

## 시작차용 의장부품 성형을 위한 하이브리드 림 몰드 개발

양화준\*, 황보중\*, 이석희\*\*

### Development of Hybrid RIM Mold to Form Outfit-part for Prototype-cars

Hwa-Jun Yang\*, Po-Jung Hwang\* and Seok-Hee Lee\*\*

#### ABSTRACT

RIM(Reaction Injection Molding) is a widely used method to manufacture middle-large size outfit-part for a prototype car. The main advantage of RIM is the capability of manufacturing a small number of prototype parts with less cost and lead time than injection molding which is the most popular method to manufacture plastic parts.

Generally, epoxy resin and RTV(Room Temperature Vulcanization) silicon are used as mold materials for RIM, and the selection of mold materials is usually depended upon the industrial environment of manufactures and it decides overall mold making process and part quality.

This paper suggests a new mold making process by consolidating the advantages of epoxy resin and RTV silicon based RIM mold to enhance the parts quality while reducing the manufacturing cost and time and shows the competitiveness of the suggested process compared with conventional methods.

**Key Words** : Reaction injection molding(반응 사출 성형), Epoxy resin(에폭시 수지), Room Temperature Vulcanization silicon(실온도 경화 실리콘)

#### 1. 서론

고도화된 산업구조와 다양한 소비자들의 욕구를 충족시키기 위해서는 제품의 수명주기를 단축하고, 가능한 빠른 시간 내에 신제품을 시장에 내놓을 수 있어야 한다. 이러한 노력의 일환으로 개념 설계 단계로부터 최종제품의 양산까지의 공정 중 초기 단계이며 비교적 연구가 많이 진행되지 않았

던 시작 부품의 효과적 제작에 대해 관심을 가지게 되었으며, 패속조형(Rapid prototyping)기술<sup>(1)(2)(3)(4)</sup>과 패속형(Rapid tooling)제작법<sup>(5)(6)(7)(8)</sup>들이 그 실현 기술들이다. 이들은 디지털화 된 제품 설계환경에 적합하며, 시작품의 개발비용과 시간을 줄여 시장에서 제품의 경쟁력을 갖게 한다.

시작품 개발과정에서는 빈번한 디자인 및 기능상의 설계변경에 신속한 대응이 필요하고, 일정 수

\* 부산대학교 대학원

\*\* 부산대학교 기계공학부 및 기계기술연구소

량 이하의 한정된 수량 제작에 투입되는 비용을 절감하기 위해 양산제품과는 상이한 공법으로 부품을 제작하는 경우가 많다.<sup>(9)(10)(11)(12)(13)(14)(15)</sup>

자동차업체의 시작차(Prototype-car)용 중대형 플라스틱 의장 및 기능부품을 제작하기 위해 가장 많이 이용되는 제작방법 중의 하나는 림(RIM : Reaction Injection Molding)이다.<sup>(16)</sup>

림은 주재인 폴리올(Polyol)과 부재인 이소시아네이트(Isocyanate)를 혼합하면 일정시간 경과 후 비가역 발열반응이 생기면서 경화되는 특성을 이용한 것으로, 폴리올에 추가적으로 혼합되는 첨가제(filler) 성분 및 조성에 따라서 엔지니어링 플라스틱인 ABS(Acrylonitrile-Butadiene-Styrene)와 유사한 특성을 나타낸다.

Fig. 1은 림 성형으로 제작된 시작차의 의장부품 및 기능부품을 보여준다.

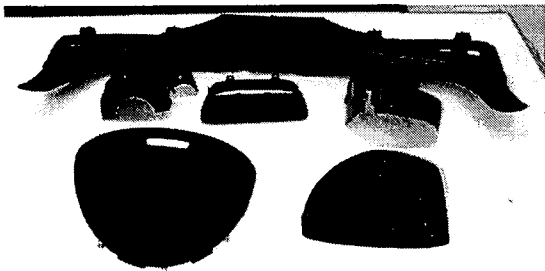


Fig. 1 Usage of RIM molded parts in prototype-car

성형을 위한 림 몰드 제작은 크게 에폭시 수지를 기반으로 하는 법<sup>(17)(18)</sup>과 쾌속조형 장비가 등장하면서 제작이 용이해진 마스터 모델을 이용한 RTV (Room Temperature Vulcanization)실리콘을 기반으로 하는 법<sup>(18)(19)</sup>으로 나뉘어지며, 전자의 경우 다층구조(Multi-layer), Mock-up을 기준으로 한 몰드 제작, 작업자의 경험에 의존하는 경향 등으로 특징지을 수 있다. 후자의 경우 미국 및 유럽에서 주로 사용되는 법으로 Mock-up 대신 실제 제품 형상과 동일한 3차원 마스터 모델을 기반으로 하고, 장비 및 재료에 대한 투자가 많은 반면 노동력 투입이 적고 작업자의 경험에 대한 의존도가 적다는 것으로 특징지을 수 있다.

