

# 다상유동과 동적격자 기법을 활용한 가변점도 레진 거동 예측 기술 개발

2023. 10. 19

10<sup>th</sup> OKUCC

정 순 완

삼성전자 생산기술연구소 공정개발그룹

# 목차

- 배경 및 필요성
- 디스펜싱 해석 모델링
  - 가변 점도 물성 모델링 (속도, 온도)
  - 계산 속도 향상
  - Dynamic Contact Angle, Overset interpolation method
  - 격자 자동생성 Tool 개발
- 해석 예제
  - 해석 모델링 검증 예제
  - 응용 예제
- 결론 및 향후 계획

# 배경 및 필요성

- 디스펜싱 응용 공정
  - 접착제 도포
  - Gasket forming
  - Gap filling
  - Underfiling : Package on board
- 공정 셋업 절차
  - 후보 액상 소재(레진) 준비 : TDS 기반
  - 자재 준비 : 목업, 지그 등
  - 설비 준비 : 디스펜서 (Valve, nozzle 포함)
  - 공정 조건 선정 : Trial-and-error
- 실물 제작 및 측정의 어려움
  - 인건비, 자재비, 장비 사용료 등 비용 증가
  - 설계 변경 시마다 새로운 공정조건 셋업 필요
  - 협소 공간 내부 거동 측정 어려움
- 4차산업 대응 데이터 확보 필요
  - 대외 변화 : 화학소재 물성 예측(화학연), 고분자 특성 예측 S/W(Siesta modeler)
  - 대내 변화 : 접착제 물성 DB, Data-driven operation

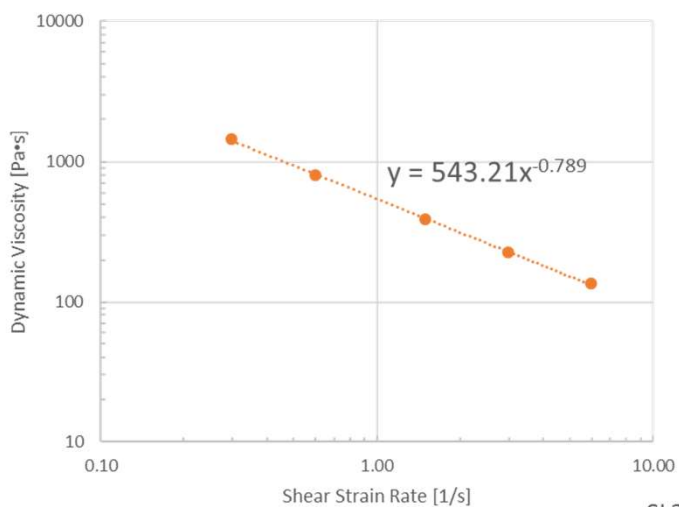
# 가변점도 물성 모델링 (속도)

- Power Law Model( $\eta = k\dot{\gamma}^{n-1}$ )

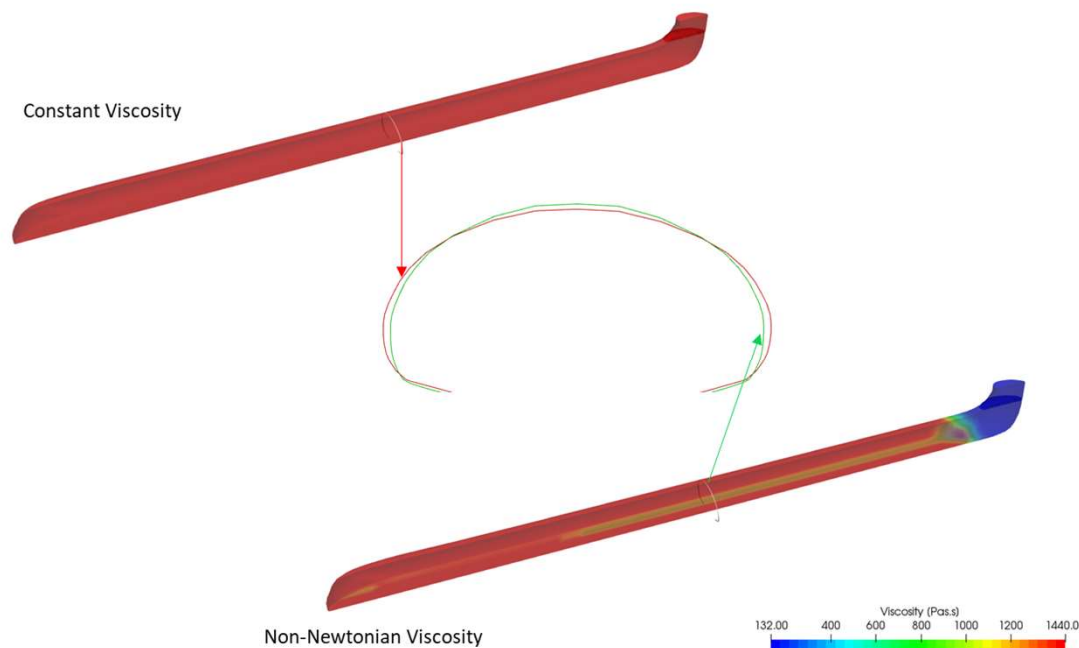
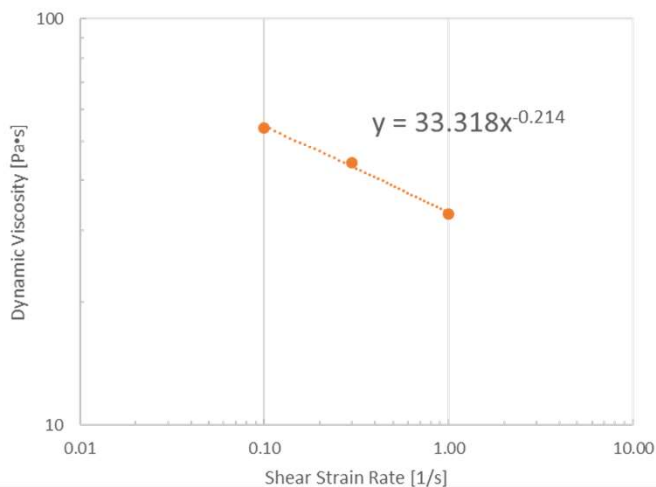
- Constant vs Non-Newtonian

— Shear thinning

AUV-8521C



SL220LB



# 가변점도 물성 모델링 (온도)

- 핫멜트 접착제 PB2332BF-LV1 의 점도 모델

## – 실험 데이터

Shear Rate(1/s)	Viscosity [cps]				
	353.15(K)	373.15(K)	393.15(K)	413.15(K)	433.15(K)
0.1	28740	12850	6390	3610	2220
0.3	28280	10890	4240	2130	1340
1	26540	9110	3810	1940	1180
3	25910	8770	3570	1830	1120
10	-	7470	3510	1850	1120

## – Arrhenius Type Power Law Model

$$\eta = K|\dot{\gamma}|^{n-1} \exp \left[ \alpha \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right]$$

