

알루미늄합금 다이캐스팅의 사출성형

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 최창욱
(cochoi08@reseat.re.kr)

1. 서론

- 다이캐스팅은 수 10ms로부터 100ms란 짧은 시간에 금형에 충전을 완료하는 것으로 복잡하고 박육 제품의 성형을 가능하게 한다. 따라서 용융금속의 충전과정은 다이캐스팅의 품질에 크게 영향을 미친다.
- 원래 용융합금에 가스가 혼입되는 것을 억제하기 위하여 천천히 금형 cavity에 충전하게 된다. 그러나 plunger sleeve나 금형온도가 용융금속에 비하여 충분히 낮기 때문에 sleeve에 용융금속이 주입된 단계로부터 용융금속 온도의 저하나 부분적인 응고가 시작되어 단시간에 충전이 완료되지 않으면 충전이 불안정하게 된다.
- 이 상반되는 과제를 양립하는 것은 다이캐스팅 품질을 유지 향상하기 위한 필요수단으로 사출제어에 정도가 필요한 이유이다. 그러므로 다이캐스팅기의 사출제어에 관하여 품질의 영향 및 설정의 주의 점에 대하여 해설한다.

2. 충전시간과 유동 길이

- 게이트 속도는 게이트를 통과하여 제품부에 유입될 때 게이트에서의 용융금속의 유속을 말한다. 다이캐스팅에 있어 게이트는 가장 단면적이 작은 장소로 용융금속이 cavity에 충전될 때 가장 유속이 빠르게 된다.
- 게이트 속도는 사출속도, plunger tip경은, 게이트 단면적에서 30~60m/s 정도에서 설정되는 것이 일반적이다. 게이트 속도가 60m/s를 초과하는 경우 금형의 소착이나 금형 침식이 생기기 쉽다.

- 고속 절환위치는 제품의 요구 품질 특성, 다이캐스팅기의 크기, 주조 방안 등에 의하여 조정되는 파라미타가 있으나 여기서는 편의상 용융금속이 게이트를 통과하는 시점에서 고속사출로 절환하는 상태를 가정한다.
- 유동길이는 어느 조건에서 충전이 이루어질 때 어느 정도의 거리까지 용융금속이 충전 가능한가를 표시하는 지표로 용융합금의 유속과 유동 정지시간의 곱으로 표시한다.
- 유동길이가 긴 조건은 허용 충전 시간이 길다는 것을 의미하여 낮은 사출속도에서도 양품을 얻을 수 있게 된다. 역으로 유동길이가 짧은 조건에서 충전시간이 짧을 필요가 있어 사출속도가 낮은 경우 탕구 반대 측에 유동 불량 발생 가능성이 높다.

3. 충전시간에 의한 품질, 생산성의 영향

- 간접적인 계측정보가 어떤 것을 의미하며 실제의 거동과 어떠한 관계가 있는가를 생각할 수 있다. 고성능 다이캐스팅기의 사출제어를 최대한으로 활용하여 품질이나 생산성 향상에 효과를 상승하기 위하여 각각의 원인이 미치는 영향을 이해하여 바른 설정 값과 파라미타의 관리 값을 도입하는 것이 중요하다
- 충전시간을 단축하면 cavity의 용융금속 유속이 빠르게 되고, 특히 게이트 부근에서 금형의 손상이 현저하게 된다. 용융금속의 유속이 빠르게 되면 온도가 높은 상태에서 용융금속이 금형 cavity에 유입되면 충전중의 용융금속 압력이 높게 되어 금형과의 열전달계수가 증가되어 금형에 입열이 증가 하여 충전 시 금형온도가 상승한다. 사이클 내의 냉열사이클의 진폭이 크게 되어 열응력이 증가하기 때문에 결과적으로 heat crack 발생이 현저하게 한다.
- 충전시간이 짧은 경우 핀(fin) 발생 확률이 상승되어 충전완료 시 사지(surge)압이나 증압에 의하여 용융금속에 가하는 압력과 금형의 간격에 접촉하는 응고 상태 및 간격 크기 등의 영향을 받아 핀이 발생한다.
- 충전시간이 짧은 경우 용융금속 압력이 상승하는 시간이 짧기 때문에

주물 핀 발생이 현저하게 된다. 주물 핀 발생이 극단으로 많게 되면 주물 핀 제거 문제 외에 비스킷 두께가 얇아져 사출력의 압력 전파 부족이 발생하여 용융금속이 감소되어 내부 품질에 영향을 미친다.

