이 본 논문을 요약·정리할 수 있다.

(1) 사용자에게 데이터의 상호교환을 통한 성형과정의 정보를 공유하게 함으로써 유용한 정보를 예측 가능케 하고 있다. 압축실험에서는 프레스 행정에 따른 성형하 중을 화면에 나타냄으로써 공정의 현상적용이나 개선시 에 예측 가능하도록 하였으며, 가상 링 압축실험을 통해 서는 마찰계수의 실험적 데이터를 VM을 통해 증명해 보였다. 또한 가상 플랜지 성형공정에서는 급형의 움직임에 따라 성형하중의 변화를 예측할 수 있었으며, 가상 의 성형공정 진행에; 다른 플랜지의 형상변화를 3차원 형상으로 단면까지 정밀하게 예측하고 분석할 수 있게 하였다.

(2) 실제의 생산시스템에 의한 가공과정과 그에 따른 일련의 활동에 따르는 시간과 비용을, VM개념을 도입한 가상 압축성형공정과 가상 플랜지 성형공정을 수행함으 로써 줄일 수 있다.

(3) 가상의 생산 공정과 소요유동 및 관련 데이터들

웹을 통해 볼 수 있는 형태로 제공함으로써 실제 현장 경험이 없는 사람들에게 고가의 생산장비나 재료의 손실 없이 소성가공에 따른 생산 경험을 체득할 수 있도록 도와줄 것이다.

이와 같은 소성가공에로의 효과적 VM의 이용은 더 많은 성형공정에 적용되어야 할 것이다. 현재는 압축성형과 플랜지의 성형공정이 인터넷 사용자의 요구에 따라 필요정보를 제공하지만, 앞으로는 소성가공의 일반적인 성형공정들을 추가시킴으로써 가상 소성가공 실험실로의 발전을 추진해 나아가게 될 것이다.

후 기

본 연구는 학술진흥재단(99)의 대학부설연구소 지원과제의 연구비 지원에 의해 이루어졌으며, 지원해 주신 학술진흥재단에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Crabb, C. H., 1998, "The virtual engineer-21st century product development", Dearborn Mich: Society of Manufacturing Engineers.
- (2) Lee, W. B., and Lau, H. C. W., 1999, "Factory on demand: the shaping of an agile production network", Int. J. Agile Manage. Syst. 1/2, pp. 83~87.
- (3) Brown, R. G., May 1996, "An overview of virtual manufacturing technology", AGARD Workshop, Auburn Hills, Michigan.
- (4) Lawrence Associates Inc., Oct 25 1994, Technical report in: Proceedings of the virtual manufacturing user workshop.
- (5) Kimura, F., 1993, "Product and process modelling as a kernel for virtual manufacturing environment", Ann. CIRP, Vol. 42, No. 1, pp. 147~150.
- (6) Kazuaki I. and Masahiko O., 1996, "New trends in manufacturing system", J. of the Japan Soc. for Prec. Engng., Vol. 62, No. 1, pp. 112~115.
- (7) Thomas J. A., 1998, "3D visualization of multimedia content on the world wide web", computer networks and ISDN systems, Vol. 30, pp. 594~596.
- (8) Pesce, M., 1996, "VRML browsing & building cyberspace", New Riders, Indianapolis.
- (9) Ames, A. L. Nadeau, D. R. and Moreland, J. L., 1997, "VRML 2.0 Source Book", Wiley, New York.
- (10) Sridharan, P., 1997, "Advanced Java networking", Prentice Hall, New Jersey.
- (11) Sameer, S. P. and Wilfred V. H., 1998, "Virtual manufacturing information system using JavaTM and JdbcTM", Comp. ind. Engng., Vol. 35, No. 1~2, pp. 255~258.
- (12) Kazuaki I, Masahiko O., Koji T. and Suguru O., 1997, "Virtual manufacturing systems as advanced information infrastructure for integrating manufacturing resources and activities", Ann. CIRP, Vol. 46, No. 1, pp. 335~338.
- (13) 임중연, 황병복, 김철식, 1999, "냉간압출을 이용한 롱넥 플랜지 성형에 대한 공정설계", 한국소성가공학회지, Vol.8, No.2, pp. 160~168.
- (14) Endo, J., Ohba, S. and Anzai, T., 1996, "Virtual manufacturing for sheet metal processing", J. of Mater. Proc. Tech., Vol. 60, pp. 191~196.
- (15) Chang, K. H. and Tang, P. S., 2001, "Integration of design and manufacturing for structural shape optimization", Adv. in Engng. s/w., Vol. 32, p. 555.
- (16) Yingxue, Y., et al., 2002, "VMIC: a test-bed for machining", Comp. in Ind., Vol. 47, pp. 255~268.
- (17) 최영상, 김영호, 1999, "웹을 이용한 실시간 3차원 공동작업 부품정보중개시스템 개발", 한국 CAD/CAM 학회지, Vol. 4, No. 2, pp. 87~99.
- (18) Huang, B. and Lin, H., 2002, "A Java/CGI approach to developing a geographic virtual reality toolkit on the Internet", Comp. & Geosci., p. 15.
- (19) S. I. Oh, G. D. Lahoi and T. Altan, 1981, "ALPID -a general purpose FEM program for metal forming", Proceeding of NAMRC. IX, State college, pennsylvania.