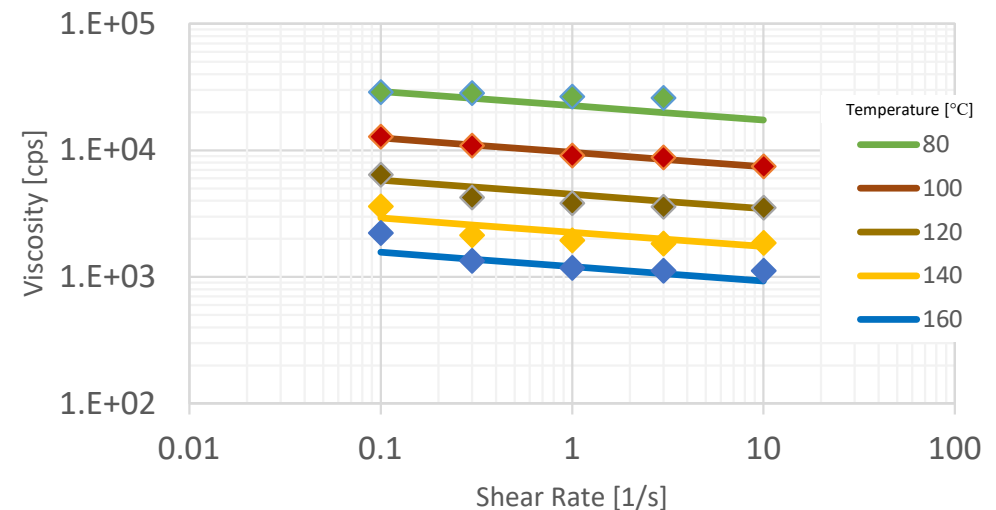
회귀분석을 통한 계수 추정

$$K = 9623$$

$$n = 0.887$$

$$\alpha = 5600$$

$$T_{ref} = 373.15$$



# 계산 속도 향상을 위한 솔버 수정

- 운동량 보존 방정식
  - 운동량 보존 방정식의 이산화 →  
속도항 계산식에서 역행렬 계산 대신  
벡터 계산으로 계산량 감소

$$\vec{U}_P = -\frac{1}{a_P} \sum_N a_N \vec{U}_N - \frac{V_P}{a_P} (\nabla p)_P = \frac{H(\vec{U}^*)}{a_P} - \frac{V_P}{a_P} (\nabla p)_P$$

- 단, 유동장 변화가 크지 않은 경우, 압력  
방정식의 해를 이용해 속도  
보정만으로도 충분함

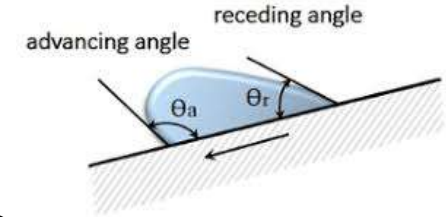
- 해석 시간 비교

Time: 0.0

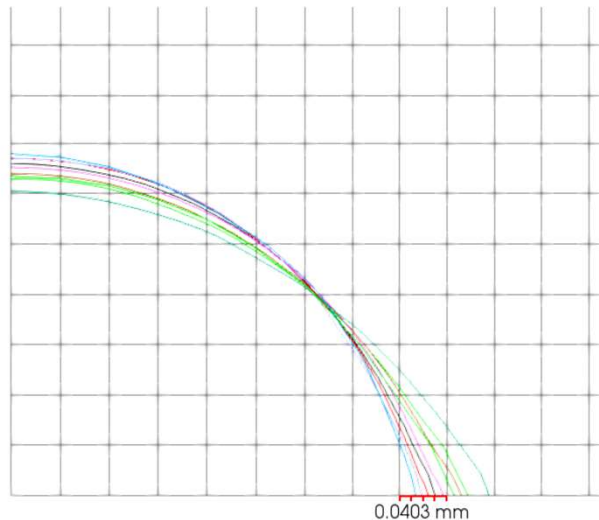


	solve matrix (•)	only correct velocity (-)
해석시간	752.53 sec	86.73 sec

# Dynamic Contact Angle 구현



- Static Contact Angle을 적용할 경우 문제점
  - 액체가 있는 영역의 격자 크기에 따라 형상이 크게 다름
    - 특히 바닥면에서 첫번째 격자의 높이에 크게 의존
    - 주어진 접촉각으로부터 Volume Fraction의 구배(공간변화율)를 예측하는 방법 자체의 문제



Ex) 0.04mm × 0.04mm 정사각형 격자를 기준으로 격자의 가로/세로 크기를 0.5배 ~ 2배로 하여 총 9가지 격자를 구성하고 액체가 퍼지는 모양을 해석(AUV-8521C)

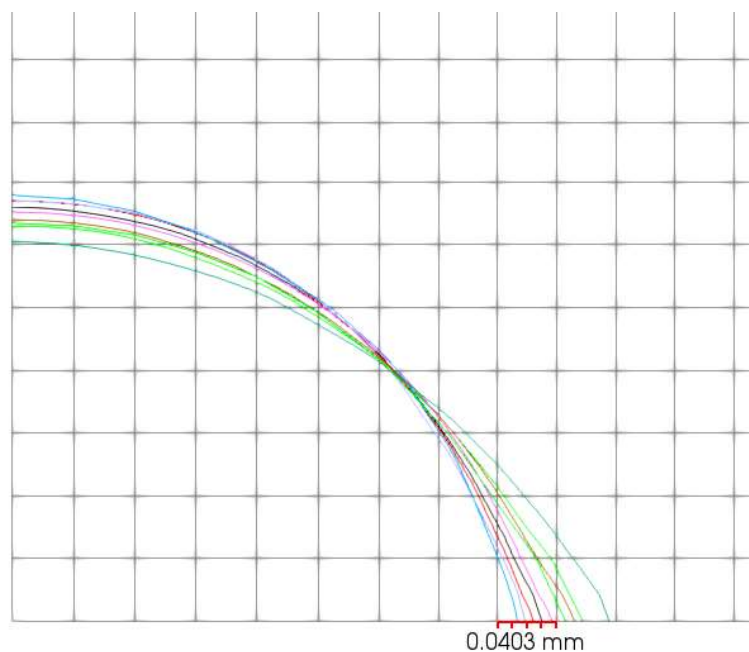
- Dynamic Contact Angle
  - 최종상태까지 도달하는 동안 매 타임스텝마다 Volume Fraction의 구배를 예측하기 위해 사용되는 접촉각을 Contact line의 속도에 따라 다르게 구현
    - 결과적으로 Volume Fraction의 구배가 Contact line 속도( $u_c$ )의 함수로 계산됨
- Kistler's Dynamic Contact Angle 모델 고려

$$\theta_d = f_H \left[ \frac{\mu u_c}{\gamma} + f_H^{-1}(\theta_e) \right]$$

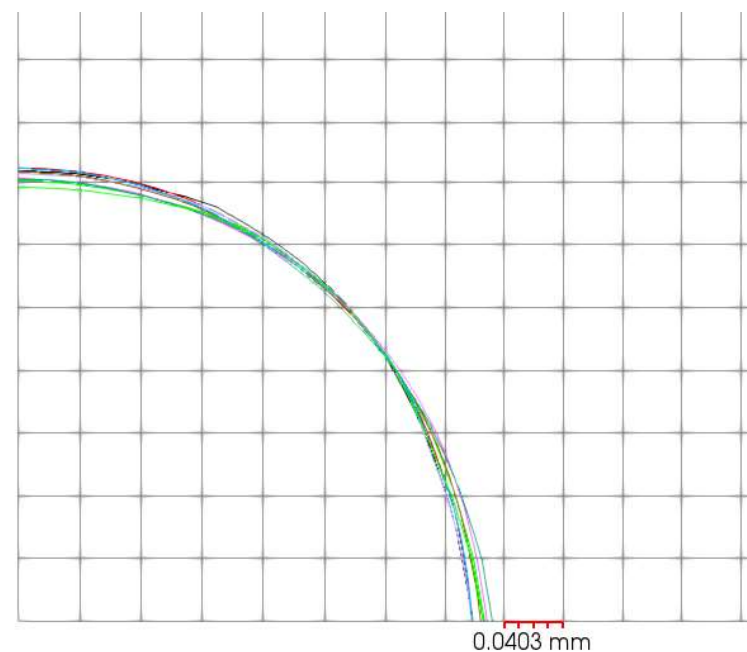
$$f_H = \cos^{-1} \left\{ 1 - 2 \tanh \left[ 5.16 \left( \frac{x}{1 + 1.31x^{0.99}} \right)^{0.706} \right] \right\}$$