- 더욱이 용융금속 승압이 완료하는 시간이 늦어 압력 전파시간을 확보하는 시간이 늦어 압력 전파시간을 확보하기 위한 목적에서 충전 시간이 짧게 되어 역으로 주물 핀의 상태가 나쁘게 되어 승압시간이 늦은 결과가 되므로 주의를 요한다.
- 충전시간의 단축은 품질의 안정을 위하여 중요한 방책이나 금형의 균열이나 주물 핀 발생이 품질이나 생산성의 저해 요인이 된다.

4. 사출 조건의 설정

- Cold chamber 다이캐스팅기의 일반적인 사출공정과 사출파형(사출속도와 사출압력)은 저속사출, 고속사출, 증압의 3공정으로 분류된다. 저속사출은 공기의 혼입을 억제하면서 슬리브 충전율을 상승하는 공정이다. 용융금속이 게이트를 통과하면 금형 cavity 내에서 용융금속이 응고하는 것을 방지하기 위하여 고속사출이 필요하다. 충전이 완료 후 용융금속이 진행하기 전에 주조압력이 걸리는 증압공정에 의하여 완료된다.
- plunger tip이 움직이기 시작 시 가속도에 의하여 슬리브 내에서 생기는 용융금속의 파(흐름의 물결) 상태가 변화한다. 이 파는 용융금속에 공기의 혼입을 생기게 하는 원인이 된다.
- 급가속 하면 용융금속 내의 공기의 혼입은 크게 된다. 역으로 가속도를 낮추면 슬리브 내의 용융금속의 유지시간을 연장하여 주입 시 용융금속온도가 저하하여 파단 칠층이 성장하는 문제가 생긴다.
- 저속사출 영역은 용융금속의 탕면을 천천히 게이트까지 상승시키는 과정이므로 공기의 혼입을 억제하는 것이 설정상의 과정이다. 따라서 저속사출 속도를 낮게 설정하면 저속가속 영역과 동일하게 cavity에 유입하는 용융금속 온도가 저하하기 때문에 양자를 균형되게 적정한 속도로 설정하는 것이 중요하다.

- 저속사출속도는 일반적으로 0.1~0.7m/s의 범위에서 설정된다. 저속사출속도가 빠르면 plunger tip 면에 따라 용융금속이 스템 상면으로 이동하여 혼입한 공기가 용융금속과 동시에 금형 cavity에 유입된다. 또한 plunger tip 전면에 발생한 파가 선행하여 앞에 간 용탕에 합쳐 유로를 막기 때문에 사출슬리브 상부의 공기가 밀폐된다.
- 충전시간을 설정할 때 고속사출 전환위치로부터 충전완료까지를 고속 구간으로 이 구간을 고속사출속도에서 나눈 값으로 계산하는 경우도 있다 그러나 실제사출속도는 다이캐스팅기의 성능에 의하여 가속도가 다르다. 이 가속시간에 의한 충전시간이 변화한다. 저속사출속도로부터 고속사출속도에 가속할 때 가속도를 고속가속도라 한다.
- 고속사출속도는 제품부에 용융금속을 충전하는 공정이다. 설정한 충전시간을 실현시키기 위하여 매 shot마다 같은 속도파형이 재현되는 것이 중요하다.
- 고속사출속도가 저하하는 요인은 사출 능력부족, plunger 부품의 마모, 변형, 냉각불량, 사출장치의 이상, 게이트 저항의 증대 등 여러 가지 요인이 고려된다. 사출속도 파형과 압력파형을 병행하여 고찰하면 원인의 특징을 앞당길 수 있다.
- 최근의 다이캐스팅기에서는 고속사출 후반에 브레이크를 걸 수 있도록 되어 있다. 이는 단시간 충전을 실현시키기 위하여 사출속도의 고속화에 위배되는 사항으로 주조 fin을 억제하기 위하여 유효한 기능이다. 그러나 설정에는 몇 가지 주의가 필요하다.
- 급탕장치의 성능이 중요하다. 급탕량에 의하여 비스게이트 두께가 변동한다. 이 최대 비스게이트 두께와 최소 비스게이트 시의 충전완료 위치가 감속 지정 위치로부터 충전완료 위치 사이면 설정효과를 기대할 수 없다.
- 충전완료 직후에 용융금속을 가압하므로 응고수축에 의하여 발생하는 공극(空隙)에 용융금속을 보급한다. 또한 용융금속 내에 혼입된 공기나 용융금속과 유분의 반응가스 등을 압축하여 주조결함을 저감하는 효과가 있다. 동시에 용융금속에 가한 압력에 의하여 금형과 밀착성이 증가

하여 열전달이 촉진하여 용융금속의 냉각속도가 향상한다. 이 용융금속에 가한 최종 압력을 주조압력, 승압개시부터 완료까지의 시간을 승압시간이라 한다.

