

# Sheet Molding Compound 금형의 가열채널설계 및 평가기술

이 성 희, 허 영 무  
(한국생산기술연구원 정밀금형팀)

이 중 훈  
(주도하인더스트리 기술연구소)



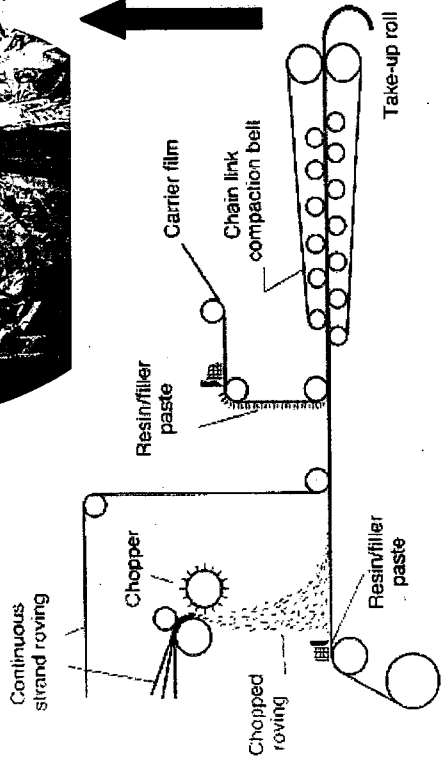
NOV. 30. 2004

- ✦ 연구배경
- ✦ Sheet Molding Compound(SMC)
- ✦ 사출성형에서의 냉각채널설계
- ✦ SMC 모델의 형상 분석
- ✦ 가열채널 레이아웃 설계
- ✦ 유한요소 열해석
- ✦ 적외선 카메라(IRC)를 이용한 실험
- ✦ 해석 및 실험 결과 비교
- ✦ 삼차원설계/제작/성형
- ✦ 결론

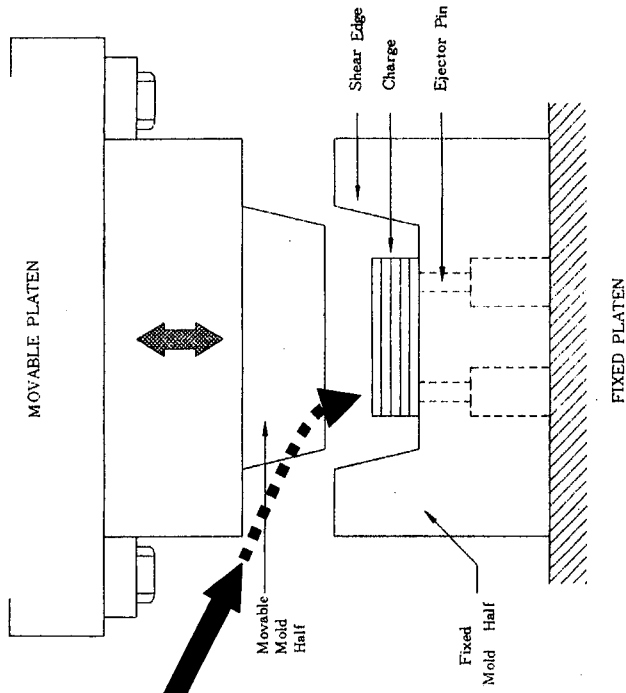
## 1. 연구배경

- ✓ SMC 금형의 온도분포에 가열채널레이아웃(Heating Channel Layout: HCL)이 미치는 영향
- ✓ 양질의 SMC 복합재료 제품을 성형하기 위한 SMC 금형의 최적 HCL 설계 기술
- ✓ 설계된 HCL의 빠른 검증 방법
  - Numerical Approach
  - Experimental Approach

