

생산기술 관련 국산 S/W 현황과 전망

· 정 완 진 | 서울산업대학교 금형설계학과, 교수
e-mail : wjchung@snut.ac.kr

이 글에서는 단조, 주조, 사출성형, 박판금속성형, CAM 그리고 생산관리 등 생산기술에 관련된 국산 소프트웨어 중 국내에서 상업용으로 판매 중인 제품을 소개한다.

기계시스템을 구성하는 각종 부품을 생산하기 위해서 소성가공, 주조, 절삭, 연삭 등 다양한 가공방법을 사용하게 된다. 최근에 CAD/CAM기술의 발전에 힘입어 제품의 형상 및 금형, 주형 등의 특수공구가 수학적 모델로 컴퓨터에 저장되고 수치제어 가공기에 의해 제작하는 것이 보편화되었다. 대량생산을 위하여 사용되는 특수공구는 제작비용과 시간이 많이 소요되며, 개발기간이 많이 소요된다. 또한 이러한 생산공정은 물리적으로 복잡한 현상을 수반할 뿐 아니라 기하학적으로 복잡한 제품의 형상과 계속 발전하는 신소재의 새로운 물성 등으로 인하여 경험 있는 기술자들도 수차례의 경험착오를 겪는 경우가 많은 실정이다. 따라서 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션 기술은 실제 가공공정을 모사함으로써 시행착오의 과정을 줄이고 최적설계를 가공 전에 실행할 수

있게 하여 준다. 컴퓨터 모델을 사용한 가상가공은 실제 가공과의 오차를 수반하지만 계속되는 기술발전과 컴퓨터 성능 향상에 힘입어 그 격차를 줄여 나가고 있으며, 정량적으로는 부족함이 있으나, 정성적으로는 우수한 결과를 보이고 있어 실제 현장에서 효과적으로 적용한 사례가 다수 보고되고 있다. 세계적으로는 미국과 서유럽 몇 개 국가가 가상성형 소프트웨어 개발을 주도하고 있는 것이 현실이다. 국내에서는 선진국에 유학하여 세계적인 소프트웨어 개발에 기여한 연구자가 많았고 그 영향으로 국내에서도 이러한 분야에 대한 연구가 활발해졌다. 그러나 국내에서는 관련 학술논문이 세계적인 학술잡지에 다수 게재되었음에도 관련 소프트웨어의 상업화는

활발하지 못했다. 그 이유는 국내 시장의 협소함과 언어장벽 등의 해외시장 진출의 어려움 외에도 소프트웨어 상업화를 위한 주체가 형성되지 못한 점과 소프트웨어 상업화를 위한 체계적인 개발 경험 부재 등이 작용하였다고 판단된다.

이 글에서는 국내에서 가공기술 각 분야에 걸쳐서 관련기술을

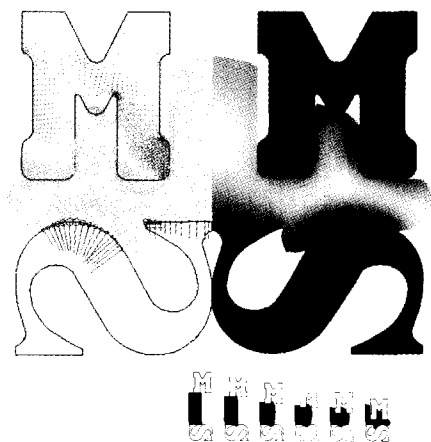


그림 1 AFDEX

상업화하여 판매 중인 제품을 각 분야별로 소개하고자 한다. 자칫 나열에 그칠 위험을 감수하고 개발자들의 입을 빌어 국산 가공 관련 소프트웨어의 현 주소를 파악하고자 하였다.

단 조

AFDEX(Adviser for Forging Design EXpert)는 PC에서 실행되는 강열접소성 유한요소법에 바탕을 둔 단조공정 시뮬레이터이며, AFDEX/2D(2차원 및 축대칭 체적소성가공 공정의 해석), AFDEX/3D(3차원 체적소성가공 공정의 해석), AFDEX/DIE(금형의 구조해석), AFDEX/PRE/POST(전후처리 프로그램) 등의 모듈로 구성되어 있다.

AFDEX는 국내의 중소 단조업체의 단조공정 개발 기술자들에게 친구를 만들어 주기 위한 목

적으로 개발되어 초창기에는 주로 중규모의 단조업체에 보급되었고, 점차 현대자동차 등의 대기업체와 소기업체로 보급이 확대되어 현재 다수의 국내 주요 단조업체에서 AFDEX를 활용하고 있다.

AFDEX를 개발하는 과정에서 수많은 전문가의 의견을 반영하였기 때문에 AFDEX는 기능이 다양하고 사용이 편리하다는 평을 받고 있으며, 시뮬레이션의 자동화와 지능화 및 결과의 정확성 등의 측면에서 특히 경쟁력을 확보하고 있다고 사료된다.

AFDEX는 국내 단조산업 발전에 다수의 긍정적인 영향을 미친 것으로 평가되고 있다. FAG 한화베어링은 6개월 소요되던 단조공정 설계 기간을 1주일 정도로 단축시켰으며, 현대자동차는 하나의 공정을 개선시킴으로써 6,000만 원 이상의 원가절감효과

를 거둔 것으로 발표한 바 있고, 단조 시뮬레이션 기술을 통하여 회사의 기술력이 높게 평가되어 단조품의 수출시장 개척에 긍정적인 영향을 미친 사례도 보고된 바 있다. 그리고 매년 사용자 컨퍼런스를 개최하여 단조 시뮬레이션 기술 활용의 보편화에 기여하였고, 단조 시뮬레이션 기술에 관한 웹강좌를 개설해 두고 있다.

