

# 보틀디자인/엔지니어링 종합시스템

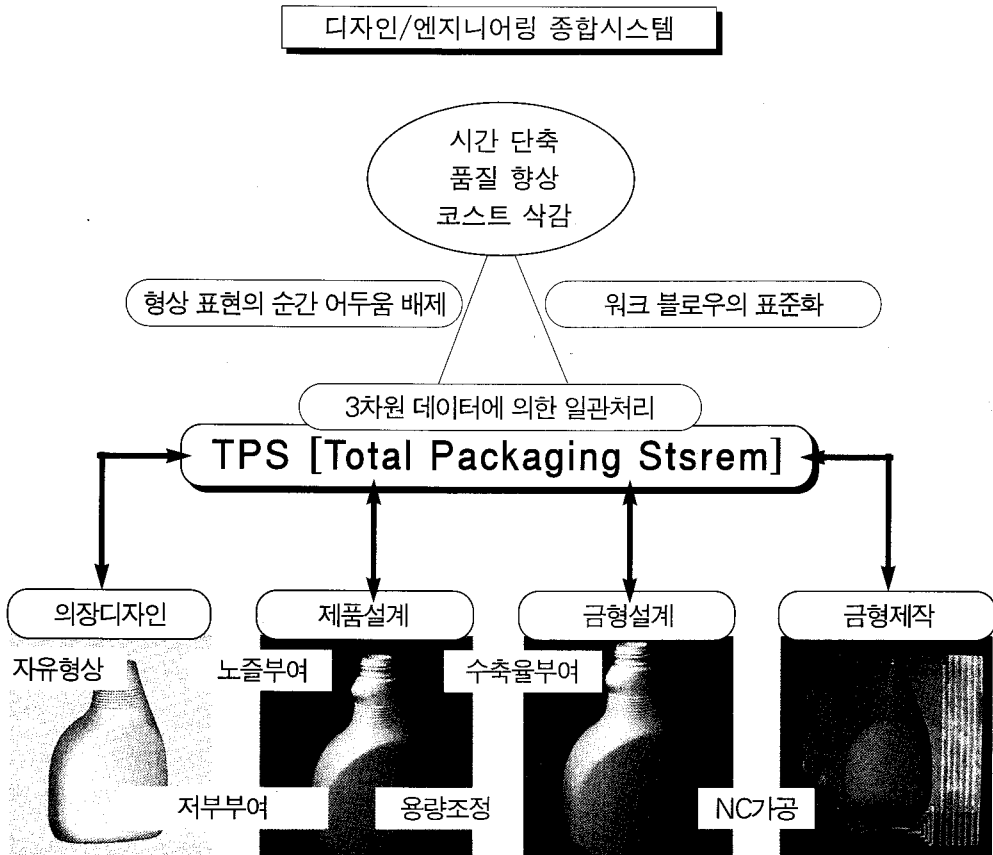
西峰尚秀 / 花王(株) 包装材·加工技術研究所第三研究室

## 1. 머리말

고기능 3차원 CAD/CAM시스템의 저가격화  
나 하드웨어의 눈을 크게 뜨는 코스트/퍼포먼스

의 향상을 배경으로 디자인/엔지니어링의 현장은  
급속하게 3차원화가 진행되고 있다. 3차원화의  
필요성은 시장경쟁의 다축화, 즉 기술경쟁,  
코스트경쟁 게다가 意匠性이나 시간축의 경쟁

(그림 1) 용기 개발 일관 지원 시스템



등에 대응하기 위해 극히 유효한 수단이기 때문이다. 특히 三面圖에서의 정확한 표현이 곤란한 자유곡면을 가진 제품의 개발에서는 필연의 지향이 되고 있다. 그러나 의장디자인에서 생산까지의 개발 전공정의 토탈 효율화를 생각했을 경우, 설계대상에 맞는 조작성이나 정도의 실현, 데이터교수의 문제 등 여러가지 문제가 남아도 입측에는 다대한 캐스터마이즈작업을 필요로 한다. 우리들이 설계대상이라고 하는 플라스틱용기도 보틀·캡을 비롯 복잡한 자유곡면으로 구성되고 삼면도에서는 형상표현에 결핍이나 모순을 일으킨다. 그 결과 디자이너나 설계자의 의도와 실제의 제품형상에 차이를 일으키는 것도 많고 이것을 보충하기 위해 각 설계공정간에서의 형상확인작업이나 그것에 따른 수정변경에 많은 시간을 낭비하고 있었다.