# 2. Sheet Molding Compound

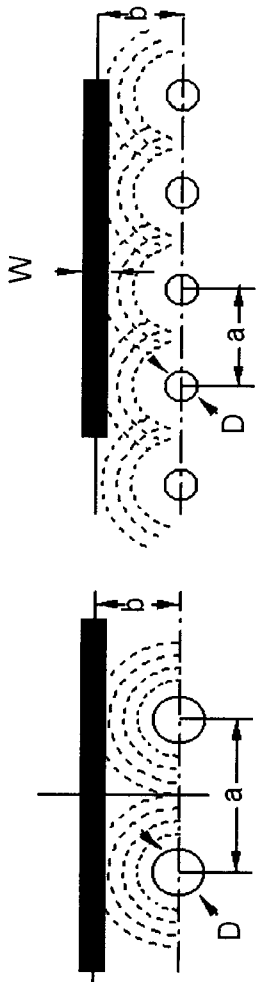


<Sheet molding compound(SMC) fabrication<sup>[R1]</sup>>

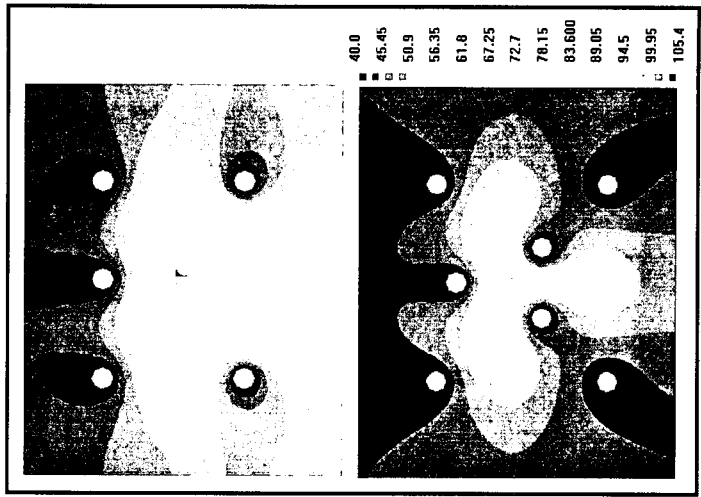


<Compression Molding of SMC<sup>[R2]</sup>>

### 3. 시준성형에서의 냉각채널 설계

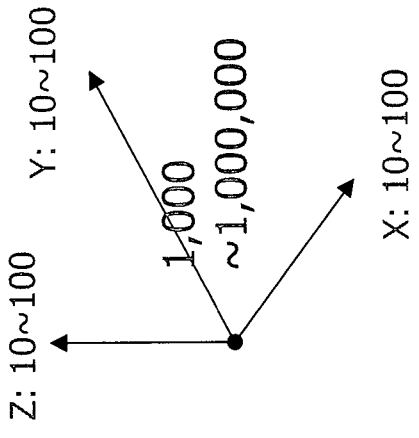
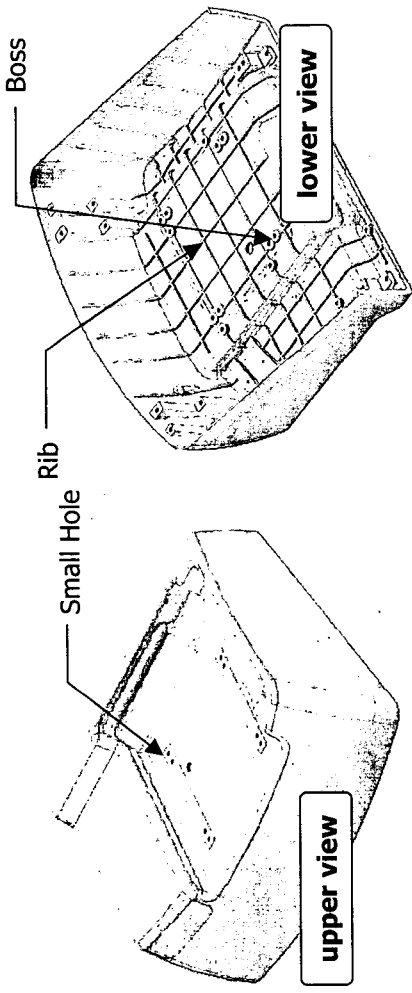


	(a) Non-Uniform Heat Removal	(b) Largely Uniform Heat Removal
Design rules:	1. Part thickness W	Channel diameter D
	<2mm	8~10mm
	<4mm	10~12mm
	<6mm	12~15mm
2. Spacing b	= 2~3×Channel diameter D	
3. Spacing a	= max3×Channel diameter D	

