

해외기술자료

# 핫챔버 다이캐스팅 머신의 과거·현재·미래<sup>1)</sup>

河田 潤<sup>2)</sup>

## Hot Chamber Die Casting Machine-Past/Present/Future

Jun Kawada

번역 : 김기영<sup>3)</sup>

### 1. 핫챔버 다이캐스팅 머신이란

#### 1.1 사형 주조로부터 다이캐스팅으로의 역사

다이캐스팅이란 영어로 die(금형)에 cast(붓는다)라는 의미로, 그 이름 그대로 금형주조하는 것이다. 통상 주물이란 것은 사형에 녹인 철을 부어넣는 사형 주조를 떠올리는데, 유적으로부터 오래된 동전이 출토되는 것으로부터 알 수 있는 것과 같이 이 사형주조는 고대로부터 전해져 온 것이다.

이에 비해서 다이캐스팅의 역사는 일천하고, 겨우 한 세기 정도이다. 주조 기술은 우선 중력으로 사형에 주입하는 주조로부터 출발해서 그 후 매끈한 주물표면을 얻으려고 석고 주형이 발전하였다. 그러나 이 방법으로는 주조할 때 석고형을 부수지 않으면 안되는 불편함이 있었다. 이 문제를 해결하기 위하여 금형이 고안되어 하나의 형을 이용해서 몇 회이고 같은 제품을 만드는 것이 가능하게 되었다. 이 금형 주조법은 더욱 발전해서 녹인 금속 즉 용탕을 금형에 압입함에 의해서 정밀하고 주물 표면이 우수한 제품을 대량생산하는 다이캐스팅으로 진보해온 것이다.

1838년 활자를 빠르고 대량으로 주조하는 목적으로 발명된 다이캐스팅은 플런저기가 1905년에 완성된 때부터 상업적으로도 성공하게 되었다. 당시에 기계는 수동식이었으나 그 후 수압구동으로부터 유압구동의 기

계로 되어 반자동화가 진행되었다. 1954년을 경계로 해서 일본에서도 반자동기의 수입국으로부터 국산기의 제조, 개량 등의 발전을 이루어 현재의 다이캐스팅 공업의 기반이 형성된 것이다.

#### 1.2 다이캐스팅 머신의 분류

다이캐스팅 머신은 구조에 의하여 다음과 같이 분류된다.

##### (1) 열가압실식(핫챔버 다이캐스팅 머신)

용탕을 형 내에 압입하기 위한 가압실이 용탕 중에 있으므로 이러한 명칭으로 부른다. 그 장점은 녹은 금속이 고온인 채로 금형에 주입되므로 시간당 주조 회수를 높일 수 있다는 것이다. 이 머신은 비교적 용해하기 쉬운 아연 합금, 주석 합금, 납 합금의 다이캐스팅에 사용되고 있다, 또한 근년에는 마그네슘 합금에도 이용되고 있다.

##### (2) 냉가압실식(콜드챔버 다이캐스팅 머신)

가압실이 용탕 중에 있지 않고, 가열되어 있지 않기 때문에 이 이름으로 불리운다. 녹인 금속은 보온로로부터 손으로 푸든지 하여 가압실에 급탕되므로 핫챔버 만큼 신속하게 행해지지 않는다. 이 타입은 알루미늄 합금, 마그네슘 합금 등 용해온도가 높은 소재에 사용되고 있다.

1) 日本 鑄造工學會誌 Vol. 75 No. 6 pp. 441-445에 게재된 자료임.

2) エーケー産業(株) A. K. SANGYO CO., LTD

3) 한국기술교육대학교 신소재공학과(Dept. of Materials Engineering, Korea Univ. Technology and Education)

### 1.3 핫챔버 다이캐스팅 머신의 기구

핫챔버 다이캐스팅 머신의 기구로서 현재 각 메이커 공히 가장 주류인 횡형 핫챔버 다이캐스팅 머신에 대하여 설명한다.

