

# 성형기술자를 위한 사출금형의 기초지식

전문연구위원 이우철

## 1. 기술의 개요

- 플라스틱 사출성형에 종사하는 기술자들에게 전반적인 금형의 기초지식을 해설하기 위한 것이다.
- 사출성형의 사이클 타임(cycle time)이나 성형품의 품질은 대부분 금형 품질에 의해 좌우된다.
  - 금형은 어떤 방법으로 설계 제작되어 지는가?
  - 금형에는 어떠한 기술이 사용되어 있는가?

## 2. 기술의 내용

- 금형설계 : 성형품의 형상과 치수 공차가 확정되면 금형설계에 의하여 구체적인 생산 기계로서의 설계가 이루어진다. 설계, 제작 제원, 발주서 등 기초정보에 따라서 제작할 금형의 품질, 납기, 가격 등이 결정된다.
- 금형설계의 초기단계
  - 금형의 상세설계에 착수하기 전에 사출기와의 관계 치수, 금형의 기본구조, 러너와 게이트의 배치, 용융수지의 주입 및 유동, 등 여러 가지에 대하여 기본방침을 명확히 하고 이에 따라서 금형의 구체적인 구조 설계를 수행한다.
  - CAE를 이용하여 용융수지의 유동상태, 냉각, 성형품의 변형상태 등을 시뮬레이션(simulation)한다.
- 금형설계 추진단계 : 금형의 가장 중요한 부분을 설계하는 공정이다. 요구되는 제원을 만족하는 성형품을 제작하기 위한 구상을 다음의 도면으로 표현한다.

- 금형 기본도 설계, 금형구조 설계, 부품도 설계
- 금형용 표준부품 : 여러 금형에 공통으로 많이 사용하는 부품(볼트, 스프링, 핀 등)은 표준 부품으로 전문 제작회사에서 상품화 하여 판매하고 있다.
- 몰드베이스(moldbase) : 사출금형의 핵심 부분인 캐비티(cavity)와 코어(core) 그리고 스프루(sprue), 러너(runner), 게이트(gate) 등이 가공되지 않은 형판으로 구성된 표준화된 금형이다.
  - 표준화되고 호환성이 있어서 정해진 크기의 치수 안에서 여러 가지 두께나 형식으로 형판을 선택할 수가 있다.
- 금형의 재질 : 고압(250~600kg/cm<sup>2</sup>; 금형 내 압력)으로 충전 되는 용융 플라스틱의 압력에 견디어서 금형이 변형하든가 파손되는 일이 없도록 견고한 재질로 금형이 제작되어야 한다.
- 탄소강(Carbon Steel, SM55 등)
  - 금형 제작에 사용되는 금속 재료의 대부분은 탄소강이다.
  - 열처리(담금질)에 의하여 경고하고 강한 조직으로 개량이 가능한 점이 금형재료로 많이 사용되는 이유이다.
  - 몰드베이스(mold base)나 형판 등에 많이 사용되며 일반적으로 담금질 하지 않은 상태로 사용된다.
  - 형판(型板)이나 몰드베이스는 경도보다는 일정한 강도만 있으면 기계 가공성이 중요하다. 열처리를 하면 경도는 높아지나 기계가공성이 나빠지고 변형할 우려도 생긴다.
- 합금공구강(Alloy Steel, STS3 등)
  - 적은 양의 텅스텐, 크롬 성분이 첨가된 합금강이다.
  - 담금질로 경도가 향상된다.
- 열간 다이스강(Dies Steel, STD61 등)

- 크롬, 몰리브덴, 바나듐 성분이 첨가된 합금강이다.
- 다이캐스트 금형용으로 개발된 것으로 경도뿐만 아니라 내충격성이 좋아서 가느다란 코어 핀(core pin) 등에 많이 사용된다.
- 담금질을 한 다음에 뜨임(tempering)을 하여 사용하는 것이 일반적이다.

#### ○ 냉간 다이스강(STD11 등)

- 크롬, 몰리브덴, 바나듐 성분이 첨가된 합금강이다.
- 열간 다이스강인 STD61 보다 경도가 높아서 내마모성이 요구되는 부품에 사용된다.

#### ○ 고속도강(High Speed Steel, SKH51 등)

- 텅스텐, 크롬, 바나듐, 코발트 등의 성분이 첨가된 특수강으로 절삭 공구로도 사용된다.
- 경도가 대단히 높고 강인하나 충격에 약하다.
- 밀핀(ejector pin) 등에 많이 사용된다.

#### ○ 프리하든강(Preharden Steel, SCM 등)

- 특수한 성분을 첨가함으로써 담금질을 하지 않아도 어느 정도의 경도가 유지되는 강(steel) 재료이다.
- 중량(中量) 생산용 금형에 최근에 많이 사용되고 있다.

#### ○ 동합금

- 황동이나 벨류동이 대표적이다.
- 경도가 비교적 높고 열전도성이 좋아서 냉각효율을 높이기 위한 부분에 사용된다.

□ 금형제작 : 디지털 기술을 사용하는 설계기술, 가공기술, 평가기술이 중심이 되고 있다.