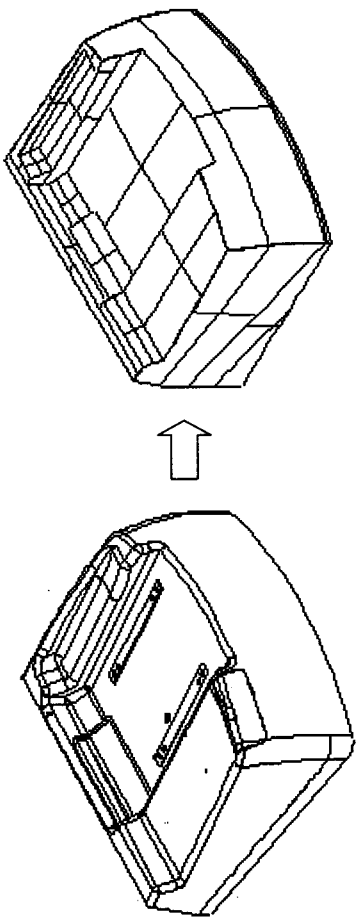


<Conventional design guide for cooling channel in injection molding[R3]>

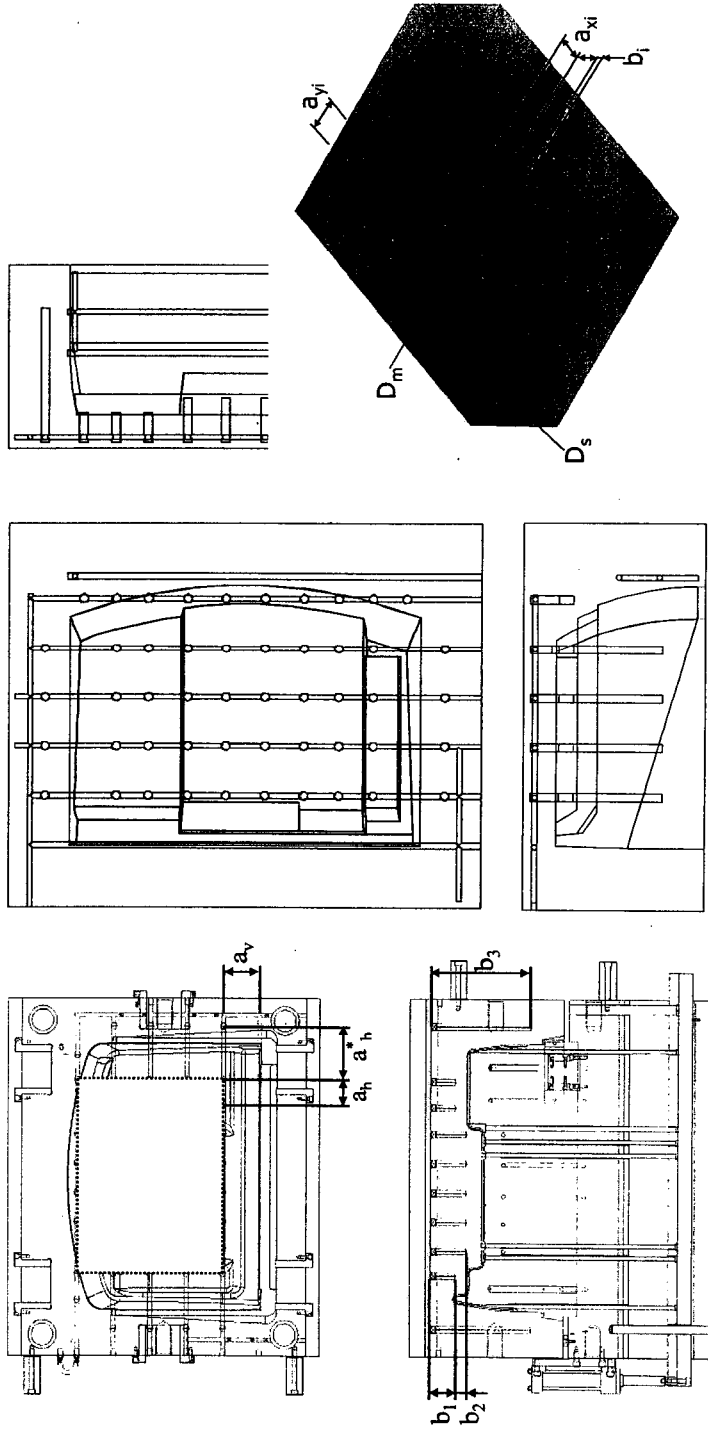
4. SMC 모델의 특성



<Real 3D SMC Hood Model & Tiny Entities>



<Simplified 3D SMC Hood Model for FE Thermal Analysis>



<Design Parameters & Designed Heating Channel Layout for SMC Cavity Mold>

# 6. 유인요소 열해석

## Assumptions:

- 금형재료: 균질/등방성(homogeneous/isotropic)
- 경계 조건: 자연대류, HCL표면의 고정가열온도  
복사의 영향은 작다고 가정함.
- 정상상태 선형해석(Steady State Linear Analysis)

<KP-1 재료의 기계적 물성치>

Temperature (°C)	Thermal conductivity (cal/cm.sec.°C)	Specific heat (cal/g.°C)	Coefficient thermal expansion (10-6/°C)	Density (gr/cm <sup>3</sup> )
100	0.120	0.116	13.76	
200	0.115	0.125	14.51	
300	0.107	0.132	15.36	7.82
400	0.098	0.138	15.81	
500	-	-	16.22	
600	-	-	16.54	



- Thermal Energy Conservation + Fourier's Law [R4]