최근 개발된 TW-RIM의 경우 새로운 RTV 소재의 개발과 성형조건을 개선하여 저압으로 성형이 가능하고 성형성이 향상되어 유용한 프로세스로 주

목받고 있다.<sup>(20)(21)</sup>

이러한 몰드 제작법과 성형법의 차이는 각 국가의 독특한 산업구조 즉, 자국 업체의 소재 개발 여부, 작업자의 근무 형태, 부품 제조 원가 구성비, 관련 기술의 발달 정도에 기인한다. 국내의 경우 시작차 의장부품을 위해 적용되는 방법은 주로 에폭시 수지를 기반으로 한 몰드 방식이며, 일본 및 미국 등과는 상이한 산업구조를 가진 우리 나라의 경우 국내의 현실에 맞는 몰드 제작법의 개발이 필요한 실정이다.

이에 본 논문에서는 에폭시 기반 법 및 RTV 기반 림 몰드 제작방법의 장점을 결합하고 국내 산업 환경에 적합하도록 변형한 새로운 종류의 림몰드(이하 하이브리드 림 몰드 : Hybrid RIM mold) 제작 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 Epoxy 및 RTV 기반 림 몰드의 제작법 및 특징에 대해서 기술하며, 제 3장에서는 제안된 하이브리드 림 몰드의 제작공정에 대해 설명하고, 제작된 몰드의 성형 및 결과에 대해 제 4장에서 고찰한다. 마지막으로 결론을 기술한다.

## 2. Epoxy 및 RTV 기반 림 몰드

일반적으로 사용되는 림 몰드 제작 방법은 크게 Epoxy 기반과 RTV 기반으로 분류할 수 있으며 각각의 제작 방법 및 특징은 다음과 같다.

### 2.1 Epoxy 기반 림 몰드

Mock-up을 기준으로 한 몰드 제작법으로 Epoxy 및 수지의 다층구조가 특징이며 전체적인 공정순서는 다음과 같다.

#### 2.1.1 Mock-up의 제작

나무로 만들어진 기초 위에 수지를 적층한 후 제품의 외관형상과 몰드 작업을 위한 전개면을 가공하는 것인데, 보통 가공 장비로는 NC(Numerical control)공작기계가 이용된다. Mock-up 제작공정은 몰드의 크기, 형상, 구조, 성형제품의 품질, 치수정밀도 등을 좌우하는 중요한 역할을 하므로 Mock-up 제작을 위한 CAD/CAM 및 기계 가공 작업을 위해서는 몰드 제작 전문가, 성형 전문가 등과 금형 방향(Die direction) 및 빼기 구배(Draft angle), 클램프(Clamp) 등의 설치구조 등에 대한 사

진 협의가 필요하다.

Fig. 2는 Mock-up의 NC 가공을 위한 CAD 데이터를 나타낸다.

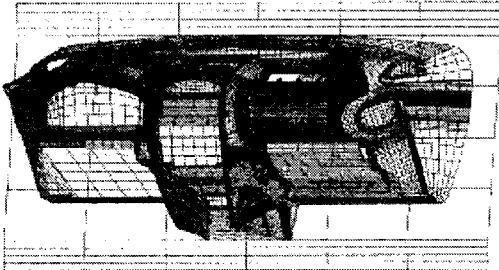


Fig. 2 Completed CAD data for N/C machining

### 2.1.2 하형 몰드 제작

진공 주형(Vacuum casting) 및 림 성형에 있어서는 사출성형(Injection mold)과는 달리 몰드를 수직 방향으로 설치하고 성형하는 경우가 많은데, 제품 표면의 기포 발생을 최소화하기 위해 제품면을 하형 몰드 쪽으로 두고, 보스(Boss) 및 리브(Rib)가 있는 쪽을 상형 몰드에 위치하도록 제작하는 것이 일반적인 방법이다.

하형 몰드의 제작은 다음과 같이 3단계로 이루어진 적층공정에 의해 완성되는데, 몰드의 표면은 림 성형과정에서의 고온 및 고압에 견딜 수 있는 내열성 표면수지가 4~5 mm 정도 적층되고, 그 위를 Epoxy 수지를 40 mm, 몰드의 최외각을 보강용 수지를 40 mm 정도로 적층 하는데, 표면층과 중간층 수지는 알루미늄 분말이 혼합된 Epoxy 수지이며, 최외각층은 유리섬유와 수지의 혼합물이다.

