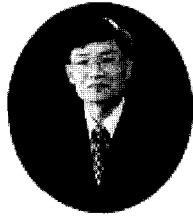


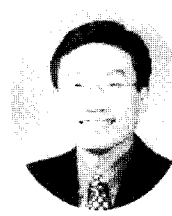
## 공학해석 소프트웨어의 신기술 동향



이택성\*



이광기\*\*



나성수\*\*\*

### 1. 머리말

국내산업이 외국제품의 모방생산과 개선단계에서 고유모델 개발과 자체설계기술의 보유 및 신뢰성평가기술의 확보 단계로 접어들어서 산업분야에 따라 공업선진국 수준에 거의 도달한 분야도 있게 되었다. 이러한 요구는 현 시점에서 국제경쟁에서 우리 산업의 생존을 위해서 그렇게 되지 않으면 안 되는 상황에 처해 있기 때문이기도 하다. 이로 인하여 구조/열/유체/기구/진동 등의 기계공학분야 뿐만 아니라 전자/금속/화학분야에 이르기까지 공학해석용 소프트웨어가 설계기확단계부터 기능과 안정성 등의 최적설계조건을 찾기 위하여 사용되고 있고 중소기업에서도 고기술을 가진 업체에서부터 사용빈도가 점차 높아 가고 있다.

주로 유한요소법을 해석의 주요기법으로 하는 공학해석용 S/W는 CAD, CAM과 더불어 동시공학(Concurrent Engineering)의 한 축을 담당하고 있다. 설계도면 제작 전용 CAD S/W와 해석을 주기능으로 하는 CAE, 가공을 주기능으로 하는 CAM은 각각의 기능을 개별적으로 개선시켜 가면서 서로간의 연계작업을 위하여 대부분 Data가 상호 교환되도록 되고있다.

일반적인 S/W의 흐름과 마찬가지로 공학용 S/W도 Graphic User Interface(GUI)환경의 적용으로 사용이

더욱 쉬워지면서 종전에 어렵게 여겨졌던 전문적인 기능들을 쉽게 사용할 수 있도록 개발되면서 생산의 검토단계에서부터 실험을 대신하여 Simulation을 행할 수 있음으로 해서 최적 설계 및 생산조건을 찾아내는데 유력한 도구로 대두되었다.

그리고 최근들어 Web기반의 통합기능을 가진 S/W가 출현하면서 설계/생산에 관련성이 있는 프로그램들을 연계시켜서 필요한 데이터를 뽑아낼 수 있는 Model Center와 같은 통합형 상품이 출현하였다. 실제 설계문제의 경우, 대부분의 설계변수들은 다수의 공학적, 역학적 현상에 연관되어 있으므로 여러분야의 설계 요구조건 등을 동시에 만족시키는 최적해를 도출할 수 있는 통합설계 프레임워크의 개발이 필요하다. 특히, 대부분의 기술집약적 제품의 설계문제는 많은 설계변수와 구속조건들로 구성되는 대규모 설계 문제이므로 다분야통합형 제품의 설계를 최적화하기 위해서는 효율적인 통합설계 프레임워크의 연구·개발이 필수적이다.

이에 따라 본 란에서는 신개념인 통합설계 프레임워크인 ModelCenter를 소개하고, 또한 현재 사용되고 있는 공학의 학문분야별 주요 해석 Code들 중 범용 S/W인 ANSYS, ABAQUS, NASTRAN, COSMOS등을 제외하고 전문기술 분야에서 사용하는 전용 S/W를 최근 발표된 것을 중심으로 살펴보고자 한다.

