

다상 유체 해석을 통한 기포결함 예측과 금형 설계 기술의 개발

한국생산기술연구원
홍준호*, 최영심, 조인성
황호영, 최정길

금형 설계에서 다상 유체 해석의 장점

- ❖ 자유 표면에 관한 경계 조건의 생략이 가능 하여, 수치 해석 결과의 정확도를 향상 시킴.
- ❖ 용탕 내 기포의 발생 및 이동 현상에 대한 관찰이 용이 하여 짐.
- ❖ 역압을 고려하기 위한 특별한 모듈이 필요하지 않음.
- ❖ 기포의 부력 계산이 가능 하여 짐.

지배방정식

- ❖ The Navier-Stokes equation is solved for all cells in the cavity part by using the density and the viscosity which is concerned with filling rate of fluid.

3

1Phase/2Phase 결과의 비교

< Calculation condition >

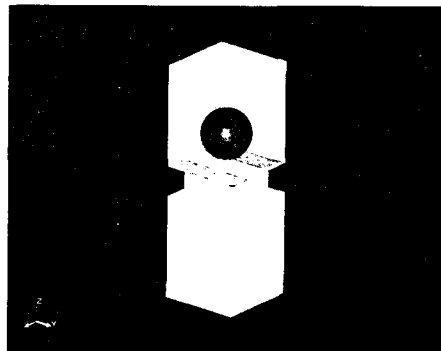
Surface tension coefficient : 1.2

Density : 1:1.2

Dynamic viscosity : 2 fluids equal

Mesh number : 29 x 13 (2D)

20 x 20 x 60 (3D)