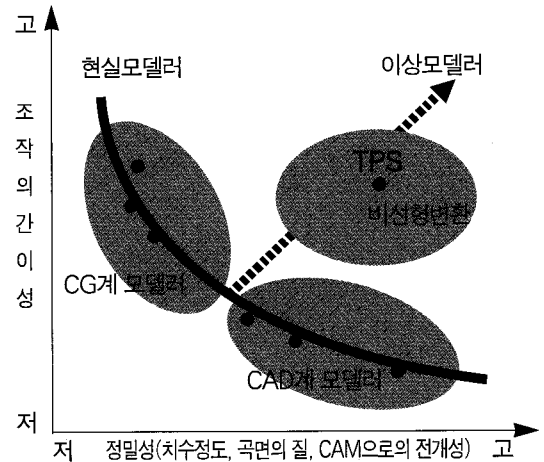
이것들의 과제를 해결하기 위해 우리들은 설계의 최상류인 의장디자인에서 제품설계, 금형설계, 금형제작에 따른 전공정을 3차원 데이터로 일관처리하는 용기개발 일관지원시스템(TPS : Total Packaging System)을 개발해 운영하고 있다((그림 1) 참조).

또 시간단축·품질향상에 더해 보틀의 생산코스트면에 있어서도 본 시스템에서는 고온수지의 비선형한 열변형 거동을 정밀하게 파악하고 이 변형을 예상한 금형형상을 도출하는 것에 의해 종래와 비교해 2배 이상의 성형하이사이클화를 달성하고 있다.

## 2. 개발의 어프로치

설계대상이 3차원형상인 이상, 설계결과의 표현은 3차원인 것이 가장 자연스럽다. 그러나 설

(그림 2) 3차원 모델러 맵



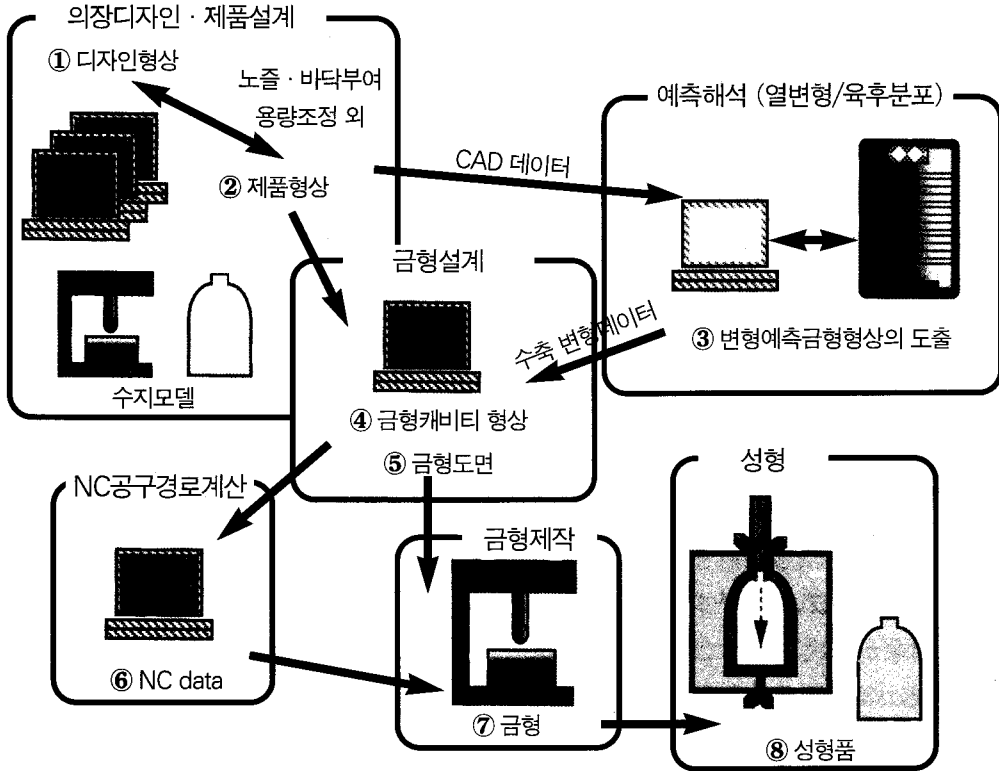
계 전공정의 3차원화를 생각할 경우 각 공정의 시스템에 대한 요구는 다르다.

