

# 반도체 칩 캡슐화(encapsulation)를 위한 트랜스퍼 금형 캐비티(cavity)에서의 설계 해석 및 실험에 관한 연구

한 세진\*, 허용정\*\*

## Design Analysis in a Cavity with Leadframe during Semiconductor Chip Encapsulation

Sejin Han\*, Yong-Jeong Huh\*\*

### ABSTRACT

An Effort has been made to more accurately analyze the flow in the chip cavity, particularly to model the flow through the openings in the leadframe and correctly treat the thermal boundary condition at the leadframe. The theoretical analysis of the flow has been done by using the Hele-Shaw approximation in each cavity separated by a leadframe. The cross-flow through the openings in the leadframe has been incorporated into the Hele-Shaw formulation as a mass source term. The temperature of the leadframe has been calculated based on energy balance in the leadframe. The flow behavior in the leadframe has been verified experimentally. In the experiment, a transparent mold and clear fluid have been used for flow visualization. Comparisons were made between the calculation and experimental results which showed a good agreement.

**Key Words :** Chip Encapsulation Process(칩 캡슐화 공정), Transfer Molding(트랜스퍼 성형), Flow Visualization(유동 가시화), Cross-Flow(통과 유동)

### 1. 서 론

반도체 칩은 칩의 보호 및 적절한 사용을 위해서 에폭시 성형 합성물(epoxy molding compound)재료에 의해 캡슐화 되어진다.<sup>(1)</sup> 캡슐화 공정중 발생하는 복잡한 고분자 재료의 열기계적 거동은 성형조건 선정 및 금형설계를 어렵게하는 요인이 된다. 이러한 이유로 보

다 나온 금형 설계와 성형조건 최적화를 위하여, 캡슐화 공정의 설계해석과 평가과정이 필요하다.

그러나 이와 관련된 연구는 최근에 와서야 주목받기 시작하였고 관련 연구가 그다지 많지 않다. 이와 관련된 연구로서 대표적인 연구로는 Turng과 Wang의 연구가 있으며 이들은 유동해석을 위하여 상당히 단순화된 모델을 사용하였다.<sup>(2)</sup> 즉, 에폭시 성형 합성물 용융

\* 미국 코넬대학교 기계공학과 CIMP 연구팀

\*\* 한국기술교육대학교 생산기계공학과

액의 캡슐화 공정중의 거동을 일반화된 뉴튼유체 모델에 의해 기술하였고, 또한 칩 캐비티의 내부에 삽입되는 복잡한 형상의 리드프레임에서의 구멍을 통과하는 유동을 고려하지 않음으로써 오차를 유발하였다.

본 논문에서는, 리드프레임 상에 존재하는 구멍을 통해 발생하는 유동을 고려하고, 리드프레임 상에서의 열적 경계 조건을 보다 정확하게 부여하고자 하였다. 유동의 이론적 해석을 위하여 헬레쇼우(Hele-Shaw) 방정식을 채택하였고, 캐비티내 유동은 리드프레임에 의해 분리되는 것으로 가정하였다. 3차원 유동 모델 대신 헬레쇼우 모델이 이용된 이유는 아직까지 3차원 유동 해석이 어렵기 때문이고 또한 리드프레임의 형상이 대단히 복잡하기 때문이다. 헬레쇼우 모델상에서, 리드프레임의 구멍을 통한 유동을 질량 생성 항(mass source term)으로 간주하였다. 리드프레임의 온도는 리드프레임에서의 에너지 평형 방정식에 의거하여 계산하였다. 모델링과 해석을 통하여 얻은 결과를 검증하기 위하여 실험을 수행하였다. 실험에 있어서, 유동가시화를 위한 플라스틱 금형을 특수 제작하였고 실리콘 오일에 대하여 유동실험을 수행하였다.

## 2. 이론적 모델링 및 해석

### 2.1 지배 방정식

에폭시 성형 합성물의 탄성은 샘플의 큐어링(cur-

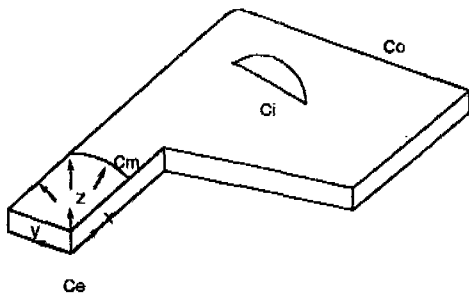


Fig. 1 Schematic diagram of flow in thin cavity.  $C_m$  to the advancing melt front,  $C_i$  to possible inserts in the mold and  $C_o$  to the outer boundary of cavity. The cavity is thin in the Z direction with a gap thickness of  $2h$ . Here  $Z=0$  corresponds to the mold wall and  $Z=2h$  corresponds to the leadframe.