\* 한국산업기술대학교 기계설계학과

\*\* (주)태성에스엔이 CAO 사업부 차장

\*\*\* 고려대학교 기계공학과

## 2. 통합설계 프레임워크 ModelCenter

### 2.1 통합설계 프레임워크의 필요성

현대산업사회의 소비자들은 다목적, 고효율, 고성능을 만족하면서도 다양한 기능을 갖는 제품을 요구하고 있으며, 이러한 제품을 설계하기 위해서는 여러 가지 공학적 현상을 동시에 고려한 최적설계 및 통합설계가 이루어져야 한다. 즉, 산업제품의 설계를 위해서는 다양한 공학적 현상의 해석 및 통합설계가 요구되는 것이다. 기존의 최적화기법들은 각 학문분야 및 산업현장의 독립된 고유분야에서 최적설계를 위해 사용되어 왔다. 그러나 실제 설계문제의 경우, 대부분의 설계변수들은 다수의 공학적, 역학적 현상에 연관되어 있으므로 여러 분야의 설계 요구조건 등을 동시에 만족시키는 최적해를 도출할 수 있는 통합설계 프레임워크의 개발이 필요하다. 특히, 대부분의 기술집약적 제품의 설계문제는 많은 설계변수와 구속조건들로 구성되는 대규모 설계 문제이므로 다분야통합형 제품의 설계를 최적화하기 위해서는 효율적인 통합설계 프레임워크의 연구·개발이 필수적이다.

우리 나라 산업체에서 제품개발의 효율화 및 설계기간 단축을 통하여 국제경쟁력 강화 및 기술 선진화를 이룩하려면, 고부가가치 제품의 개발을 위해 필수적인 최적설계 신기술을 국내에서도 시급히 확보해야 하며 통합설계 프레임워크의 개발을 위해 다양한 최적화기법에 대한 연구 개발이 필요하다. 즉, 설계자동화에 의한 제품의 설계 및 최적화를 수행하기 위해서는 분야간 연관성을 고려한 통합설계 프레임워크의 개발이 필연적으로 이루어져야 한다. 이러한 통합설계 프레임워크가 갖추어야 할 기능을 요약하면 다음과 같다.

- 대규모 다분야통합형 설계시스템의 효율적 관리
- 분야간의 상충 및 연관성 등으로 인한 설계변경사항의 동시처리
- 분야간 설계목적의 최적화하기 위한 설계해의 통합화 및 중계
- 설계비용 절감을 위한 효율적 설계기법
- 설계데이터 및 설계변수의 다양한 특성을 고려한 최적설계

제품설계에 관련된 다양한 공학해석분야, 즉 구조해석, 동역학, 열 유체 유동해석, 제어, 전자기장해석 등을 동시에 고려하면서 최적의 설계를 수행하는 통합설계 프레임워크

의 예제로 미국 Phoenix Integration사(<http://www.phoenix-int.com>)에서 개발되어 NASA, Boeing, MD 등과 같은 항공분야에서 사용되고있는 ModelCenter를 소개하고자한다. 국내에서는 (주)태성에스엔이에서(02-3431-2442) ModelCenter의 판매 및 기술지원을 하고 있다.

### 2.2 ModelCenter

ModelCenter는 모든 해석 프로그램들을 통합해서 설계하는 통합설계 프레임워크로 크게 다음과 같은 3가지 기능을 가지고 있다.

#### 2.2.1 Integration

- Network 상에 있는 모든 상업화된 S/W(Pro/Engineer, CATIA, NASTRAN, ANSYS, ABAQUS, ADAMS, Excel 등)와 C/C++, FORTRAN으로 작성된 모든 프로그램들을 결합하여 주는 기능

#### 2.2.2 Automation

- Network 상에서 Integration된 모든 프로그램에 실험계획법(DOE, Design Of Experiments), Taguchi 강건설계 및 최적설계를 수행하기 위하여 주어진 입력에 대한 출력을 자동적으로 수행하는 기능

#### 2.2.3 Optimization

- Network상에서 Integration/Automation된 프로그램에 최적설계를 수행하는 기능으로서 6 시그마와 같은 강건최적설계 및 신뢰성설계를 수행하는 기능

그림 1은 서로 다른 Network 상에 있는 CFD, FEA 및

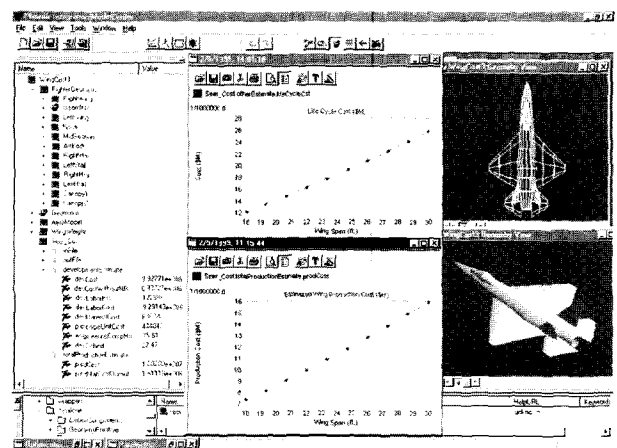


그림 1 ModelCenter를 적용한 항공기 최적설계

Cost해석 프로그램을 통합하여 항공기 최적설계에 적용된 ModelCenter 예제를 보여준다.

