

기능성 생활용기 인 몰드 라벨링 금형 성형 기술

김유진[†] · 정귀재 · 공성호 · 신장순 · 윤길상 · 정우철 · 김건희 · 서태일

(주)JMP 기술연구소 · 한국생산기술연구원 정밀금형팀 · 인천대학교
(2008. 8. 18. 접수 / 2008. 11. 21. 채택)

Die and mold technology of in-mold labeling in functional packaging

Yu-Jin Kim[†] · Gui-Jae Jung · Sung-Ho Gong · Jang-Soon Shin · Gil-Sang Yoon ·
Woo-Chul Jung · Gun-Hee Kim · Tae-Il Seo

Technical R&D center, JMP, Inc., KITECH, Precision Dies & Molds Team, Incheon University
(Received August 18, 2008 / Accepted November 21, 2008)

Abstract : Recently, the demand of high-productivity injection mold increases since the consumption of packaging grows in the world. Stack mold is composed of more than two molds and it has very high productivity and economic efficiency. In advanced country, stack mold which has been developed already but, in occasion of domestic mold industry, there is no study of stack mold. In this study, die and mold of in-mold labeling was developed for securing the technique of manufacturing high-productivity mold.

Key Words : Finite element, Press mold, Stress, Strain, Deformation

1. 서 론

세계 생활용품 시장은 많은 변화를 겪고 있다. 생활용품 관련 제품 구매에 있어서 소비자들의 성향이 값싸고 품질이 우수한 제품을 선호하던 과거와는 달리 제품 용기의 디자인이나 기능성 등 심미적인 면을 제품의 품질이나 가격만큼 중요시하는 경향이 두드러지게 나타나고 있다. 소비자들의 구매 성향 변화로 인해 나타난 생활용품 시장의 고급화 경향은 세계 최대의 생활용품 시장인 미국과 유럽에서 시작되어 최근에는 신흥 시장으로 부각하고 있는 중국, 인도 등으로 급속히 확산되고 있는 추세이다. 세계 생활용품 시장이 급속히 변화하게 된 가장 큰 요인은 이들 국가들의 경제적 성장으로 인해 소비자들의 생활수준이 과거에 비해 크게 향상되었기 때문이다. 이러한 시장의 추세와 고급화된 용기에 대한 요구가 급증함에 따라 해외 금형선진국들에서는 대형 생활용품 전문 기업들과 금형·성형업체들을 중심으로 화려한 디자인과 다양한 기능이 결합된 고품질의 고기능성 용기를 생산할 수 있는 금형 및 성형시스템에 대한 연구가 활발히 진행되

고 있는데, 이러한 고품질·고기능성 생활용기를 생산할 수 있는 고부가가치 금형으로 가장 대표적인 것이 인 몰드 라벨링(IML, In-Mold Labeling) 금형이다. 인 몰드 라벨링(IML)은 금형내에서 라벨을 제품과 동시에 성형하여 용·접착시키는 것을 의미하는데, 성형제품의 형상에 따라 평평한 제품에 라벨을 동시에 성형하는 Flat type과 원통형 및 사각형 제품을 성형하는 Wraparound type으로 구분할 수 있다.

인 몰드 라벨링(IML)은 기존의 일반 금형·성형에 비해 초기 투자비가 높고 설계 및 가공이 어렵다는 단점이 있으나 별도의 라벨링 공정을 위한 설비가 필요 없어 제품 생산단가와 생산시간을 줄일 수 있고, 제품 용기의 경량화 및 내구력이 높으며 무엇보다도 기존의 열전사방식이나 접착방식의 라벨에 비해 심미 효과가 뛰어나다는 등의 장점으로 인해 유럽이나 북미의 선진금형업체들을 중심으로 오래전부터 연구되어왔다.