ing) 정도가 낮을 경우 무시될 수 있다. 본 연구에서는 주로 캡슐화 공정의 충전단계에 주안점이 주어지므로 이 경우 샘플의 큐어링 정도가 낮기 때문에 유체의 탄성이 무시될 수 있고, 일반화된 뉴튼 유체로 가정될 수 있다.<sup>(3)</sup> 일반적으로 칩 캐비티의 두께가 폭에 비해 훨씬 작으므로 일반화된 헬레쇼우 방정식의 적용이 가능하다.<sup>(4)</sup> 사용된 방정식은 Chiang 외의 연구와 Turng 및 Wang의 연구에 사용된 것과 유사하다.<sup>(2,5)</sup>(Fig.1)

#### 연속방정식

고분자 재료 용융액의 압축성을 고려하기 위하여 연속 방정식이 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

여기서  $\rho$ ,  $t$ ,  $u$ ,  $v$ ,  $w$ 는 밀도, 시간 및  $x$ ,  $y$ ,  $z$  방향 속도이다.

#### 운동량 방정식

관성항을 무시하고 얇은 캐비티라고 가정하면  $x$ 와  $y$  방향의 운동량 방정식은 다음과 같이 주어질 수 있다.

$$0 = \frac{\partial}{\partial z} \left( \eta \frac{\partial u}{\partial z} \right) - \frac{\partial p}{\partial x} \quad (2)$$

$$0 = \frac{\partial}{\partial z} \left( \eta \frac{\partial u}{\partial z} \right) - \frac{\partial p}{\partial y} \quad (3)$$

$p$ ,  $\eta$ 는 압력과 전단점성을 나타낸다.  $z$ 방향의 운동량 방정식에 의해  $z$ 방향의 압력이 일정하다는 결론이 도출된다.

#### 에너지 방정식

얇은 캐비티로 가정하고 전단과 큐어링에 의한 열량을 고려하면 에너지 방정식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \rho C_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right) \\ = \frac{\partial}{\partial z} \left( k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \eta \dot{\gamma}^2 + \frac{d\alpha}{dt} H \end{aligned} \quad (4)$$

$C_p$ ,  $T$ ,  $k$ ,  $H$ ,  $\alpha$ ,  $\dot{\gamma}$ 는 비열, 온도, 열전도계수, 단위체적당 반응열, 큐어링 정도, 전단률이다.

#### 큐어링 방정식

이 방정식은 시간에 따른 큐어링의 진행정도를 고려하기 위한 것이다. 본 연구에서는 Kamal의 경험 방정식을 이용하였다.<sup>(6)</sup>

$$\left( \frac{\partial \alpha}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial \alpha}{\partial z} \right) = (K_1 + K_2 \alpha^\mu)(1 - \alpha)^v \quad (5a)$$

$$\alpha = \frac{H_i - H_e}{H_i} \quad (5b)$$

$$K_1 = A_1 \exp(-E_1/T) \quad (5c)$$

$$K_2 = A_2 \exp(-E_2/T) \quad (5d)$$

샘플의 큐어링 정도는 계측된 반응열을 이용하여 (5b)식으로부터 계산될 수 있다.  $H_i$ 는 이전에 아무런 반응도 일어나지 않은 경우에 있어서 샘플의 총반응열을 나타내고  $H_e$ 는 그 큐어링 정도가 결정된 실제 샘플의 반응열을 나타낸다. 위 식에서는 큐어링 정도를 나타내는 변수이고,  $\mu, v, A_1, A_2, E_1, E_2$ 는 고분자 재료의 종류에 따라 결정되는 일정한 값의 매개변수를 나타낸다.

### 경계 조건

캐비티 두께 방향에서의 경계 조건으로 다음과 같은 사항들이 고려된다. 벽에서의 미끄럼 방지 조건이 2차원 속도 경계 조건으로 사용된다.

두께 방향(z방향)에서의 속도 성분은 리드프레임에서 구멍을 통과하는 유동 속도(W)로 가정된다. 금형 벽에서의 용융액온도는 금형벽 온도( $T_{w1}$ )로 가정되나 리드프레임에서의 용융액 온도는 시간에 따라 변화 가능한 다른 온도( $T_{w2}$ )로 가정된다

$$u=0, v=0, w=0, T=T_{w1} \quad , \quad z=0$$

$$u=0, v=0, w=W, T=T_{w2} \quad , \quad z=2h$$

여기서 h는 캐비티 두께의 1/2이다. 리드프레임의 온도는 다음의 방정식으로부터 얻어진다.

$$\left( k \frac{\partial T}{\partial z} \right)_1 - \left( k \frac{\partial T}{\partial z} \right)_2 = \left( \rho_L C_L h_L \frac{\partial T}{\partial t} \right)_{Leadframe} \quad (6)$$

여기서 k는 유체의 열전도 계수이고  $\rho_L, C_L, h_L$ 은 각각 밀도, 비열, 리드프레임의 두께이다. 1, 2는 리드프레임에 의해 분리된 각각의 캐비티 부분을 나타낸다. 유체에 비하여 리드프레임의 열전도 계수가 훨씬 크기 때문에, 리드프레임의 온도는 각 순간에 있어서 균일한 것으로 가정된다. 다음과 같이 파라미터  $\lambda$ 를 정의한다.

$$\frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\partial v}{\partial z} = 0 \quad , \quad z = \lambda \quad (7)$$

평면 좌표에서 경계 조건은 다음과 같다.