전반적으로 AFDEX가 보급됨으로써 국내의 단조공정 개발 방식에 발전적인 변화를 초래한 것만은 사실이다. 그러나 국내 관련 업

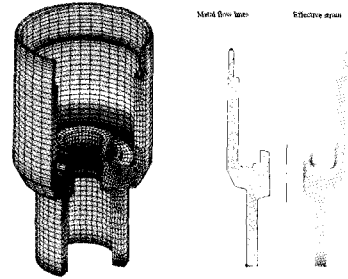


그림 4 축대칭 냉간 단조공정 해석결과

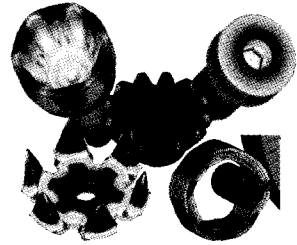
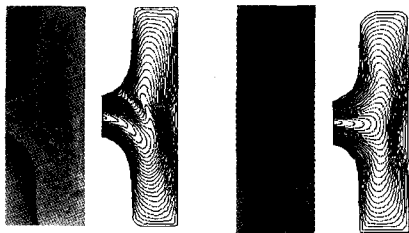


그림 5 삼차원 공정 해석결과

계의 영세성과 소프트웨어에 대한 인식 부족으로 유지보수계약이 원활하게 맺어지지 않고 있고 관련 업계의 특성상 시장 개척에 들어가는 비용과 노력이 매우 크기 때문에 국내 시장만으로 필수 인력의 유지가 용이하지 않는 실정이다. 따라서 소프트웨어를 바탕으로 하여 컨설팅 업무를 병행하는 형태의 기업체 조직을 갖추어 소프트웨어의 안정적 유지 보수를 도모하는 한편, 상용화 직전 단계에 와 있는 3차원 시뮬레이터의 기능을 조기에 개선시켜 상용화함으로써 프로그램의 국제 경쟁력을 배가해 나아갈 계획이다.

주 소

최근 제조 기술의 혁신적인 발달로 새로운 상품이 개발되는 주



Experiment Analysis Experiment Analysis

그림 2 AFDEX/2D 결과의 검증

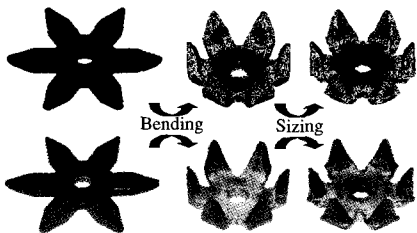


그림 3 AFDEX/3D 결과의 검증

기가 단축되고, 다양한 소비자의 요구에 따라 다품종 소량 생산의 경향이 두드러지게 나타난다. 주조공정은 특성상 금속 응고에 따른 부피 수축과 제품 내부의 수축공 발생, 금속 충전 양상에 따른 다양한 결함이 존재한다. 그 동안 경험과 시행착오에 따른 기존의 주조방안 설계에서 생겨나는 납기 지연과 경쟁력 하락을 극복하기 위해서는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용해 문제를 해결해 나아갈 수밖에 없다. 주조방안을 수립하는 데 소요되는 불필요한 공정을 대폭적으로 줄일 수 있기 때문이다.

주조해석 시스템을 활용하기 위해서는 주조 공정상의 작업 표준화가 먼저 이루어져야 하고, 각종 주조공정변수와 재료 물성치가 정리되어야 한다. 그리고 이들 기초 데이터를 기반으로 과학적 이해에 근거하여 주조 방안을 설계할 때 건전하고 신뢰성 있는 주조방안이 나올 수 있다. 주조 해석 시스템은 주조 공정 및 주형 설계자가 과거의 경험을 충분히 살려 빠른 시간 내에 좋은 주조방안을 얻을 수 있도록 지원하는 역할을 한다.

국내 개발품으로는 한국생산기술연구원(주조공정개발팀)과 큐빅테크가 사업화한 Z-CAST와 Anycasting이 있다.

Z-CAST는 크게 전처리기, 솔버, 후처리기로 구분되나 각 기능은 통합환경에서 하나의 시스템으로 작동한다.

전처리기 기능

STL 모델로부터 해석용 메시

자동 생성 : FDM 해석 기법에 필요한 사각 격자 메시(규등, 불균등 분할)

주조 공정조건 입력 : 재질 물성치 DB 관리, 형상별 재질 지정, 열전대 설정, 충전 주입구 설정 등

기본적인 모델링 기능 : 주조방안 변경 지원

솔버 기능

응고해석(수축공 해석, FDM 및 온도회복법), 유동해석(중력 주조 및 다이캐스팅 등, SOLA-VOF법), 반복해석(냉각수 라인 설계)

후처리기 기능

- 수축공 확인, 응고 온도, 응고 시간, 응고 온도 구배, Niyama 값 확인 기능
- 충전 양상, 유동온도, 유동 속도, 유동 벡터 확인 기능
- 반복 주조 사이클별 온도 및 시간 확인 기능
- 열전대 온도 그래프 디스플레이 기능
- 솔버의 진행 상황 그래픽 표시 기능
- 특정 시점에서 해석 진행 제어기능(중단, 정지, 다시 시작)
- 해석 진행 중 해석 정보 그래픽으로 확인 기능
- 단면 처리 기능
- 해석결과를 단계별로 차례로 디스플레이 하는 기능

프로젝트 관리 기능

- 레포트 기능, 주조방안 버전 관리 기능
- Animation 기능 및 AVI 저장 기능

Z-Cast의 적용분야는 다음과 같다.

- * 사형주조(sand mold casting) 자동조형라인, 생형, CO₂, 후란.
- * 중력금형주조(permanent mold casting)
- * 고압/저압 다이캐스팅(high/low pressure die casting)
- * 용탕단조(squeeze casting)
- * 경동주조(tilt casting)
- * 원심주조(centrifugal casting)
- * 정밀주조(investment casting)
- * 단결정 개발(single crystal investment)
- * 로스트 왁스(lost wax foam, evaporative pattern)

Z-Cast에서 차량용 배기다기관(minifold)을 해석한 결과 화면은 그림 4와 같다.