# Dynamic Contact Angle 구현

- Kistler's Dynamic Contact Angle 모델 적용만으로도 격자의존성이 상당 부분 개선됨



Static Contact Angle



Dynamic Contact Angle



# Dynamic Contact Angle 구현

- Contact line의 속도가 고려 되었지만 Contact line의 속도에 의해서 바닥면에 작용하는 전단응력(wall shear stress)은 여전히 첫번째 격자의 높이( $\Delta$ )에 의존

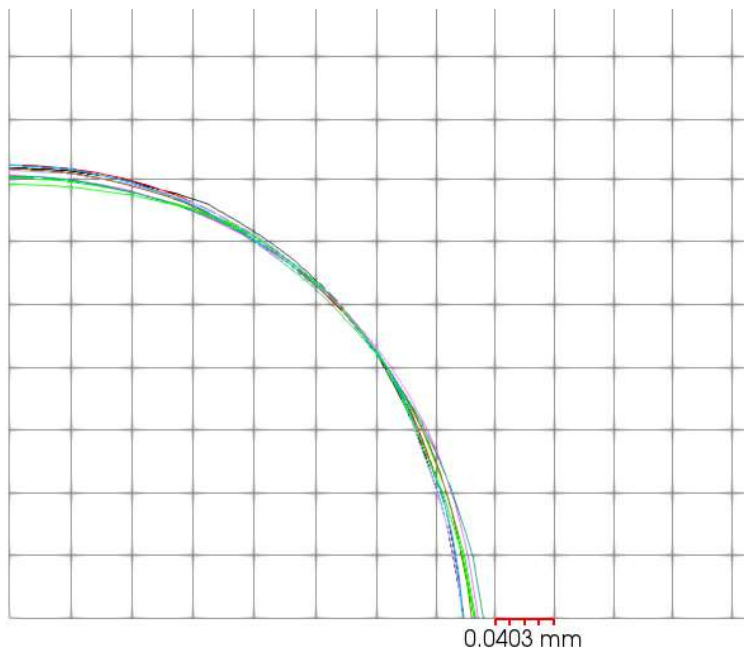
$$\tau_w \approx \mu \frac{u_c}{\Delta}$$

- “stress singularity” paradox
- Navier Slip Length( $\lambda_N$ )를 도입하여 벽면의 속도경계조건에 일정 비율의 slip을 적용함으로써 문제를 완화한 사례가 있음

$$u_w = \lambda_N \frac{\partial u}{\partial n_w}$$

# Dynamic Contact Angle 구현

- Navier Slip Length 구현
  - 본 과제에서는  $\lambda_N$ 을 상수가 아닌  $\Delta$ 에 대한 log함수로 구현
    - $\Delta$ 가 0.02mm ~ 0.08mm 범위에 있도록 격자 생성을 권장



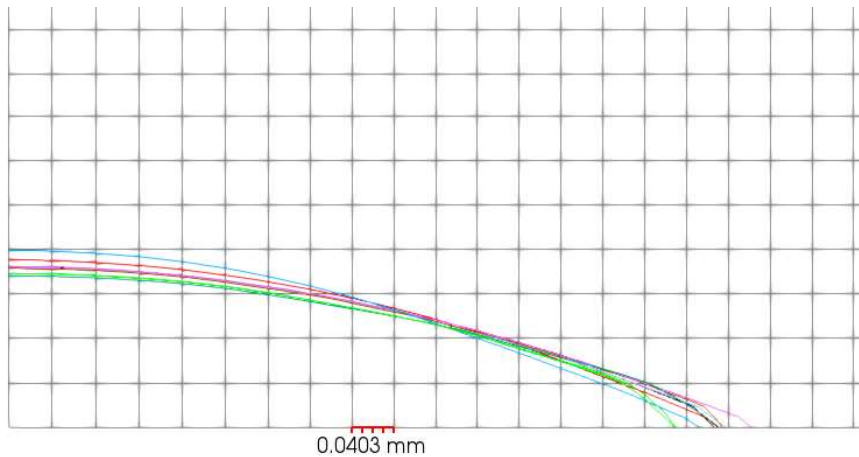
Dynamic Contact Angle



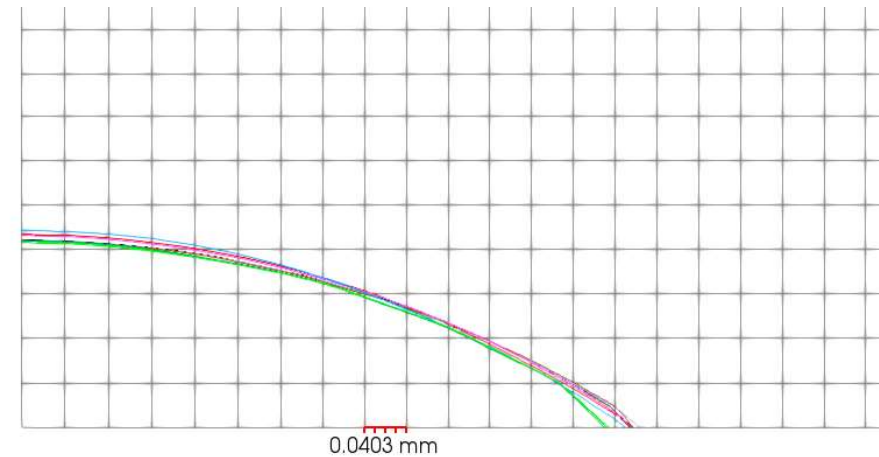
Dynamic Contact Angle  
+ grid size dependent slip

# Dynamic Contact Angle 구현

- SL220LB(중점도 접착제)