입구  $C_e$ : 압력은 균일하나 시간에 의존

온도는 풀린저 온도에서 일정

큐어링 정도는 풀린저 온도에서 진전

캐비티의 외부 경계  $C_o$ 와 존재가능한 인서트(insert)의 경계  $C_i$ 를 따라:

$$\text{압력} : V_n = \frac{\partial p}{\partial n} = 0$$

온도 또는 큐어링 정도 : 조건 없음

유동 선단  $C_m$ 에서 압력은 0으로 가정된다. 유동 선단 영역에서 샘플의 다른 성질 (온도, 큐어링정도)은 특별한 주의를 요한다. 본 연구에서는, 현재의 시간 간격에서  $z_2$ 에서의 성질이 이전 시간 간격에서  $z_1$ 의 값에 의해 얻어진다고 가정한다. 여기서,  $z_1$ 과  $z_2$ 는 다음 식으로부터 얻어진다.

$$\int_0^{z_1} \rho(u - \bar{u})dz + \int_{z_2}^{z_h} \rho(u - \bar{u})dz = 0 \quad (8)$$

여기서  $\bar{u}$ 는 두께 방향 평균 속도를 나타낸다.

## 2.2 일반화된 헬레쇼오 공식화

$$\int_0^{z_h} \rho u dz = -\bar{S} \frac{\partial p}{\partial x} \quad (9)$$

$$\int_0^{z_h} \rho v dz = -\bar{S} \frac{\partial p}{\partial y} \quad (10)$$

x, y방향 질량 유량은 다음과 같이 주어진다. (4,5,6)

여기서  $\bar{S}$ 는 다음과 같다.

$$\bar{S} = \int_0^{z_h} \rho \int_0^z \frac{(\lambda - \hat{z})}{\eta} d\hat{z} dz \quad (11)$$

연속 방정식은 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_0^{z_h} \rho dz - \frac{\partial}{\partial x} \left( \bar{S} \frac{\partial p}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( \bar{S} \frac{\partial p}{\partial y} \right) = -\rho W \quad (12)$$

W는 리드프레임에서의 구멍통과 유속이다.

$\rho$ 를 계산한 후에, 속도는 다음과 같이 계산된다.

$$u = \frac{\partial p}{\partial x} \int_0^z \frac{(\hat{z} - \lambda)}{\eta} d\hat{z} \quad (13)$$

$$v = \frac{\partial p}{\partial y} \int_0^z \frac{(\hat{z} - \lambda)}{\eta} d\hat{z} \quad (14)$$

$\lambda$ 는 다음과 같이 결정된다.

$$\lambda = \int_0^{2h} \frac{z}{\eta} dz / \int_0^{2h} \frac{1}{\eta} dz \quad (15)$$

2.3 리드프레임 구멍 통과 유동

리드프레임 구멍을 통과하는 유동을 해석하기 위한 모델을 연구하였다. 멱급수법칙에 따르는 유체(power-law fluid)로 가정하였다. 대부분의 예측시 성형 합성물이 멱급수 법칙(점성과 전단률의 관계)을 만족하므로 이러한 가정이 타당하다. 그러나 본 연구에서 게이트 영역 유동 해석을 위한 유동에서의 게이트 각의 영향 등은 고려하지 않았다.

본연구에서 고려하는 리드프레임에 있어서 구멍의 형상은 직사각형 형상이고 종횡비는 상당히 큰 편이다. 그러므로 구멍에서의 유동을 평판간의 평면 유동으로 근사화한다. 멱급수 법칙에 따르는 유체에 있어서, 전단 점성과 전단률의 관계는 다음과 같이 주어진다.

$$\eta = \eta_0 (\dot{\gamma})^{n-1} \quad (16)$$

반면, 인장 점성(extensional viscosity)과 인장률의 관계는 다음과 같이 주어진다.

$$\mu = \mu_0 (\dot{\epsilon})^{m-1} \quad (17)$$

m, n은 인장 및 전단점성에서의 멱급수지수이다.  $\dot{\epsilon}$ 은 인장률이다. 평면 유동의 경우,  $\eta_0, \mu_0, n, m$ 은 다음과 같이 주어진다. (7) :

$$\mu_0 = 2^{n+1} \eta_0 \quad (18)$$

$$m = n \quad (19)$$

리드프레임 구멍을 통과하는 유동에 있어서 압력 강하는 다음과 같이 계산된다. 압력 강하는 입구 영역(1)

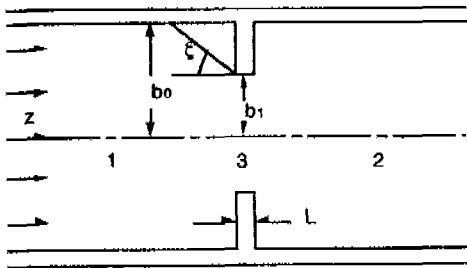


Fig. 2 A geometry for the flow through a leadframe opening.