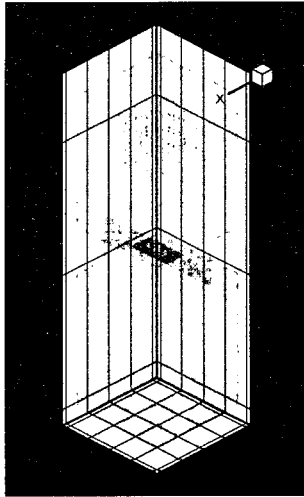


4

1 Phase Fluid Flow

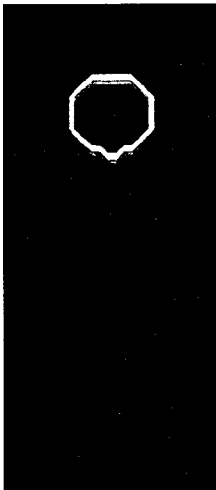


3-D result

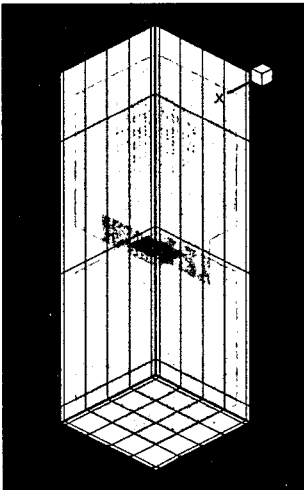


2-D result ₅

1 Phase Fluid Flow + Surface Tension

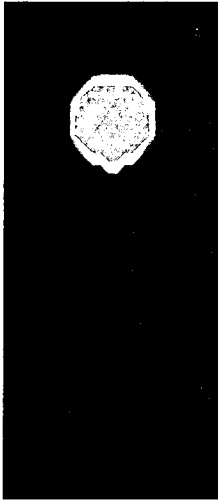


3-D result

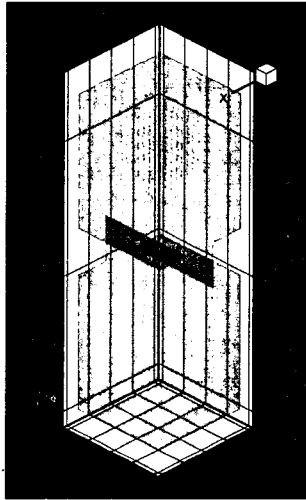


2-D result ₆

2 Phase Fluid Flow



3-D result



2-D result ₇

부력 계산

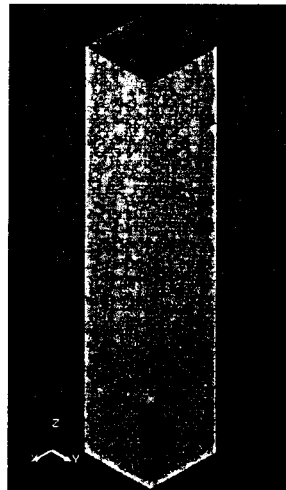
< Calculation condition >

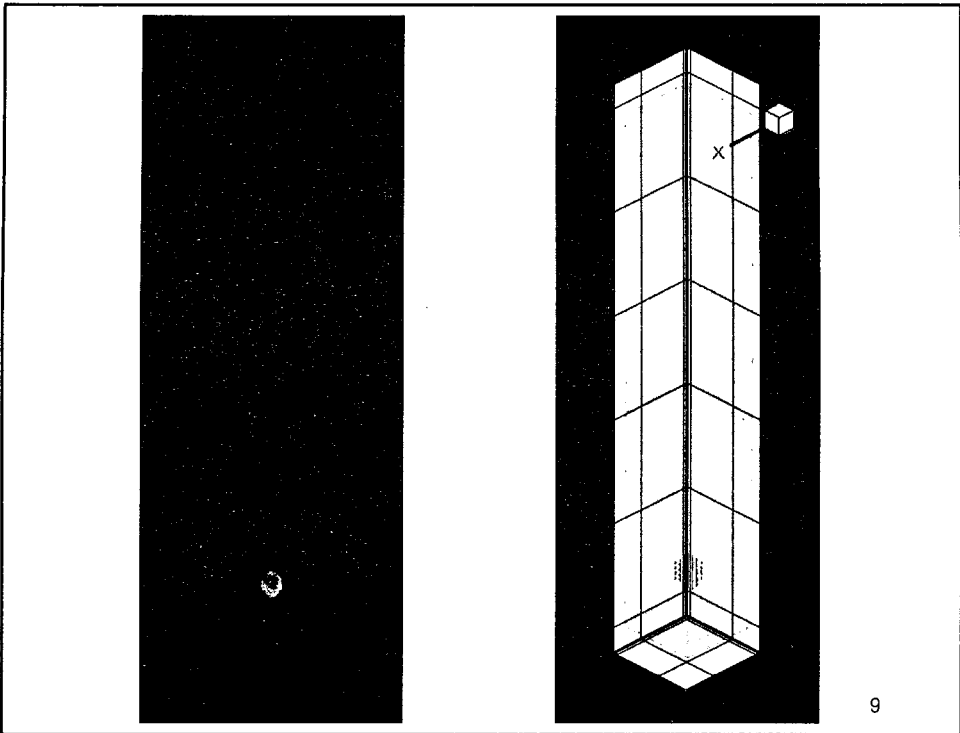
Surface tension coefficient : 1.2

Density : 1:0.8

Dynamic viscosity : 2 fluids equal

Mesh number : 20 x 20 x 108 (3D)





Buoyancy

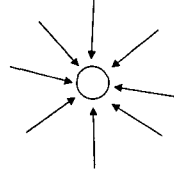
(CFD Series 5;
Ed. by H.Kubota)

10

마커를 활용한 Gas Porosity 의 발생 예측

Marker 발생 조건

- ❖ 고립영역의 내부압이 기준압 이상
- ❖ 고립영역의 부피가 기준치 이하



< High Pressure Die Casting에서의 Gas Porosity 발생 원인 >

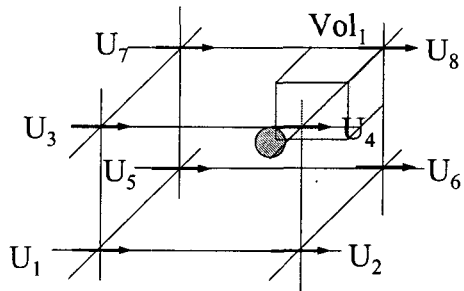
- ❖ 고압분사식 충전과정에서의 공기 포집
- ❖ 플런저 내부의 윤활유 기화
- ❖ 이형재의 수분으로 부터 발생하는 수소 가스
- ❖ 용탕내의 과포화 수소 분자가 산화막 근방에 용출