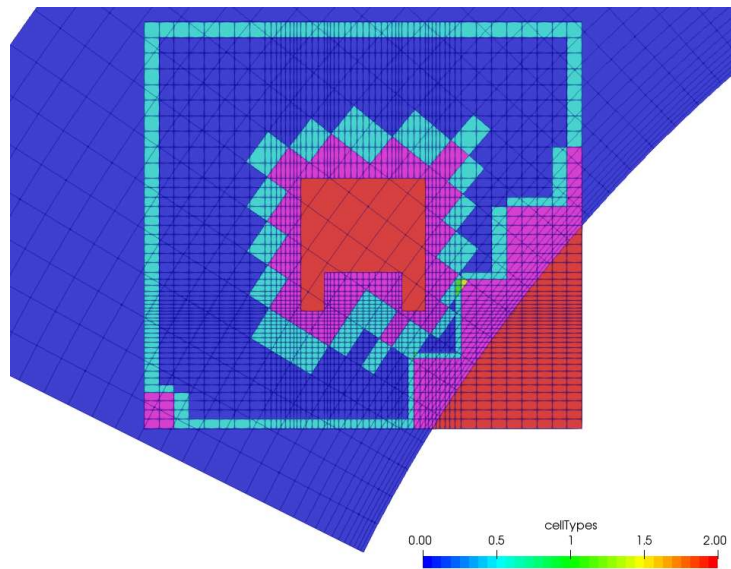
Static Contact Angle



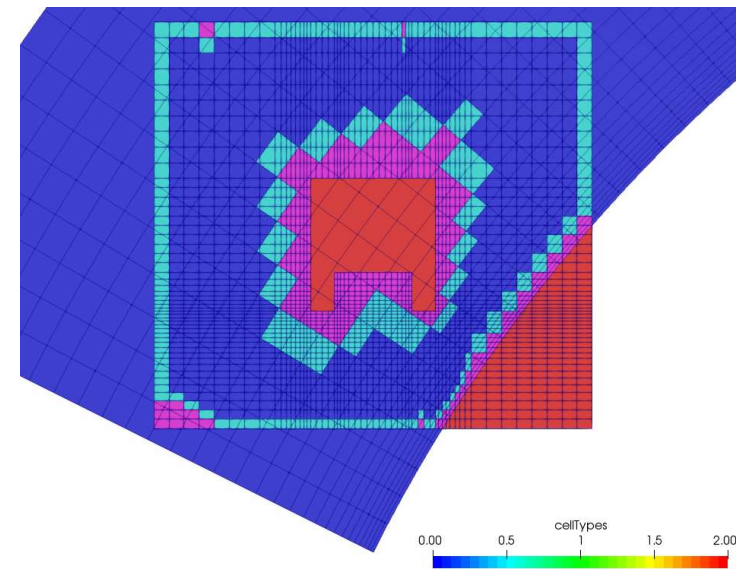
Dynamic Contact Angle  
+ grid size dependent slip

# Interpolation Cell Stencil

- OpenFOAM에서 사용되는 overset interpolation method
  - Inverse distance
  - Cell volume weight
- Inverse Distance Method는 계산속도가 빠르지만 overset domain이 background 격자의 경계를 침범하는 경우 계산이 어려울 수 있음



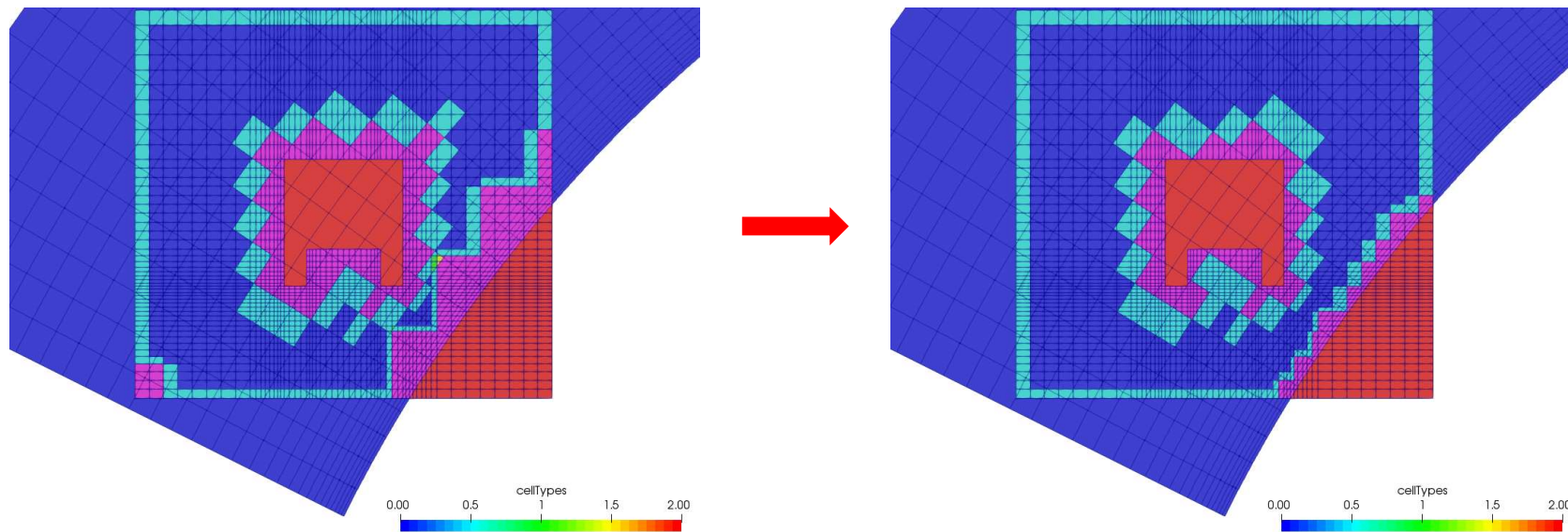
Inverse distance cell stencil



Cell volume weight cell stencil

# Interpolation Cell Stencil 개선

- 경계면 주변 cell 추적을 위한 가상 격자(voxels)의 resolution이 너무 작아서 발생하는 문제
  - 병렬 연산일 경우 더 작아짐
  - Resolution을 키우고 병렬연산에서도 문제가 없도록 수정

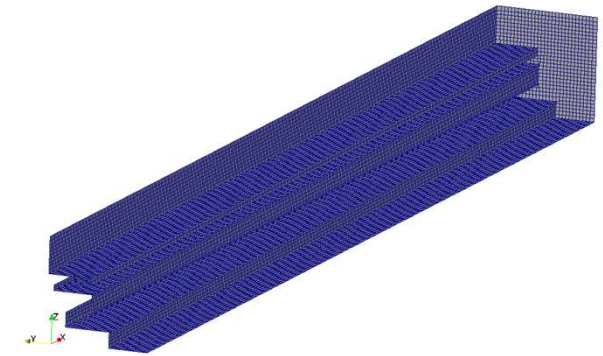


Inverse distance cell stencil

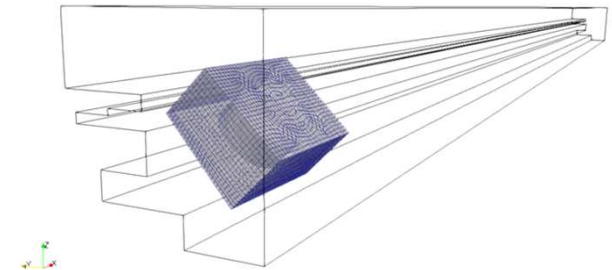
New inverse distance cell stencil

# 격자 자동생성 Tool 개발

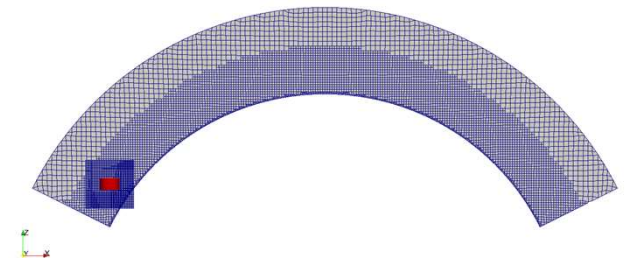
- makeSnappyMesh 개발 과정
  - Overset 해석을 위한 격자 생성 공정 검토
    - Background mesh와 overset mesh로 구분하여 격자 생성
      - Background 영역은 피착재 형상 포함
      - Overset 영역은 디스펜싱 노즐 형상 포함
    - 격자 생성을 위한 형상 정보
      - 피착재의 경우 **STL 형식의 형상 정보** Input
      - 노즐은 노즐 형상에 대한 **형상 파라미터** Input
  - 다양한 디스펜싱 환경을 고려한 격자 생성 공정 검토
    - 노즐 경계면과 피착재 경계면 사이의 격자 고려
    - 피착재 경계면과 멀수록 격자 크기 커지는 설정
    - Overset 해석을 위한 적절한 크기의 격자로 구성된 Overset 격자 생성 검토
    - 해석의 수렴과 정확도를 고려한 격자 생성 설정