$$\rho c \left( \frac{\partial T}{\partial t} + v_x \frac{\partial T}{\partial x} + v_y \frac{\partial T}{\partial y} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \ddot{q} + \frac{\partial}{\partial x} \left( k_{xx} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_{yy} \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k_{zz} \frac{\partial T}{\partial z} \right)$$

where,

$\rho$  : density

$c$  : specific heat

$v$  : velocity vector of mass transport of heat

$\ddot{q}$  : heat generation rate per unit volume

$k$  : conductivity

- Boundary conditions

1. Specified temperature acting over surface  $S_1$

$$T = T^*$$

2. Specified heat flow acting over surface  $S_2$

$$\{q\}^T \{\eta\} = -q^*$$

where,

$\{\eta\}$ : unit outward normal vector

$q^*$  : specified heat flow

3. Specified convection surfaces acting over surface  $S_3$

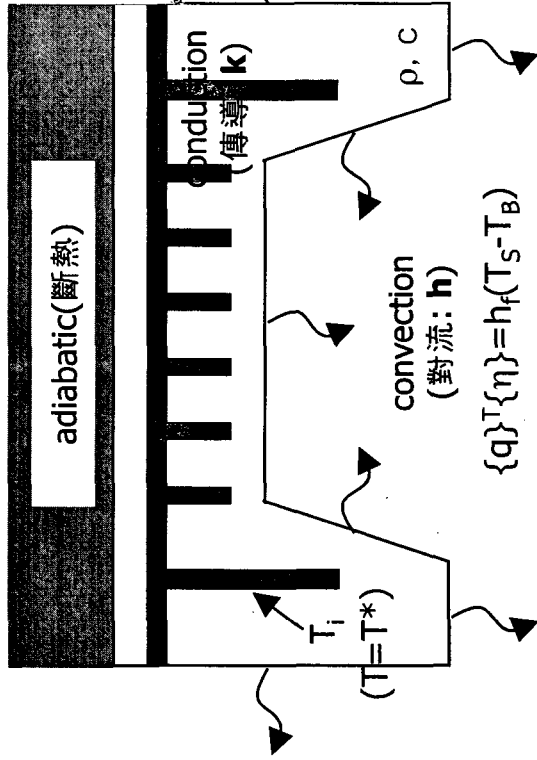
$$\{q\}^T \{\eta\} = h_f (T_S - T_B)$$

where,

$h_f$  : film coefficient (at  $(T_S - T_B)/2$ )

