



일본의 사출성형기 기술개발 동향

The prospects and the present condition of Plastic Industry in Japan

藤 英夫 / 플라스틱 성형가공기술 어드바이저

1869년 미국의 Hyatt 형제는 상아 당구공의 대체 재료로서 셀룰로이드(질산섬유계 플라스틱)를 발명하고, 1872년에는 이 재료들을 성형하기 위해 세계 최초로 사출성형기를 개발했다. 하지만 유감스럽게도 성형된 셀룰로이드는 단단하면서도 약해 당구공으로는 사용할 수 없었으나, 브러시나 빗의 손잡이, 양복의 칼라, 사진의 필름, 탁구공 등으로 실용화되었다. 그 후 여러 기능을 가진 다양한 종류의 플라스틱이 잇따라 발명되었다. 이와 같은 플라스틱의 기능을 활용한 제품을 성형하기 위해 사출성형기는 끊임없는 기술개발을 통해 진화를 거듭해 왔다. 일본의 사출성형기 업계는 구미의 기술을 도입하며 발전해 왔다. 그 후 세계에서 제일 먼저 전동식 사출성형기를 개발해 실용화함으로써 최첨단 수준의 성능 및 기능을 달성해, 현재 많은 신기술제품의 중요한 수지부품생산에 공헌하고 있다.

아래에 항상 높은 수준을 추구하는 플라스틱업계의 니드에 부응하기 위해 계속되어 온 일본의 사출성형기의 기술개발 동향에 대해 그 개요를 소개한다.

- 편집자 주 -

1 일본의 사출성형기의 역사

(1)여명기(1935년~1955년)

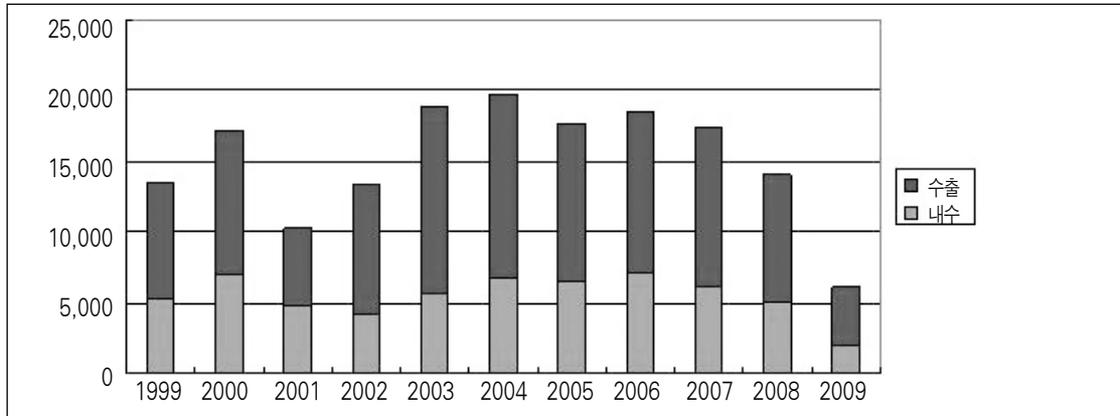
1920년대, 1930년대부터 주로 독일과 미국에서 공압구동, 유압구동의 사출성형기가 개발되어 일본에도 몇 대가 수입되었다. 일본에서는 메이키제작소(名機製作所)가 1935년 토글식 형체방식의 공압구동식 사출성형기 제작에 나서면서 1941년 국산 제1호를 개발했다. 이어 1942년 마츠다제작소(松田製作所)가 중형의 유압구동식 사출성형기를 개발했다. 그 후 석유화학공업의 성장과 더불어 사출성형기는 급속하게 진보해 갔다. 당시 성형기 제조업체로는 메이키제작소, 마츠다제작소, 후지

코시정기(不二越精機), 시바우라기계(芝浦機械), 닛세이수지(日精樹脂), 가와구치철공(川口鐵工)을 들 수 있다.