11

마커 추적 알고리즘

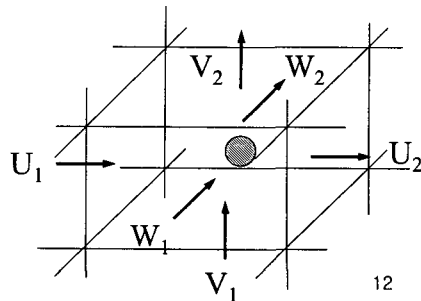
➤ Using volume ratio

$$\bar{U} = \frac{U_1 \text{Vol}_1 + \dots + U_8 \text{Vol}_8}{U_1 + \dots + U_8}$$



➤ Using cell average velocity

$$\bar{U} = \frac{U_1 + U_2}{2}$$



12

마커를 활용한 기포결함 위치의 예측

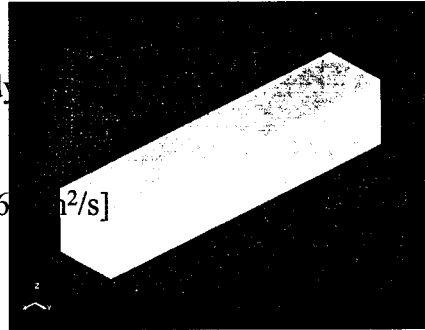
< Calculation condition >

Surface tension coefficient : 74.0 [dy

Density : Water : Air (1000:1)

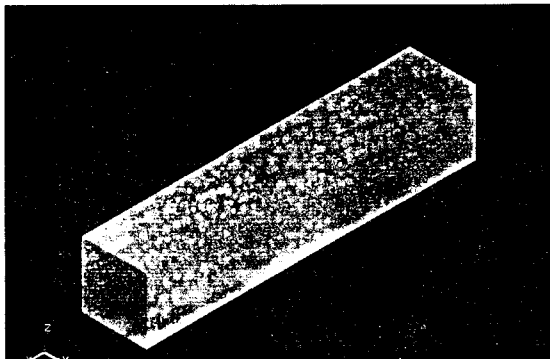
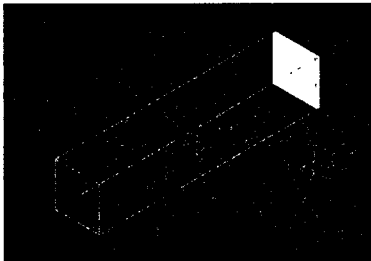
Dynamic viscosity : 0.0089 : 0.1546 [m²/s]

Mesh number : 75 x 25 x 25 (3D)

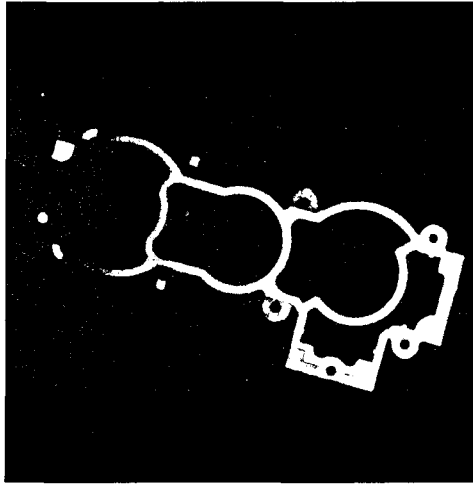
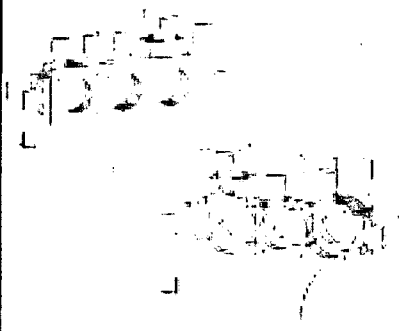