<Background Mesh>

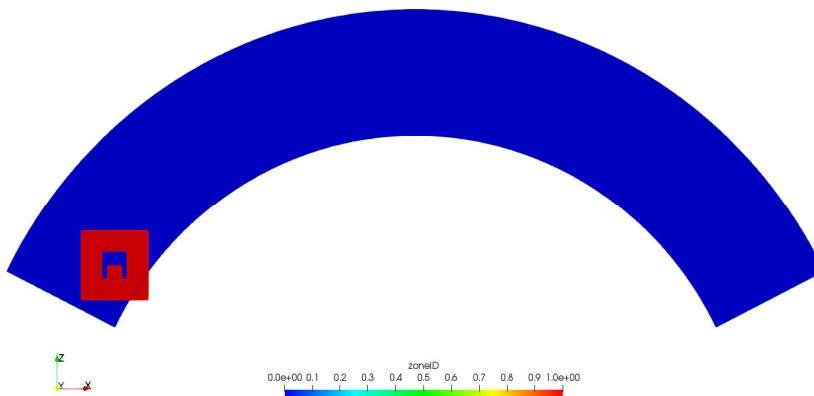


<Overset Mesh>



# 격자 자동생성 Tool 개발

- 디스펜싱 유동해석 격자 생성 자동화 유틸리티 ‘makeSnappyMesh’ 이용한 격자 생성 방법
  1. 피착재 형상 STL 파일들 하나의 폴더에 위치
  2. ‘createCase’ 유틸리티로 케이스 폴더 자동 생성
  3. ‘conditions’의 격자 생성 **파라미터 입력**
  4. ‘makeSnappyMesh’ 유틸리티 실행
  5. ‘setConditions’ 유틸리티를 실행하여 디스펜싱 해석 준비

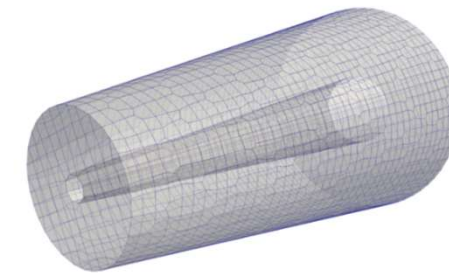
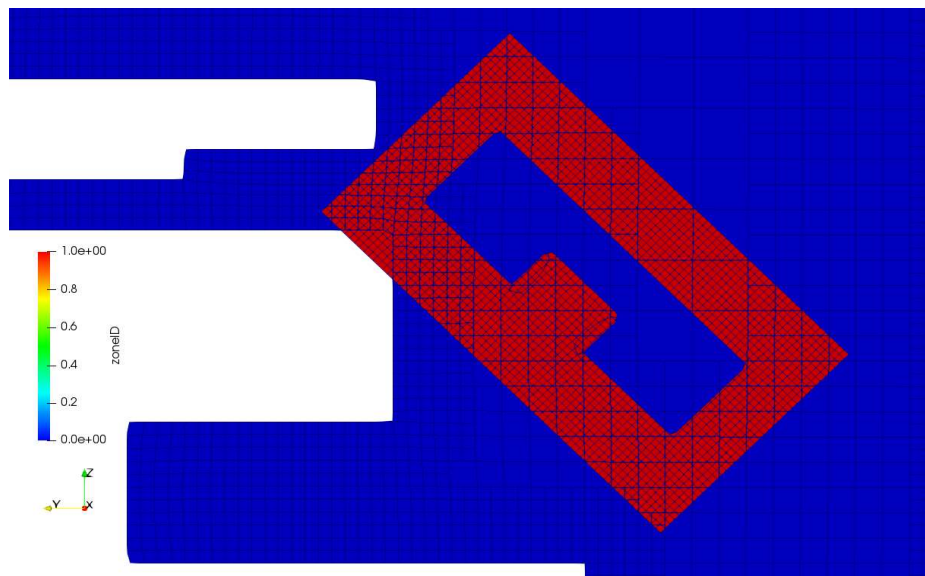


```

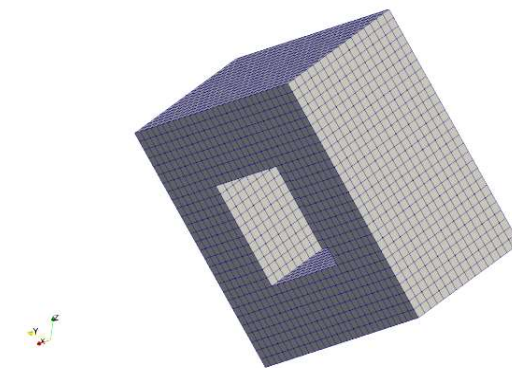
inputMeshes
{
    backgroundSTL    "/surfaceMesh_concave";
    meshScale        "[mm]";
    nozzleShape      "cylinder";
    inletCenter      ( 0 0 0.95 );
    nozzleAngle      0;
    oversetBoxWidth[x] 2;
    oversetBoxLength[y] 2;
    oversetBoxHeight[z] 3;
    nozzleLength     0.5;
    cylinderInnerRad 0.26;
    cylinderOuterRad 0.41;
    slitInner[Lx]    0.075;
    slitInner[Ly]    0.075;
    slitOuter[Lx]    0.000175;
    slitOuter[Ly]    0.000175;
    backgroundMeshRefine "coarse";
    SurfaceRefineLevelMin 2;
    SurfaceRefineLevelMax 2;
    SurfaceRefineLevelInOversetMin 1;
    SurfaceRefineLevelInOversetMax 1;
    addLayers        "snappy";
    numberOfLayers   10;
    refineMethod     "all";
    refineLength     ( 15 0.6 );
    numberOfSubdomains 16;
}
  
```

# 격자 자동생성 Tool 개발

- 'makeSnappyMesh' 유틸리티를 이용한 노즐 격자 생성(Overset 격자)
  1. CAD 작업을 통한 STL 형식의 노즐 형상이 필요 없음.
  2. 노즐 격자 생성 후 자동으로 overset 영역 구분 및 zoneID 부여



hollow cone example





# 격자 자동생성 Tool 개발

## • 격자 생성 파라미터

- Conditions 파일의 inputMeshes 설정
- 총 5가지의 파라미터로 구성

1. backgroundMesh : 배경 격자 파일 경로

2. 격자 길이 단위

3. Overset 영역 및 노즐 생성 파라미터

1. nozzleShape : 노즐 기본 형상. “cylinder”와 “slit” 2가지.

4. 배경격자 세분화 파라미터

1. backgroundMeshRefine : 배경 격자의 기본 격자 세분화

정도를 의미하는 파라미터. “coarse”, “medium”, “fine” 3가지.

2. SurfaceRefineLevelMin/Max : 레벨 “0”은 배경 격자의 기본 격자 크기. 숫자가 커질수록 격자를 더 많이 세분화.

3. addLayers(& numberOfLayers) : 피착재 표면의 격자에 boundary layer를 생성. “no”, “util”, “snappy” 3가지.

4. refineMethod/refineLength : 피착재 표면에서 일정 거리 안의 영역을 세분화. “no”, “all”, “surface” 3가지

5. numberOfSubdomains : 격자를 생성할 때 사용할 processor 수.