(2)구미 기술 도입기(1955년~1970년)

종래의 범용 수지를 사용한 일용품의 성형에서, 현재의 공업부품용 수지(엔지니어링 플라스틱)를 사용한 청소기·세탁기·냉장고 등의 가전제품, 라디오·TV·라디오카세트 등의 음향·영상제품, 카메라·시계와 같은 정밀기기에 이르기까지 전기 부품 및 정밀 공업부품의 수지 부품 성형은 크게 증대되었다. 이 단계에서 대형 공작기계업체와 중공업 제조업체들이 구미의 기업들과 기술제휴를 통해 사출성형업계에 진출하며 업계가 확대되었다.

[그림 1] 소재의 역사



주요 기술제휴 업체로는 도시바기계(東芝機械, Battenfeld), 니혼제강소(日本製鋼所, Ankerwerk, Krauss Maffei), 미쯔비시중공(三菱重工, NATOCO), 니이가타철공소(新潟鐵工所, Stufe), 가와구치철공(川口鐵工, Churchill), 스미토모중기(住友重機, Netstal)가 있다.

(3) 유압구동 사출성형기의 성숙기(1970년 ~1980년)

고강도, 고강성(高剛性), 고내약품 등의 높은 기능을 가진 초공업부품용 수지(슈퍼 엔지니어링 플라스틱)가 잇따라 실용화되면서 더욱 고도의 공업 제품 부품에 대한 적용이 추진되었다. 또 이와 병행하여 사출성형기에는 마이크로 시퀀서(Micro Computer sequencer)가 활용되고, 비례제어밸브를 사용한 디지털 설정, 다단 사출제어가 도입되었다. 또 고정밀도 전용기로서 유압 어큐뮬레이터(Accumulator)와 서보 밸브(Servo Valve)를 조합한 클로즈드 루프 제어가 적용되었다. 이 단계에서 유압구동식 사출성형기는 거의 성숙한 기능, 성능에 도달했다고 여겨진다.

(4) 전동구동식 사출성형기의 개발기(1980년 ~2000년)

서보모터를 장착한 전동구동식 사출성형기가 일본 국내에서 개발되어 실용화되었다. 제어성이 현격하게 향상되었고, 유압구동식에 비해 1/3의 소비 전력 등, 획기적인 성능이 실증되면서 당초의 소형기의 정밀성형 전용 분야에서 중형기의 일반성형 분야로 실용화가 진전되어 갔다.

주요 전동구동식 사출성형기는 1983년 : 닛세이수지(日精樹脂), 1984년 : 화낙, 도요기계금속(東洋機械金屬), 니이가타철공소(新潟鐵工所), 1988년 : 니혼제강소(日本製鋼所), 미쯔비시중공(三菱重工), 1990년 스미토모중기(年住友重機), 이후 각 업체가 잇따라 개발하며 발표되었다.

(5) 전동구동식 사출성형기의 성장기(2000년 ~)

전동구동식 사출성형기는 종래의 소형기, 중형기에서 대형기, 3,000톤급의 초대형기도 개발되어 유압구동기에 대한 생산대수 비율을 확대해 나갔다.

제어장치의 하드웨어, 소프트웨어는 모두 고도화



가 추진되어 고속·고응답제어와 지능화 제어가 활용되었고 보다 높은 수준의 성형기술이 실현되었다.

3. 일본의 사출성형기 업계의 동향

일본산업기계공업회는 일본의 사출성형기업체의 출하대수 추이를 발표했다.

연간 출하대수는 12,000대가 호황, 불황의 판단 기준이 되고 있는데, 2001년의 IT 버블 시기에는 10,000대 수준으로 하락했다.

그 후 이듬해인 2002년부터 급격하게 상승해 3년 후인 2004년에는 사상 최고인 약 20,000대에 달했다. 이는 자동차업계의 활황과 중국시장의 확대에 의한 것이었다.

그러나 2009년 리먼 쇼크의 영향으로 지난 30년간 최저 수준인 약 6,000대로 급락했는데, 작년 2010년에는 중국시장의 성장으로 인해 회복의 조짐이 보여 출하대수의 집계 결과가 기대되고 있다. 또 일본의 사출성형기 업체는 중국시장에서 생산대수 비중을 늘리고 있어, 향후 국내 생산대수 집계에 대한 영향이 우려되고 있다.