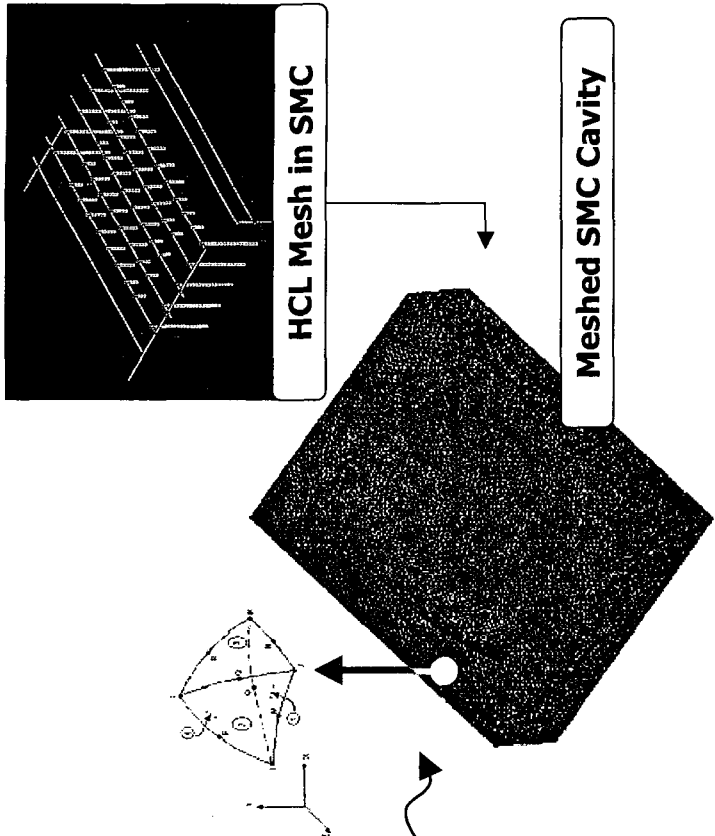
$T_S$  : Temp. at the surface of the model

$T_B$  : Bulk temp. of the adjacent fluid

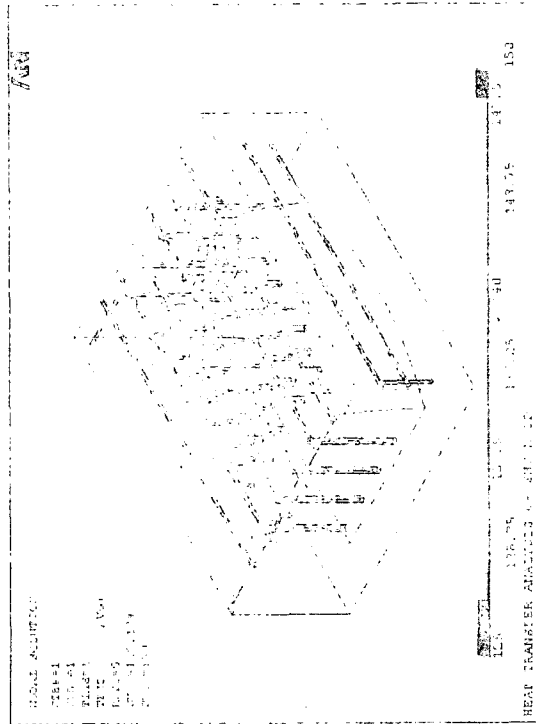
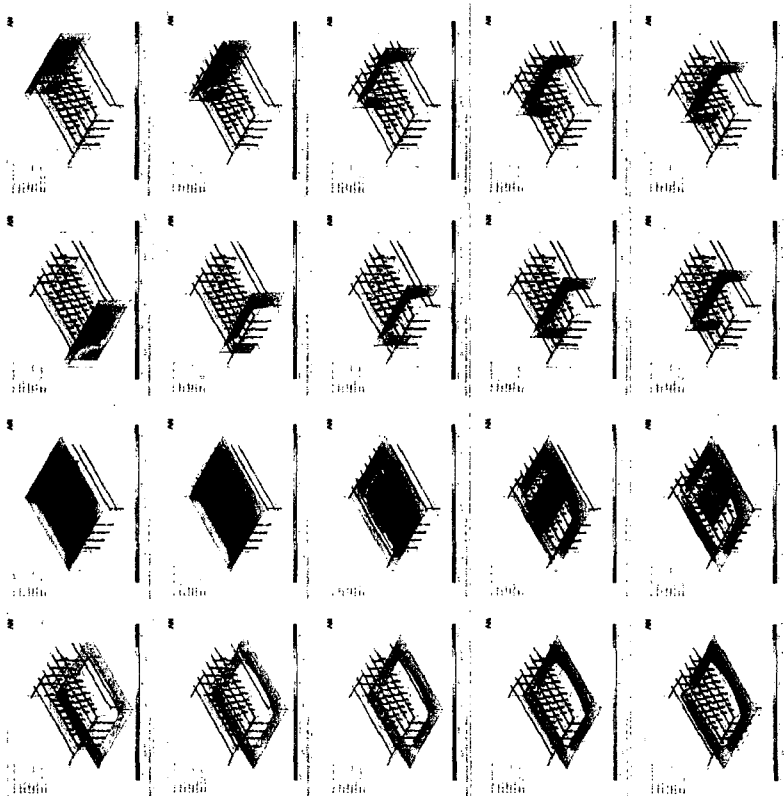