### 2.1.3 공동(Cavity) 작업

하형 몰드의 완성과 상형몰드를 제작하기 전에 상, 하형 몰드 조립상태에서 제품의 형상만큼의 공간을 확보하기 위해 공동을 만드는데, 제품의 평면 및 곡면 제작을 위해서 왁스(Wax)를 평판형상으로 제작한 시트왁스(Sheet wax)를 하형 표면에 부착하고, 보스나 리브 형상의 제작을 위해서 ABS 소재를 별도 가공하여 시트왁스 위에 부착한다. 이 때, 부착하는 각도에 따라 금형 방향에 대한 언더컷이 발생할 수 있으므로 레이아웃(Lay-out) 장비를 이용하여 부착방향의 정확한 각도를 유지하도록 하도록

한다. Fig. 3은 완성된 하형 몰드에 공동작업을 위한 시트왁스 처리를 한 모습이다.

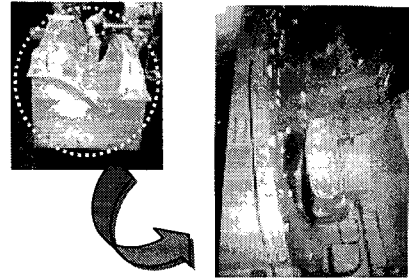


Fig. 3 Cavity process using sheet wax

### 2.1.4 상형 몰드 제작

성형하고자 하는 제품의 안쪽을 만드는 몰드로 보스 및 리브의 방향 및 탈형 시 방향설정이 중요하다. 제작법과 구조는 하형 몰드와 같다.

### 2.1.5 제작 및 성형 시 특징

Epoxy 기반 림 몰드 제작 및 성형 시 다음과 같은 특징들을 갖는다.

첫째, 몰드 소재가 Epoxy와 같이 경도가 높은 소재이므로 성형 중 제품표면과 내부에 기포발생의 위험이 높다. 일반적으로 림 성형용 수지를 몰드 내부에 주입시킬 때 주입 압력으로 몰드의 가운데 부분이 미세한 정도로 벌어지고 성형이 진행되어 주입이 종결되면 따라 원래의 상태로 복원되는데 이 과정에서 보스나 리브의 끝단에 있던 기포가 Overflow측으로 이동하여 기포가 제거되는 성형 기구를 가진다. Epoxy 기반 몰드의 경우 구조자체의 연성 부족으로 이러한 기능이 저하되어 림 성형에 대한 이론적, 경험적 지식이 없이는 기포발생을 막기 어렵다.

둘째, Epoxy 수지의 경우 제조 기술에 따라 그 물리, 화학적 특성에 차이가 많고 제조 후 시간이 경과하면서부터 그 기계적 특성이 저하되므로, 양질의 Epoxy 수지를 제작하지 못하고 수입 비중이 높은 국내의 경우 소재 구입 및 보관기간 문제로 인해 고정도의 몰드 제작에 어려움이 많다.

셋째, 수작업 중심의 작업공정으로 구성되어 있어 몰드 제작 회사 및 작업자의 기술에 따라 제품

의 품질이 좌우되는 경우가 많아 양질의 제품에 대한 안정적인 공급이 어렵다.

## 2.2 RTV 기반 림 몰드

주로 캐속조형기를 이용한 마스터모델을 이용하고, 작업자의 기술보다는 장비 및 재료에 의존하는 것이 특징이다. 전체적인 공정순서는 다음과 같다.

### 2.2.1 마스터 모델의 제작

일반적으로 CAD 모델을 STL 파일 형식으로 변환 후 캐속조형기로 적층조형하며, 치수정밀도가 우수하고 성형 사이즈가 큰 SLA(Strealithography Apparatus)기종이 주를 이룬다. 자동차의 인스트루먼트 판넬(Instrument panel)과 같이 캐속조형 장비로는 한 번에 성형할 수 없는 부품의 경우 여러대의 장비에서 동시에 분할 제작하여 접합하는 방법으로 마스터 모델 제작 기간을 단축할 수 있다. 이러한 경우 캐속조형 부품의 후처리 및 분할 제작된 성형 부품의 정밀한 접합이 중요하다.

### 2.2.2 지그의 제작

RTV 기반 림 몰드 제작에 있어 가장 중요한 특징 중의 하나는 지그의 제작이라 할 수 있는데, 그 역할은 다음과 같다.

첫째, 캐속조형 장비에 의해 분할되어 제작된 부품의 정확한 접합을 가능케 한다. 이러한 부품을 접합하는 과정에서 일어날 수 있는 결합각도와 접착면의 어긋남과 같은 문제를 NC공작기계를 이용하여 제작된 지그가 정확하게 고정시켜주기 때문에 안정된 치수정도를 유지시킨다.

둘째, 몰드의 분할면을 결정한다. 이를 위해 지그는 제품 부위뿐만 아니라 연장면의 형상까지 가공되므로 상하형의 결합형태 및 결합각도, 몰드 크기 등과 같은 몰드 구조 전반을 결정하는 기준이 된다.