- 완전히 액체 상태에서 충전이 완료되는 경우 cavity 전체에 주조압력이 가해지나 실제로는 충전도 중에 응고가 진행되어 압력손실이 생겨 cavity 위치에 따라 용융금속에 가해지는 압력이 저하 한다.
- 게이트 전후에서 압력전달 시간에 커다란 차이가 있어 cavity 용융금속 압력전달은 게이트 등의 박육부의 응고에 지배되고 있다. 따라서 특히 박육이나 유동장의 긴 cavity와 같이 승압완료시까지의 응고의 진행이 빠른 경우에는 충전시간을 단축하거나 승압시간을 단축하면 주조압력에 의하여 용융금속 보급이 충분하지 못하면 품질이 악화될 가능성이 있다고 한다.

5. 결론

- 다이캐스팅의 충전과정은 밀폐된 금형 내부에서 이루어지기 때문에 직접 관찰하기는 대단히 곤란하다. 사출속도, 압력과 계측과형을 근거로 내부에서 일어나는 현상을 상상하여 가설을 세워, 검증하므로 주조품질을 향상하는 조치를 추진한다.
- 따라서 간접적인 계측정보가 어떤 의미이며 실제의 거동과 어떠한 관계가 있는가를 생각할 수 있다. 고성능 다이캐스팅기의 사출제어를 최대한으로 활용하여 품질이나 생산성 향상에 효과를 상승하기 위해서는 각각의 용인이 되는 영향을 이해하고, 바른 목적치 설정과 파라미타의 관리 값을 도입하는 것이 중요하다

출처 : 井澤龍介, 西直美, 神戸洋史, 木村豪介, 青山俊三, 古屋豪文, “ダイカストの射出制御”, 「鑄造工学(日本)」, 88(2), 2016, pp.100~105

◁ 전문가 제언 ▷

- 다이캐스팅은 수 10ms부터 100ms란 짧은 시간에 용융금속을 금형에 충전 완료하는 것으로 복잡하고 박육형상의 제품을 성형 가능하게 하며 용융금속의 충전과정은 다이캐스팅의 품질에 크게 영향을 미친다.
- 원래 용융합금에 가스가 들어가는 것을 억제하기 위하여 천천히 금형 cavity에 충전하게 되며, plunger sleeve나 금형온도가 용융금속에 비하여 충분히 낮기 때문에 sleeve에 용융금속이 주입된 단계로부터 용융금속 온도의 저하나 부분적인 응고가 시작되어 짧은 시간에 충전이 완료되지 않으면 충전이 불안정하게 된다.
- 이 상반되는 과제를 양립시키는 것은 다이캐스팅 품질을 유지 향상하기 위하여 필요한 수단으로 사출제어에 정도가 필요한 이유이다. 다이캐스팅기의 사출제어에 관하여 품질의 영향 및 설정에 주의를 요한다.
- 따라서 간접적인 계측정보가 어떤 의미이며 실제의 거동과 어떠한 관계가 있는가를 이해해야 한다고 생각한다. 고성능 다이캐스팅기의 사출제어를 최대한으로 활용하여 품질이나 생산성의 향상에 효과를 상승하기 위하여 각각의 미치는 영향을 이해하여 바른 설정 값과 파라미터의 관리값을 도입하는 것이 중요하다
- 다이캐스팅의 충전과정은 밀폐된 금형의 내부에서 이루어지기 때문에 직접 관찰하기는 대단히 곤란하다. 사출속도, 압력과 계측파형을 근거로 내부에서 일어나는 현상을 상상하여 가설을 세워, 검증하므로 주조 품질을 향상하는 조치를 추진하고 있다..
- 간접적인 계측정보가 어떤 의미이며 실제의 거동과 어떠한 관계가 있는가 하는 이해 정도를 향상할 수 있다고 생각한다. 고성능 다이캐스팅기의 사출제어를 최대한으로 활용하여 품질이나 생산성 향상에 효과를 상승하기 위하여 각각의 요인을 이해하고, 바른 목표치와 파라미터의 관리값을 도입하는 것이 중요하다

이 분석물은 미래창조과학부 과학기술진흥기금, 복권기금의 지원을 받아 작성하였습니다.