<Schematic Diagram for B.C.s for FE Thermal Analysis>

- ✓ 유한요소 열 해석에 있어서 가장 어려운 작업중의 하나는 설계된 HCL의 표면에 경계조건을 부여하는 것임.
- ✓ 또한 모델의 전체 치수 대비 HCL의 채널직경이 상대적으로 작아서 매우 많은 유한요소가 생성됨.



<Geometry of Solid87(ANSYS™) Element & Result of Meshing for SMC Cavity Mold[R4]>



## <Temperature Distribution Results of FE Thermal Analysis>

AN

MODAL SOLUTION

STEP=1

SUB =1

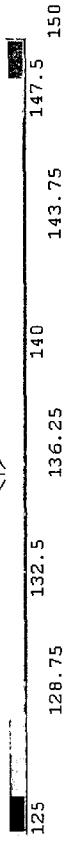
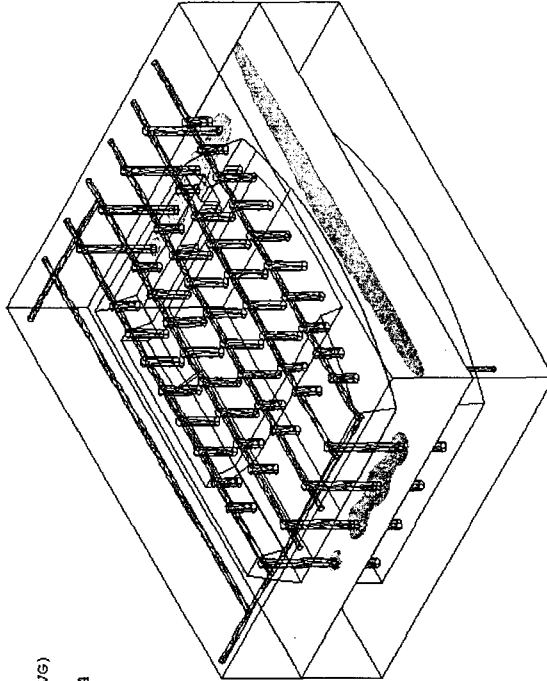
TIME=1

TEMP (AVG)