AnyCasting은 지난 12년간 대학교, 연구소에서 개발하여 여러

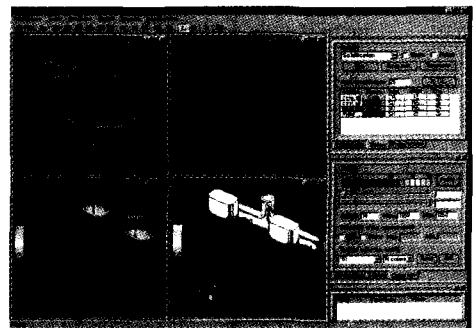


그림 6 차량용 배기다기관을 해석한 결과 화면 (STL, 메시, 응고온도해석, 응고시간해석, 왼쪽위부터 시계방향)

업체 현장에 적용한 바 있는 고유 프로그램을 기반으로 개발되었다. 주조업체가 쉽게 사용할 수 있게 우수한 graphic 기술을 접목하였다.

기보유한 프로그램의 해석능력에 다양한 유동모델(점성, 난류, 표면응력, 회전 등)과 수축공, 미세조직, 결합예측, 기계적 특성을 예측할 수 있는 모델들을 추가하였으며, 주조공정에서 사용되는 다양한 기능과 조건들이 추가되었다.

현재 AnyCasting은 사형주조, 금형주조, 고압,저압 다이캐스팅, 경동주조 및 정밀주조 등의 모든 주조공정의 해석에 적용이 가능하며, 빠른 해석능력과 높은 정확성은 공정 중에 발생할 수 있는 문제점을 보다 빠르고 정확하게 예측할 수 있다.

Window를 기반으로 한 윈도 구성과 메뉴를 설계하여 최소한의 작업으로 사용자가 원하는 조건이나 결과를 관찰할 수 있으며, OpenGL 방식을 적용하여 사실감 있는 화면을 볼 수 있다. 다양한 재료들의 물성치를 제공하는 DataBase관리 프로그램을 이용하여 사용자는 재료만을 선택하게 되면 물성치를 자동으로 인식한다.

AnyCasting은 해석대상을 3차원 CAD 파일로부터 해석에 필요한 격자생성 및 해석조건을 설정하는 anyPRE, 계산을 실행하는 anySOLVER, 해석결과를 관찰하는 anyPOST, 재료의 특성들을 관리할 수 있는 DataBase관리 프로그램인 any DBASE의 네

개의 프로그램으로 구성되어 있다.

anyPRE는 3D CAD (I-DEAS, CATIA, Pro Engineer, Uni Graphics, AutoCAD) 프로그램으로 제품을 모델링한 후 저장한 STL(Sterolithography) 파일을 읽은 후, 1,000만 개 격자를 수초 내에 생성하는 고속격자 생성 알고리즘을 이용하여 균일·비균일격자를 생성한다. 또한 any-SOLVER를 구동하기 위해 해석모드 선택, 각 파트의 재질 및 물성입력, 열전달 계수, 공정변수 및 각종 해석모델 등과 같이 해석에 필요한 변수를 설정하고 입력해주는 기능을 제공한다.

anySOLVER에서는 3차원 Navier-Stokes 방정식, 자유표면 추적을 위한 VOF방정식(Any-CastingTM 자체 수정버전), 3차원 에너지 방정식을 해석한다. 이외에도 여러가지 점성모델, 세 가지 난류모델, 표면응력, 수축공, 미세조직 모델 등을 보유하고 있으며, Stopper, feeder, Pouring Basin, Plunger와 같은 장치들을 모사할 수 있다. 이로부터 주조공정 중에 발생할 수 있는 용탕의 충전과정과 응고과정, 결합의 발생부위를 예측할 수 있다.

anyPOST는 Open GL을 바탕으로 다중문서 인터페이스(Multiple Document Interface) 방식으로 구성되어 있어 온도, 압

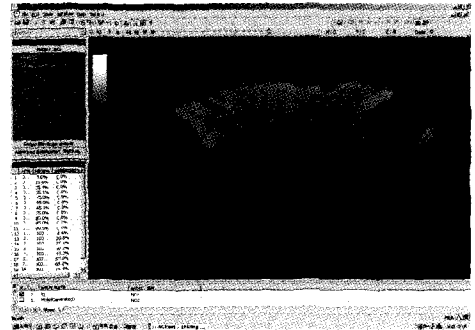


그림 7 AnySolver에 의한 용탕 충전 과정

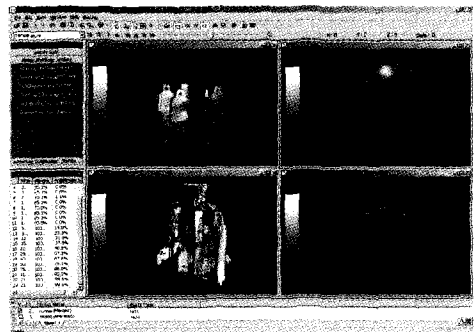


그림 8 AnyPost의 GUI

력, 속도 및 벡터 등과 같은 해석 결과를 여러 개의 윈도에서 동시에 나타낼 수 있다.

작년 한 해 AnyCastingTM은 많은 국내 주조업체들과 주조방안 개선을 위한 프로젝트를 수행하였다. 다이캐스팅 대표업체를 포함한 십여 개의 업체와 수회에 걸친 프로젝트를 통한 획기적인 주조방안 개선으로 업체의 경비와 시간이 절약되어 좋은 반응을 얻었다.

한편 올해 초부터 해외시장 진출에 주력하여 일본에서는 Toyoda, Honda, Nissan과 같은 자동차 메이저 업체를 포함한 십여개 업체에서 홍보를 통하여 기존의 상용 프로그램에 비하여 우월성을 인정 받았으며, 현재 이들

업체에서 벤치마크 테스트(BMT)가 진행 중이다.