핫챔버 다이캐스팅 머신이란 금형에의 부착 및 형체결, 형열림이 횡방향으로 행해져서 금형의 탈착이 용이하게 가능한 기계이다. 또한 소형 머신에서는 고속 연속주조가 가능하고 기계의 안정성이 좋은 것이 특징으로 보온로가 기계와 일체로 조합되어 있다.

사출에 대해서는 항상 용탕구에 구스벙이 있으므로 용탕을 기압실로 자동적으로 보낼 수가 있고, 대형 소형 모두 고속주조가 가능하다. 그 개략을 Fig. 1에 나타낸다.

형체 방식에는 직압식, 토글식, 기타가 있으나 최근에는 토글방식이 가장 많이 사용되고 있다. 동력원으로는 유압이 가장 많고, 공압도 소형머신에는 사용되고 있다.

#### (1) 토글식 형체장치

토글식은 액체 및 공압 등의 동력원에 의하여 발생된 힘을 토글링 기구에 의하여 확대하여 큰 형체력을 얻는 방식이다. 그 개요를 Fig. 2에 나타낸다.

토글 기구에 있어서는 최초의 속도는 빠르고, 스트로크의 종단의 가까워짐에 따라서 힘의 확대율이 증가하고 그 속도는 감소한다. 따라서 가동형 및 고정형의 강한 충격을 주지 않고, 강력하게 형을 체결할 수 있다.

또한 형을 열 때는 처음에는 천천히 가동형이 열리므로 주조된 제품이 고정형으로부터 조용하게 분리되어 변형 및 찌그러짐이 일어나기 어렵다. 그러나 토글이 일단 퍼지게 되면 그 이상 금형을 밀 수가 없다. 또한 토글 기구는 압출력, 다이로킹액츄에이터의 약 20배의 형체력이 얻어지고, 형체력의 산출은 타이바의 변

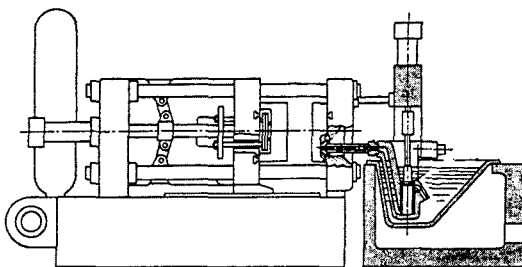


Fig. 1. 횡형 핫챔버 다이캐스팅 머신

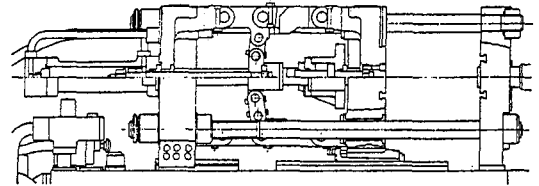


Fig. 2. 토글식 형체 기구

형량으로부터 산출한다.

#### (2) 핫챔버 다이캐스팅 머신의 사출기구

핫챔버 다이캐스팅 머신의 사출기구는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 형체력에 관계없이 최초로부터 고속 사출되는 일단 사출방식이다. 구스벙의 구멍에는 멜팅포트의 용탕과 동일 레벨의 용탕이 충전되고, 노즐의 선단까지의 용탕 유로의 단면적이 점차 작아지고 있다. 그러나 노즐로부터 스펀로 이동하는 곳으로부터 단면적이 크게 되므로, 특히 내압성을 요구하는 제품 등에는 이단사출방식이 일부 이용되고 있다.

또한 주조압력은 소형 머신에서는 10 MPa 전후, 대형 머신에서도 30 MPa를 넘지 않는다.