### 2.3 Integration

ModelCenter는 설계자들이 적용하기가 어려운 CORBA와 같은 어려운 Protocol 대신에 설계자들도 손쉽게 적용할 수 있는 Analysis Server라는 JAVA로 짜여진 자체의 Protocol을 사용하고 있으며, Web에서 사용되는 http와 유사한 방법으로서 TCP/IP 통신을 하는 고유의 방법을 사용하고 있다. Analysis Server를 사용하여 설계자들은 Open API 및 COM을 통하여 CATIA, Pro/Engineer와 같은 CAD 프로그램과 결합을 할 수가 있고 FileWrapper(ANSYS, NASTRAN, C/C++, FORTRAN으로 짜여진 프로그램들을 결합하는 기능), ExcelWrapper, Pearlwrapper를 사용하여 원하는 프로그램들을 ModelCenter에서 손쉽게 결합할 수 있다. ModelCenter는 Windows환경에서 구현된 프로그램으로서 모든 작업을 마우스를 사용하여 손쉽게 수행할 수 있다. 아래의 그림 2는 FileWrapper를 사용하여 ANSYS 모델을 ModelCenter의 한 component로 결합한 예제이다. 설계자들은 마우스를 사용하여 입력과 출력 관계를 연결시키기만 하면 된다.

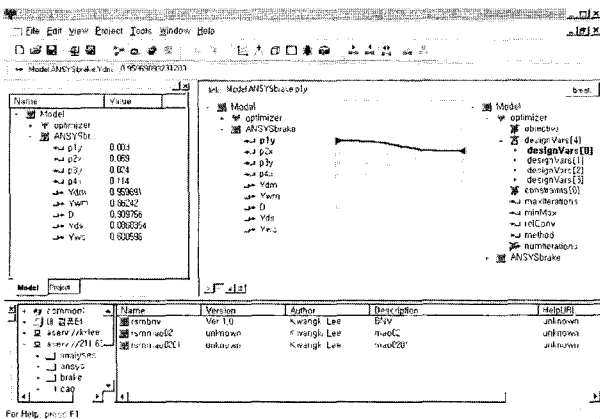


그림 2 ModelCenter에서 ANSYS 모델의 결합

### 2.4 Automation

2.1과 같이 Network상에 있는 모든 CFD, FEA, MBD 등과 같은 프로그램들을 연결시켰다면 실험계획법 및 trade-off 해석을 ModelCenter내에서 자동화할 수 있다. 그림 3은 4가지 설계변수에 중심합성법이라는 실험계획법을 적용하여, 25회 ANSYS 해석을 자동화한 예

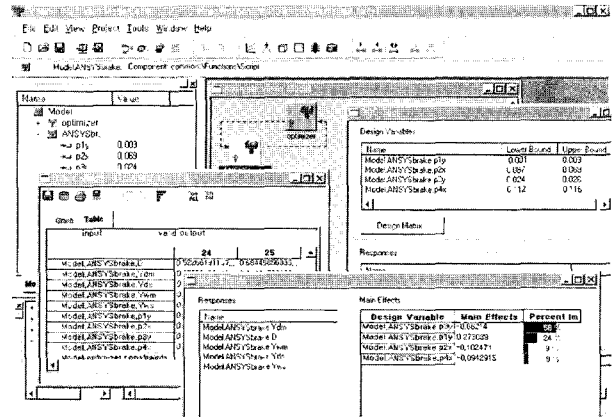


그림 3 ModelCenter에서 ANSYS 모델의 자동화

제이며 25회 ANSYS 해석 결과의 주효과(Main Effect)도 바로 볼 수 있다.