### 2.2.3 하형 및 상형 몰드의 제작

Epoxy 기반 림 몰드 제작 공정에 비해 간단한데, 하형의 경우 이미 제작되어 있는 지그 위에 마스터 모델을 두고 그 위에 RTV를 충전하는 공정을 가지며, 상형의 경우 제작된 하형 위에 마스터 모델을 두고, 이형 및 배기구(Air Ventilation Hole) 처

리를 한 다음 RTV를 충전하는 과정을 거치게 된다. 제품의 크기가 커질수록 제품 성형 후 기포가 발생하는 부분에 배기구를 설치 하기 위해 RTV를 가공하는 것이 어려우므로 기포 발생이 예상되는 부위에 대해 예측이 요구된다.

### 2.2.4 제작 및 성형 시 특징

RTV 기반 림 몰드는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

첫째, 몰드 프레임 용 목재를 제외한 몰드 소재 전체가 유연한 RTV이기 때문에 성형성이 좋다. 그러나 성형품에 기포가 발생할 경우 추가적인 배기구 설치가 어려우므로, 몰드 제작 초기부터 성형 대상물의 형상에 따른 몰드 설계 기술이 요구된다.

둘째, 대형 부품을 성형하는 경우 성형 압력에 의해 주입구 부위 두께가 두꺼워 지는 경향이 있으며, 이를 막기 위해 사용되는 고경도 RTV의 경우 국내 공급이 어렵고, RTV의 탈포공정을 위해 별도의 장비가 요구된다.

셋째, 자동차의 인스트루먼트 판넬과 같은 대형 부품을 제작하기 위해서는 1000 kg 내외의 양의 RTV가 요구되며, 구매비용이 비싸 국내에서는 상대적으로 가격 경쟁력이 낮다.

## 3. 하이브리드 림 몰드 제작 공정

제안하는 하이브리드 림 몰드의 장점과 특징은 Epoxy 기반 림 제작 방법의 저렴한 재료비라는 장점과 RTV 기반 림 몰드 제작방법의 평이하고 단순한 작업공정 및 RTV의 유연성에 따른 우수한 성형성이라는 장점을 결합한 것으로 몰드 제작을 위해 제작되는 마스터 모델은 Mock-up과 캐속조형 파츠 어느 쪽도 가능하다.

본 논문에서는 대형 제품의 성형에 유리한 Mock-up 기반의 제작공정에 관해서 언급하기로 한다.

Fig. 4는 개략적인 하이브리드 림 몰드의 구조를 나타낸다. 목재로 만들어진 프레임이 형을 유지하고, 복합재료가 함유된 수지로 외각층을 형성한다. 몰드의 중간층은 림 성형 과정에서 발생하는 고압을 견딜 수 있도록 Epoxy 수지 층을 형성하고, 제품이 성형되는 몰드의 표면부는 약간의 언더컷에 대한 인서트 코어처리의 삭제와 성형시 소재의 유

연성에 의한 기포감소를 위해 RTV를 충전하는 몰드 구조를 가진다.

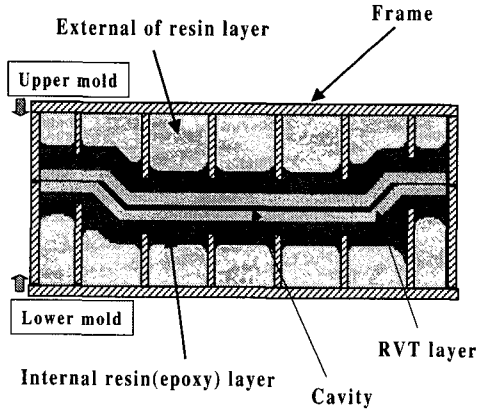


Fig. 4 Schematic diagram of hybrid RIM mold structure

전체적인 공정순서는 Fig. 5와 같다.

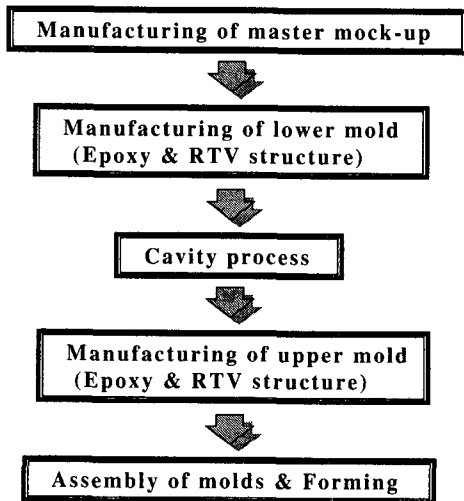


Fig. 5 Manufacturing process of Hybrid RIM mold

### 3.1 Mock-up의 제작

나무로 만든 프레임 위에 클레이 수지를 적층한 후 제품의 표면형상의 Mock-up은 제작한다. 이때 부품 형상과 전개면 그리고 몰드의 결합 구조를 적절히 결정해야한다.