이 대수들 중 전동구동식 사출성형기는 급속히 비율을 높이고 있다. 전동구동기 중에는 하이브리드형도 있는데, 형개폐, 사출, 스크류회전의 주요 구동축이 전동화된 기종으로만 한정해도 이미 70~80%의 높은 비율을 보이고 있다.

4. 전동구동식 사출성형기 주요 특징

전동식 사출성형기는 종래의 유압식 사출성형기에 비해 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

(1)정밀안정 성형성
서보모터의 구동으로 고정밀도·고응답의 제어가 이루어져, 정확한 반복 작동에 의해 안정된 정밀 성형을 실현할 수 있다.

(2)뛰어난 조작성과 시스템 기능
성형 조건은 완전한 디지털 설정으로 이루어져 설정조건의 기록과 재현 설정이 가능하다.

입력파형과 쿠션량, 온도변화 등의 성형 데이터를 모두 모니터하여 기록, 분석할 수 있으며, 가동 상황, 성형조건, 성형 데이터는 통신을 통해 집중 관리가 가능하다. 또 금형이나 주변장치와의 통신으로 성형시스템을 구축할 수 있다.

(3)에너지 절약 및 자원 절약
유압구동의 경우, 전기모터와 유압펌프로 발생시킨 입력과 속도를 각 작동부에 분배하는 구동제어로 인해 에너지 손실이 매우 커서 소비전력이 커진다.

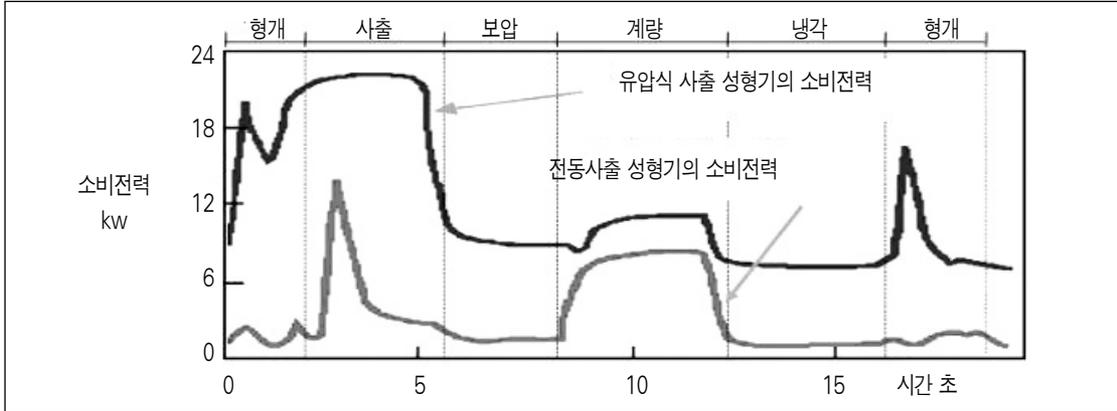
하지만 전동구동의 경우는 각 작동부에 서보모터를 설치해 필요한 공정에서 필요한 마력을 발생시키는 구동제어로 소비 전력이 유압구동에 비해 1/3~1/4로 매우 작다.

또 유압구동에서의 에너지 손실은 열로 변환되어 작동유의 온도를 상승시킨다. 따라서 이 작동유를 냉각시키기 위해 오일 쿨러가 사용되어 대량의 냉각수를 소비하게 된다.

(4)청결하고 조용한 작업환경
유압구동의 경우, 유압 피스톤부와 탱크의 에어 브리더에서 분출하는 작동유 비말(오일 미스트)과 패킹?씰부에서의 작동유 누출(오일 리크)로 인해 성형공장이 오염되기 쉽다. 하지만 전동구동의 경우는 작동유에 의한 오염이 없고 작동 소음도 낮다.

(5)용이한 보수
유압구동의 경우, 작동유는 유압기기의 접동(摺

[그림 2] 일본



動)에 의한 마모 가루와 산화 열화에 의한 오염이 부유하여 벨브류의 작동 불안정을 유발시킨다. 이 기계작동 불안정을 해결하기 위해 벨브 세척, 작동유 교환, 오일탱크 내부 청소 등의 보수 작업이 필요하다. 또 열화로 인한 누유 대책으로서 패킹, 씰, 고무호스류의 교환이 필요하다.