### 2.5 Optimization

결합 및 자동화를 수행하였다면 다음 작업은 6 시그마, Taguchi 강건설계, 신뢰성해석 및 다분야통합설계(MDO, Multi-Disciplinary Design optimization)과 같은 설계를 수행하는 것이다. ModelCenter 최적화 모듈은 비제한조건을 풀기위한 2가지, 제한조건을 풀기위한 3가지의 최적설계 알고리즘을 가지고 있으며, Windows에서 제공하는 모든 Script언어를 지원하기 때문에 손쉽게 설계자가 원하는 설계를 구현할 수 있다. 그림 4는 자동차 Seat의 강건최적설계를 ANSYS 모델에 적용한 결과로서 강건최적설계 알고리즘은 Visual Basic Script언어를 사용하여 구현한 예제이다.

2.3부터 2.5에 Integration/Automation/Optimization이라는 통합설계 프레임워크가 가져야할 조건을 ANSYS

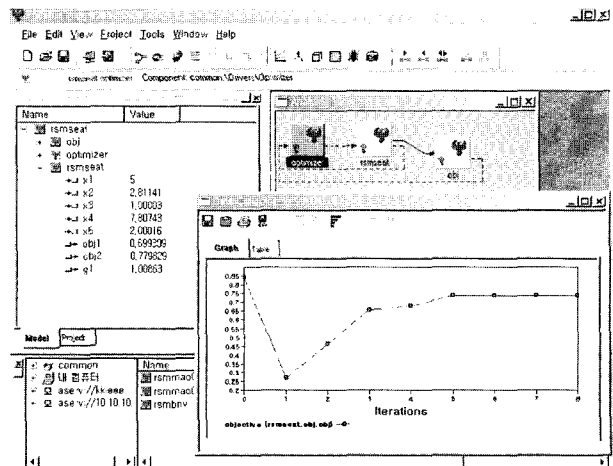


그림 4 ModelCenter에서 ANSYS 모델의 최적설계

프로그램을 중심으로 설명을 하였다. ModelCenter에는 이외에도 많은 기능들을 가지고 있으며 중요한 기술적인 면을 요약하면 다음과 같다.

- Native Windows NT interface
- Fast OpenGL rendering
- Open API for driving models from other clients
- COM integration capability
- Communication with TCP/IP

### 3. 공학분야별 전용 S/W

#### 3.1 기구해석

기구해석전용 소프트웨어인 ADAMS는 동적인 거동을 수반하는 기계적인 성능을 평가하는데 응용되고 있으며 대표적인 응용분야는 자동차, 제어, 항공·우주, 의공학, 방위산업 등이다. 이 소프트웨어에서는 모델에 관한 시뮬레이션을 수행할 때, Virtual Prototyping 기술을 사용하여 각 결합부위에 걸리는 Load의 값을 자동적으로 계산할 수 있으며, 이들 Load값은 각 Part의 응력과 변형률을 계산하는데 필요한 경계조건의 값으로 이용될 수 있다. Virtual Prototyping이란 CAD 소프트웨어를 통하여 Modeling된 각각의 부품들이 하나의 제품에 완벽하게 결합된 후 어떤 형태로 움직이는지 또는 이들의 동적 거동특성은 설계자가 원하는 대로 수행되는지를 파악해주는 기술이다. 따라서 제품을 만들기 전에 기구적인 성능을 평가할 수 있어서 비용의 감소와 제품의 성능 및 내구성을 높이는데 도움이 될 수 있다.

자동차 산업분야에서 적용분야는 아래와 같다.

- Suspension 설계
- Vehicle Dynamics
- Engine 설계
- Powertrain Engineering
- Body Hardware Engineering
- Control Design
- NVH
- Safety System 등

또 다른 기구해석용 소프트웨어인 DADS는 1980년 초반 미국에서 상업용 버전이 출시되어 자동차, 항공,

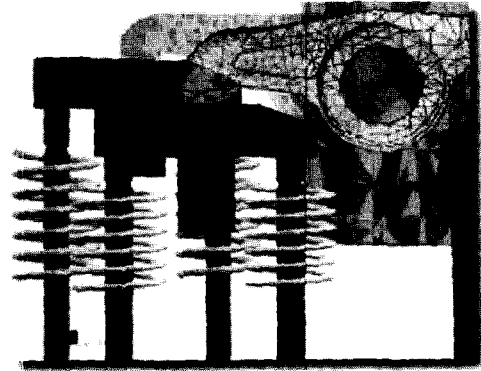


그림 5 Valve Train의 해석예(<http://www.cadsi.com>)