CAM으로의 전개나 각종 해석 등의 엔지니어링프로세스에서는 형상모델의 정밀성이 요구되고 한편 의장디자인프로세스에서는 극히 높은 조작성이 요구된다. 그러나 조작성과 정밀성은 트레이드오프의 관계((그림 2)참조)에 있으며 각각 다른 시스템으로 대응한 것은 데이터의 호환성에 문제를 일으키는 일관처리를 곤란하게 한다. 거기에서 우리들은 기계의 CAD시스템을 베이스로 조작성을 높여 전공정에 전개하는 어프로치를 취했다.

조작성을 높이는 수단으로서로는 독자 개발한 비선형변형수법을 이용해 각 공정마다에 용이한 자유형상의 변형기능을 제공했다. 설계는 예측/평가와 수정의 반복이라고 해도 좋고 설계공정의 효율화(데이터입력공수의 저감, 단납기화)에 있어서 형상수정기능의 역할은 극히 크다.

[그림 3]에는 본 시스템에 있어서 용기개발의 흐름을 가리키고 이하에 각 공정에서 실현된 기능과 시스템의 특징을 소개한다.

(그림 3) 용기 개발의 흐름



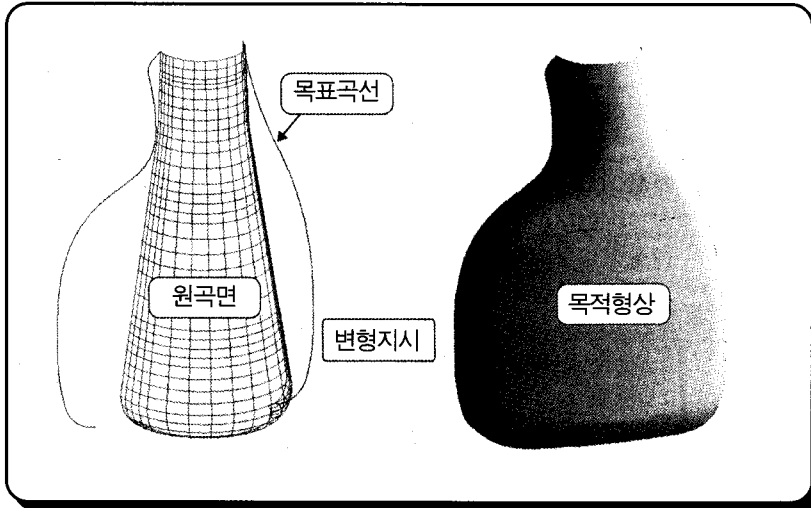
### 3. 의장디자인/제품설계지원

의장디자인에서는 [그림 4]에 나타냈듯이 회전체 등의 비교적 생성이 용이한 입체형상에서 정면/측면 실루엣이나 임의 높이의 단면선 등의 곡선요소를 추출하고 이 곡선을 목표한 모양으로 수정한 후 변형명령을 내리는 것으로 자동적으로 입체형상에 반영시키는 기능을 제공했다. 이것은 입체모델의 수정을 곡선의 수정에 치환하는 것으로 시스템에서는 많은 곡선수정기능을 제공하고 있다.