몰드 제작의 첫 단계이므로 CAD, 현장 작업자, 몰드 제작 전문가의 의견을 조율하여 제작방안을 결정하는 것이 보통인데, 작업 순서 및 완성된 Mock-up을 Fig. 6에 나타내었다.

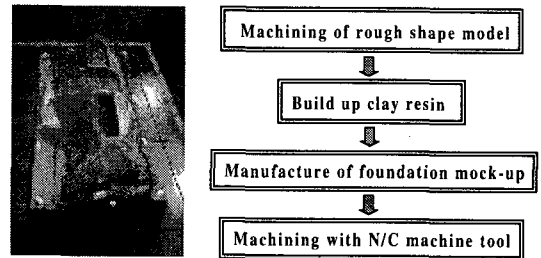


Fig. 6 Mock-up making procedure & Completed mock-up for Hybrid RIM

### 3.2 하형 몰드의 제작

하이브리드 림 제작 공정 중 기존의 림 몰드들과 가장 크게 구별되는 것은 상, 하형 몰드의 제작 공정이다.

Fig. 7은 하형 몰드 제작을 위한 각 공정에서의 작업 과정을 보여준다. 우선 RTV가 충전 될 공간을 만들기 위해 20~30mm 정도의 패드를 Mock-up 위에 접착하고 그 위에 Epoxy 수지를 적층한다.(Fig. 7(a)) 이 때 Epoxy 수지의 두께는 제품의 크기 및 형상에 따라 차이가 있지만 1m 이상의 대형 부품을 제작 할 경우 성형시의 압력에 견딜 수 있는 견고한 몰드 구조가 요구되며, Epoxy 수지를 한꺼번에 적층 할 경우 소재의 경화열에 의한 몰드 구조의 변형이 발생하므로 30mm 이하의 두께로 나누어 두 번 적층한다. Epoxy 수지의 적층과 경화가 완료되면 Mock-up과의 사이에 있는 패드를 제거하고 Epoxy 레진 층에 주입구와 오버 플로우 위치에 구멍을 뚫고 RTV를 주입한다.(Fig. 7(b)) 원활한 주입을 위해 주입구와 오버 플로우 위치는 분할면에서 가장 먼 곳에 정한다.

하형몰드의 면의 경우 제품의 외관을 결정하므로

로 패드가 부착되었던 부위에 RTV를 충전하는 공정에서 기포가 발생하지 않도록 주입 전 완전한 탈포공정이 수반되어야 한다.

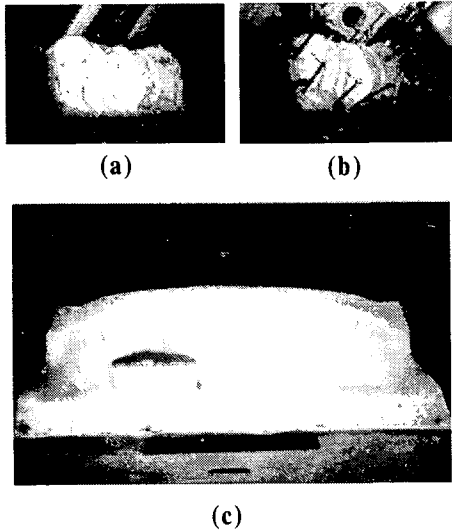


Fig. 7 Composite material layer of lower mold (a), RTV casting process (b), Completed lower mold (c)

성형 공정 시 원활 탈형과 몰드의 파손을 방지하기 위해서 하형 RTV층이 제품과 함께 취출되는 구조로 제작한다. 이때, 반복적인 부품의 성형을 위해서는 Epoxy 수지층과 RTV층이 정확하게 재결합되어야 하며, 이를 위해 두 층 사이에 홈을 내어 정확하게 결합할 수 있게 한다.

### 3.3 공동(Cavity) 작업

Epoxy 기반 림 몰드는 공동작업을 위해서 시트왁스 처리를 하는데, 국내의 경우 시트왁스 처리에 능숙한 작업자가 부족하고, 다양한 두께의 소재 수급이 어려워, 제작된 하형 몰드의 RTV 위에 클레이 수지를 적층하고 제품 두께만큼 Off-set하여 NC 공작기계로 절삭가공을 하여 적층된 클레이 수지가 제품의 성형공간을 형성하도록 한다.

성형 후 발생할 수 있는 기포를 제거하기 위한 장치는 일반적으로 공동부분의 작업에서 이루어지며, 기포가 발생하기 쉬운 보스 및 리브의 끝단이나 형상의 변화가 심한 부위에 0.5~1mm 정도의 얇

은 핀(Pin)을 부착하여 기포가 핀에 의해 만들어진 공간으로 흘러들게 하고, 보스 및 리브의 높이를 설계 치수보다 5mm 정도 길게 가공하여 이 공간으로 기포가 이동하도록 유발하여 성형 후 제거하는 방법을 사용한다.