중장비 및 산업분야에서 폭넓게 사용되고 있다. 제어해석용으로 사용되는 EASY5, MATLAB 및 MATRIX와 연계하여 직접적으로 Nonlinear Mechanical System을 제어하는 것이 가능하다. 그리고 FEM 구조해석용 소프트웨어인 ANSYS, ABAQUS, NASTRAN, IDEAS로부터 얻은 결과를 DADS의 해석을 위한 경계조건으로 이용할 수 있다. 그림 5는 Valve Train의 해석 예이며 주요 응용 분야는 다음과 같다.

- Automotive
- Aircraft
- Heavy Industry
- Military Vehicle
- Robotics Device
- Construction Machinery 등

#### 3.2 반도체 열전달 최적설계용

반도체의 수명이나 신뢰도는 반도체의 작동온도에 의해서 크게 좌우된다. 반도체의 접합부에서 발생하는 온도는 반도체의 정상동작과 신뢰성에 영향을 미치므로 제품성능을 결정하는 중요한 요인이 된다. 이를 위해 신뢰성과 무소음에서 장점을 지닌 자연공냉식 Heat Sink가 반도체 냉각에 보편적으로 사용되고 있는데, 소개하는 Heat Sink Designer 소프트웨어는 일반적인 전산유체 역학적 방법에 의존하여 열전달에 관련된 문제를 해결하기보다 프로그램 내부에서 일반화된 실험식에 의존하며, 돌기표면 혹은 산화처리표면을 가지는 등 다양한 실용적인 Heat Sink에 응용할 수 있도록 복사 열전달과 대류열전달을 동시에 고려하여 Heat Sink의 바닥온도 및 반도체 접합부의 온도를 예측한다.

그림 6은 Heat Sink Designer에서 제공하는 기본적인 Heat Sink 형상의 예이며, TV, VCR, Car Audio 등에서 주로 사용되고 있다. 이 프로그램은 일반적인 전

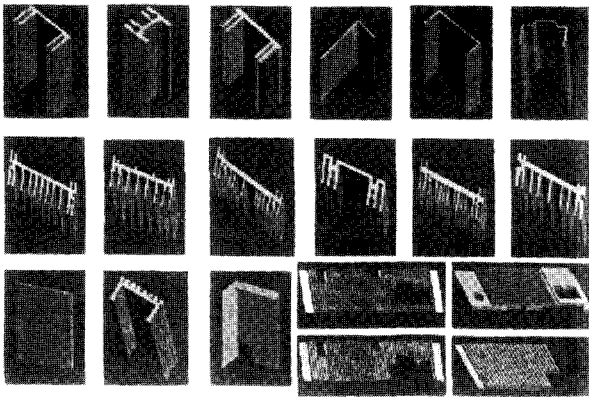


그림 6 프로그램에서 제공하는 Heat Sink의 예(<http://www.coolingtech.com>)

산유체역학적 접근과는 달리 계산 시간이 매우 빠르므로 설계에 빠르게 적용할 수 있는 장점이 있다.

### 3.3 소음해석

각종 가전제품의 초기 개발단계에서는 제품의 성능 및 내구성이 주요한 설계변수로 대두되지만 시장에서 품질의 우수성을 보장받기 위하여 소음과 같은 역기능을 최소화 하고자 하는 부단한 연구가 진행되고 있다. Sysnoise는 미국의 LMS International 사에 의하여 개발된 것으로서 FEM/BEM을 이용하여 Vibro-Acoustic 문제를 해석하는 공학용 소프트웨어이다. Sysnoise는 Graphic User Interface 환경을 제공하여 손쉽게 작업할 수 있도록 하고 있다. 그림 7은 TV Speaker 주위에서 발생하는 소음 해석의 예를 보여준다.

ANSYS, NASTRAN, PATRAN, ABAQUS 등과 Mesh Interface가 가능하고, 경계조건이 Pressure, Velocity, Admittance, Source, Jump Pressure 등 다양하다. 주요 응용분야는 다음과 같이 요약된다.