한편 일반 주조공정에 집중되어 있는 AnyCasting™의 기능을 응용, 발전시켜 연속주조, 사출, 압출, 단조 등과 같은 공정을 해석할 수 있는 전문 프로그램을 개발하여 응용된 물질을 이용하는 모든 공정을 해석할 수 있는 전문 프로그램군을 형성할 예정이다.

이를 위해 해석 능력면에서는 곡면이나 복잡한 형상 처리를 위한 특수 수치해석 기법을 추가할 예정이며, 현재보다 더욱 빠른 해석을 위해 솔버를 수정할 것이며, 설정하는 방식을 보다 단순화 시켜서 일반 현장 작업자도 쉽게 사용할 수 있도록 할 예정이다.

끝으로 모든 사용자들이 Any-Casting™을 쉽게 사용하여 국내의 주조기술이 한 단계 도약하는데 초석이 되기를 기대한다.

사출성형

사출성형은 가장 널리 쓰이는 플라스틱 성형 공정 중의 하나이며, 50년 이상 폭 넓게 쓰이고 있지만, 서로 복잡하게 연관된 수많은 공정 변수 때문에 최근까지도 설계 변수와 재료 및 공정 조건에 따른 성형품의 품질을 정확히 예측하기란 매우 어려운 실정이다. 따라서 성형 공정에 따른 성형품의 품질을 사전에 확인하고 그 문제점을 해결하기 위한 소프트웨어의 필요성이 대두되게 되었다.

사출성형 전용시스템 CAPA (Computer Aided Plastics Application)는 제품 설계로부터

양산화로 이동하는 시점에서 발생하는 시행착오를 줄여서 제품 개발기간을 단축하기 위한 도구이다. 따라서 사출불량 문제를 실제 수지를 가지고 사출 성형기에 금형을 설치하여 여러 번 실험을 통하여 해결하던 종래의 방법을 탈피하여 사출성형기를 사용하지 않고 컴퓨터 내에서 일정 조건을 입력하여 얻어진 결과로서 문제를 해결하는 것을 말한다. 컴퓨터 화면을 통해서 실제 사출시에 볼 수 없었던 수지의 거동, 냉각과정, 압력거동 등을 볼 수 있으며, 이를 기초로 성형품의 예상 문제점을 파악할 수 있다.

이러한 요구에 부응하기 위해서 1989년부터 사출성형 공정을 해석할 수 있는 방법론을 개발하기 시작하여 1993년에 충전해석 모듈을 포함한 Ver 1.0의 출시를 필두로 1994년에는 금형 냉각 해석, 1996년에는 보압 및 변형 해석, 1998년에는 섬유배향 해석의 개발을 완료하여 최초 개발 시작 후 약 10년 만에 상업용으로 1999년에 Ver 4.0을 출시하였으며, 그 후 가스성형 모듈이 추가되어 현재 Ver 5.3까지 출시되어 있다.

CAPA는 수지 데이터 베이스를 축으로 그림 9와 같이 일곱 개의 Sub-Module로 구성되어 있다. Mesh생성 및 CAD Data를 읽어 들일 수 있는 CAPA-MODELER와 충전해석을 수행하는 CAPA-

COOL, 보압해석을 수행하는 CAPA-PACK, 휨 및 변형해석을 수행하는 CAPA-WARP, Fiber Orientation 해석을 수행하는 CAPA-FIBER로 구성되어 있다.

CAPA-FLOW의 경우 수지의 선정과 공정조건 입력후 충전시 압력분포와 3차원 온도계산은 유한요소법과 유한차분법을 이용하였고 수지의 충전 형상(filling pattern)은 Control Volume Method를 이용하였습니다. CAPA-COOL은 금형벽면과 냉각회로의 온도분포의 3차원 온도계산을 경계 요소법과 유한 차분법을 이용하여 해석하고 있다. 이러한 일곱 개의 모듈을 유기적으로 활용하고 추가적인 모듈을 개발하여 사출성형 불량 개선을 위한 Predictive Solution으로 발전시킬 계획이다.

“가상 성형(virtual molding)” 시스템인 CAPA는 실제 사출성형 공정별로의 해석 모듈을 가지고 있으며, 사출성형 공정과의 관계는 그림 9와 같다.

충전 해석

충전 공정은 사출기 노즐을 통

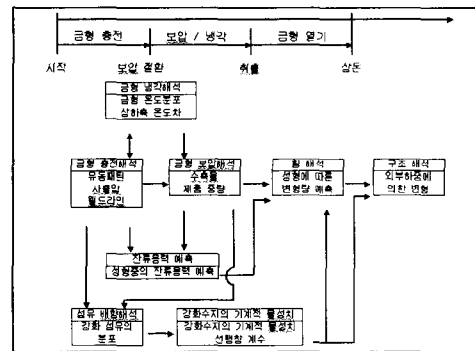


그림 9 사출성형 공정과 CAE 시스템 연계도

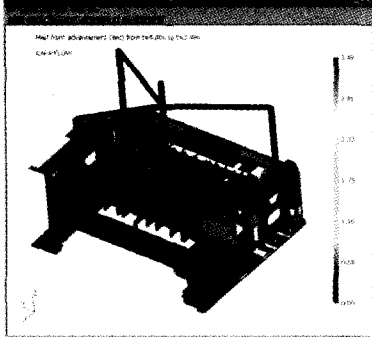


그림 10 프린터 프레임의 유동해석 결과

해서 나온 수지가 금형 내를 채워가는 공정이다. 따라서 충전 해석은 수지가 금형을 어떻게 채워가느냐 하는 과정에 대한 분석이라 할 수 있다. 충전과정을 통해 얻을 수 있는 정보는 다음과 같다.

