

## 요약

제조(製造)란 철, 유리 혹은 폴리머와 같은 원료로 생필품(주전자, 전화기 등)에서부터 기관차, 비행기 등의 기계를 만드는 과정이다. 제조에는 사람이 노동력을 사용하여 소량의 제품을 만드는 수공업이나 기계를 이용하는 대량으로 제품을 생산하는 기계공업이 있다. 좁은 의미에서, 제조공정은 상대적으로 큰 규모의 완성품을 제작하거나 혹은 부품들을 조립하는 것이다. 주로 사용되는 제조공정 가운데 주조(鑄造)는 플라스틱이나 금속 제품을 생산하기 위해 일반적으로 사용되는 제조공정이다. 주조는 오랜 기간 동안 널리 사용되어 왔는데, 주로 가정용품, 주방용품, 기계의 몸체와 부품 등을 만드는데 이용되어 왔다. 우선 만들려고 하는 제품에 대하여 싸고도 질이 좋은 것을 주조하는 방법을 생각하여야 하는데, 이를 위해서는 주형(鑄型)을 어떻게 설계하여 조합할 것인가가 중요한 문제이다. 원칙적으로는 코어(core:中型)를 가급적 사용하지 않고 되도록 전체를 두 부분(고정주형/가동주형)으로 고안한다. 산업현장에서 이용되는 주조공정은 크게 두 단계로 구성된다. 먼저 제품의 모양을 본떠 만든 주형에 용융액이 가득 채워진다. 용융액이 단단하게 굳어 제품이 되면 주형이 열리는데, 가동주형이 제품과 함께 이동하여 고정주형으로부터 분리되고, 가동주형으로부터 제품이 반대방향으로 이동하여 주형으로부터 완전히 분리된다. 주형과 제품의 이동과정에서 제품이나 주형 모두 손상되어서는 안되며, 그리하여 생산된 제품의 질이 보장되고 주형은 제품을 생산하기 위해 다시 사용될 수 있다. 주조에는 제품생산에 사용되는 원료의 종류(철, 알루미늄, 폴리머, 아연 등), 주형의 대량생산성, 그리고 용융액 주입방식에 따라 모래 거푸집 주조, 사출성형, 다이 캐스팅 등 여러 가지 주조방식이 있다.

계산기하학(計算幾何學)은 전자계산학 이론의 한 분야로 시작하여 발전했으며 기하학적 계산을 하는 연구분야이다. 계산기하학은 기하학적 물체에 대한 알고리즘과 자료구조의 조직적인 연구라 정의될 수 있으며 빠른 정밀 알고리즘에 구하는데 주안점을 둔다. 이 분야는 여러 방향으로 발전되어 왔는데, 특히 기하 계산과 관련한 여러 응용분야(컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터를 이용한 시각화, 지리정보 시스템(GIS), 기하 모델링(CAD/CAM), 제조, 로봇공학, 가상현실 등)와 연계되어 왔다. 이러한 다양한 응용분야에서 발생하는 많은 기하학 문제는 신중하게 설계된 기하 알고리즘으로 해결될 수 있다.

캐드(CAD)는 설계자가 설계도, 제품 명세서, 부품목록, 그리고 그 외의 설계관련 요소들을 작성하는 과정을 보조하는 자동화의 한 형태로 그래픽스와 연산을 빠르게 처리하는 특수 컴퓨터 프로그램을 사용한다. 캐드시스템은 신제품 제작의 첫 단계인 설계를 상당히 간편하게 해왔다. 캐드를 이용한 제품은 회로판, 기계부품, 가구를 비롯해 건물 등 아주 다양하다. 이 모든 경우에 생산되는 제품은 기하학적 객체로 모든 종류의 기하학 문제가 발생하게 된다.

주조공정은 근본적으로 기하학적 특성을 가지기 때문에 주조공정의 자동화에는 많은 기하학 문제가 발생하게 된다. 산업현장에서 사용되는 캐드시스템은 설계자가 제품의 설계단계에서 제품이 주조공정을 사용하여 제조 가능한지 여부를 검사할 수 있도록 할 수 있다. 시제품을 만들지 않고도 주조가능성을 확인할 수 있는 이러한 검증은 다음과 같은 기하학적 판단에 기초하고 있다: “제품을 주형으로 둘러싼 후, 주형이 두 부분으로 나뉘어지고, 서로 충돌하지 않으면서 이동하여 제품으로부터 분리될 수 있는가?” 주조공정 자체의 몇 가지 제약과 함께 제품의 기하정보가 이 문제의 해답을 결정한다. 주형이 제대로 설계되지 않으면 주형이 이동할 때 제품에 걸려 이동하지 못하여 주조공정이 실패할 수 있다. 이 논문은 주조공정과 관련하여 바로 이 문제를 다룬다. “3차원의 물체에 대해, 충돌하지 않으면서 제품으로부터 분리될 수 있는 주형이 존재하는가?” 그러한 경우 이 물체는 주조가능(castable:鑄造可能)하다고 한다.

이 논문에서 우리는 두 부분으로 구성된 주형으로 이루어진 세 가지 다른 주조모델에 대해 각각 주조가능성 문제를 다룬다. 첫 번째 주조모델에서는 주형의 두 부분이 서로 반대 방향으로 이동하여 주형이 열린다. 이동 방향이 미리 주어지느냐의 여부에 따라 두 가지 경우를 다룬다. 두 번째 모델은 첫 번째 모델과 거의 같으며, 주형이 이동할 때 주조기계가 주어진 이동방향으로부터 어느 정도의 오차를 가지고 이동하는 경우다. 이 모델에서도 정해진 범위의 오차 내에서 이동방향이 미리 주어지느냐의 여부에 따라 두 가지 경우를 다룬다. 세 번째 모델에서는 주형의 두 부분이 각각의 이동 방향으로 이동하며, 두 이동 방향은 서로 반대일 필요는 없다. 본 논문은 이 세 가지 주조 모델에서 다면체의 물체에 대한 주조가능성의 모든 특징을 제시하고, 이 특징을 검증하는 알고리즘을 설명한다.

물체의 특징점(features:特徵點)은 제조와 관련한 정보를 제시하는데, 물체의 제조가능성을 분석하는 과정과 주형의 자동설계를 용이하게 한다. 예를 들면 물체의 표면에 작은 구멍이나 움푹 들어간 곳이 있으면, 물체를 주조할 경우 구멍이나 움푹 들어간 곳을 차지한 주형이 물체와 충돌하지 않고 이동되어야 하므로, 주조가능한 주형의 이동방향의 영역을 축소시킨다. 그러한 특징점들을 인식하는 것은 설계를 용이하게 할 뿐만 아니라, 주조가능한 주형의 이동방향을 구할 때 탐색영역을 줄여준다. 또한 그런 특징점들은 설계 자동화를 원활하게 한다. 본 논문에서는 물체의 주조가능성과 관련된 기하학적 특징점 (cavity)을 정의하고, 물체로부터 이 특징점을 추출하는 알고리즘을 제시한다.