에서의 압력 강하, 출구 영역(2)에서의 압력 강하 그리고 구멍 영역(3)에서의 압력 강하로 구성된다(Fig. 2).

입구 혹은 출구 영역에서의 압력 강하는 전단 점성 손실, 인장 점성 손실(extensional loss), 출구 손실로 구성된다. (7,8) 각 항은 다음과 같이 표현된다.

$$\Delta p_s = \frac{\eta_0}{2n\xi} \left(\frac{\sin \xi}{\xi}\right)^{2n} \left(\frac{Q}{2} \frac{2n+1}{n}\right)^n \left(\frac{1}{b_0^{2n}} - \frac{1}{b_1^{2n}}\right) \quad (20)$$

$$\Delta p_e = \frac{\mu_0}{2m} \left(\frac{Q \sin^2 \xi}{2 \xi}\right)^m \left(\frac{1}{b_0^{2m}} - \frac{1}{b_1^{2m}}\right) \quad (21)$$

$$\Delta p_c = \mu_0 \left(\frac{Q}{2b_1^2}\right)^m \int_{\xi}^{\pi/2} \frac{\sin^{2m-1} \beta (\beta \cos \beta - \sin \beta)}{\beta^{m+1}} d\beta \quad (22)$$

여기서 Q는 특정 구멍을 통과하는 단위 폭당 유량이며 이 경우 높이는 2b1이다. 입구 혹은 출구 영역에 있어서 실제의 압력 강하는 입구 혹은 출구의 총 압력(Δps, Δpe, Δpc의 총화)을 최소화하는 ξ의 값과 대응된다. 구멍 영역에서의 압력 강하(Fig. 2의 영역 3)는 완전히 발달된(fully developed) 유동에 대한 압력강하와 발달되고 있는(developing) 유동영역에서의 추가적인 압력 강하의 총화로서 계산될 수 있다.

멱급수법칙에 따르는 유체의 완전히 발달된 유동에 대한 압력 강하는 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta p_L = \left[ \frac{2(1+2n)Q}{n(2b_1)^2} \right]^n \frac{2\eta_0 L}{2b_1} \quad (23)$$

발달되고 있는 유동 영역에서의 추가적 압력 강하는 유한요소법으로 이 영역에서의 유동을 해석함에 의해

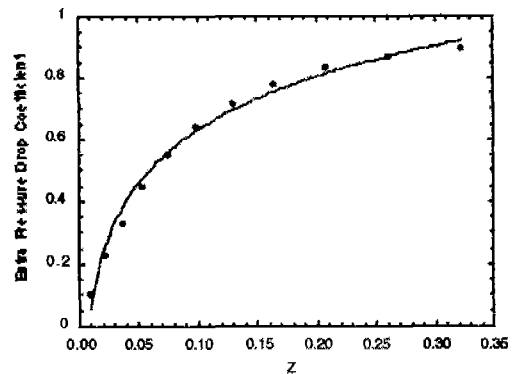


Fig. 3 Extra pressure drop coefficient (Kx) in the developing-flow region of a parallel plate.

계산될 수 있다. 그 결과가 Fig. 3에 도시되어 있다.

추가적인 압력 손실이 다음의 방정식에 의해 주어진다.

$$\Delta p_x = 2K_x \eta_0 \left[ \frac{2(1+2n)Q}{n(2b_1)^2} \right]^n \quad (24)$$

여기서

$$\begin{aligned} K_x &= 0, \quad Z < 0.01 \\ K_x &= A + B \ln(Z), \quad 0.01 < Z < 0.33 \\ K_x &= C, \quad Z > 0.33 \end{aligned}$$

여기서 Z는 리드프레임의 초기점을 원점으로 하여  $b_1$ 으로 노멀라이징(normalizing)된 리드프레임 구멍상의 좌표이다. 현재의 경우에 있어서,  $A=1.2041$ ,  $B=0.2501$ ,  $C=0.903$ 이다.