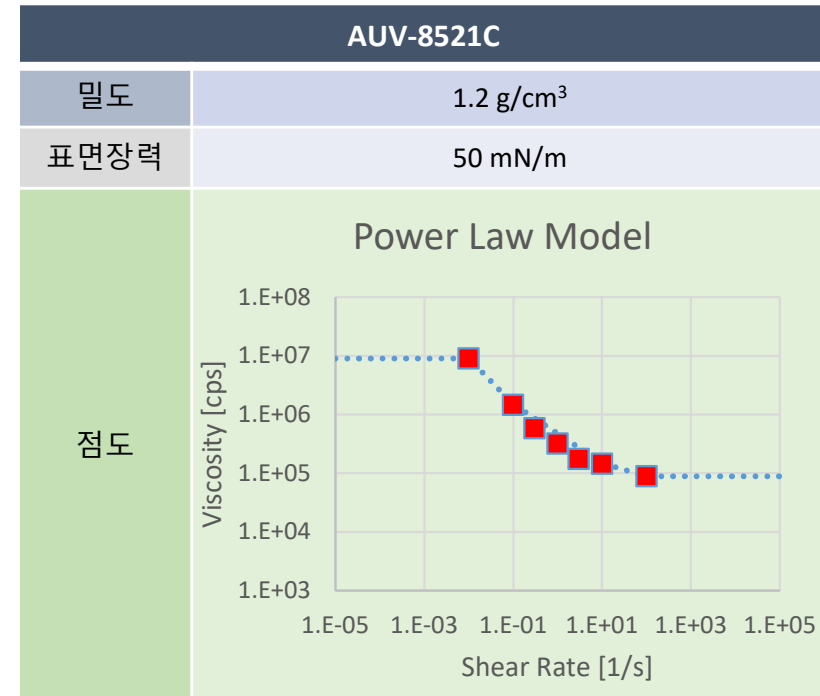
```

inputMeshes
{
  ① { backgroundSTL    "/surfaceMesh_concave";
      ② { meshScale      "[mm]";
          nozzleShape   "cylinder";
          inletCenter   ( 0 0 0.95 );
          nozzleAngle   0;
          oversetBoxWidth[x] 2;
          oversetBoxLength[y] 2;
          oversetBoxHeight[z] 3;
          ③ { nozzleLength  0.5;
              cylinderInnerRad 0.26;
              cylinderOuterRad 0.41;
              slitInner[Lx] 0.075;
              slitInner[Ly] 0.075;
              slitOuter[Lx] 0.000175;
              slitOuter[Ly] 0.000175;
              backgroundMeshRefine "coarse";
              SurfaceRefineLevelMin 2;
              SurfaceRefineLevelMax 2;
              SurfaceRefineLevelInOversetMin 1;
              ④ { SurfaceRefineLevelInOversetMax 1;
                  addLayers    "snappy";
                  numberOfLayers 10;
                  refineMethod  "all";
                  refineLength  ( 15 0.6 );
                  ⑤ { numberOfSubdomains 16;
                      }
                }
            }
          }
        }
  }

```

# 검증 예제 #1 – 피착재 종류에 따른 도포 형상

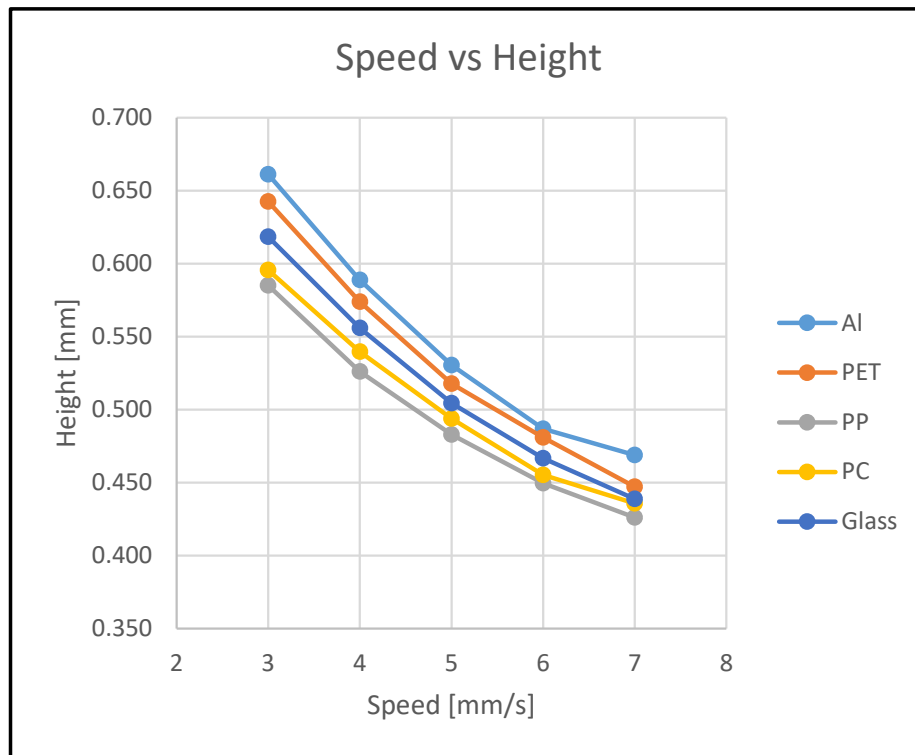
- 해석 목적
  - 서로 다른 표면에너지를 갖는 피착재에 도포할 때 나타나는 형상 차이에 대한 해석 타당성 검증
- 노즐
  - 원형단면 노즐
    - 내경 0.52 mm
- 도포 조건
  - 노즐 이동 속도 : 3 ~ 7 mm/s
  - 토출 유량 : 1.9 mm<sup>3</sup>/s
  - 노즐과 피착재간 Gap : 0.7 mm
  - 도포 길이 : 50 mm
- 피착재
  - Aluminum, PET, PP, PC, Glass 평판
- 액상소재
  - 고점도 UV경화 접착제 (AUV-8521C)