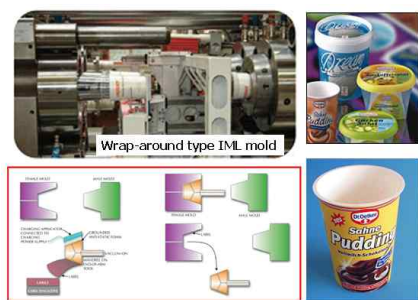
이들 금형선진국에서는 오랜 연구, 개발로 여러 가지 복잡한 형상의 Flat-type IML이나 Wraparound IML을 개발, 상용화하여 시장을 주도

하고 있으며 최근에는 대용량 IML 및 IML에 스택 금형(Stack mold)이나 다중사출 금형시스템을 결합시킨 기술집적형 금형시스템으로 변화하고 있는 추세에 있다. 이에 비해 국내 인 몰드 라벨링 금형제작 기술은 가전, IT 산업분야에만 일부 적용되고 있고, 생활용기 분야는 국내 도입기에 불과하여 선진국과의 기술 격차는 날로 심화되고 있는 실정이다. 최근 국내 생활용품 시장에서도 고급화 추세가 일어나면서 이에 대응하기 위해 국내 생활용품 관련 대기업들을 중심으로 일부 인 몰드 라벨링(IML) 제품이 국내에서 생산되고 있으나, 가장 중요한 인 몰드 라벨링 금형 및 라벨 핸들링 시스템은 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 인 몰드 라벨링 금형제작 및 성형기술은 금형회사의 기술평가 기준으로 활용되고 있으며, 나날이 성장하고 있는 국내 및 중국, 인도 등 신흥 시장 선점 및 점유율 확대, 선진국과의 기술 격차 축소 및 후진국과의 기술차별화를 위해서 본 기술에 대한 지속적인 연구·개발이 절실히 요구된다.

본 연구는 생활용기 사각 Flat type 인 몰드 라벨링(IML, In-Mold Labeling) 금형 및 성형기술 개발을 수행하고 이 과정에서 인 몰드 라벨링 금형 설계, 해석, 가공, 측정 및 성형 등에 대한 핵심 기반 기술을 축적, 확보하는데 그 목표가 있다.



(a) Flat IML process



(b) Wraparound IML process
Fig. 1 Trends of IML process

2. 인 몰드 라벨링 금형 설계 및 가공

2.1 사각 Flat-type 인 몰드 라벨링(IML) 금형 설계

사각 4 cavity Flat type 인 몰드 라벨링 금형을 설계, 제작하기 위해 본 사(社) 기술연구소가 과거 국내 생활용품 관련 C 社 및 L 社의 의뢰로 자체 개발했었던 Flat type IML 시금형에 대한 기술적 분석 작업이 수행되었다. 또한 유럽, 미국, 일본 등 해외 선진 인 몰드 라벨링 금형·성형 전문 업체들의 인 몰드 라벨링(IML) 금형 및 장비부문에 대한 조사 및 정보 수집을 통해 현재 본 사(社)가 보유중인 머시닝 센터(M/C), 고속가공기, 방전가 등 가공 관련 설비에 대한 적합성 평가를 수행하였고 아울러 제품 성형을 위한 사출기 및 라벨 핸들링 시스템 등 주변기기 인터페이스에 대한 검토 작업도 병행하였다. 또한 연구, 개발할 인 몰드 라벨링 금형 및 성형제품의 시장성과 경제성을 판단하기 위해 국내 생활용품 시장에 대한 조사도 수행하였다.

이러한 과정을 통해 인 몰드 라벨링 방식을 적용, 생산할 제품을 선정한 뒤, 3-D modeling 작업을 수행하였다. 선정된 model은 본 사(社)가 (주)CJ의 의뢰를 받아 개발 중인 기능성 식품용기의 캡(CAP)이며, 완성된 제품 modeling을 기반으로 사각 4cavity Flat type 인 몰드 라벨링 금형의 3-D modeling 작업을 수행하였다. 인 몰드 라벨링(IML) 제품 modeling 시 고려해야 할 가장 중요한 요소는 수지 수축률 및 라벨 특성을 고려한 concave 형상 설계에 있다. 인 몰드 라벨링 제품은 특성상 성형 시 수지 및 라벨의 수축률에 의해 2차폐에 걸쳐 수축이 발생한다. 이 때 제품 미성형 등의 불량 현상이 발생하는 경우가 많으므로 이러한 특성을 감안하여 제품 concave 형상 설계를 수행해야 한다.