하지만 전동구동식 사출성형기의 경우 장애가 되는 부품은 볼 스크류, 타이밍 벨트인데, 충분한 부하용량을 가진 부품이 장비되고 적절한 윤활을 유지하면 수명은 충분히 길며, 또 전동구동식 사출성형기는 기계구조가 단순해 보수 작업도 용이하다.

5. 전동구동식 사출성형기 기본 구조

전동구동식 사출성형기는 형개폐(型開閉), 사출, 스크류 회전, 이젝터 등의 주동작이 서보모터에 의해 구동된다. 직선 동작의 형개폐, 사출 및 이젝터 등을 작동시키기 위해서는 서보모터의 회전구동을 타이밍벨트와 볼스크류를 사용해 직선구동으로 변환한다.

전동구동식 사출성형기의 형체장치에는 일반적으로 더블 토글 방식이 도입되어, 가동반에 이젝터가 설치된다. 또 형후조정 구동에는 3상 모터가 사용된다.

전동구동식 사출성형기의 경우, 사출장치의 사출 구동에는 대용량의 서보모터와 볼스크류가 사용된다. 스크류회전 구동은 서보모터와 타이밍벨트로 구동된다. 또 사출 유닛의 전후진·노즐터치 작동에는 3상 모터가 사용된다.

6. 최근의 사출성형업계의 니드

최근 점점 더 고도화하는 신기술 상품의 개발에 발맞추기 위해 사출성형업계에는 다음과 같은 니드가 요구되고 있다.

(1) 지구온난화 대책

세계에서 심각한 기후변화가 논의되고 있는데, 온난화가 지구에 파괴적인 타격을 가하기까지 남은 시간이 앞으로 40년도 채 되지 않는다는 의견이 나왔다.



[사진 1] 서보모터



[사진 2] 볼스크류



1992년 지구서밋(유엔환경개발회의)에서 지구온난화 방지 조약이 체결되면서 1995년 조약 체결국에서 회의(COP1)가 개최되었고 그 후 매년 각국에서 관련 회의가 개최되고 있다.

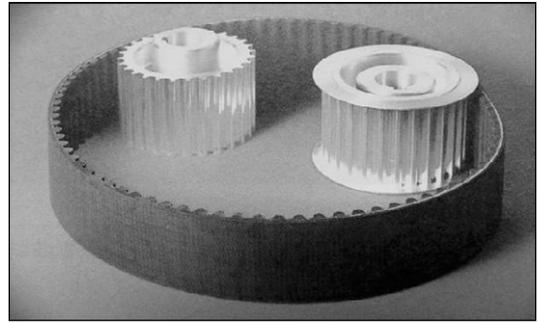
1997년 일본의 교토(京都)에서 COP3가 개최되었다. 이 회의에서는 선진국에 대해 1990년 기준으로 2008년~2012년을 목표로 온난화 가스 배출량의 5.2% 감축을 의무화한 '교토의정서'가 채택되었다.

2009년 덴마크의 코펜하겐에서는 COP15가 개최되었다.

'코펜하겐 합의'에서 세계 각국은 지구온난화 방지를 위한 활동의 본격화를 선언했다.

그러나 COP3에서는 선진국에만 감축이 의무화되었다. 현재 지구온난화 대책에는 선진국, 신흥국, 개도국의 국제협력이 필요하나, 선진국과 신흥

[사진 3] 타이밍 벨트



국·개도국과의 대립이 남아있다.

산업계 내에서 생산설비의 하나인 사출성형기는 매우 높은 구동마력과 큰 전열가열이 필요하므로 이 기계의 소비전력 저감은 큰 과제가 되고 있다.

(2) 하이 사이클 성형

사출성형기는 금형을 사용해 동일한 형상의 제품을 대량으로 양산하는 효율이 높은 설비다. 식품용기, 의료기, 정보매체인 CD·DVD, 커넥터 등의 공업부품 등, 다양한 플라스틱제품의 성형에 있어 생산성을 향상시키기 위해 사출성형기의 하이 사이클성이 요구되고 있다.