○ 디지털기술의 소프트웨어 응용

- CAD(Computer Aided Design) : 2차원, 3차원의 금형설계, 도면 정보 등을 작성하여 제공한다. 인터넷을 통하여 비교적 쉽게 설계 자료나 정보를 전송할 수 있다.
- CAD(Computer Aided Manufacturing) : CAD 도면, 설계 자료가 온라인(on-line)으로 CAM에 전송되고 NC 프로그램 등 3차원 가공 프로그램을 만들 수 있게 되었다. 가공 프로그램은 머시닝 센터(machining center)나 와이어 컷(wire cut) 공작기계에 직접 보내져 금형가공을 한다.
- CAE(Computer Aided Engineering) : 금형설계 시점에서의 기술적인 예측에 사용된다. 용융수지의 충전 과정이나 성형품의 뒤틀림 변형 등을 예측할 수 있게 되었다.

○ 공작기계 : CNC 공작기계가 주가 되고 있다.

- 공구 교환을 자동으로 수행한다.
- 피가공물(work) 교환을 로봇 등을 이용하여 자동운전 한다.
- 무인 연속운전이 가능하여 주야, 휴일 등 무휴로 계속 가동할 수 있다.

○ 금형부품 가공에 사용되는 가공법

- 절삭가공 : 바이트, 엔드밀(end mill), 드릴 등의 공구를 사용하여 금형용 강(steel) 재료를 절삭 가공한다. 금형부품의 기계가공에 있어서 가장 기본적인 가공 방법이다. 선반, 밀링머신, 드릴링 머신, 머시닝 센터 등이 대표적인 공작기계이다.
- 연삭가공 : 금형부품에는 열처리를 하여 경도가 높은 강 재료를 많이 사용 하므로 절삭가공이 곤란하기 때문에 지석(砥石)을 사용하여 형상을 가공하든가 표면의 거칠기를 매끈하게 끝 다듬질 하는 기계 공작법이다.
- 방전가공 : 전극형상을 가공물에 전사 가공하는 가공법이다. 구리나 탄소(carbon)로 제작한 전극과 가공물 사이에 전류를 흐르게 하여 발열(發熱)로 전극 형상대로 파고 들어가는 것이다.

- 와이어 컷(wire cut) 방전가공 : 와이어 전극을 사용하여 강 재료를 실타래와 같이 절단 가공하는 방법이다. 정밀한 치수공차로 열처리(담금질)한 경도가 높은 강 재료를 가공할 수가 있다.
- 금형의 표면처리 : 금형표면에 요철(凹凸) 등을 가공하든가 표면의 부식이나 마멸 등을 방지하기 위하여 표면처리를 한다.
- 에칭(etching), 블러스트(blust) 처리 : 플라스틱 성형품 표면을 고급스럽게 보이기 위하여 요철가공을 하는 경우가 많다.
  - 에칭 처리 : 금형 표면에 내산성(耐酸性) 피막(皮膜)을 한 다음에 금속표면을 부식시켜서 요철을 형성하는 방법이다.
  - 블러스트 처리 : 미세한 강분말(鋼粉末)이나 경질의 연소재(研掃材) 분말을 압축공기와 함께 노즐(nozzle)을 통하여 금속표면에 분사하여 캐비티 표면에 요철을 형성하는 방법이다.
- 도금 : 금형 안으로 사출된 용융수지에서 발생하는 가스와 수분이 캐비티 표면에 부착하여 금형표면을 부식하는 경우가 생긴다. 이와 같은 부식을 방지하기 위하여 금형표면에 경질 크롬 도금이나 니켈-인(燐) 도금을 한다.
- 증착(蒸着) 코팅(coating) 처리 : 캐비티의 부식을 방지할 목적으로 피막을 표면에 증착하는 방법으로 화학적 증착법(CVD)과 물리적 증착법(PVD) 코팅기술이 있다. 마모가 심한 금형부품이나 부식되기 쉬운 부품에는 대단히 유효한 대처 수단이다.
- 기타 표면 처리 : 질화처리, 붕화처리(硼化處理; boriding) 등이 있으며 표면처리의 목적, 수명, 금액 등을 고려하여 적절한 선택이 필요하다.

### 3. 결론

- 성형가공 기술자가 알아야 할 사출금형에 대한 전반적인 기술을 개략적으로 논하였다.

- 금형의 구조에 대한 상세 설명보다는 사출금형이 원재료로부터 설계, 제작, 기계가공, 그리고 캐비티가 표면처리 되어 완성될 때까지의 넓은 범위의 기초기술을 다루었다.
- 금형의 표준화 부품과 컴퓨터 이용에 대하여도 기술하였다.

## ◁ 전문가 제언 ▷

- 우수한 성형품을 생산하기 위하여 원료인 수지와 가공기계인 사출성형기 그리고 사출금형의 3요소에 대한 지식과 이해가 중요하다.
- 좋은 자동차라도 운전여하에 따라서 그 성능을 발휘하는 정도가 달라지는 것과 같이 좋은 사출금형의 품질을 뒷받침 하는 성형가공 기술을 발휘하기 위하여 성형기술자가 금형에 대한 풍부한 지식을 가져야 한다.
- 최근의 금형설계, 제작은 컴퓨터를 이용한 디지털화와 2차원, 3차원 도면작성과 해석 그리고 설계실에서 생산현장까지(협력회사까지), 온라인(on-line)에 의하여 연결되고 관리된다.
- 앞으로 금형생산에서 성형품 사출성형가공 현장까지 온라인으로 연결되는 총체적 생산방식(금형설계, 제작, 시험사출, 성형가공, 금형보전 등)이 기대되어 진다.