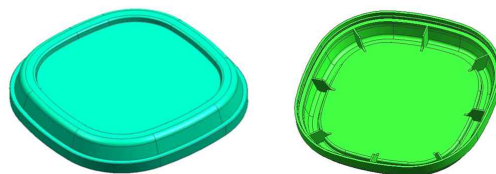


Fig. 2 Rectangular 4cavity Flat type IML 3-D modeling : Food jar cover

본 금형과 같은 인 몰드 라벨링(IML) 금형 설계

에서 고려해야 할 가장 중요한 핵심 기술로는 라벨 홀딩을 위한 금형내 정밀 vacuum suction 설계기술과 분할형 인서트 코어 금형 구조 설계 및 공차제어 기술, 그리고 냉각회로 설계 기술 등을 들 수 있다.

Fig. 3은 사각 Flat type 인 몰드 라벨링(IML) 금형에 실제 적용된 vacuum suction의 3-D modeling을 보여주는 것이다. 두께 0.1mm 이내의 얇은 기능성 필름 소재의 라벨을 금형 코어부의 정확한 위치에 삽입, 고정시키는 것이 인 몰드 라벨링(IML) 제품의 정밀도 및 생산성을 결정하는 가장 중요한 요인인데, 이를 위해 금형 코어부에 vacuum suction을 설계, 제작한 뒤, vacuum suction에서 발생하는 air로 금형 내에 삽입된 라벨을 흡입하여 정확한 위치에 고정, 유지시키도록 하였다. 라벨의 정확한 위치 제어를 위해서는 vacuum suction의 정밀한 설계 및 가공이 필요한데 이 때 금형 내 다른 부품들과의 간섭성 등 여러 변수들에 대한 고려와 더불어 vacuum suction의 공차에 특히 주의해 설계, 제작해야 한다. 아울러 라벨의 정확한 위치 제어를 통한 제품 정밀도 및 생산성 향상을 위해 금형 내에 센서를 장착하였다.

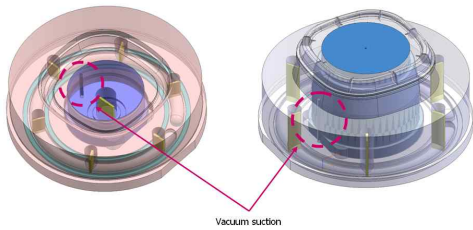


Fig. 3 Rectangular 4cavity Flat type IML die vacuum suction modeling

Fig. 4는 사각 Flat type 인 몰드 라벨링(IML) 금형의 코어부 설계시 연구, 개발되어 실제 적용된 분할형 core의 3-D modeling을 보여주는 것이다. IML 코어부를 설계할 때 코어부에 설계, 제작되는 vacuum suction의 설계, 간섭성 및 가공성 등을 고려해 일반적인 금형 코어 설계에서 많이 사용하는 일체형 코어 설계방식이 아닌, 각각의 상하 메인 코어를 여러 개의 인서트 코어로 나누어 설계, 조립하는 분할형 인서트 코어 금형코어구조 방식을 선택하였다. 분할형 코어는 기존 일체형 코어에 비해 vacuum suction의 설계 및 가공이 용이하고, 금형 코어의 냉각 효과가 뛰어나며, 성형시 가스빼기가

쉽다는 등의 장점이 있으나, 가공 및 조립이 난해하여 누적공차 등이 발생할 우려가 높으므로 정밀한 가공과 조립 및 측정 등이 필요하다.