- 필요한 게이트의 개수와 위치를 결정한다.
- 웰드 라인의 위치를 파악한다
- 에어 트랩의 위치를 파악하고 원인을 파악한다.
- 형체력 및 사출량을 평가하여 사출기 선정한다.
- 캐비티 내의 유동 밸런스를 평가하여 제품의 두께를 최적화한다.
- 다단 사출의 필요성을 검토한다.
- 러너 시스템의 밸런스 및 러너의 크기를 최소화한다.
- 허용 응력 및 허용 온도 범위에서의 성형성 여부를 파악한다.

냉각 해석

수지가 금형을 다 채우면 본격적으로 냉각 공정이 시작된다. 이 때, 금형 내의

일정량의 수지는 고화되어 부피가 줄어들게 되므로 밀도는 서서히 증가하게 되는데, 이를 성형품의 수축(shrinkage)이라 하며, 최종적으로 금형보다 약간 작은 형상의 성형품을 얻게 된다. 만약, 수축이 균일하게 이루어진다면 금형을 약간 크게 설계함으로써 이 문제를 해결할 수 있으나, 금형 벽면의 온도 분포나 수지의 온도 분포가 고르지 않으므로 금형 설계가 용이하지 않다. 냉각해석을 통해 얻을 수 있는 정보는 다음과 같다.

- 불충분한 냉각으로 인한 성형품의 hot spot을 제거한다.
- 불균일한 냉각으로 인한 성형품의 잔류 열응력을 감소시킨다.
- 냉각 채널의 냉각 효율을 파악한다.
- 균일한 냉각을 위한 냉각 채널 설계를 최적화한다.
- 냉각 시간을 최소화하여 생산성을 증가시킨다.

보압 해석

충전 공정을 통해 금형 내부로

의 수지 충전이 완료되면 계속적인 냉각과 압력 강하에 의해 수지의 수축현상이 생기게 된다. 이러한 수축현상으로 인해 원하는 치수의 최종 제품을 얻기가 어렵게 되며, 이러한 수축 현상을 보완하기 위하여 보압 공정이 필요하게 된다. 보압 공정에서는 수지 주입구에 기 설정된 특정 압력인 보압이 가해지게 되는데, 이 상태에서 수축을 보상하게 된다. 보압해석을 통해 얻을 수 있는 정보는 다음과 같다.

- 제품의 휨을 유발하는 불균일한 수축을 최소화한다.
- 보압의 설정 및 보압 절환 시점을 결정한다.
- 적절한 보압 조건을 설정함으로써 형체력을 최소화한다.
- 제품의 무게를 예측한다.

수축 및 휨 해석

수축은 사출성형 본래의 현상으로 수축이 일어나는 원인은 성형 온도에서의 폴리머(polymer) 밀도와 상온에서의 밀도가 다르기 때문이다 사출 성형 공정 동안에 제품의 부위에 따른 수축의 변

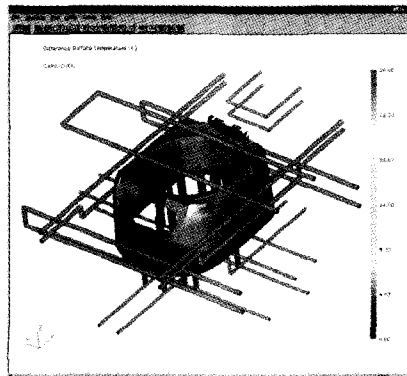


그림 11 전기 밥솥의 온도분포 결과

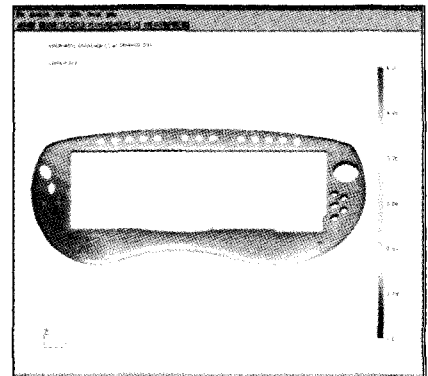


그림 12 Keyboard 외곽의 부피 수축률 결과

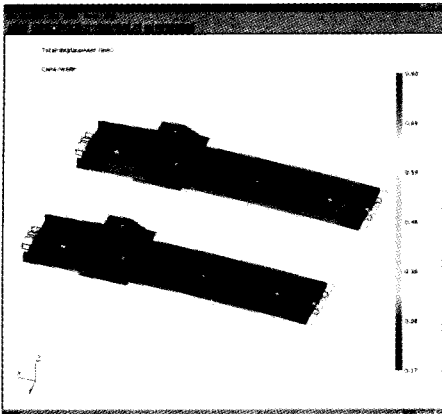


그림 13 복사기 Slide Upper 휨변형 결과

화와 두께 방향으로의 수축의 변화가 내부 응력, 소위 잔류 응력을 유발한다. 성형 중 발생한 잔류 응력은 제품의 변형을 유발하게 되고 휨 해석 모듈에서 성형 완료후 제품의 뒤틀어진 모양을 예측할 수 있다.

향후 사출성형 기술의 발전 방향으로서는 초정밀화, 고품위화, high cycle화, 자원 및 재료의 절감, 가공 공정에서의 후가공 생략화, CAE 적용 등의 방향으로의 전개라 할 수 있으며, 당사에서는 이러한 요구에 부응하여

- 최적 게이트 위치 설정
- 최적 스프루/러너/게이트 시스템의 결정
- 공정 최적화를 위한 DOE의 도입
- 3D CAD 데이터의 100% 활용 및 자동 유한 요소 생성
- 3차원 해석
- 플라스틱 제품의 기능성 및 구조적 검토를 위한 시스템의 개발
- 플라스틱 제품의 내열/내한 테스트를 위한 열변형 모듈

의 개발

박판금속 성형

Z-stamp는 PC에서 실행되는 유한요소법을 활용한 박판금속 성형공정 시뮬레이터이며, 해석을 수행하는 Z-stamp solver와 해석을 위한 데이터를 작성하는 pre-processor, 해석결과 가시화를 위한 post processor로 구성되어 있으며, 전체 해석과정을 manager를 사용하여 제어할 수 있다.