(3) 초정밀 미세 성형

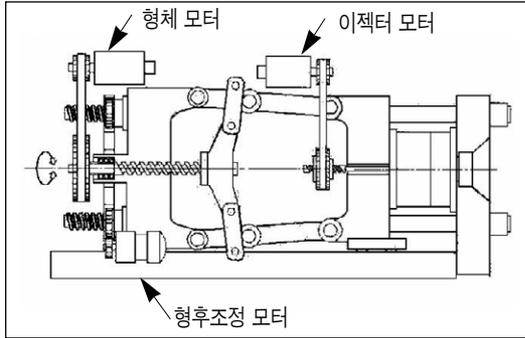
CD·DVD의 픽업렌즈, 디지털 카메라의 촬영 렌즈 등은 소형화를 위해 극소곡률 및 비구면화 되어 매우 정밀한 금형과 사출성형성이 요구된다.

또 협피치 커넥터, 화상인식 센서류, 의료기의 나노패턴칩 등의 미세한 금형 구조에 따른 미세 성형 가공이 필요하다.

(4) 초박육성형(超薄肉成形)

현대전화에 사용되는 액정표시용 도광판, 정보매체인 메모리카드 등의 콤팩트화, 박형화를 위한 초박육성형이 요구된다.

[그림 2] 일본



7. 업계 니드에 대응한 사출성형기의 기술개발 동향

전항(前項)의 업계 니드에 대응하여 다음과 같은 사출성형기의 기술개발이 적용되고 있다.

(1) 사출성능

박육·미세성형을 위해 초고속·고압의 고마력 사출이 필요하다. 최근에는 2,000kg/cm²의 고압 사출 압력, 1,000mm/sec~2,000mm/sec의 초고속 사출 속도 등이 필요해 짐에 따라 사출장치 구조의 고강성화(高剛性化), 구동장치의 고마력화가 요구되고 있다.

(2) 스크류실린더의 사양

스크류 실린더에는 높은 내부식성, 내마모성, 고내압성, 고내열성 등이 필요하며, 또한 새로운 기능성을 가진 수지의 혼련을 위해 특수형상의 전용 스크류가 필요하다.

(3) 형체(형조임) 성능

업계 니드를 만족시키기 위해 금형에 요구되는 정밀도는 매우 높다. 따라서 그와 같은 금형을 구동하는 형체장치에는 높은 강성(剛性)이 요구된다.

전동구동식 사출성형기에는 토글방식의 형체장치가 장착되고 있으나, 토글방식의 경우 형반(型盤)의 끝단에 가까운 부분이 역점(力點)이 되므로, 형체력을 작용시키기 위한 형반에 매우 큰 강성이 필요하다. 이를 해결하기 위해 2매 형반 및 중앙 누름 토글 기구 등이 개발되었다.

또한 미세·정밀부품 금형의 경우 보다 고정밀도의 금형구동을 위해 정밀도가 높은 형반의 평행 작동이 필요해져, 형반이 넘어지는 것을 방지하기 위한 전용 구조가 적용되고 있다.

(4) 제어 사양

업계의 니드에 부응하기 위한 (1)~(3)항의 기계 사양·성능에 대해 이들의 동작을 제어하기 위한 제어사양이 중요해지면서 전동구동식 사출성형기의 제어성의 이점이 크게 활용되고 있다.

① 전원 회생제어

사출성형기의 구동작동 감속 시에 서보모터는 역회전구동 방향으로 힘을 받는다. 이 때 서보모터는 발전기로 작동해 역기전력이 발생한다. 이 역기전에 의해 발생하는 전류는 종래에는 저항기에 의해 발열 배출되었다.