현상생성/수정, 음영처리나 보틀특성계산(수지량, 최고량, 눈의 양, 전도각 등)에서 디자인案의 완성도를 높인 후 형상확인용 수지모델의

NC 절삭을 한다. 사내 네트워크를 이용해 엔지니어링부분에 절삭 발주하면 엔지니어링부문에서는 지시된 형상모델을 읽어 NC데이터를 생성한다. 네트워크상에 접속한 NC절삭시스템을 이용해 왁스·아크릴 등의 수지모델을 절삭한다. NC 절삭시스템은 회전축을 더한 4축 NC 머신과 절삭재료의 자동교환로봇을 조합시킨 구성이 되고 있으며, 연속 12체의 자동절삭을 가능하게 하고 있다. 이것에 의해 발주 익일에는 수지모델이 완성, 디자인부문에서는 제품에 상당히 가까운 실체 모델로의 의장성체크나 휴대편의성·사용편의성 등의 기능성 체크가 가능하게 됐다. 또 디자인의 선택도 실체모델로 행하기 때문에 완성도가 극히 높은 의장디자인이 가능하게 됐다.

(그림 4) 형상수정기능의 예



선택 후의 형상데이터에 대해서는 표준화된 노즐이나 바닥이 높게 된 형상 등의 제품구성부품을 데이터베이스에서 불러내 전술의 비선형 변환수법을 이용해 자동적으로 피팅한다(그림 5) 참조). 제품설계에서는 최종적인 수지량의 결정이나 용량 조정, 필요에 의해 성형성 향상을 위한 형상수정이나 라벨면의 수정, 각종 강도해석에 기인한 형상수정을 행하는 제품형상모델을 완성한다. 또 제품 도면은 이 3차원모델을 2차원으로 투영해 작성하고 제품형상모델의 보조데이터에 위치를 부여하고 있다.

#### 4. 금형설계

완성된 제품형상데이터에 기초 금형설계를 행하지만 금형에 요구되는 기능으로서 성형하이사이클화를 위한 냉각시간의 단축이 중요하게 된다. 우리들은 성형품의 고온취출에 의한 대폭적인 냉각시간의 단축을 지향하고 있으며 이 때 발생하는 수지의 복잡한 대변형을 예측하는 수법

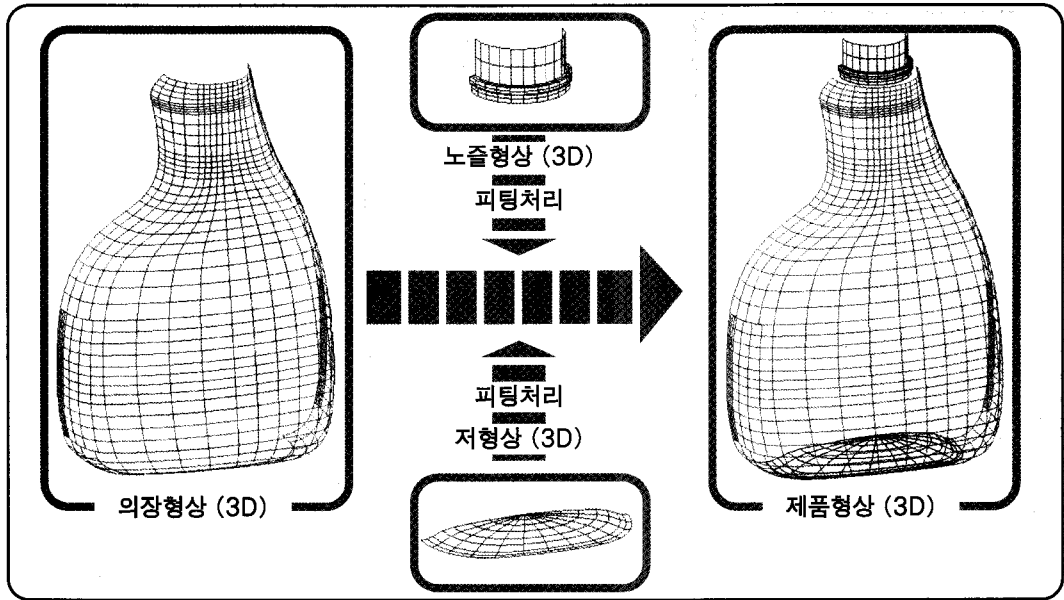
을 개발, 금형설계에 활용하고 있다. 성형수축율은 종래의 2% 전후의 상이적인 것에 비해 고온취출에서는 부분적으로 10%를 넘는 비상이한 것이 되고 있으며 해석결과는 전술한 비선형변환을 이용해 CAD데이터에 변환된다.