13

마커를 활용한 기포결함 위치의 예측

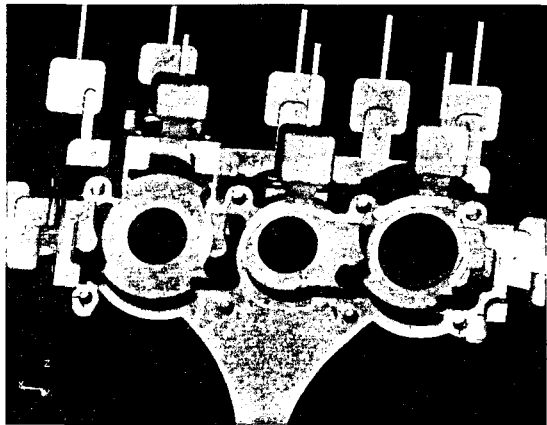
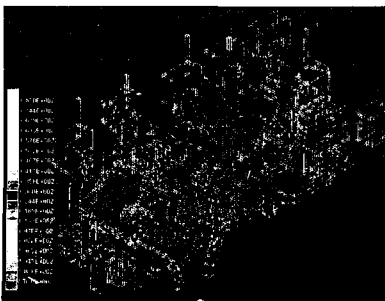


CT 결과와의 비교



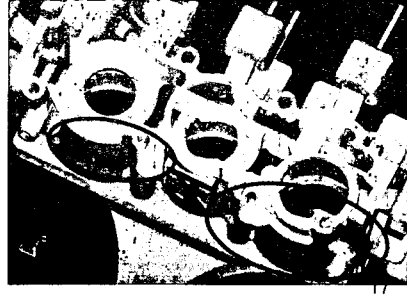
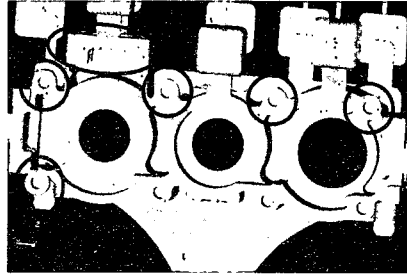
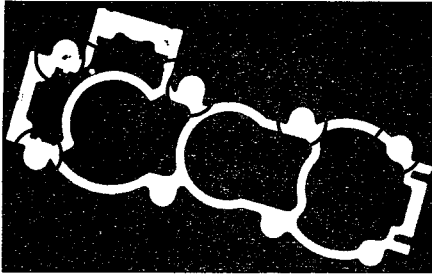
15

계산 결과

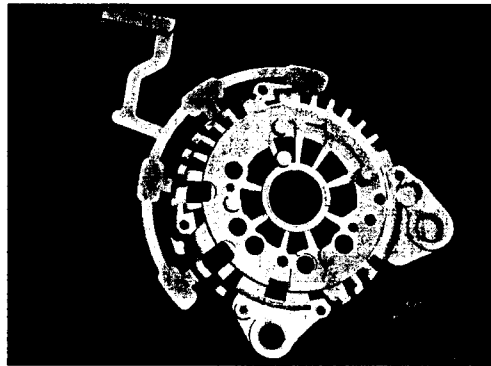


16

CT 결과와의 비교



기포결함 예측 모듈의 활용



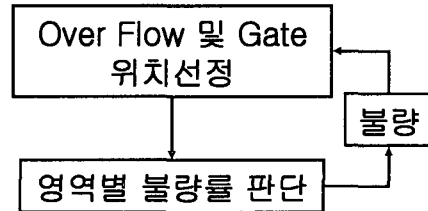
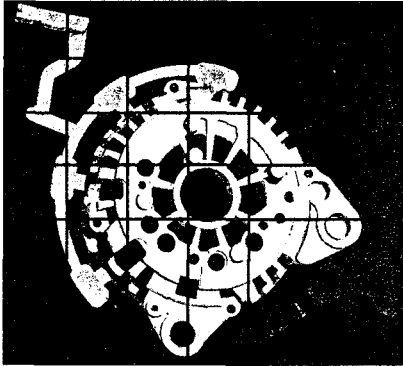
Cavity 내부의 잔존 마커수