#### (3) 핫챔버 다이캐스팅 머신의 보온로

보온로는 다이캐스팅 머신에 부속되어 있어서 구스벙을 둘러싸는 용탕을 소정의 주조온도에 유지하는 로

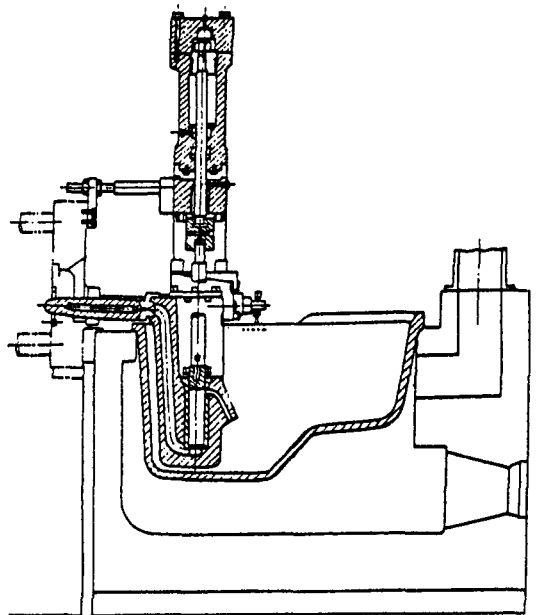


Fig. 3. 핫챔버 다이캐스팅 머신의 사출기구

이다. 보온로를 용해로 겸용으로 할 수 있으나 용탕의 온도작업을 표준적으로 수행하는 것은 어렵고, 온도에 편차가 크게 되기 쉬우므로 용탕의 소비량이 많은 경우에는 공급 부족을 일으킬 수도 있다. 핫챔버 방식에서는 별도의 용해로로부터 용탕을 공급하므로, 용탕온도를  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  이내로 관리하는 것이 용이하고 보온로의 용해능력 부족을 집중용해로의 용해능력으로 커버할 수 있어서 생산성이 향상된다.

또한 열원은 중유, 등유, 가스, 전기 등이 있고 현재 가장 주류인 것은 전기보온로, 가스보온로이다.

## 2. 핫챔버 다이캐스팅 머신의 과제와 대책

### 2.1 인젝션(사출) 관계의 과제와 대책

#### (1) 기름 누설에 의한 화재 발생의 대책

유압식 다이캐스팅 머신을 작동하는 작동유는 안전대책의 면으로부터 난연성의 기름을 사용하는 것이 바람직하나, 기능, 코스트 면 뿐만이 아니고 배수에 의한 공해 발생을 일으키지 않도록 신중하게 선정하여야 한다. 그래도 유압식 다이캐스팅 머신에는 위험이 따른다. 특히 인젝션 유니트 부에 대해서는 아연합금, 마그네슘 합금이 머신에 붙어 있는 보온로에 항상 용탕에 들어있기 때문에, 그 용탕부에 기름이 들어가면, 역시 용탕이 고온이므로 화재 발생의 원인으로 된다. 현재 보급되어 있는 핫챔버 다이캐스팅 머신은 인젝션 유니트의 아래에 보온로가 있으므로 인젝션 실린더는 보온로로부터의 열에 의해서 열을 받는다. 그 열에 의해서 인젝션 액츄에이터의 기름 누설을 방지하는 패킹 관계 부품이 소모되고, 패킹 자체가 열에 의해서 경화되어 패킹의 효과를 만족시키지 못하게 되어 기름 누설의 원인으로 된다. 그 때문에 핫챔버 다이캐스팅 머신의 인젝션 액츄에이터에는 보온로로부터의 열을 막기위하여 인젝션 액츄에이터 내부에 냉각수를 흘려서 대응하고 있다. 그러나 안전성, 에너지 소비, 환경 문제의 점에서 해결해야 될 과제도 남아있고, 핫챔버 다이캐스팅 머신에도 금후 이미 사출성형에서 급속하게 쉬프트 체인지되어 온 전동식이 채용될 것이라고 생각된다.