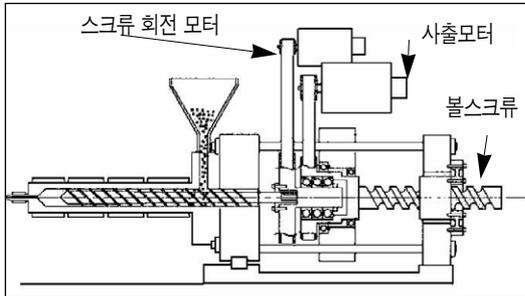
이에 대해 역기전류를 회수하는 전원회생 제어를 사출성형기에 적용한 기종이 있는데, 신간선(新幹線), 지하철 등에 적용하여 큰 효과를 올리고 있으며, 전지자동차, 하이브리드차 등에도 이 방식이 채택되고 있다.

② 제어 처리 속도

서보모터 구동방식의 제어속도는 밸브의 작동지연을 수반하는 유압구동방식에 비해 현격히 빠르며, 사출·보압(保?) 등의 제어 안정성이 뛰어나다. 특히 VP 절환위치, 다단사출·다단보압의 절환위치 제어의 안정성에 위력을 발휘하고 있다. 그



[그림 2] 사출장치의 구조



러나 업계의 까다로운 니드에 부응하기 위해 끊임 없이 제어성을 높이는 노력을 기울이고 있어 1/16,000sec의 처리속도의 제어를 적용하는 기종도 있다.

③사출응답성 제어

전동구동식 사출성형기의 경우 수지를 금형에 주입하는 조건은 수지의 종류, 성형품의 육압 등에 따라 서보모터의 가속제어를 시정수(時定數)로 선택할 수 있다. 또한 보압 전환 후의 압력유지 변화도 다단압력 설정으로 수행할 수 있다.

그러나 예를 들어 초박육성형품의 경우는 순간적인 사출속도의 증대와 순간적인 보압의 저감 조정으로 초박육 캐비티의 충전과 전면의 충전밀도의 균일화를 꾀하고 있다. 이를 위해 사출속도의 고응답 시동 제어 및 보압 저감의 선택제어가 개발되었다.

④고감도 금형 보호 제어

금형이 점점 더 복잡 정밀한 구조가 되면서 하이사이클로 가동하기 위해서는 고도의 금형 보호 감도가 필요하다. 이를 위해 AI 기능을 활용해 형개폐의 쌍방향으로 고감도의 보호기능을 작동시키는 제어가 화낙사에서 개발되었으며, 타사에서도 다양하게 개량이 이루어지고 있다.

⑤고정밀도 계량 제어

현대의 사출성형기에서 일반적으로 채택되고 있는 수지의 가소화 방식은 인라인 스크류 방식이다.

플라스틱 성형기는 압축성형기에서 트랜스퍼성형기, 사출성형기로 발전했는데, 그 후 사출성형기의 수지 가소화가 Plunger 방식, Preplasticating 방식으로 진화하여 현재의 인라인 스크류 방식에 이른지 약 60년이 되었다.

이 인라인 스크류 방식은 수지의 가소화 공정과 금형에의 사출 기능을 겸비한 뛰어난 방식이다. 그러나 가소화 공정과 사출공정의 절환을 위해 역류 방지 링이 장착되어 있는데, 이 부분에서 수지의 누출이 용융수지의 엄밀한 계량안정성을 저해하고 있다.

화낙사에서는 사출공정에서 용융수지가 체크링에서 백플로우하는 상황을 모니터링하는 제어를 개발했다. 이로써 각종 계량안정 조건을 쉽게 평가할 수 있게 되었다. 이어 지금까지 알려져 온 계량 공정 후 스크류를 역회전하여 체크링 전후의 수지 압력차를 균등화하는 기법과 사출공정 전에 스크류를 전진시켜 충전 수지를 압축하여 밀도를 고르게 하는 기법을 조합시켜 자동적으로 수지의 계량을 안정화시키는 제어를 개발했다.

8. 맺음말

이상 일본의 사출성형기의 기술개발 역사와 함께 현재의 첨단기술상품의 성형기술 니드에 부응한 최신기술을 소개하였다. 앞으로도 플라스틱 부품의 활용은 더욱 더 발전해, 그에 따라 개발되는 신기능 수지, 고성능 금형과 더불어 일본의 사출성형기의 기술개발은 더욱 더 진보를 거듭하며 유저 여러분께 공헌할 것으로 확신한다.