총 마커수

X 100

불량 판단

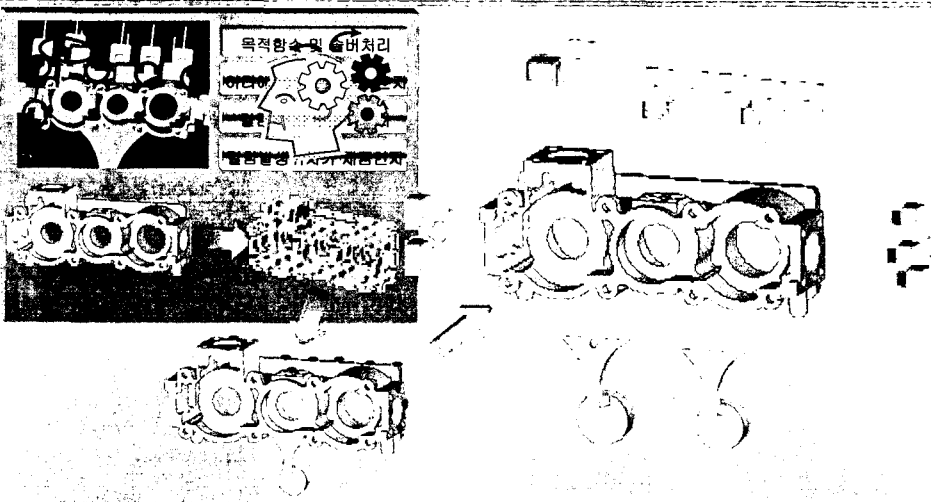
기포결함 예측 모듈의 활용



- ❖ 미리 정해 놓은 Over Flow 및 Gate System 중 영역별 불량률 판단 기준에 의거 우선 순위를 두어 반복 계산

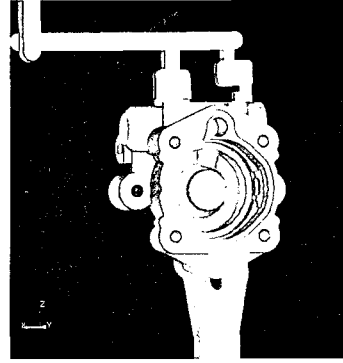
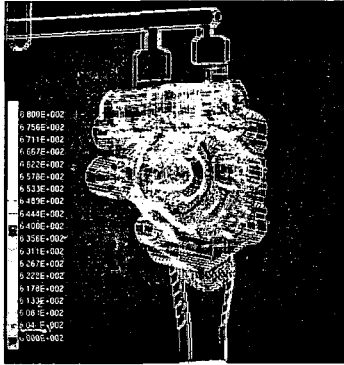
19