Z-stamp는 큐빅테크(주)에서 최근에 상용화하였으며, 현대자동차 등에서 활용하기 시작하고 있고 국내의 박판성형 관련 기술자가 쉽게 활용할 수 있도록 사용자의 요구를 수렴하여 소프트웨어 개발에 적극 반영하고 있다. Z-stamp는 자동차 내외관의 성형, 각종 박판금속 부품의 성형을 해석하여 금형개발 이전에 파단, 주름, 성형력 그리고 성형유동을 파악할 수 있게 해 준다. 따라서 설계된 공정의 최적화를 가상적으로 실현할 수 있게 하여 제품개발 기간의 단축, 금형 및 가공비용의 절감, 최적설계를 통한 제품 품질의 향상 그리고 시뮬레이션을 통한 체계적인 공정의 이해 및 노하우의 데이터베이스화 등의 효과를 실현할 수 있다.

Z-stamp를 개발하는 과정에서 많은 과제의 수행을 통해서 전문가의 의견을 반영하였고 프로그램 개발 과정에서 박판성형 전용

으로 개발되어 타 프로그램에 비해 속도가 빠르다는 평을 받고 있으며, 시뮬레이션의 자동화 및 결과의 정확성 등의 측면에서 특히 경쟁력을 확보하고 있다고 사료된다. 현재 활용되고 있는 박판금속 성형 시뮬레이터는 해석 정확도 및 속도에 있어서 사용자들의 요구를 충족시키기 어렵고 운용을 위해서 해석 전문가가 필요하기 때문에 시뮬레이션 기술의 적극적인 활용에 장애물로 인식되어 왔다. 컴퓨터 기술의 지속적인 발전에 따라 해석속도의 문제점은 점차 해소되고 있다.

박판금속 성형 시뮬레이터는 박판금속의 성형, 절단, 스프링백 등의 일련의 과정을 어떤 순서로도 시뮬레이션할 수 있어야 한다. Z-stamp는 이러한 일련의 작업을 1회의 시뮬레이션으로 수행할 수 있도록 객체지향적 기법을 사용하여 설계되었다. Z-stamp는 성형해석에서는 외연적 유한요소법을 채택하여 복잡한 금형 및 대형 모델의 경우에도 합리적인 시간 내에 시뮬레이션을 안정적으로 완료할 수 있다. 성형해석 과정에서는 다수의 금형의 움직임을 동시에 고려할 수 있다. 또한 유동을 제어하기 위해서 금형에 다이쿠션 등에 의해 가해지는 힘과 드로비드 등을 고려하여 시뮬레이션할 수 있다. 현재 강판재와 알루미늄 판재에 대한 재료 모델을 고려할 수 있다. 복잡한 금형 형상을 고려하고 해석속도를 향상시키기 위하여 적응요소세분화법을 사용하여 해석의 초기에는 큰 사이즈의 요소로부터 출발하

여 필요한 부분에서 요소를 조밀하게 세분화하고 있다. 절단공정을 시뮬레이션할 때에는 적응요소세분화된 부분도 용이하게 절단하고 요소의 모양이 양호하게 유지되는 기법을 채용하고 있다. 스프링백 해석에서는 금형에서 이형된 후의 소재의 변형을 해석할 수 있는데 Z-stamp는 내연적 정적 유한요소법을 채택하고 있으며, 직접해법에 의하여 해를 구하고 있으며 해석속도가 매우 빠른 장점을 가지고 있다.

Z-stamp의 pre-processor는 해석조건을 실제의 공정과 매우 유사하게 묘사할 수 있도록 설계되었다. 실제 공정의 flow와 유사하게 표현되며, 금형도 객체로 표현되어 용이하게 데이터를 작성할 수 있다. 드로비드의 특성을 구하기 위한 도구나 물성치 데이터베이스 등이 제공되어 편리하고 체계적으로 사용할 수 있다. pre-processor로 작성된 데이터는 Manager에 의해서 작업이 관리되며, 작업과정을 관찰, 제어할 수 있다. post-processor를 활용하여 변형 및 유동 상태, 불량발생 여부, 성형력 및 스프링백 형상 등을 가시화하여 파악할 수 있다.

Z-stamp가 본격적으로 보급되어 활용되면 국내 박관금속 성형 기술발전에 일조를 할 것으로 기대하고 있다. 외산 시뮬레이터를 주로 사용하여 항상 뒤처져서 받아들이던 시뮬레이션 기술 활용을 보다 적극적으로 추구하고 국내에 필요한 기술을 추가 개발할 수 있는 토대를 만들어 나아갈 수

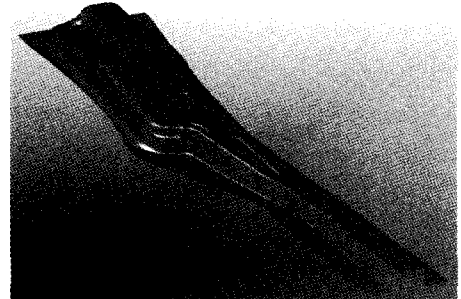
있을 것으로 기대한다. 그리고 국내 박관금속 성형 연구자들도 개발 및 활용 기술 연구에 참여할 수 있도록 하여 관련 기술향상 및 국제경쟁력 향상을 추구하고 나아갈 예정이다.

그림 14는 자동차의 Side Rear Member를 제작하기 위한 성형, 트리밍, 플랜징으로 구성된 일련의 공정을 해석하고 플랜징 후의 스프링백된 소재의 형상을 해석한 과정을 보여주고 있다.