Fig. 8(b)는 공동작업이 완료된 하형 몰드를 나타낸다.

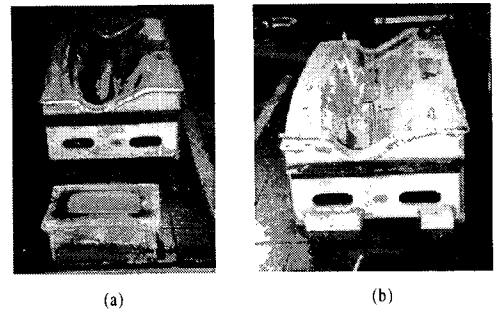


Fig. 8 The preparation of cavity process (a), Completed cavity process (b)

### 3.4 상형 몰드의 제작

제작하는 방법은 하형 몰드의 제작 방법과 거의 유사하며, 상형 몰드 경우의 RTV 층과 Epoxy 층 사이에 철망과 코일을 삽입하여 접촉면적을 늘려 견고한 결합을 유지하도록 한다. 이는 탈형 시 상형을 들어올리게 되는데, 중력에 의해 RTV 층이 Epoxy 층과 분리되어 성형된 제품이 처져 파손되는 것을 막기 위해서다. Fig. 9는 완성된 하이브리드 림 몰드를 보여준다.

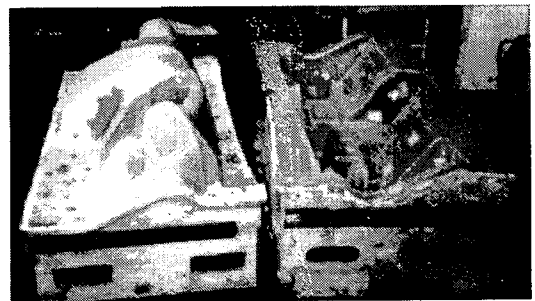


Fig. 9 Completed upper and lower Hybrid RIM molds

#### 4. 성형 및 결과

##### 4.1 성형

몰드의 제작이 완성되면 공동 부분을 만들기 위해 제작된 클레이 부위를 제거하고, 상형 및 하형을 체결하기 위해 클램프로 상, 하형을 고정시킨다. 몰드의 체결이 완성되면 소재를 주입하는데 사출성형법과 달리 몰드가 성형 장치에 고정되어 있는 성형방법이 아니므로, 성형 부품의 형상 및 주입구와 오버플로우의 위치에 따라 적절한 각도로 몰드를 기울여 성형한다. 일반적으로 소재의 주입에 필요한 시간은 제품의 크기에 따라 달라지는데, 제품의 유동이 비교적 자유로운 가사시간 이내에는 주입이 완료되어야 한다. 본 연구에서 사용한 수지의 가사시간은 70~100초이며, 성형이 완료된 부품은 45분 정도의 경화 후 탈형을 하게 되는데, 제품의 형상이 복잡하고 보스나 리브가 많은 부품의 경우 탈형시 제품과 몰드의 접착력과 마찰력에 의해 제품에 손상이 발생하는 경우가 있다.

본 연구에서 제안한 몰드의 경우 탈형 공정에서 상형 몰드, 성형제품, 하형몰드의 RTV 층을 하형몰드의 에폭시층에서 취출한 후 유연성이 있는 하형몰드의 RTV 층을 제품으로부터 벗겨내는 2단계 탈형 공정을 가지므로 제품이나 몰드의 손상 없이 손쉽게 탈형할 수 있다.

Table 1 Operating conditions and material properties of XU-19211

Operating conditions	
Mixing ratio (polyol/isocyanate)	1/1.2
Mold temperature (°C)	60
Resin temperature (°C)	25
Molding cycle times (minutes)	50
Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	15
Materials : XU-19211	
Density (g/mm <sup>3</sup> )	1.23
Tensile strength at yield (kgf/cm <sup>2</sup> )	350
Elongation at yield (%)	30
Hardness (shore D)	68
Izod-impact strength-notched (cm-kgf/cm)	11
Shrinkage (60°C, %)	0.6

Table 1은 성형 시 사용한 성형조건들과 재료의 물성치를 나타낸다.

Fig. 10은 하이브리드 림 몰드를 이용하여 제작된 제품의 정면과 윗면을 보여주고 있다.