#### (2) 보온로 주변의 단열 화재 발생의 대책

위에서 논한 바와 같이 핫챔버 다이캐스팅 머신의 구조상 머신에 부착되어 있는 보온로에서 재료를 용해하는 것이 철칙으로, 보온로는 꽤 높은 고온으로 되기

때문에 재료를 용탕 상태로 유지하는 역할과 보온로 주변의 작업자의 안전성을 생각해서 로 내부에 축로재를 붙인다든지 글래스가 들어간 세라믹 파이버를 붙인다든지 해서 단열한 후에, 보온 커버를 붙여서 용탕의 유지, 보온로 주변의 작업자의 안전을 꾀하고 있다.

마그네슘 합금에 대해서는 산화에 의한 화재 발생이 있으므로 마그네슘용 핫챔버 다이캐스팅 머신에서는 완전히 용탕 재료를 밀폐하는 산화방지 커버를 부착해서 대응하고 있다. 또한 아연용 핫챔버 다이캐스팅 머신에서는 마그네슘 합금과 같은 산화를 생각하지 않아도 좋으므로 코스트 등을 고려하여 완전히 용탕 제조를 밀폐시킨 커버는 붙어있지 않으나, 고온의 아연용탕이 튀어도 안전하도록 플래쉬 방지 커버 등을 붙여서 안전을 꾀하고 있다.

### 2.2 금후의 다이캐스팅 머신에의 대책

#### (1) 다이캐스팅 머신의 고 코스트화

최근의 핫챔버 다이캐스팅 머신에서는 PC화가 진행되어 가장 중요시되는 다이로킹 유니트, 인젝션 유니트의 유압 블록에 들어있는 방향제어(전자절환밸브)를 비례 전자식 방향·유량제어 밸브로 바꾸어 달아서 방향제어는 물론 입력전류를 변화시킴에 의하여 유량제어도 행하고 있다. 더욱이 전용의 파워증폭기와 조합하여 각 액츄에이터의 속도, 가속도, 방향제어를 한 개의 밸브로 행하는 것, 또한 서보밸브·서보 증폭기를 사용하여 변화하는 목표치를 쫓아갈 수 있도록 제어가 행해지는 서보기구를 도입한 머신 등을 터치판넬에서 조작하여 압력 및 스피드를 컨트롤하고, 또한 사출과형을 모니터에 표시하여 사출상황의 확인, 형체력을 모니터에 표시하여 형압력 조절을 용이하게 한 PC화도 진행되고 있다. 또한 핫챔버 다이캐스팅 머신에 필요한 동력을 유압, 전기, 공기의 세 개를 잘 조합하여 제어하는 자동화로의 변화가 꾀해지고 있다. 고 코스트화가 진행되어 다이캐스팅 머신은 고기능으로 되어 작업의 단축도 꾀해지고, 어느 작업자가 다루어도 동일한 설정에서 다이캐스팅 머신을 다룰 수 있게 되어 왔으나, 역시 이와 같은 고기능을 가지는 다이캐스팅 머신에서는 인터록 등의 안전 대책이 늘어나고, 또한 작업자에게는 PC의 지식이 요구되어 오히려 취급하기 어려운 경우도 있다. 더욱이 인터록 등의 관계 상 쇼트사이클은 수 초 늦어지고 다이캐스팅 머신 제작 비용도 당연하지만 높아지게 된다.