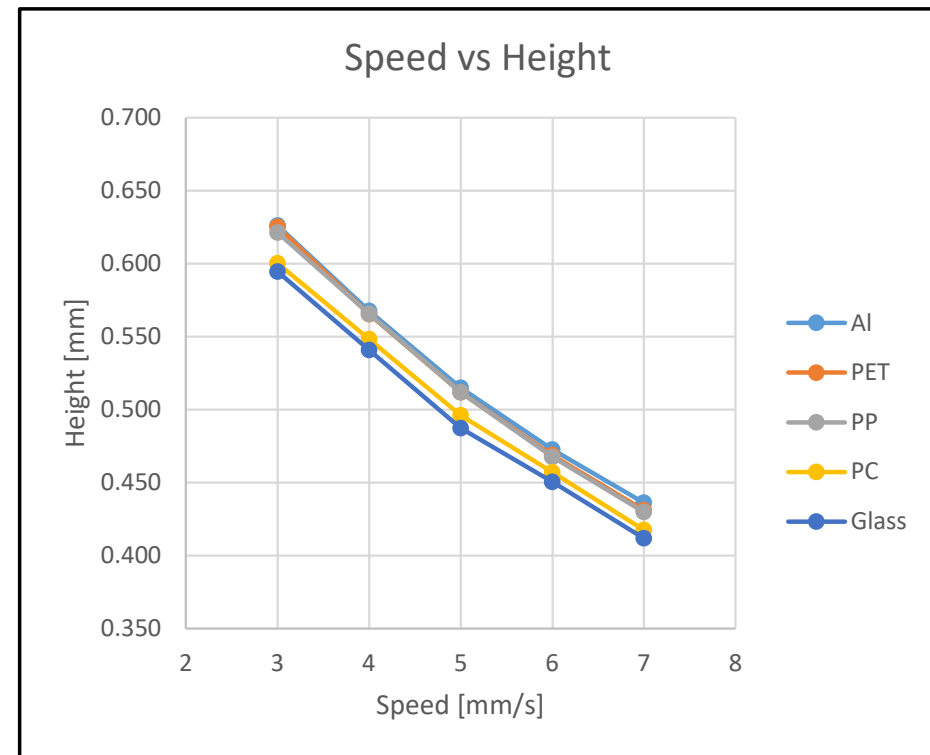
# 검증 예제 #1 – 피착재 종류에 따른 도포 형상

- 해석 결과

- 10% 이내 오차



실험



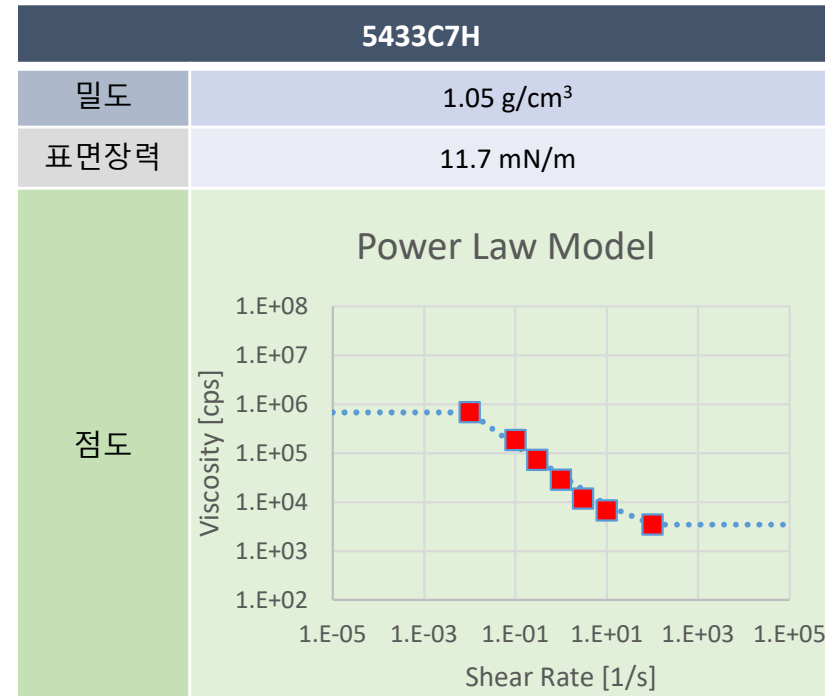
해석

# 검증 예제 #2 – SLIT형 노즐 디스펜싱 해석

- 해석 목적
  - 노즐의 단면 형상이 사각형인 경우에 대한 해석 타당성 검증
- 노즐
  - 직사각형 단면(0.3mm × 7mm)의 Slit 노즐

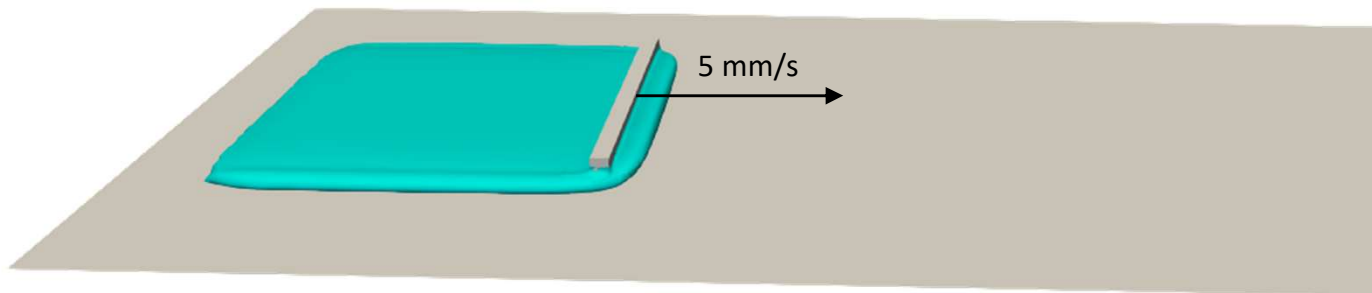
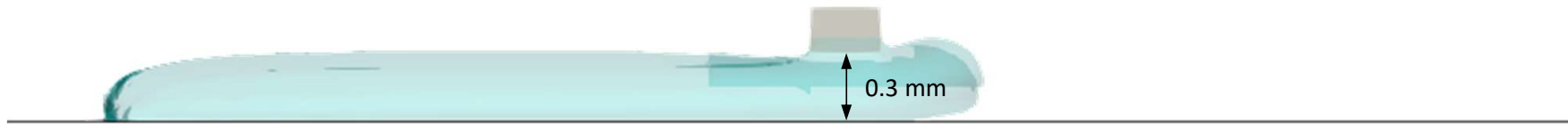


- 피착재
  - Glass 및 Aluminum 평판
- 액상소재
  - 중점도 UV경화 접착제(5433C7H)



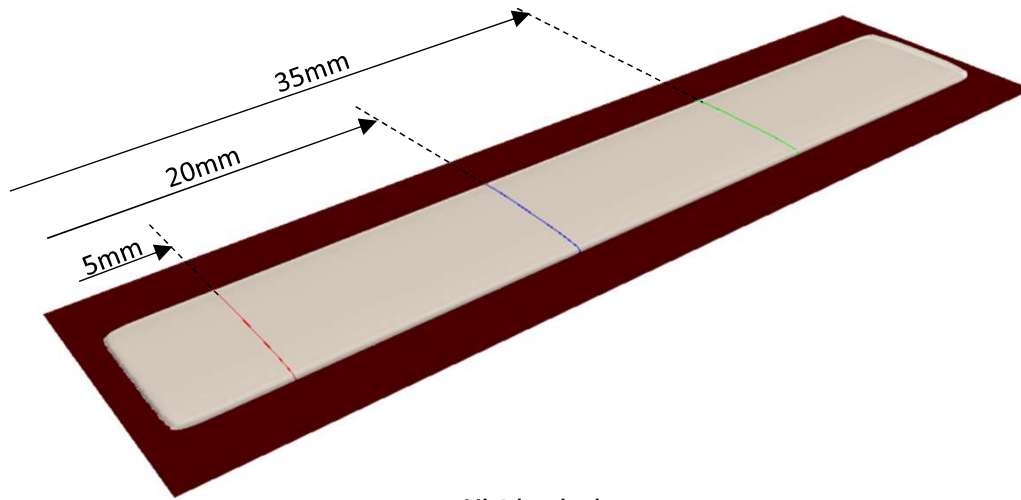
# 검증 예제 #2 – SLIT형 노즐 디스펜싱 해석

- 도포 조건
  - 노즐 이동 속도 : 5 mm/s
  - 토출 유량 : 74 mm<sup>3</sup>/s
  - 노즐과 피착재간 Gap : 0.3 mm
  - 도포 길이 : 50 mm