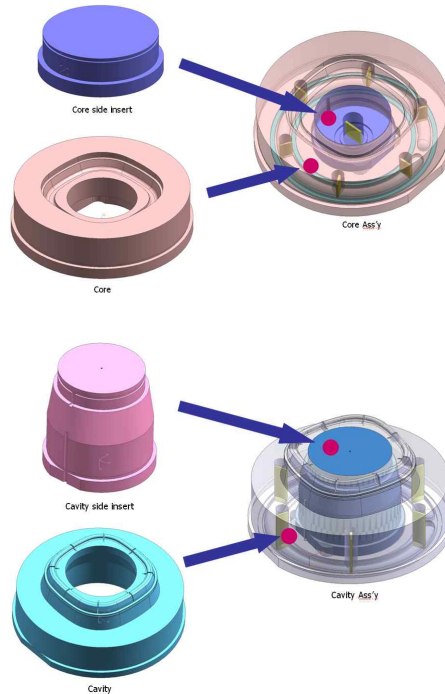


Fig. 4 Rectangular 4cavity Flat type IML die core modeling and Ass'y

Fig. 5는 사각 Flat type 인 몰드 라벨링(IML) 금형을 위한 최적의 냉각회로(cooling channel)를 보여주는 것이다. 냉각회로(cooling channel)는 인 몰드 라벨링 금형 및 성형 제품의 생산성, 품질 등을 결정하는 중요한 요인인데, 일반적인 다cavity 생활용품 금형의 경우 냉각설계 방식은 다cavity 일괄냉각방식을 사용하는 것이 대부분이다. 다cavity 일괄냉각방식은 코어들의 냉각 회로를 하나의 라인으로 연결하는 방식으로 설계, 제작하여 많은 cavity를 일괄 냉각시키는 방식으로 냉각 회로의 설계, 가공, 조립 및 수리, 관리 등이 용이하여 가장 많이 사용하는 방식이나, 구조상 냉각 회로에 온도차가 발생하여 코어 간 냉각 불균형 현상이 발생하는 경우가 많다. 이 경우 성형제품 불량 및 cycle time이 증가하는 등 생산성이 저하되는 문제를 일으킬 수 있다. 이러한 문제점을 고려하여 본 IML 금형 개발에서는 기존의 일괄냉각방식 대신, 냉각회로를 다수의

회로로 분할, 설계하는 냉각회로 분할설계 기술을 연구, 적용하였다. 냉각회로 분할설계 방식을 사용함으로써 냉각balance를 맞추므로써 제품의 불량률을 감소시키고 cycle time도 크게 단축시킬 수 있었으나, 대신 설계가 복잡하고 가공이 어려우며 특히 금형 내 각 부품 및 주변 기기와의 간섭여부 등 여러 변수를 고려해야 하는 고도의 정밀 설계기술이므로 냉각 channel에 대한 성형해석 과정이 필수적으로 병행되어야 한다. 이에 따라 최적의 냉각 회로 설계를 위해 위탁연구기관인 한국생산기술연구원에서 성형해석 과정을 수행하였고 이 해석 결과를 토대로 인 몰드 라벨링 금형을 위한 최적의 냉각 회로 설계를 수행하였다.

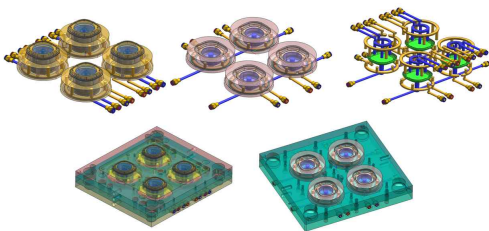


Fig. 5 Rectangular 4cavity Flat type IML die cooling channel modeling

이러한 설계상의 핵심기술들을 토대로 사각 4cavity Flat type 인 몰드 라벨링(In-Mold Labeling) 금형의 설계를 수행하였다. 아래 그림은 선정된 생활용품 CAP의 금형 3-D modeling을 나타낸 것이다.