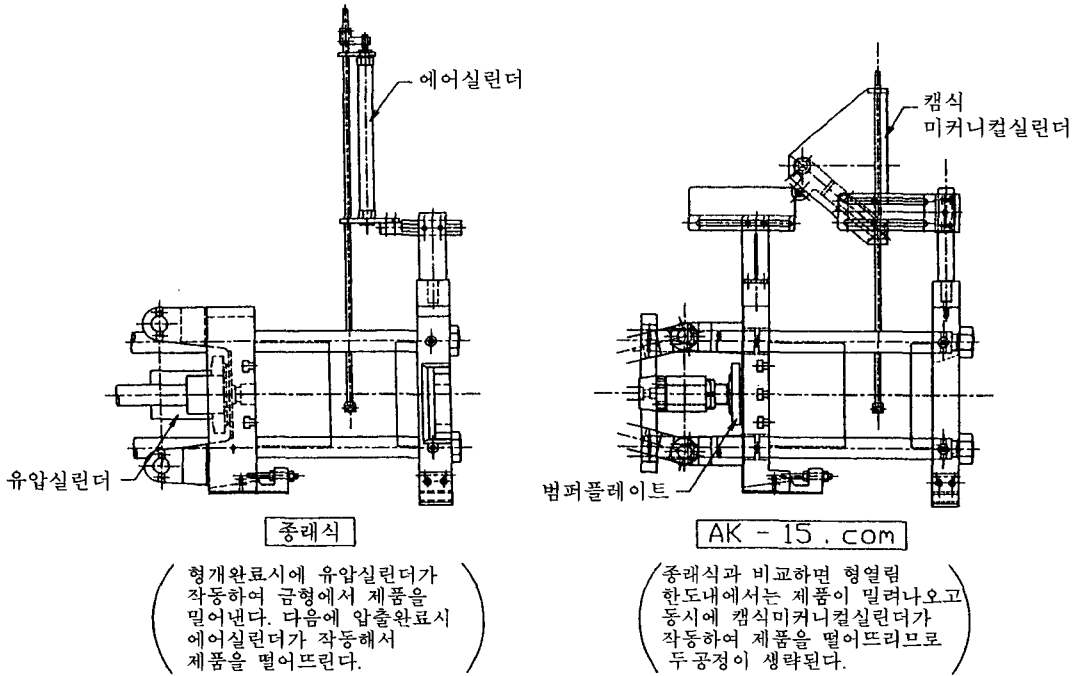


Fig. 4. 밀어 떨어뜨리는 장치

(2) 고 코스트화의 대책

고 코스트의 핫챔버 다이캐스팅 머신의 대책으로서 당시에서는 종래의 기계식으로 돌아가서, 고 기능을 유지하면서 코스트다운을 꾀한 소형 다이캐스팅 머신 AK-15.com을 발표하였다. 다음에 이 다이캐스팅머신의 내용을 설명한다.

예 1: 동작 행정의 단축화(Fig. 4)

- ① 유압 액추에이터에 의하여 금형으로부터의 제품을 밀어내는 것을, 개발 초기의 형열림 행정에서 제품을 밀어내는 형식의 범퍼방식을 채용
- ② 압출된 제품을 금형의 밖으로 꺼내는 장치는 종래에는 에어 액추에이터를 사용하였으나, 캠식 미커니컬 장치를 채용

이 두 개 항목에 의해서 쇼트사이클이 한 쇼트당 2초~3초 짧게 되고, 생산성 향상에 크게 공헌할 수 있다. 또한 유압 제어기기에 대해서는 하이사이클 동작을 전제로 코스트 저감의 관점으로부터 보다 심플한 머신 설계로 된다.

예 2: 형체 유니트(Fig. 5)

① 금형 및 형체 유니트 부품의 유지에 대해서 적절한 강도 구조를 중요시하여 설계한다. 또한 사용재료의 특성을 잘 파악함과 동시에 제조 과정을 수정하여, 부드럽고 또한 확실한 금형 및 부품의 유지가 가능하다. 이에 의해서 반복에 의한 정도의 열화를 막고 금형의 수명을 연장한다.

② 금형과 노즐의 접촉 유지 방법으로서 종래는 유압 액추에이터를 두 개 사용하여(조작·반조작·양측) 끌어당기도록 하고 있으나, 액추에이터 방식에서는 스위치 하나로 착탈이 가능하여 편리하나 다음과 같은 폐해를 일으킨다.

- 약간이지만 고정 축의 금형이 휘다.(제품의 정도에 관련된다)
- 노즐의 선단이 찌그러지기 쉽다.

이 문제를 고려하여 여기서도 미커니컬 클램프 방식을 채용하여 코스트 다운을 꾀하였다.