두 개의 캐비티 사이의 총 압력 강하는 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta p_t = 2(\Delta p_f + \Delta p_e + \Delta p_c) + \Delta p_L + \Delta p_x \quad (25)$$

상기의 방정식에서 인자 2는 연관된 압력 강하가 입구와 출구 영역에서 발생이 되기 때문에 나타난다. 만일 두 캐비티간의 총 압력 강하가 결정되면 다음의 방정식에 의하여 구멍을 통과하는 유량을 계산할 수 있다.

$$Q = \left( \frac{\Delta p_t}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5} \right)^{1/n} \quad (26)$$

$$F_1 = \frac{\eta_0}{2^n n \xi} \left( \frac{\sin \xi}{\xi} \right)^{2n} \left( \frac{2n+1}{n} \right)^n \left( \frac{1}{b_0^{2n}} - \frac{1}{b_1^{2n}} \right) \quad (27a)$$

$$F_2 = \frac{2\eta_0}{n} \left( \frac{\sin^2 \xi}{\xi} \right)^n \left( \frac{1}{b_0^{2n}} - \frac{1}{b_1^{2n}} \right) \quad (27b)$$

$$F_3 = 4\eta_0 \left( \frac{1}{b_1^2} \right)^n \int_{\xi}^{\beta} \frac{\sin^{2n-1} \beta (\beta \cos \beta - \sin \beta)}{\beta^{n+1}} d\beta \quad (27c)$$

$$F_4 = \left[ \frac{2(1+2n)}{n(2b_1)^2} \right]^n \frac{2\eta_0 L}{2b_1} \quad (27d)$$

$$F_5 = 2\eta_0 \left[ \frac{2(1+2n)}{n(2b_1)^2} \right]^n K_x \quad (27e)$$

$$W = \frac{Q}{2b_0} \quad (28)$$

계산을 수행함에 있어서 우선 방정식(12)의 해를 얻는다. 방정식(12)로부터 얻어진 압력 값을 이용하여 동일한 평면 위치에 상응하는 각 요소상에서 두 개의 캐비티간의 압력 차를 계산한다. 각각의 요소에서 계산된

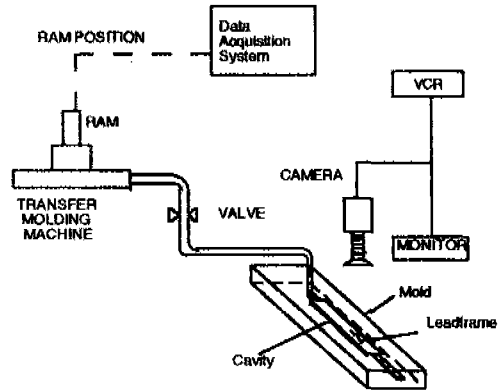
압력 차로 부터 방정식(28)을 사용하여 그 요소에서의 구멍을 통과하는 유동속도를 계산한다. 이 값은 다음 계산 단계에서 방정식(12)를 계산할 때 생성항으로 사용된다. 에너지와 큐어링 방정식에 있어서 구멍통과 유동의 영향은 각각의 방정식에서 w값에  $Wz/(2h)$ 값을 대입함으로써 고려될 수 있다.

### 3. 사례 연구 및 실험

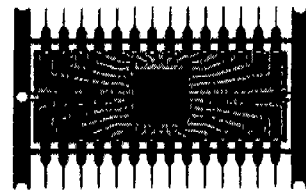
실리콘 오일과 에폭시 성형 합성물에 대한 사례 연구가 수행되었다. 계산 결과의 실험적 규명을 위하여 실리콘 오일이 사용되었다.

#### 3.1 실리콘 오일

리드프레임을 가진 캐비티의 유동을 연구하기 위하여 실험이 수행되었다. 사용된 실험 장치의 개략도가 Fig. 4(a)에 도시되어 있다. 이러한 실험에 있어서 투명한



(a)



(b)

Fig. 4 (a) Experimental setup used for the visualization of flow in a cavity with leadframe and (b) leadframe used in the experiment.

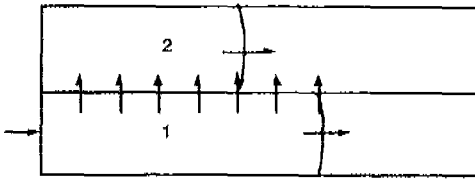


Fig. 5 Side-view of a rectangular cavity with leadframe in the middle. Fluid is fed at cavity 1 and some fluid flow through leadframe to cavity 2.

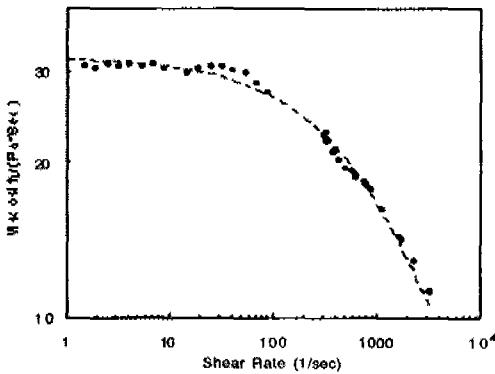


Fig. 6 Viscosity vs. shear rate of silicone oil (Dow-Corning 200) at 22°C used in the experiment.

실리콘 오일과 투명한 폴리카아보네이트 재질의 몰드 금형이 유동 가시화 실험을 위하여 사용되었다.