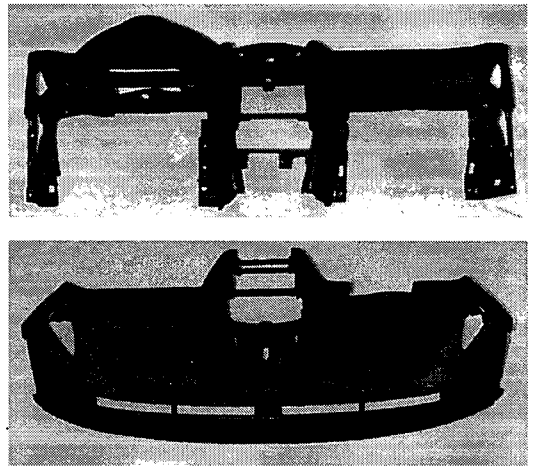


Fig. 10 Molded parts by the hybrid RIM molding process

##### 4.2 성형결과

Epoxy 기반 과 RTV 기반 제작법의 장점을 결합하여 제작한 하이브리드 림 몰딩법은 작업성과 성형성이 우수하다. 다음은 성형을 통해 제작한 부품과 설계품의 주요 치수를 비교하고, 다른 성형법들과 납기 및 비용에 대해 비교하였다.

##### 4.2.1 형상오차

Fig. 11은 제작된 부품의 형상오차를 비교하기 위해 중요 치수 부분을 표시하고 있다.

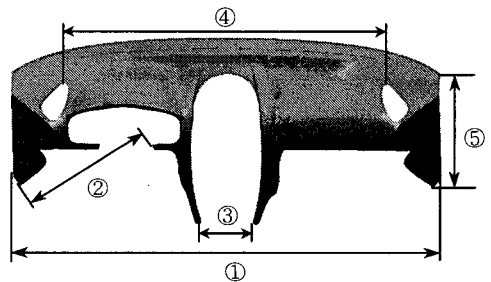


Fig. 11 Sample dimensions of the model

제작된 몰드로 5회 성형한 제품의 샘플링된 치수들의 평균값과 설계품의 치수를 Table 2에서 보여준다. 이때 림 성형시 나타나는 일반적인 수축률(0.6%)을 고려하여 몰드를 제작하였다.

Table 2 Measured data of sample dimensions

Sample dimension (mm)	Original design	Molded parts	dimensional deviation
1	15000	1499.71	0.29
2	599.68	599.57	0.11
3	1118.54	1118.32	0.22
4	184.53	184.48	0.05
5	453.89	453.62	0.27

Table 2에서와 같이 제작된 림 성형품의 치수를 설계품의 치수와 비교해 볼 때, 조립이나 기능상의 문제를 일으킬만한 치수 오차는 발생하지 않았으며, 자동차 의장부품의 허용 치수 공차인  $\pm 0.3 \text{ mm}$ 를 만족한다. 또 Epoxy 기반법과 RTV 기반법에서 나타나기 쉬운 기포발생이나, 제품의 두께가 주입구에 두꺼워지는 현상이 발생하지 않아 만족스런 결과를 보인다.

Table 3 Comparison of processing time and cost

Manufacturing cost (unit : 10,000 won)			
Seq.	Hybrid RIM mold	Epoxy-base RIM mold	RTV-base RIM mold
Master model	1200	1200	2000
Mold	2300	2500	3300
Forming (1piece)	120	120	120
Total	3620	3820	5420
Processing time (unit : day)			
Seq.	Hybrid RIM mold	Epoxy-base RIM mold	RTV-base RIM mold
Master model	12	12	22
Mold	17	28	12
Forming (1piece)	1	1	1
Total	30	41	35

#### 4.2.2 제작 기간 및 비용

일반적으로 신차 개발 과정 중에 제작되는 시작차는 200대 정도이며, 이 때 잦은 설계변경이 불가피하다. 따라서 소량의 부품을 빠른 시간과 낮은 비용으로 생산하는 것이 개발기간과 비용을 줄이는데 기여한다. Table 3은 산업현장에서 사용되는 표준납기와 비용을 이용하여 비교하였다.

제안된 공정법은 Epoxy 기반법에 비해 제작비용은 비슷하지만 납기면에서 10여일 유리하며 성형성이 우수하다. 또 RTV 기반법에 비해선 제작비용이 45%정도 절감할 수 있으며, 납기면에서도 수일 유리하여 유용한 공정법임을 알 수 있다.

#### 5. 결론

자동차업계에서의 신차개발을 위한 시작차 제작과정에서는 빈번한 디자인 및 기능상의 설계변경이 일어난다. 이에 그 부품의 품질을 높이고, 제작기간과 비용을 절감하는 것이 시장에서 신차의 경쟁력을 높일 수 있는 열쇠이다.

본 논문에서는 시작차용 중대형 플라스틱 의장 및 기능부품의 제작을 위해 많이 사용하는 림 성형의 몰드 제작을 Epoxy 기반 법 및 RTV 기반법의 장점을 결합하고 국내 산업환경에 적합하도록 변형한 제작법(하이브리드 림 몰드)을 제안하였으며, 그 유용성을 확인하였다. 본 연구의 주요결과는 다음과 같다.