이와 같은 기능우선, 작업성의 향상, 코스트 저감의 목적을 달성하고, 간결하며 또한 수요자의 요구를 만족시키는 다이캐스팅 머신이 급후 필요해지고 있는 시대로 되고 있지 않나 생각된다.

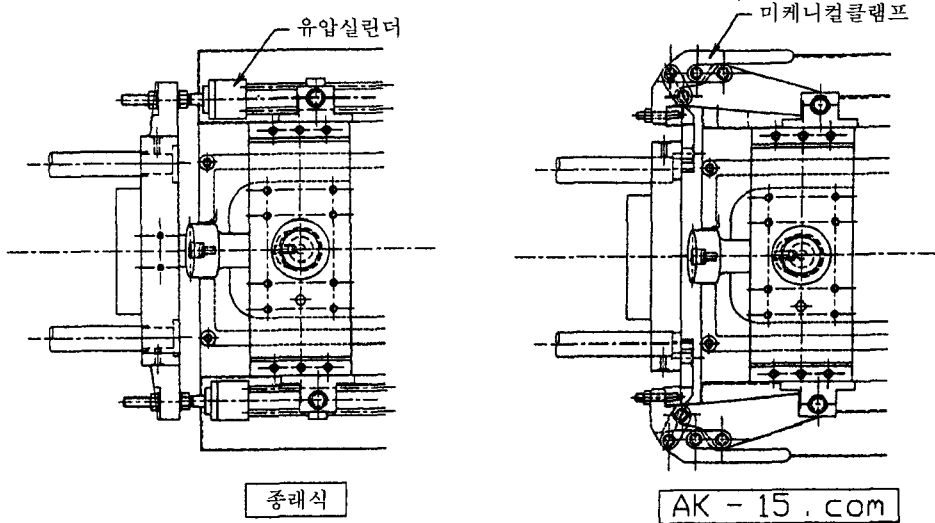


Fig. 5. 노즐 클램프 기구

### 3. 핫챔버 다이캐스팅 머신의 주변 기술의 동향

#### 3.1 자동 배탕장치

핫챔버 다이캐스팅 머신은 이름 그대로 용해실 중에 인젝션 기구가 속하여 있다. 용탕은 그 온도 그대로 가압실(인젝션슬리브) 내로 유도되어 가압사출되므로 용해온도를 가능한 한 일정하게 유지하는 것이 제품의 품질을 일정하게 유지하는 관건이 된다. 당연히 용해 지금 메이커로부터의 공급은 그 대부분이 잉고트 형상이므로 용해실에 그대로 투입하면 온도가 급격히 저하하여 주조품에 악영향을 미친다.

또한 온도와는 별도로 용해실로부터 인젝션 노즐까지의 탕도에 가능한 한 에어의 혼입을 방지하는 것이 주조품의 충전률을 높이고 수축, 기포결함을 최소한으로 적게 한 고품질의 제품을 생산하는 또 하나의 관건이다.

이 두개의 관건을 해결하는 방법의 하나로서 자동 배탕 장치를 들 수 있다.

근년 핫챔버 다이캐스팅 머신을 다섯 대 이상 보유하는 다이캐스팅업체는 거의가 이 장치를 사용하고 있는 것이 현실이다. 보다 상세하게 소개하면 독립된 집종형 용해로로부터 용탕을 퍼서 자동으로 각 다이캐스팅 머신에 배탕하는 구조로 되어 있다. 각 머신의 용해실에는 탕면 레벨을 검출하는 센서가 장비되어 어느 레벨 이하로 되면 배탕기를 불러서 용탕이 공급된다.

이에 의하여 어느 정도 탕면 레벨이 유지되고 용탕 온도의 저하가 피해질 수 있으므로 고품질화에는 불가결한 것으로 되고 있다.