트랜스퍼 성형기의 포트(pot)에서의 실리콘 오일이 램(ram)의 움직임에 의해 캐비티 안으로 강제 유입된다. 리드프레임과 칩의 조립물이 직사각형 형상의 캐비티의 중앙에 위치되어 있다. 캐비티의 크기는 폭 14.42mm, 높이 3.86mm, 길이 38mm이다. 본 연구에 사용된 리드프레임과 칩의 조립물이 Fig. 4(b)에 나타나 있다.

게이트를 통하여 리드프레임에 의해 분리된 캐비티의 하부(캐비티 1)쪽으로 먼저 실리콘 오일이 유입되고, 리드프레임의 구멍을 통하여 캐비티의 상부(캐비티 2)로도 유입된다(Fig. 5 참조).

초기에는 캐비티 1에서의 유동이 캐비티 2에서의 유동을 앞서게 된다. 그러나 두개의 캐비티에서 유체 유동이 진행됨에 따라 리드프레임 구멍을 통한 유동이 증

가하고 캐비티 2의 유동이 캐비티 1의 유동을 따라 잡게 된다. 두 개의 캐비티에서의 유동 선단 변화를 비디오 카메라를 이용하여 녹화함으로써 시간 변화에 따른 두 유동 선단 위치를 관찰하였다. 유동 선단 위치 측정에 있어서의 오차 한계는 약 0.1 mm이다. 이상의 실험과 함께 수치 해석이 병행되었다. 실험에서 사용된 유체의 점성이 Fig. 6에 도시되어 있다.

예비적인 계산을 통하여 실험에서 나타나는 전단률의 범위는 점성이 뉴턴 유체에서 멱급수법칙에 따르는 유체 거동으로 변화하는 천이 구간보다 낮다. 그러므로 오일의 유동을 뉴턴유체로 가정 할 수 있다. 더구나 실험은 상온에서 수행되었고 유동 중에 가열되는 열량이 무시할 만 하므로, 등온 과정으로 가정될 수 있다. 실험시 충전시간은 12초로 하였다. 계산에 요구되는 기하학적 형상 데이터로서  $b_0$ 와  $b_1$ 의 값은 다음과 같이 결정되었다.(Fig. 7)

$b_1$ 의 값은 구멍높이의 1/2이다. 리드프레임의 내부에서의 요소에 있어서,  $b_0$ 는  $b_1$ 에 리드프레임의 두개의 인접한 구멍의 부위의 높이의 합의 1/2을 더한 값이다. 경계상의 요소에 있어서,  $b_0$ 는 리드프레임의 하나의 인접한 구멍의 부위의 높이의 1/2을 더한 값이다.  $b_0$ 와  $b_1$ 의 값은 각각의 요소에 있어서 달리 주어질 수 있다. 그러나, 본 연구에서는 보다 정확한 계산을 요하는 입

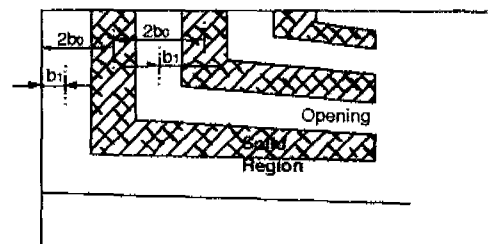


Fig. 7 Calculation of  $b_0$  and  $b_1$  for the leadframe.

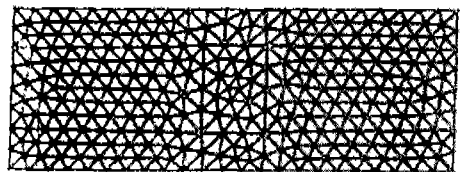
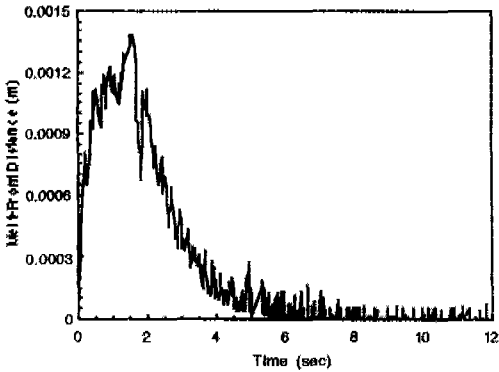
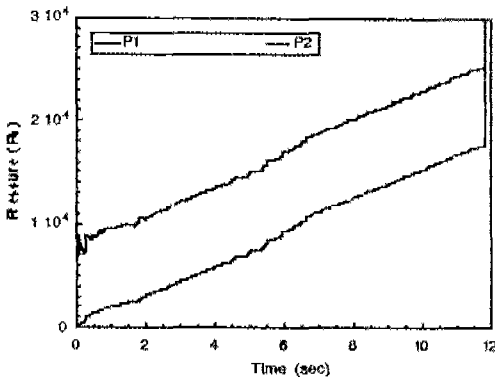


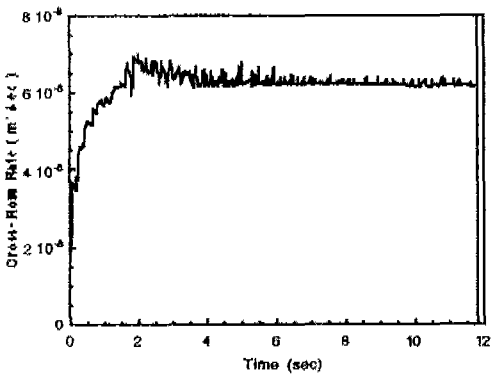
Fig. 8 Finite-element mesh used in the calculation.