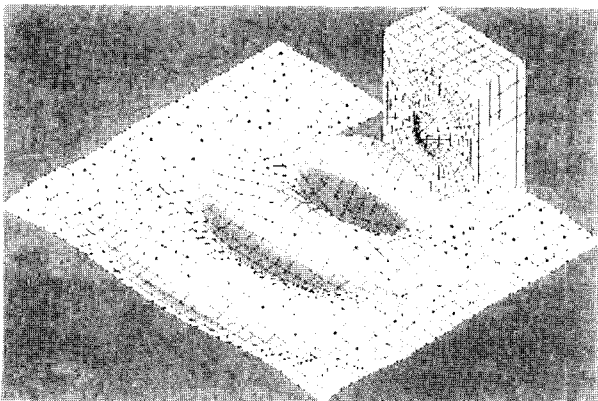


그림 7 TV Speaker 주위에서의 소음해석의 예

- Automotive : 차의 실내외, 머플러, 엔진 및 타이어 소음해석
- Aerospace : 승객실의 소음, 동체 엔진소음, 프로펠러 소음의 해석
- Underwater : 잠수함의 방사소음, 선박의 프로펠러 및 엔진소음 해석
- 가전 : 냉장고, 에어컨, 세탁기, 선풍기, 컴퓨터의 소음해석
- 음향기기(<http://www.lmsintl.com>)

### 3.4 주조과정 해석

주조제품의 생산 및 설계에 있어서 타제품 보다 경쟁력을 확보하기 위해서는 설계시간 및 설계비용, 제품의 원가에 관한 것이 경쟁사의 것보다 우수해야 한다. CastCAE는 핀란드의 Technical Research Center에서 개발되어 Window 환경에서 사용될 수 있으며, Mould Filling, Solidification 및 Iron Property에 관한 해석을 수행할 수 있다. 현재 사용 중인 CAD Program들과 Interface가 원활하므로 요소망 형성을 비교적 빠르게 할 수 있다. 특히 STL Format은 CastCAE와 Direct Interface가 가능하다.

그림 8은 코드의 정확성을 확보하기 위하여 수행된 실험 및 해석에 관한 결과를 보여주는 것으로서 Gray Cast Iron을 사용하여 Pouring Temperature, Pouring Rate, Runner System 효과, Filter의 효과 및 Pouring Height에 대하여 본 것이다. 이 소프트웨어는 주조과정에 관한 조건을 실험적으로 확립하는데 드는 많은 시간과 비용을 시뮬레이션에 의하여 줄일 수 있도록 한다.

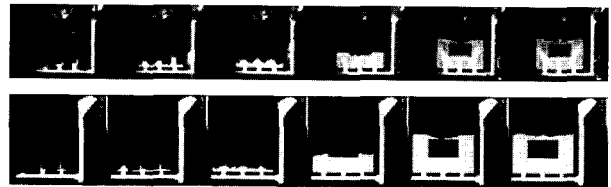


그림 8 Mold Filling 과정의 실험 및 해석 결과(상-실험, 하-해석결과)(<http://www.castech.fi>)

### 3.5 용접 및 열처리

열처리과정에서 제품의 특성 및 품질은 Cooling Velocity, Phase Transformation, Hardness, Deformation, Hardness, Deformation 및 Residual Stress에 의하여 영향을 받으며, 이러한 물리적 현상을 취급할 수 있는 코드인 SYSWELD

를 소개한다.

SYSWELD는 금속의 열처리과정에서 볼 수 있는 전자기장에서부터 열처리 및 Hydrogen의 확산에 이르기까지 여러가지 종류의 물리적 현상을 고려한다. 상(Phase)에 관한 해석은 Thermo-Metallurgical 해석을 통하여 수행되며, Phase 분포의 정도에 따라 잔류응력과 변형에 관한 해석이 수반된다. Induction Quenching과 Spot Welding의 경우에 Heat Source의 값은 Magnetodynamic 또는 Electrokinetic 계산에 의하여 결정된다. 그리고 Welding과 표면열처리의 해석을 위하여 시간에 따라 위치가 변화하는 Surface 혹은 Volume Heat Source가 도입된다.

해석을 위한 요소망 생성은 일반적인 3-D CAD Program의 결과를 받아서 할 수 있도록 되어있고, 구조 해석용 코드인 ANSYS, NASTRAN, IDEAS 및 FORGE 등과 Data를 원활하게 교환할 수 있다. SYSWELD의 응용분야 중 Quenching Process의 예를 그림 9에서 보인다.