- 1) Epoxy 기반 림 몰드 제작 방법의 저렴한 재료비라는 장점과 RTV 기반 림 몰드 제작방법의 평이하고 단순한 작업공정 및 RTV의 유연성에 따른 우수한 성형이라는 장점을 결합하였다.
- 2) 몰드의 상형과 제품 그리고 하형의 RTV층을 하형의 Epoxy층으로부터 취출한 후 하형의 RTV층을 벗겨내는 이중 탈형법을 제안하여 제품의 파손이 없는 용이한 탈형이 가능하다.
- 3) 평이한 작업성으로 몰드제작 회사나 작업자의 기술에 의존성이 적어 제품의 안정적인 수급이 가능하다.

#### 참고문헌

1. Paul C.H. Lin, C.Y. Chin, S.R. Cheng and Jacob Chen, "Manufacturing education for rapid



- prototyping," Proceedings of the 2nd annual international conference on industrial engineering applications and practices, Vol. 2, pp. 1321-1331, 1997.
2. D.T. Pham and R.S. Gault, "A comparison of rapid prototyping technologies," International journal of machine tools & manufacture, Vol. 38, No. 10-11, 1998.
  3. Kevin P. MCALEA, "DTMS Selective Laser Sintering technology: New products, New benefits, New manufacturing horizons," The eighth international conference on rapid prototyping Tokyo, Japan, Vol. 1, pp. 347-352, 2000.
  4. 허성민, 장복근, 최경현, 이석희, "SLS에서의 자동적인 조형자세 및 배치 결정에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제16권, 제11호, pp. 139-147, 1999.
  5. P.F. Jacobs, "StreoLithography accuracy, Quick-Cast™ & rapid tooling," ICALEO, p. 194, 1995.
  6. L.L. Kimble, "The selective laser sintering process: A path to rapid plastic part development," Proceedings of the ANTEC '92, pp. 2431-2433, 1992.
  7. Iuliano Luca, Settineri Luca and Gatto Andrea, "Advance in both rapid prototyping and rapid tooling techniques," Proceedings of the third facific RIM international conference on advanced materials and processing, Vol. 1, pp. 1631-1636, 1998.
  8. Charles W. Hull and Thomas H. Pang, "Recent advances in rapid prototyping and tooling technologies," The eighth international conference on rapid prototyping, Tokyo, Japan, Vol. 1, pp. 341-346, 2000.
  9. B. J. Arnold-Feret, "Laser sintered short run tooling for injection molding," Proceedings of the ANTEC '99, Vol. 1, pp. 1114-1117, 1999.
  10. C. Nelson, "Creation of plastic prototypes and molded plastic parts via selective laser sintering," Proceedings of the ANTEC '99, Vol. 1, pp. 1109-1113, 1999.
  11. A. Palmer and J. Colton, "Design rules for stereolithography injection molding inserts," Proceedings of the ANTEC '99, Vol. 3, pp. 4002-4006, 1999.
  12. Yarlagaadda Pkdv, Christodoulou P, Subramanian VS, "Feasibility studies on the production of electro-discharge machining electrodes with rapid prototyping and the electroforming process," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 89-90, pp. 231-237, 1999.
  13. Paul Blake, "Investment casting using FDM/ABS rapid prototyping patterns," The eighth international conference on rapid prototyping Tokyo, Japan, Vol. 1, pp. 358-363, 2000.
  14. 양화준, 황보중, 이석희, "SLS 조형품을 이용한 수지형 블로우 몰드제작 및 시작차 부품성형에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제17권, 제7호, pp. 124-131, 2000.
  15. Sung-Min Hur and Seok-Hee Lee, "Study on the Reconstruction of Skull Prototype using CT image and Laser Scanner," International Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 1, No. 1, pp. 146-151, 2000.
  16. Serope Kalpakjian, "Manufacturing processes for engineering materials," pp. 573-575, Addison-wesley.
  17. Joseph paxton, "Benchmarking rapid tooling processes," Rapid prototyping & manufacturing 99 conference and exposition rosemont illinois, Vol. 3, pp. 591-603, 1999.
  18. Eiji Inui, "PLT Rapid prototyping, high accuracy modeling, and tooling applications," The eighth international conference on rapid prototyping Tokyo, Japan, Vol. 1, pp. 353-357, 2000.
  19. Edward Scott, "Bringing science to mold-life testing of silicon RTVs by CARLOS," Rapid prototyping & manufacturing 99 conference and exposition rosemont illinois, Vol. 2, pp. 395-409, 1999.
  20. <http://www.industrialmodern.com/twr.html>
  21. <http://www.engineeringzones.com/tooling.htm>