(a)



(b)



(c)

Fig. 9 (a)distance between melt fronts at cavity 1 and cavity 2, (b)pressure at two nodal points in the entrance region(P1:node at cavity 1, P2:node at cavity 2), (c)Cross-flow rate from silicone oil.

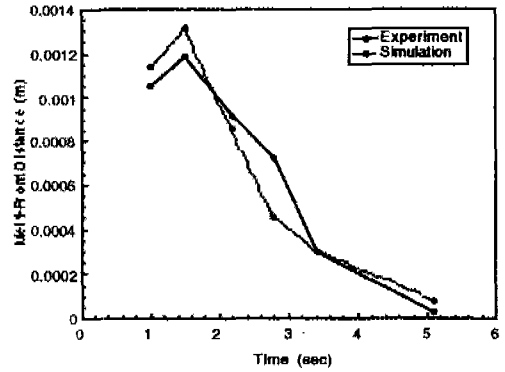


Fig. 10 Measured and calculated distance between two meltfronts at cavity 1 and 2 for silicone oil.

구 영역 이외에는 전 영역에 걸쳐서  $b_0$ 와  $b_1$ 의 값을 평균값으로 취하였다. 본 연구에서의 내부 영역의 요소의 경우  $b_0$ 의 값은 1.11mm이고  $b_1$ 의 값은 0.5mm이나, 입구 영역의 요소의 경우  $b_0$ 는 1.12mm이고  $b_1$ 은 0.75mm이다. 리드프레임의 두께는 0.254mm이다. Fig. 8은 계산에 사용된 유한 요소 모델을 나타낸다.

Fig. 9는 계산 결과를 나타낸다. Fig. 9(a)는 두개의 캐비티의 유동 선단 위치간의 차이를 예측한 결과를 보여준다. Fig 9(b)는 두개의 캐비티에 있어서 입구 영역의 노드점에서 예측된 압력을 나타낸다. 이상의 결과는 두개의 캐비티에서 두 유동 선단이 근본적으로 일치한 후라 할지라도 거의 일정한 압력 차이를 유지하고 있다는 것을 보여준다. 이 사실은 두개의 캐비티에서의 유동 선단 위치가 같을 경우 두 캐비티에서의 압력이 같다고 하는 보통의 가정과 명백히 다르다. 이러한 압력의 차이는 패들 전위(paddle-shift)와 와이어스weep(wire sweep)해석에 영향을 줄 수 있다. Fig. 9(c)는 리드프레임의 구멍을 통한 총 유량(캐비티 1로부터 캐비티2로의 총유량)을 나타낸다. 그래프상에서 변동이 큰 이유는 유한요소의 크기와 유동선단 거리의 오더(order)가 거의 같기 때문이다.

두 유동 선단간의 차이를 실험과 수치 해석을 통해 규명한 결과가 Fig. 10에 나타나 있다. 두 결과는 상당히 잘 일치하고 있다.

3.2 에폭시 성형 합성물

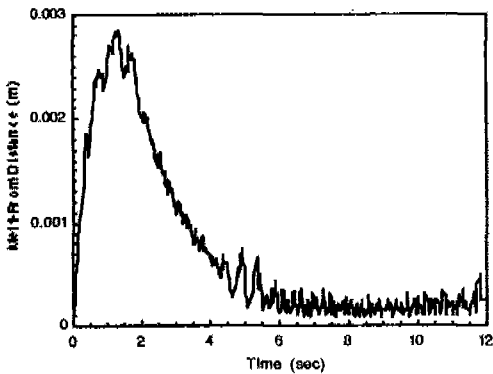
동일한 계산이 에폭시 성형 합성물에 대해서도 수행되었다. 계산을 위하여 채택된 점성 모델은 확대된 Macosko 모델이다.<sup>(9)</sup>

$$\eta(a, T, \dot{\gamma}) = \frac{\eta_0(T)}{1 + \left(\frac{\eta_0(T)\dot{\gamma}}{\gamma^*}\right)^{1-n}} \left(\frac{a_2}{a_s - a}\right)^{(c_1+c_2)} \quad (29)$$