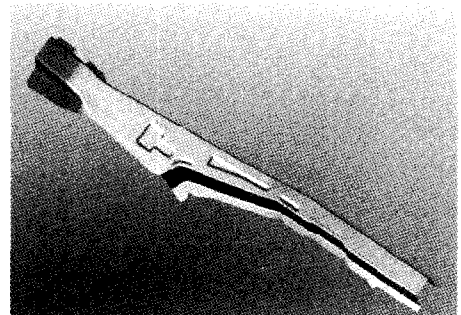
CAM

CAM(Computer Aided Manufacturing)이란 제품의 생산 및 제조를 위해 가공 시스템을 계획하고 조정하고 관리하기 위하여 컴퓨터 시스템을 이용하는 것이다.

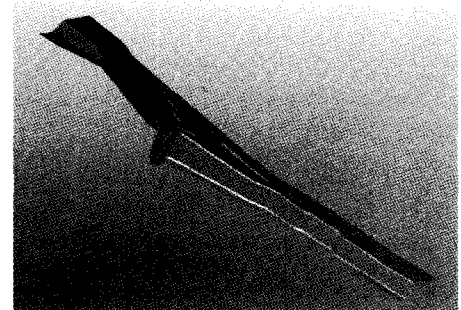
제품 설계에서 고전적으로 사용되던 제도가 전산화되어 3차원 형상모델링이 가능한 CAD(Computer Aided Design)로 발전되고, 절삭가공에 사용되던 범용 밀링이 NC 밀링으로 바뀌면서 NC 코드 생성 자동화 도구인 APT(Automatic Programming Tool)를 거쳐 CAM 시스템으로 발전하였다. CAD/CAM은 통합시스템 또는 CAM 전용 시스템으로 각각 발전하고 있



(A) Side Rear Member의 성형해석된 형상



(B) Side Rear Member의 trimming된 형상



(C) Side Rear Member의 플랜징 후의 형상



(D) Side Rear Member의 스프링백 해석결과

그림 14 Side Rear Member의 연속 성형해석

다.

CAM은 절삭가공용 NC 코드를 생성한다. 대상장비는 NC 밀링, NC 선반, NC 프레스, 와이어커팅, 가스 절단기, 연삭기 등 다양한 분야에 걸쳐 있다. 밀링분야는 3차원(자유곡면을 3축 동시 이동하며 가공), 2.5차원(구, 실린더 등 기본형상을 평면상에서 가공하며 평면을 바꾸어 3차원 형상 가공), 2차원(평면 단위의 윤곽가공)으로 구분할 수 있다.

활용되는 분야는 주로 금형(자동차 프레스 금형, 전자 사출 금형), 기계부품 가공(조선, 항공 등)이다.

CAM을 사용하기 위해서는 예서 3차원 형상모델링이 필요하다. 기존의 surface 모델링 기법에서 통합 solid 모델링으로 발전하고 있다.

CAD 기능 없이 CAM 기능만을 가진 시스템에서는 CAD 인터페이스를 통해 3차원 형상을 입력한다. DXF, IGES, STEP 등 중립형식을 통한 인터페이스와 CAD 직접 인터페이스 기능이 제공된다. CAD/CAM 통합 시스템에서는 모델링 데이터의 직접 접근을 통한 사용 편의성이, CAM 전용 시스템에서는 다양한 가공 및 편집, 검증 기능이 제공된다. 생성된 NC 코드를 절삭가공기로 보낼 때는 DNC 기능이 필요하다. CAM의 기능은 공정 설계, 작업설계, NC 코드 생성, 검사로 나눌 수 있다.

- 1) 공정설계 : 가공 기계의 조건에 따라 공작물 setup, 황삭, 정삭 등 공정을 선택.

- 2) 작업설계 : 사용 공구에 따른 작업 설계.

- 3) NC 코드 생성 : 가공 방식, 공구 등으로 NC 코드 생성 및 편집. 카테시안 가공 경로, 등고선 가공 경로, 펜슬 가공경로, 잔삭 가공 경로 등.

- 4) 검사 : 가공시 공구 충돌 등 확인 및 가공후 형상 검증.

CAM 시스템으로는 밀링용으로 큐빅테크의 I-Master, CSCam의 Speed Plus, 와이어 가공용으로 진영정기의 ProWire, 월드테크의 MyCAM 등이 있다. 선반용은 제품이 소개되고는 있지만 아직 활용도는 높지 않은 편이다.

1) I-Master

강점 : 3차원 윤곽 공구경보정 기능, 금형 형상부 홀 자동 가공, NC 가공 시뮬레이션, 금형 Die Spotting(상하형 형합 검사).

2) SpeedPlus

강점 : CAPP 개념 도입한 NC 생성조건 입력.

그림 15는 CAM 시스템에서 공구경로가 생성된 화면을 보여준다.

생산관리

MES(Manufacturing Execution System)는 주문 받은 제품이 최종제품이 될 때까지 생산활동을 최적화할 수 있는 정보를 제

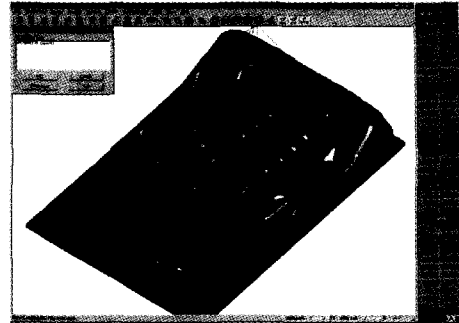


그림 15 자동차 금형의 펜슬가공경로

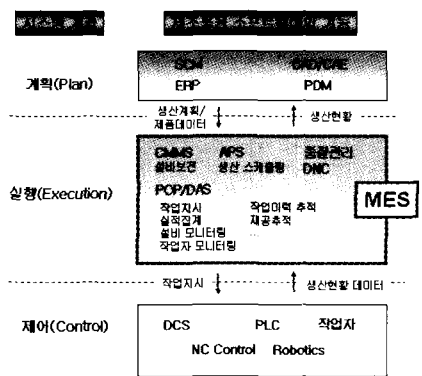


그림 16 MES와 ERP의 관계

공하며, 정확한 실시간 데이터로 공장 활동을 지시, 대응하고 보고한다. 이에 따라, 공장에서 가치를 제공하지 못하는 활동을 줄이는 것과 함께 변화에 빨리 대응할 수 있게 함으로써 공장 운영 및 공정의 효과를 높인다. MES는 납기, 재고 회전율, 총수익, 현금흐름 등을 개선할 뿐만 아니라 운영 자산에 대한 회수율도 좋게 한다. MES는 양방향 통신으로 기업 전체 및 supply chain에 걸쳐 생산 활동에 대한 중요한 정보들을 제공한다.