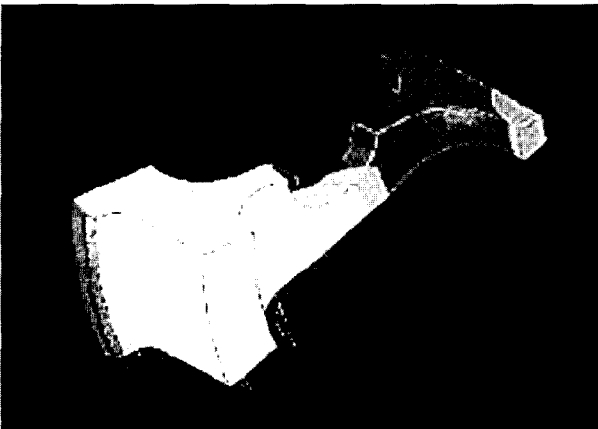


그림 9 Automotive Wheel의 Quenching Process (<http://www.esi.fr>)

### 3.6 요소망 생성 프로그램

공학해석을 수행할 때 Mesh 또는 Cell의 생성과정은 매우 많은 수고가 요구되며 전체 해석시간의 80~90%를 차지한다. 이때 해석의 정확도가 요소의 질에 많이 좌우되므로 요소망 생성에 세심한 주의를 요하게 된다. 여기서, 소개하는 TrueGrid는 복잡한 기하학적 형상에 대하여 계산시간 측면에서 유리한 Multi-block Hexahedral 요소망을 용이하게 생성할 수 있는 소프트웨어이다.

해석대상이 되는 물체의 기본적인 기하학적인 형상

Data는 CAD 프로그램에서 모델링되며, 대부분 IGES Format 형태로 해석프로그램과 Interface 되는데, CAD 프로그램의 Solid Modeler가 가지는 Tolerance로 인하여 해석프로그램의 요소생성 Tool에서 문제가 발생하게 된다. 즉 Surface와 Surface가 만나는 경우에 공유된 Edge들이 정확하게 일치하지 않는 경우에는 이를 하나의 Edge로 공유시켜야 한다. 이러한 작업은 요소를 생성하고자 하는 기하학적 형상이 복잡하고 Surface가 많은 경우에는 대단히 많은 노고를 요구한다. TrueGrid는 이런 문제점을 자동으로 수행하는 기능을 탑재하고 있다. 즉 일치하지 않는 Edge들을 확장하여 원활한 격자를 생성해 준다. 이로 인하여 CAD 혹은 Solid Modeler와 데이터를 호환하는 엔지니어들에게는 많은 도움이 될 것이다.

그림 10은 이 프로그램을 사용한 요소망 생성의 예를 보여주며 Solid Modeler와 요소생성 프로그램간의 Interface를 수행할 때 엔지니어들의 노고를 줄여 줄 수 있어서 유체 및 고체해석을 수행하는 공학자들에게 많은 도움이 될 것으로 본다.

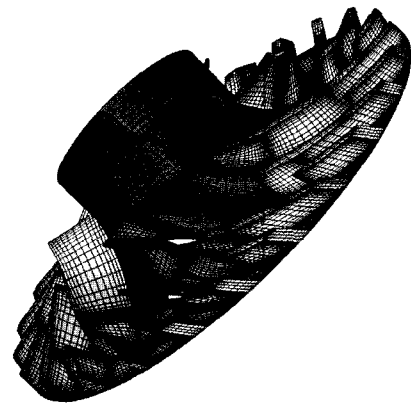
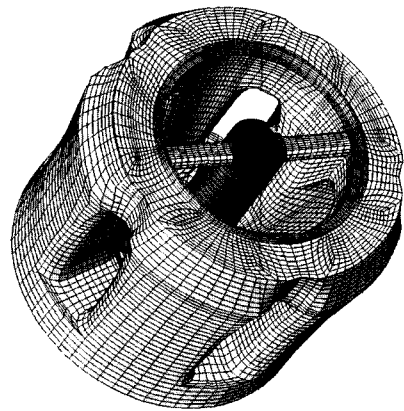


그림 10 CFD 해석을 위한 격자망 생성 예(<http://www.xyzsa.com>)