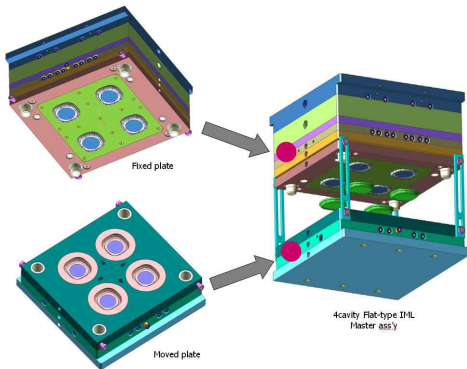


Fig. 6 Rectangular 4cavity Flat type IML die 3-D modeling

2.2 사각 Flat-type 인 몰드 라벨링(IML) 금형 가공

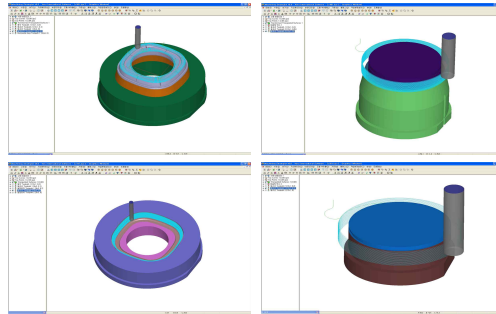


Fig. 6 CAM data of manufacturing die for rectangular 4cavity Flat type IML



Fig. 7 MIKRON VCP 1000-Duro와 VCP 710

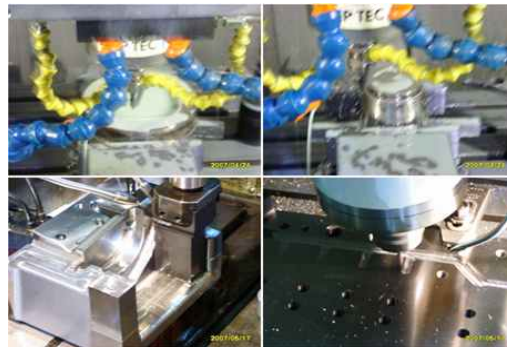


Fig. 8 Manufacturing of rectangular 4cavity Flat type IML die parts

인 몰드 라벨링 금형의 3-D modeling 공정이 완료된 후 코어 및 각 부품에 대한 정밀 가공 작업을 수행하였다. 가공공정은 앞서 언급한 바와 같이 부품의 형상 및 정밀도등에 따라 일반 머시닝센터(M/C), 고속가공기, 선반 및 연마 가공 등으로 나누어 각각 수행되었는데, 본 금형과 같은 다cavity 금형의 경우 동일 부품의 다수 제작을 위한 신속 정밀 가공 기술이 필요하다. 이를 위해서 전용지그를 제작, 활용하여 다수 부품 동시가공을 수행하였고, 특별히 높은 정밀도와 조도를 요구하는 부분인 코어(core)부분에 대해서는 별도의 CAM 작업으로 가공 data를 생성한 후 고속가공기에서 가공 작업을 수

행함으로써 가공시간 단축 및 금형 정밀도를 향상시켰다. 본 인 몰드 라벨링(IML) 금형의 core와 cavity 가공에 사용된 고속가공기는 스위스 MIKRON 社의 VCP 1000-Duro와 VCP 710이다. 이들은 주축 최고회전수가 42,000 rpm에 기계오차 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 의 높은 정밀도를 가지고 있는 정밀고속가공기로, 이 고속가공기를 적용함으로써 금형 부품의 정밀도를 크게 향상시킬 수 있었다. 아울러 인 몰드 라벨링(IML) 제품의 특성을 고려해 제품부 중 라벨이 접착되는 부분의 조도를 다르게 가공하는 Core 표면조도 편차가공기술을 개발함으로써 라벨흡착성을 향상시킬 수 있었다.



3. 인 몰드 라벨링 금형 측정, 조립 및 시성형

3.1 사각 Flat-type 인 몰드 라벨링(IML) 금형 측정
가공이 완료된 사각 4cavity Flat-type IML 금형 부품들 중 특별히 높은 정밀도를 요구하는 Core, cavity, stripper 등의 가공정밀도를 확인하기 위하여 각 부품의 특징 형상 및 주요 부분에 대한 CMM 측정을 실시하였다. 상하 메인코어가 여러 개의 분할형 인서트 코어들의 조립으로 구성되는 인 몰드 라벨링(IML) 금형에서 이들 인서트 코어들에 대한 측정을 통한 검증은 매우 중요하다. CMM 측정은 본 사 3차원 측정실에서 미국 Sheffield Measurement 社의 ENDEAVOR 9.9.7로 진행하였으며, 측정에 앞서 전문기관에 의뢰하여 측정기에 대한 검사 및 보정 작업을 수행하여 금형의 정밀도 및 측정 DATA의 신뢰도를 향상시켰다. 각 부분에 대한 측정결과 모두 $5.0 \mu\text{m}$ 이내로 나타나 양호한 결과임을 알 수 있었다.



Fig. 9 CMM of die parts(Sheffield Measurement, ENDEAVOR 9.9.7)

3.2 사각 Flat-type 인 몰드 라벨링(IML) 금형 조립 및 시성형

금형 Core부와 cavity부 및 stripper에 대한 측정과 수정 가공 및 후처리 공정이 끝난 후 인 몰드 라벨링 금형 조립 및 시성형 작업을 수행하였다. 본 금형과 같은 다 cavity 금형의 조립공정에서는 각 코어들의 공차로 인해 누적공차가 발생하는 경우가 많으므로 조립에 앞서 각각의 core와 cavity 및 기타 다른 주요 부품들의 수량 및 공차를 확인해야 한다. 또한 복잡한 냉각 channel의 위치정밀도와 청결도 등에 주의해야 한다. 아울러 별도의 진공발생기

를 금형 외곽 및 성형기에 설치하여 가장 핵심적인 부분인 vacuum suction의 성능과 정밀도를 점검할 필요가 있다.