그 외의 효과로서 핫챔버 다이캐스팅 머신의 주조 작업에 있어서 재료의 보급이 꽤 비중을 차지하고 있는데 이 시스템의 도입에 의해 성력화가 가능하고 한 사람 당 머신 관리하는 대 수도 증가하여 코스트 삭감에 크게 역할을 하고 있다. 더욱이 집중용해에 의해 용해효율이 증가하고 런닝코스트도 저감이 되고 있다. 또한 다이캐스팅 공장의 미화 및 재료 보급시의 위험 회피도 가능하다.

#### 3.2 자동추출장치

핫챔버 다이캐스팅 머신은 다이캐스팅 제품 중에서도 비교적 작은 것이 많고 양산하므로 자동화, 나아가서는 하이씨이클화가 진행되어 왔다. 그 중에서 금형 내를 충전완료하고 금형으로부터 제품을 빼낸 후는, 그 제품을 아래로 낙하시켜 슈터를 사용해서 제품을 받는 곳에 투입하는 방법이 오래전부터 일반적으로, 하이씨이클로 운전하는 데는 필요불가결하게 되었다.

근년 다이캐스팅 제품도 다양화되고 있고, 고품질을 추구함에 따라 특히 외관 부품 및 고정도를 요구하는 정밀 부품에는 금형으로부터 이형 후 자동취출장치를 이용하여 제품을 빼내고 다음 공정의 컨베어로 반송하는 등의 후공정과의 연결에 사용하는 회수도 증가하여

왔다.

이것은 종래의 낙하 방식일 때에는 슈터로 낙하할 때의 충격 및 제품 받는 곳에 미끄러 떨어지는 힘으로 제품에 흠이 간다든지 변형된다든지 하는 등의 문제가 있었다. 이것에 대해서 자동취출장치는 이형 후 사람 손 형상의 로봇이 직접 제품을 꺼내는 방법으로, 이 방법을 이용함에 의해서 제품에 흠도 생기지 않게 하고 변형도 방지할 수 있다. 또한 저 코스트화를 피하는 측면으로부터도 필수적으로 되고 있다. 취출을 자동화하는 것에 의해서 인건비의 저감, 더욱이 후공정을 자동화하기 위한 연결 역할을 담당하고 있다. 종래 취출장치를 사용하면 머신 사이클이 늦어지는 것이 염려가 되었으나 최근에는 고성능의 액츄에이터도 개발되어 하이스피드화 되어서 충분히 대응 가능하게 되고 있다.

위에서는 로봇트형을 소개하였으나 흠 방지 및 변형 방지에는 이 외에도 수조 컨베이라는 것이 같은 역할을 할 수 있는 것으로 취급되고 있다. 이것은 수조와 컨베이가 일체로 된 구조로 이형한 제품을 수조 내로 낙하시켜 컨베이어에서 수조 외로 반출하는 장치이다. 이 방법에 의하여 낙하의 충격은 수조에서 흡수되어, 흠이 생기기 어렵고 급냉이 행해짐으로 제품 표면이 경화되어 수조 외로 반출되면 잔류열로 건조가 빠르게 된다. 머신 사이클을 해치지 않고 사용할 수 있다는 것이 장점이다.

### 3.3 트리밍 장치

다이캐스팅 제품은 주조 방안 상 어떻게 해도 스폴, 런너, 오버플로우, 주물 핀 등의 제품부 이외의 부분도 주조되므로 그 부분을 제거하는 공정이 필요하다. 제품 형상에 따라서는 수작업에 의해 직접 제거하는 경우도 있으나 인건비의 문제 및 사람 손의 힘 등으로는 제거할 수 없는 물건, 마무리의 정도가 필요한 물건, 또한 표면의 평활 마무리 및 광택 마무리가 필요한 경우는 바렐 연마법 및 트리밍 프레스 법을 들 수 있다. 바렐 연마는 피가공물과 연마제와의 접촉저항에 의하여 가공연마하는 방법으로 다이캐스팅에는 많이 채용되고 있다. 바렐 연마는 그 가공물의 대소 및 마무리 요구에 의하여 다양한 방법이 있으나 여기서는 설명을 생략한다.