#### 4-1. 금형 캐비티형상의 도출

##### -열변형시뮬레이션-

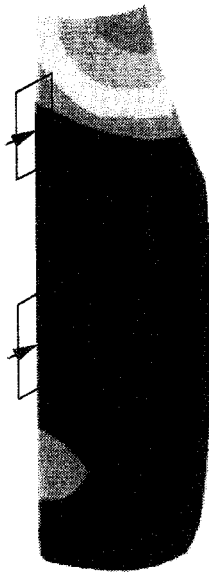
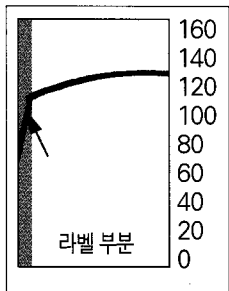
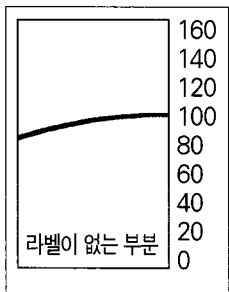
열전도·열응력의 순차해석(FEM)을 이용해 고온취출시의 비선형인 수축변형을 시뮬레이트한다. (그림 6)에 나타냈듯이 열전도해석에서는 용융수지가 금형에 접촉하고 나서 취출까지의 냉각과정을 시뮬레이트하고 취출시의 온도를 표면방향과 수지의 두께 방향의 3차원 분포에서 요구된다. 취출 후의 변형해석에서는 취출시의 온도분포가 모두 상온에 변화할 때에 발생하는 열응력에 의한 변형을 계산한다. 이 일련의 시뮬레이션에서 이용되는 수지물성에 관해서는 물성도출용으로 미리 준비한 금형을 이용해 냉각시간이 다른 수종류의 보틀을 실제로 성형, 그 보