RSYS=0

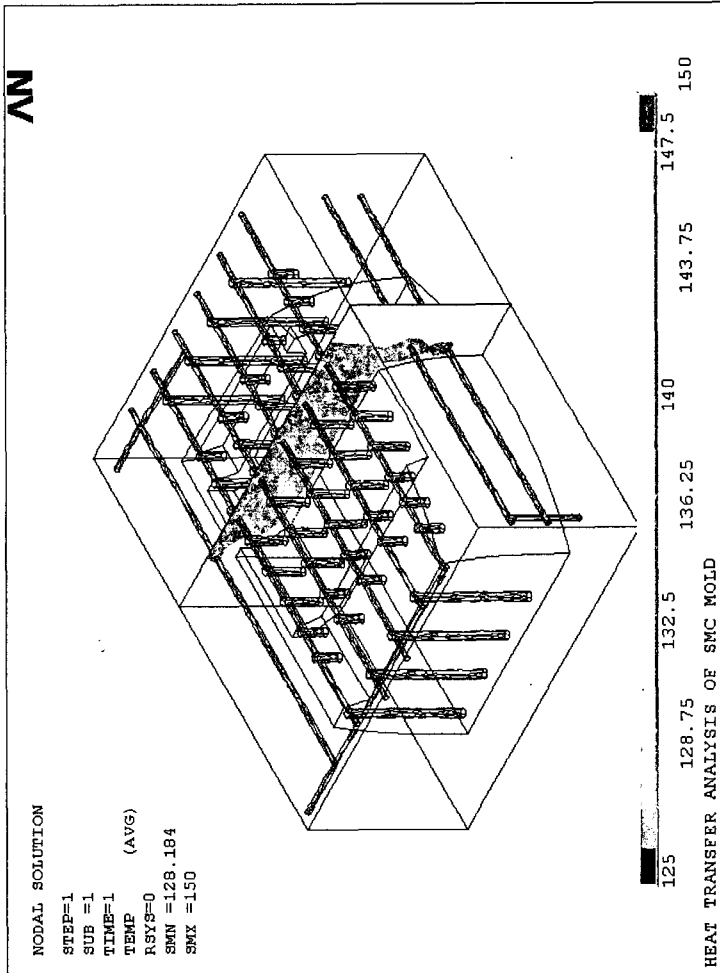
SMN =128.184

SMX =150

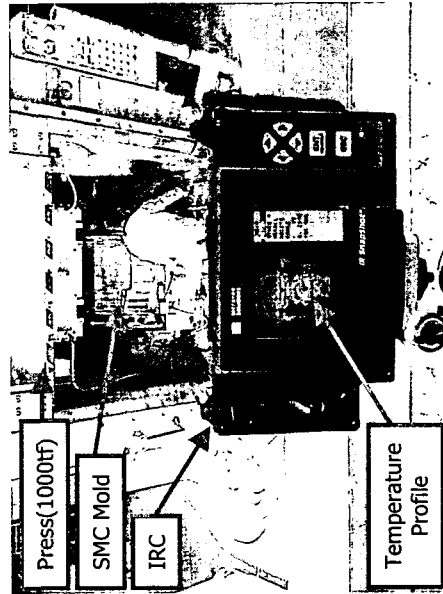
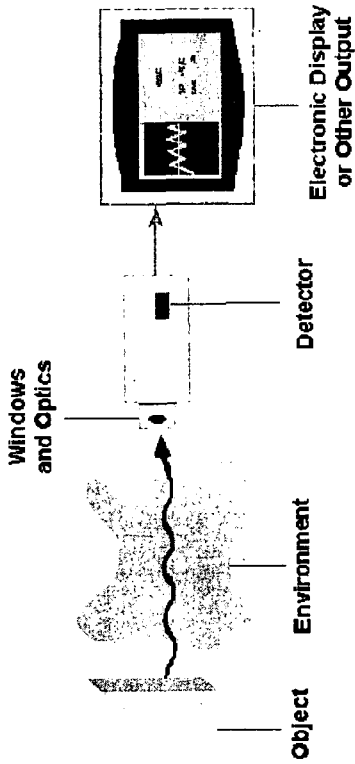


HEAT TRANSFER ANALYSIS OF SMC MOLD

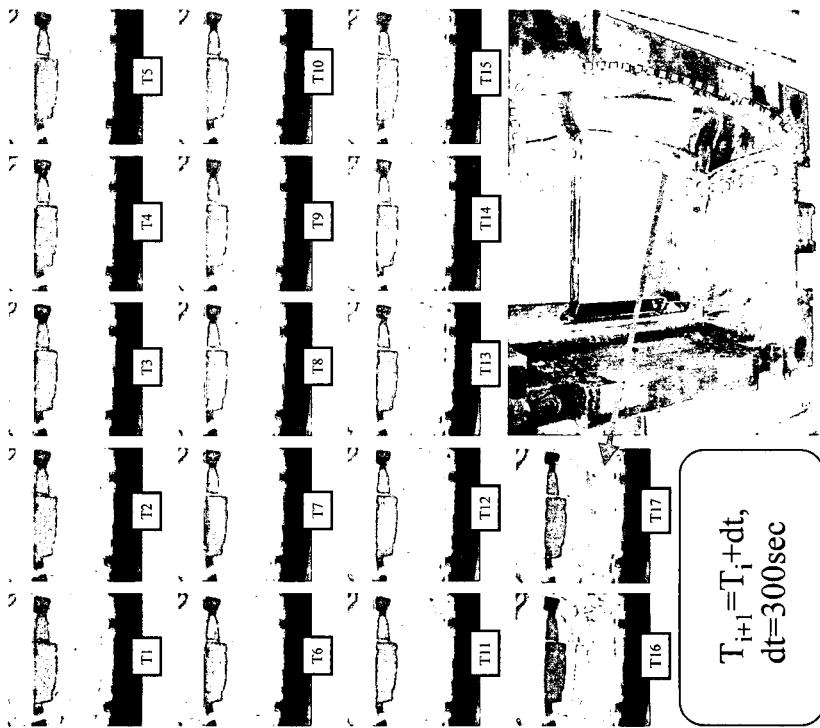
Engineering Analysis & Design Technology  
KI EC P E D M D T