MES는 생산시스템의 실행 계층에 위치하여 ERP 및 SCM 등 상위 계획층의 시스템에 현장의

정보를 제공하는 입력창구 역할을 수행하며, 제어부에 대한 통제 및 모니터링을 수행한다. MES의 선행이 없는 ERP/SCM의 도입은 전체 시스템의 효율을 상승시킬 수 없다. 그림 16에는 MES와 ERP 등 정보시스템간의 관계가 나타나 있다.

금형산업은 특성상 생산 관리에 어려움이 많이 따르기 때문에 현실적으로 체계적으로 관리하지 못하는 업체가 대부분이다. 따라서 금형산업에서는 효율적인 생산 관리로 수주받은 금형의 납기 준수 내지 납기 단축을 위한 생산 관리가 필요하다.

MES 제품으로 국내 개발된 것은 큐빅테크에서 KAIST와 함께 사업화한 e-MES가 있다. 이것은 금형공장을 대상으로 공정관리기능을 제공한다.

e-MES의 시스템 특징은 다음과 같다.

- 1) 금형제작 납기/일정관리 중심의 MES.
- 2) 금형제작 진도와 공장부하의 투명성 제공.
- 3) 수주에서 출하까지 금형제

작 납기단축을 위한 효율적 업무진행 지원.

- 4) 일정관리 기능 : BOP모델 이용, 신속한 부하연동 일정 계획수립, 간트차트를 이용한 일정조회 및 편집.
- 5) ODBC 기반으로 다양한 DBMS 지원.
- 6) PC(Windows NT).

각 기능간의 시스템 흐름도는 그림 3과 같다.

현재 MES를 도입하여 업무에 적용하는 업체들중 도입 이후의 효과를 간략하게 소개하면 다음과 같다. 이 업체는 수주받은 금형의 공정 계획을 수립하는데 많은 시간이 소요되었으며, 금형의 작업 진행 상황을 제대로 파악하지 못함으로써 외주 가공이나 특근 및 잔업 생성 등을 계획성 있게 관리할 수 없었다.

그러나 MES를 도입한 이후 기존에 작업을 했던 금형의 공정 계획이나 미리 작성된 각 제품의 표준 BOP를 이용할 수 있기 때문에 공정 계획 수립 시간을 단축할 수 있었다. 또한 공장에서 작업 중인 모든 금형에 대한 진척 상황

과 기계의 부하 상태를 간트차트로 확인하여 금형의 납기를 맞추기 위한 계획성 있는 일정 조정이 가능해졌다. 또한 일정조정 단계에서 각 기계의 부하를 고려하여 외주 가공 계획을 결정할 수 있게 되어 외주 가공 비용의 절감효과를 얻을 수 있었다.

맺음말

현재 상용화되어 있는 생산기술 관련 국산 소프트웨어의 현황과 전망에 대해 기술하였다. 광범위한 분야의 소프트웨어를 살펴보다 보니 미흡한 내용과 빠뜨린 부분이 있을 것으로 사료된다. 외산 소프트웨어는 이미 세계적으로 성가가 있는 소프트웨어가 들어오다 보니 잘 알려져 있는 반면 국산 소프트웨어는 잘 알려지지 않은 면도 작용하였으리라 짐작된다. 국산 소프트웨어도 세계적인 경쟁력을 갖추지 못하면 살아남을 수 없다는 것은 주지의 사실이다. 국산 소프트웨어 개발자들의 핵심기술은 뒤떨어져 있지 않지만, 상업화하는 과정에서 미숙한 점이 자주 노출된다. 생산기술 관련 소프트웨어는 관련 산업이 있는 곳에서 꽃 피우게 마련이다. 국내 산업 중 일부는 생산기술 소프트웨어는 세계적인 수준으로 성장할 수 있는 기반을 갖추고 있다고 생각된다. 관련 산업에 종사하시는 분들의 관심과 격려가 큰 힘이 될 것이라 생각하며 앞으로 생산기술분야에서 세계적인 국산 소프트웨어가 출현할 것을 기대하면서 이 글을 마친다.

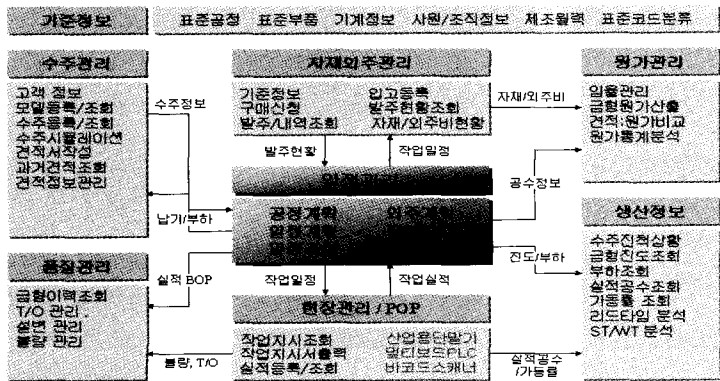


그림 17 e-MES의 기능과 시스템 흐름도