[그림 5] 제품설계기능예

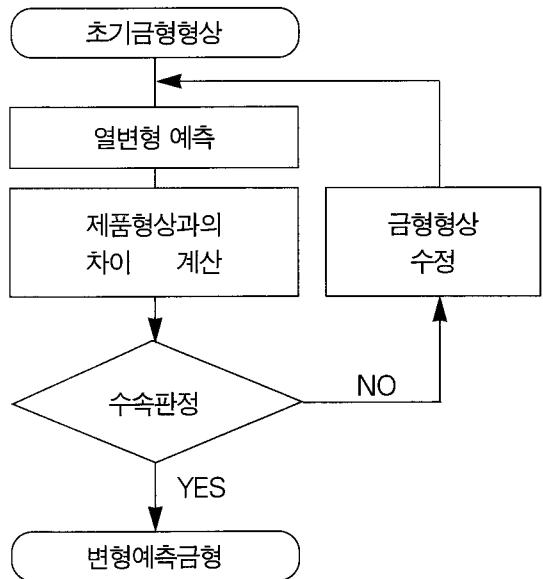


[그림 6] 취출 온도분포의 계산

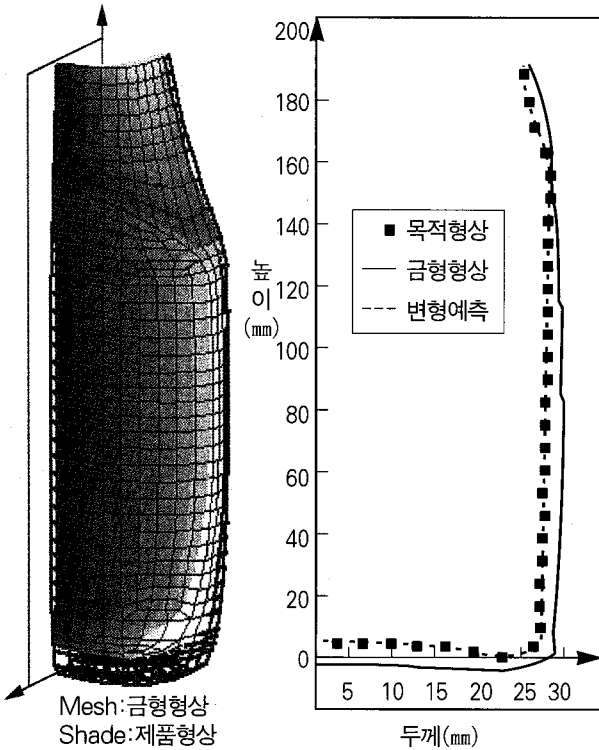
두께 방향 온도 분포



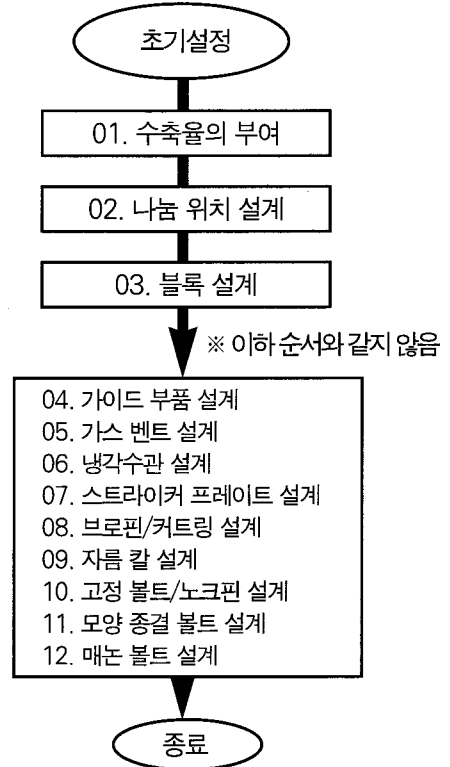
[그림 7] 금형 캐비티 형상의 도출수준



(그림 8) 금형 캐비티형상의 도출결과



(그림 9) 모드에 의한 설계 프로세스



들의 수축변형형태와 이 금형형상을 이용한 시뮬레이션결과가 일치하도록 도출한 물성치를 이용하는 것으로 실용화를 가능하게 하고 있다. 금형 캐비티형상의 도출은 (그림 7)의 수순에 의해 변형시뮬레이션의 결과가 목적의 제품형상이 되도록 수속계산을 하고 자동도출한다. (그림 8)에는 냉각시간을 6초로 한 금형형상의 도출 예를 나타냈다.