시험성형 공정은 본 사(社)의 청주 제2공장의 사출성형라인에서 수행되었으며, 1차 성형 후 성형과정 및 성형제품의 상태 등을 검토한 뒤 드러난 금형, 성형변수 및 기타 주변기기의 문제점을 중점 수정, 보완하는 과정을 거친 후 재시험 성형을 통해 최적의 사출조건을 구하였고 이에 따라 성형공정을 성공적으로 수행하였다. 시성형에 사용된 사출기는 금형의 크기 및 무게 등 전체 사양과 성형제품의 두께가 얇은 생활용품이라는 특성 등을 고려해 현대 SPE 250 사출기를 사용하였으며, 수지는 LDPE(한화 722UA)를 사용하였다.아래 사진은 성형 당시의 사출장면과 성형제품을 보여주고 있으며 시성형의

과정은 별도의 동영상으로 촬영, 정리하였다. 시성형 결과 cycle time은 20.55sec로 양호한 것으로 나타났다.



Fig. 10 Molding of rectangular 4cavity Flat-type IML parts

4. 결 론

본 연구개발의 최종목표는 앞에서 언급한 바와 같이 생활용품 사각 Flat-type 인 몰드 라벨링(IML) 금형·성형 기술을 개발하여 선진국형 생활용품 금형·성형기술을 달성하는데 있다. 이러한 목표에 따라 인 몰드 라벨링(IML) 금형 설계, 해석, 가공, 측정 및 라벨 핸들링 메커니즘 등과 관련된 핵심기술에 대한 연구를 수행하였고 이를 토대로 사각 4cavity Flat-type 인 몰드 라벨링(IML) 금형을 개발하는데 성공하였다. 본 연구개발의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 사각 4cavity Flat-type 인 몰드 라벨링(IML) 금형 및 성형기술을 개발하였다. Flat-type 인 몰드 라벨링 금형을 개발하는 과정에서 얻어진 IML 금형 설계, 해석, 가공 및 라벨 핸들링 sys. 등과 관련된 기술 정보들은 향후 대용량 금형 및 고생산성 스택금형 개발을 위한 기반기술로 활용될 것이다.
- (2) 사각 4cavity Flat-type 인 몰드 라벨링(IML) 금형의 정밀도 및 생산성 향상을 위해 분할형 인

서트 코어, vacuum suction 등에 대한 연구 및 정밀 설계, 가공 기술을 개발, 적용하였다. 향후 이 부분의 설계에 대한 집중적인 보완 연구가 수행될 것이며 이를 통해 더욱 성능과 정밀도가 개선된 인 몰드 라벨링 금형을 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

- (3) 사각 4cavity Flat-type 인 몰드 라벨링(IML) 금형의 정밀도 및 생산성 향상을 위한 최적의 냉각 설계, 가공 및 조립 기술을 연구, 개발하였다. 이러한 기술 개발 과정에서 성형 해석 기술 개발 및 적용을 통한 선진국형 엔지니어링 설계기법의 도입으로 설계정밀도 및 신뢰도를 강화시켰다. 또한 CAM 체계화 및 고속가공기의 활용영역 확대를 통한 전체적인 가공 기술력과 정밀도 및 생산성 향상 효과를 얻을 수 있었다.
- (4) 사각 4cavity Flat-type 인 몰드 라벨링(IML) 금형의 개발로 인해 성형 제품의 국내 공급을 통한 매출액 신장 효과가 나타나기 시작했으며, 향후 지속적인 연구개발로 금형의 품질을 향상시키고 적용 제품군을 다양하게 할 경우 더욱 높은 매출액 신장 효과가 나타날 것으로 전망된다.

후 기

본 연구는 산업자원부에서 주관하는 생산기반기술개발사업의 일환으로 수행중인 “기능성 생활용기인 몰드 라벨링 금형 및 성형기술 개발(과제번호:10028344)”의 지원을 통해 수행되었습니다.