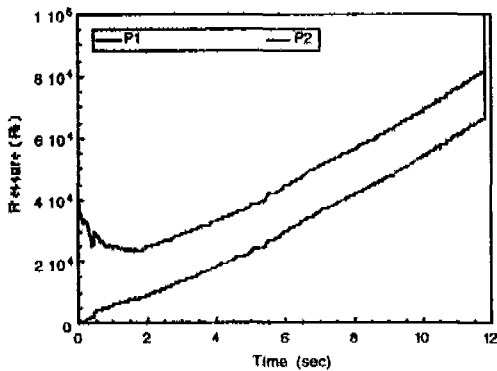
$$\eta_0(T) = B \exp(T_0 / T) \quad (30)$$

Macosko의 점성 방정식과 Kamal의 운동 방정식의 파라미터 값이 Table 1에 도시되어 있다.<sup>(10)</sup>

리드프레임의 초기 온도는 모듈드 금형 온도 175°C



(a)



(b)

Fig. 11 (a)Distance between melt fronts at cavity 1 and cavity 2. (b)pressure at two nodal points in the entrance region(P1:node at cavity 1, P2:node at cavity 2) for epoxy molding compound.

Table 1 Fitted parameters for the viscosity and kinetics of MP190MEMC

n	$\tau^*$ (Pa)	B (Pa*s)	$T_b$ (K)	$\alpha_g$	$c_1$	$c_2$
0.740	1e-4	4.2e-4	8067.1	0.2833	3.5374	-5.203
$\mu$	$\nu$	$A_1$ (1/s)	$A_2$ (1/s)	$E_1$ (K)	$E_2$ (K)	
0.523	1.366	2.046	5.47e7	5.34e3	9.47e3	

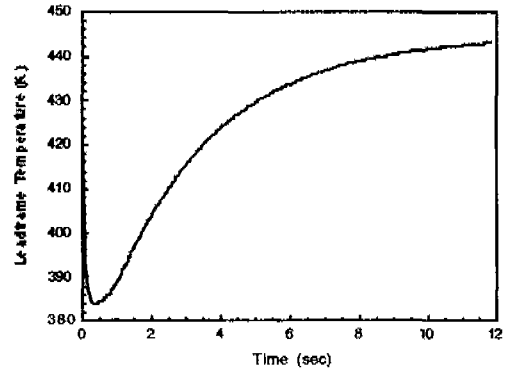


Fig. 12 Variation of leadframe temperature with time when the mold temperature is 175°C.

와 동일한 것으로 가정하였다. 충전시간은 12초로 하였다. 리드프레임 구멍을 통한 통과 유량은 체적온도에서의 값을 사용하여 계산되었다. 계산 결과가 Fig. 11에 도시되어 있으며 실리콘 오일의 거동과 비슷한 결과를 보여준다. 시간에 따른 리드프레임 온도 변화가 Fig. 12에 나타나 있다.

4. 결 론

- (1) 리드프레임 구멍을 통한 유동은 리드프레임 구멍의 유동면적 변화와 관련된 압력변화를 고려함으로써 계산될 수 있다.
- (2) 리드프레임 구멍을 통한 유동을 고려하면 리드프레임에 의해 분리된 상하의 캐비티에서 발생하는 압력차를 예측할 수 있다.
- (3) 본 연구에서 개발된 모델로부터 계산된 유동선단의 위치는 실험결과와 잘 일치하였다.
- (4) 리드프레임의 온도는 금형표면의 온도보다 일반적으로 낮고 이는 보다 엄밀한 해석을 위하여 반드시 고려되어야 한다.



## 참고문헌

1. Manzione, L.T., Plastic Packaging of Microelectric Devices, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
2. Turng, L.S. and Wang, V.W., "On the Simulation of Microelectronic Encapsulation with Epoxy Molding Compound", SPE RETEC, Raleigh, North Carolina, Nov. 10-12, pp.92, 1991.
3. Bird, R.B., Armstrong, R.C. and Hassager, O., Dynamics of Polymeric Liquids, Wiley-Interscience, New York, Vol.1, 1987.
4. Hieber, C.A. and Shen, S.F., "A Finite-Element/Finite-Difference Simulation of the Injection-Molding Filling Process", J. of Non-Newtonian Fluid Mechanics 7, pp.1-32, 1980.
5. Chiang, H.H., Hieber, C.A. and Wang, K.K., "A Unified Simulation of the Filling And Postfilling Stages in Injection Molding", Part I and II, Polymer Eng. Sci., V.31, pp.116-139, 1991.
6. Isayev, A.I. (Editor), Injection and Compression Molding Fundamentals, Marcel Dekker, New York, 1987.
7. Gupta, M., Personal Communication, Cornell University, 1994.
8. Collyer, A.A. and Clegg, D.W. (Editor), Rheological Measurement, Elsevier Applied Science, New York, 1988.
9. Castro, J.M. and Macosko, C.W., "Kinetics and Rheology of Typical Polyurethane Reaction Injection Molding Systems", SPE Technical Papers, 26, pp.434, 1980.
10. Han, S. and Wang, K.K., "Viscosity Characterization of Fast-Curing Epoxy Molding Compound Using a Modified Slit Rheometer", SPE ANTEC Paper, San Francisco, CA, 1994.