#### 4-2. 금형구조설계

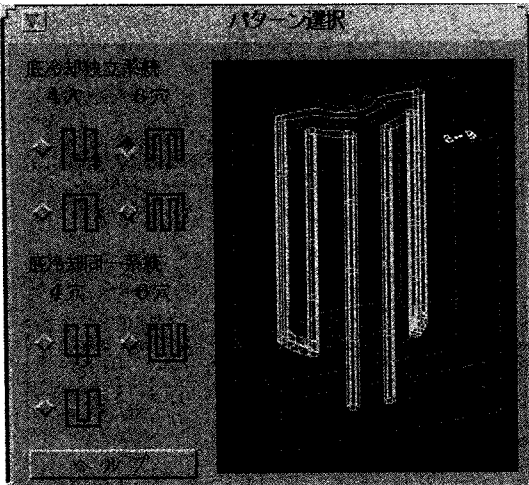
##### -금형설계서브시스템-

해석시스템에서의 금형형상 도출결과는 비선형변환에 필요한 변환테이블로 CAD측에 출력된다. 금형설계서브시스템(MODE : MOLD

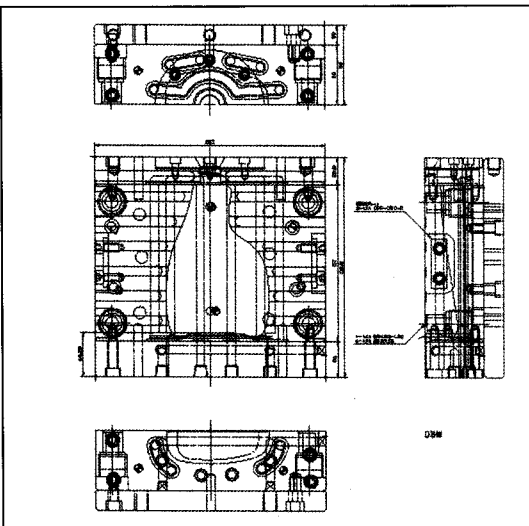
Design system)에서는 이 변환테이블을 이용해 제품형상모델로 교환하고 이하 (그림 9)에 나타냈듯이 공정에서 대화적으로 설계를 진행한다.

이 때 시스템은 입력된 설계변수를 기초로 組圖 및 모든 부품도를 동시에 자동 작성한다. 또 철저한 표준화에 의해 모든 설계스테이지에서 보틀의 크기나 성형기 사양 등에 응한 기준치를 설정하고 있다. 예를 들면 냉각수관 설계에서는 (그림 10)에 나타냈듯이 수관 패턴이 설계 중의 보틀사이즈에 대한 기준패턴인 것을 나타냈다. 게다가 수관 지름이나 수관 위치 등도 기준치를 표시하고 이것들의 값을 기본으로 실현하고 싶은 취출 온도(대표위치 3점)를 취득하기 위한 입력수온이나 유량, 냉각시간 등을 계산 표시한

[그림 10] 냉각수관 패턴의 선택



[그림 11] MODE에 의한 금형 도면의 화면이미지



다. 설계자는 이것들의 출력을 기본으로 필요에 응해 수관 위치나 수관 지름, 패턴 등을 변경하고 계산 표시결과와 대조시키면서 설계 파라미터를 결정해 간다.

[그림 11]에는 본 시스템에 의한 금형도면의 출력 예를 나타냈다.

또 시스템에 의한 표준설계에서는 금형의 전설계를 90분 정도로 완료한다.

## 5. 금형제작

금형 캐비티형상에서 NC데이터의 자동생성을 행한다. 또 제품 혹은 금형부품의 표준화에 의해 금형부품의 미리 만들기도 가능하게 되고 금형 가공시간의 대폭적인 단축을 실현하고 있다.

또 금형은 内製만이 아니라 국내외의 금형메이커와도 엑스트라네트로 연결 3차원데이터를 전개, 완전한 설계의도 전달을 위해 협력체제의 구축을 추진하고 있다.

## 6. 맺음말

본 시스템은 95년에 제2기의 개발을 종료하고 본격적인 운용체제에 들어갔다. 현재 연간 수백 아이템의 수치모델을 작성하고 인프런트제품의 개발이나 해외제품의 개발에서는 본 시스템으로의 이행을 거의 완료했다. 또 의장디자인에서 금형제작까지의 개발기간에 있어서 종래의 1/2~1/3의 단납기화를 실현하고 있다.

금후는 용기개발에 있어서 국제경쟁력으로서의 대응으로서 장소를 묻지 않고 고품질로 저코스트 금형을 제작하기 위해 급속히 보급한 네트워크망을 활용하고 금형 캐비티데이터·금형구조 데이터를 해외에 전개하는 것에 의해 금형제작의 현지화가 가능하게 된다.

또 고속성형 및 리드타임 단축을 위한 금형試作 횟수의 저감을 실현하기 위해서는 육후분포 예측은 필요불가결한 기술이다. 즉 용기성형시의 패리슨 형성과정, 型締과정, 불어넣기 과정의 현상을 이해/모델화하고 열변형 예측기술과 연휴하는 것에 의한 블로우성형 CAE의 완성이 중요하게 된다. ☐