트리밍 장치는 다이캐스팅 자동화에는 빼놓을 수 없는 것의 하나로서 소개하고 싶다. 종래 이 공정은 주

조 후, 제품 받는 곳에 스톱된 피가공물을 프레스 위치까지 작업자가 운반하고, 주조 작업 중에 한 개씩 프레스에 걸어서 트리밍 작업을 행해왔다. 근년에는 전항에서 얘기한 취출 장치와의 조합하여 사용하는 케이스가 늘고 있다.

취출장치로 주조품을 다이캐스팅 머신으로부터 빼내어 프레스로 이송하여 프레스 형 내에 위치를 정하여 정착시킨다. 그 후 자동신호를 보내어 프레스하고 제품부만을 빼내는데, 이 방법을 일련의 움직임으로 행하면 자동운전작업이 효율 좋게 행해지고, 필요한 제품부만을 사람 손을 빌리지 않고 빼내는 것이 가능해진다. 또한 제거한 오버플로우 등의 불필요한 부분은 컨베이어 등을 통하여 용해로로 들어간다.

### 4. 핫챔버 다이캐스팅 머신의 최근의 상황

핫챔버 다이캐스팅 머신의 최근의 동향으로서는 콜드챔버다이캐스팅 머신과 같이 자동화가 진행되어 컴퓨터 제어에 의한 일괄관리하는 머신으로 이행해 가고 있다고 생각된다. 각각의 금형의 주조조건을 머신에 입력하여 메모리에 넣어두고 제품을 감시하면서 양품의 범위로부터 벗어난 경우에 선별을 한다든지, 머신에 피드백 시켜서 제조조건을 자동보정시킨다고 하는 기능이 탑재되고 있다. 즉 다이캐스팅 머신이 원하는 무엇이라도 해줄 수 있도록 되고 있는 것이다.

더욱이 전술한 일련의 주변기기의 개발에 따라서 컴퓨터 자동화 제어에 의한 자동화 무인화가 가능하게 되고 양산 시의 코스트 저감을 피할 수가 있다. 실제 우리도 30여년 전 소형 다이캐스팅 머신을 세상에 내놓은 이래 이 방식을 향하여 개발 연구를 계속하여 왔다.

그러나 꽤 자동화가 달성됐을 때 당시에서는 「과연 이 방향만이 우리가 가야만해야 할 길일까.....」라고 생각하기 시작하였다.

자동화에 의한 머신 그 자체에 의한 고코스트는 피할 수 없다. 그래서 당시에서는 《에게 르네상스》라고 하는 표어를 내세워서 「온고지신」「원점회귀」의 관점으로부터 수정을 행하였다. 그 결과 개량의 도중에서 생략된 기능 및 장치 중에도 지금 다시 살려야만 할 것이 있는 것이 있고, 또한 진보의 이름 하에 부가된 것 중에서도 꼭 필요하다고 할 수 없는 것 등 여러 가지가 발견되었다. 그런 것을 딛고서 작년 가을

간결하고 또한 수요자의 요구에 충분하다고 생각되는 머신을 개발, 발표하였다. 코스트가 크게 내려갔다는 것은 말할 필요도 없다. 마침 양산 체제는 중국으로 많이 가서 국내는 다종 소량 생산이라고 하는 상황을 생각하면 원점으로 돌아간 코스트 저감의 머신은 시의 적절하다고 생각한다.

금후는 종래의 자동화의 한 방향으로, 보다 간결하

고 코스트가 싼 머신의 연구 개발에 노력을 기울여 업계에 공헌할 수 있도록 노력하고 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] 納口利男: 新版ダイカスト技能者ハンドブック(日本ダイカスト工業協同組合, 中部ダイカスト工業協同組合, 関西ダイカスト工業協同組合, 兵庫県 ダイカスト工業協同組合)