기포결함 예측 모듈의 활용



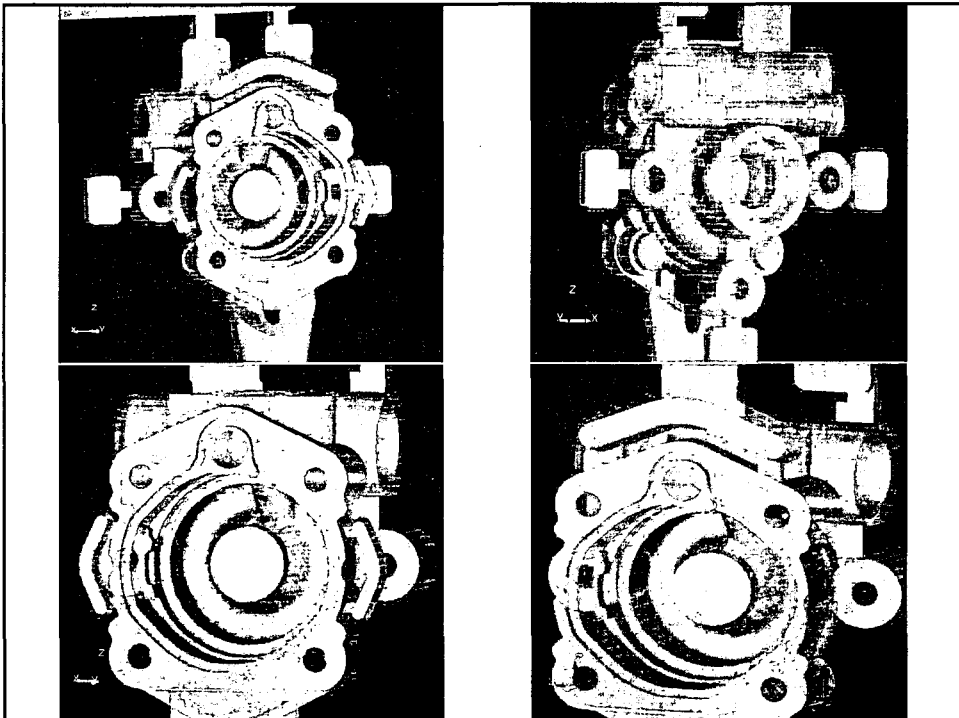
20

기포결함 예측 모듈의 활용 예제

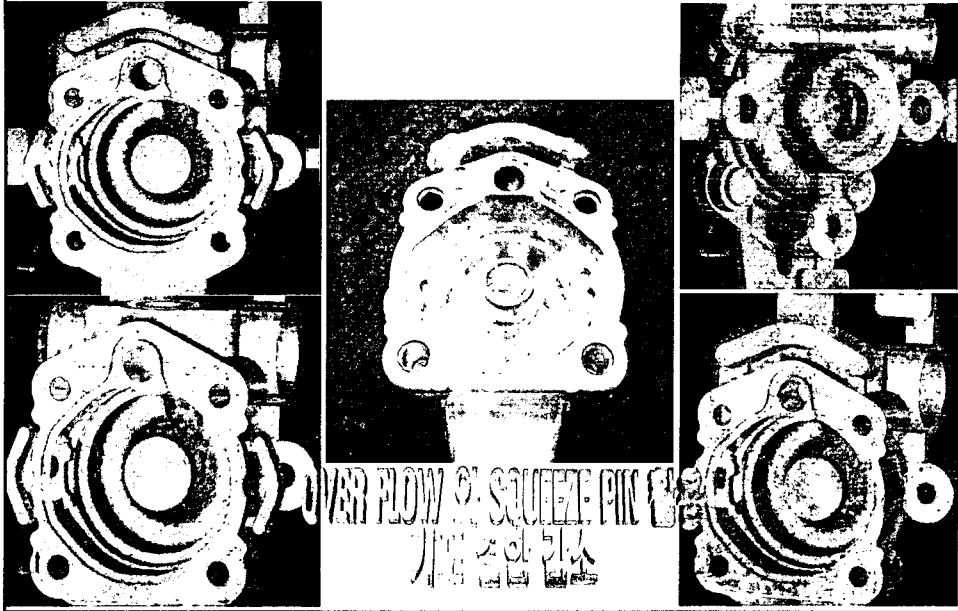


OVER FLOW ADAPTATION

21



기포결함 예측 모듈의 활용



결론

- ▶ 다상 유체 해석을 활용한 기포 결함 예측 모듈의 개발과 결과의 타당성 검토.
- ▶ 본 연구를 통해 새롭게 개발된 기포 결함 예측 모듈을 활용하여, 실제 생산되고 있는 제품의 Over-Flow 변경에 적용.
- ▶ 기포 결함 예측 모듈을 활용한 인공지능형 금형 설계에 대한 연구가 차기 연구과제로 도출됨.