# 7. 적외선 카메라를 이용한 실험



Detector	120 element linear array of un-cooled thermoelectric detectors, 50 $\mu$ m square pixels
Detector sensitivity	0.1 $^{\circ}$ C
Spectral Band	8~12 microns
Standard Lens	20mm Germanium f/0.8
Field of View(FOV)	17.2 x 17.2
Measurement Temperatures	0 ~ 350 $^{\circ}$ C
Accuracy	2 $^{\circ}$ C or 2% of reading



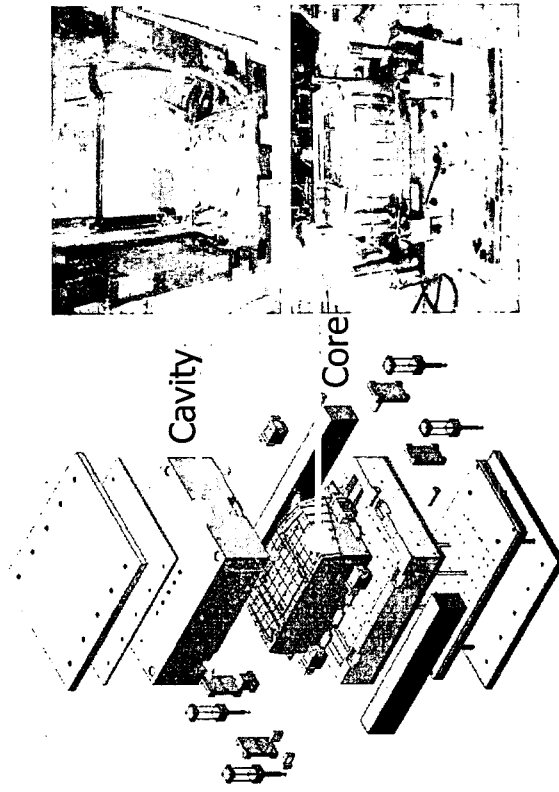
✓ 적외선카메라를 이용한 왼쪽 온도 측정실험에서는 시스템 가열초기단계에서부터 일정시간간격 변화에 따른 온도분포결과를 획득하였음.

✓ SMC 금형 표면의 온도 측정 결과에서는 제품을 성형하기 위한 온도에 도달하기 위해서는 약 1시간 이상의 예비가열 시간이 요구됨을 확인할 수 있었음.





9. 삼차원 설계/제작/생형



<Final 3D Mold-base & Manufactured SMC Mold>

<Global Process View for SMC Production>

## 10. 결론

- ❖ 본 연구에서는 SMC 금형을 설계 할 때 최종 성형 제품의 품질을 좌우하는 가열채널레이아웃(HCL)을 평가하기 위한 연구를 수행하였다.
- ❖ SMC 금형의 HCL은 일반 사출성형에서 사용되는 기준을 적용하여 설계하였다.
- ❖ 설계된 HCL의 신뢰성을 평가하기 위해 유한요소 열 해석과 열화상(적외선)카메라를 이용한 온도측정을 수행한 결과, 최적의(optimal) 설계 결과를 얻을 수 있었다.
- ❖ 그러나, 좀 더 정확한 결과 도출을 위해서는 해 석과 실험에서 경계조건의 처리, 금형의 표면처리와 같은 세심한 작업이 필요하다.