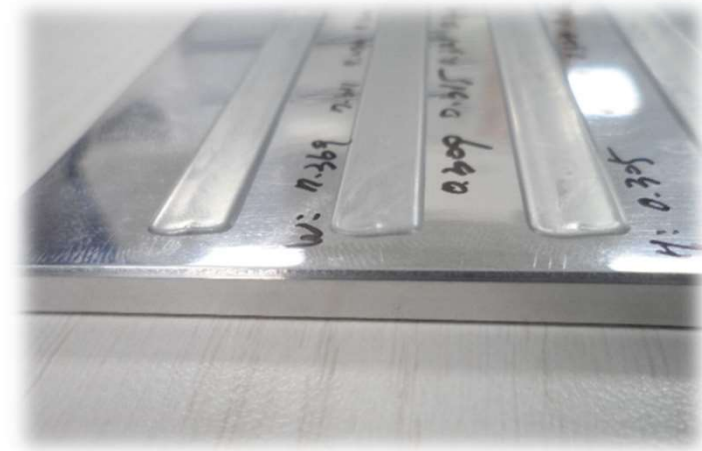


# 검증 예제 #2 – SLIT형 노즐 디스펜싱 해석

- 해석 결과



해석 결과



실험 결과



각 섹션의 단면 형상

피착재	높이 [mm]			폭 [mm]		
	실험	해석	오차	실험	해석	오차
Glass	0.315	0.317	0.63%	7.422	7.663	3.25%
Al	0.318	0.305	-4.09%	7.328	7.633	4.16%

결과 비교

# 검증 예제 #3 – 곡면 피착재 디스펜싱 해석

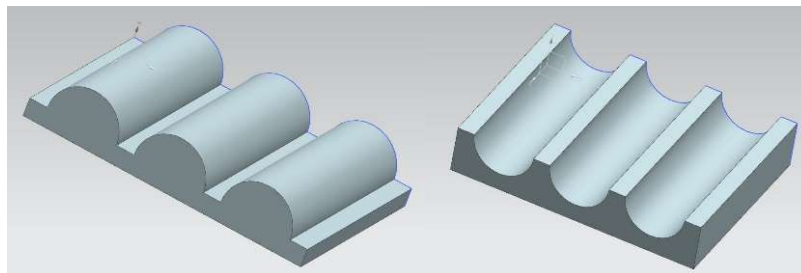
- 해석 목적
  - 피착재의 형상이 평면이 아닌 경우에 대한 해석 타당성 검증

- 노즐

- 원형단면 노즐
  - 내경 0.52 mm, 외경 0.82 mm

- 피착재

- Aluminum 볼록/오목 지그

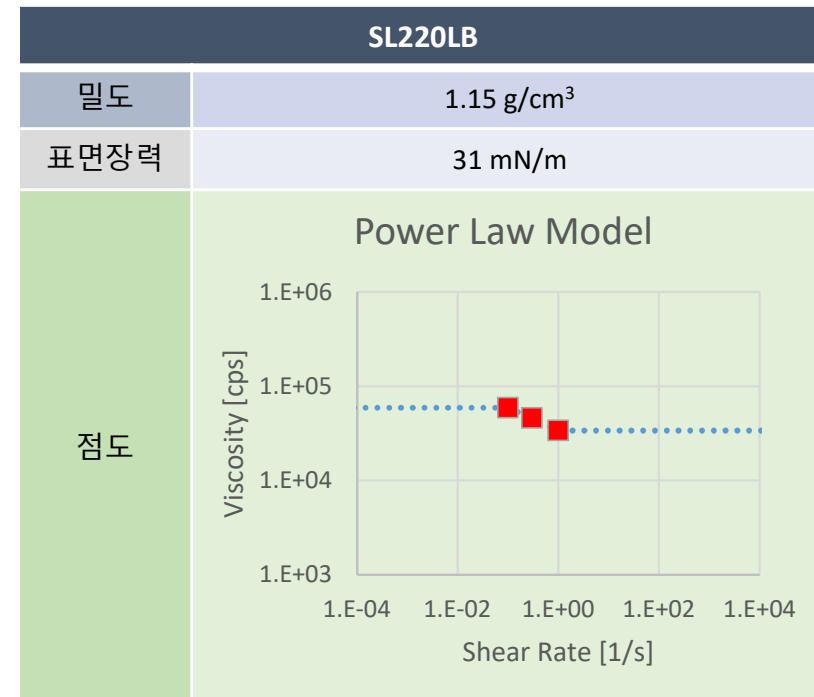


R = 10 mm 볼록

R = 9 mm 오목

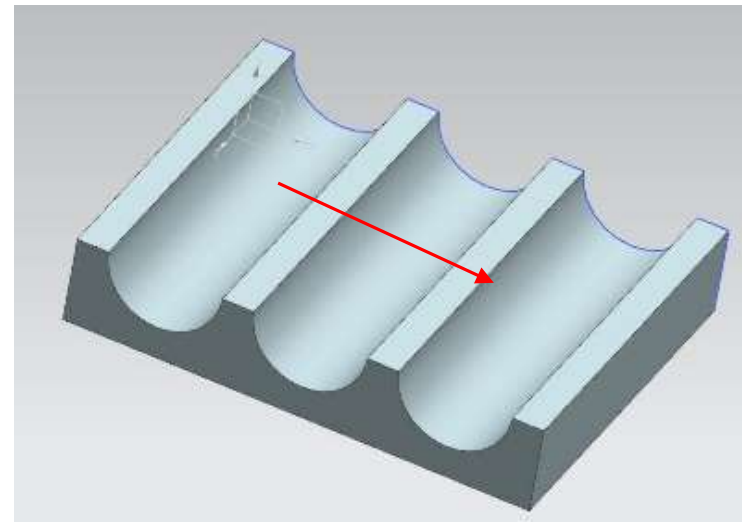
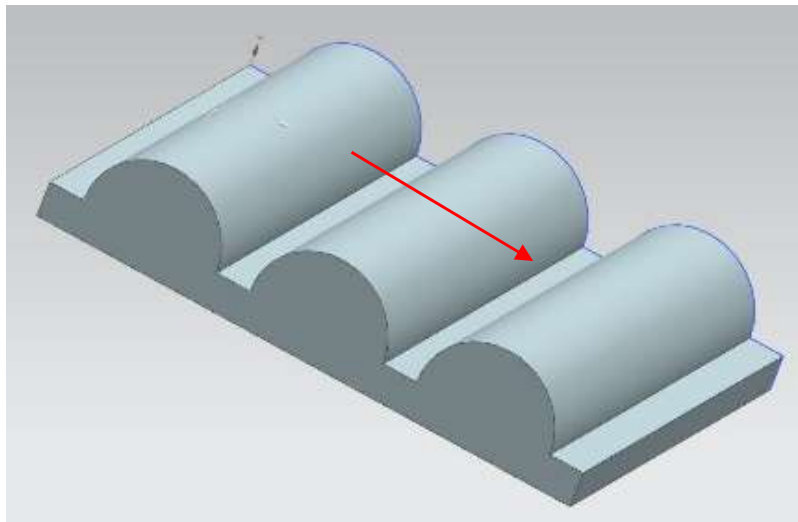
- 액상소재

- 중점도 습경화 접착제(SL220LB)



# 검증 예제 #3 – 곡면 피착재 디스펜싱 해석

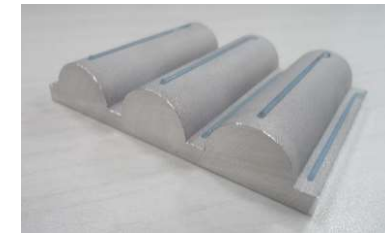
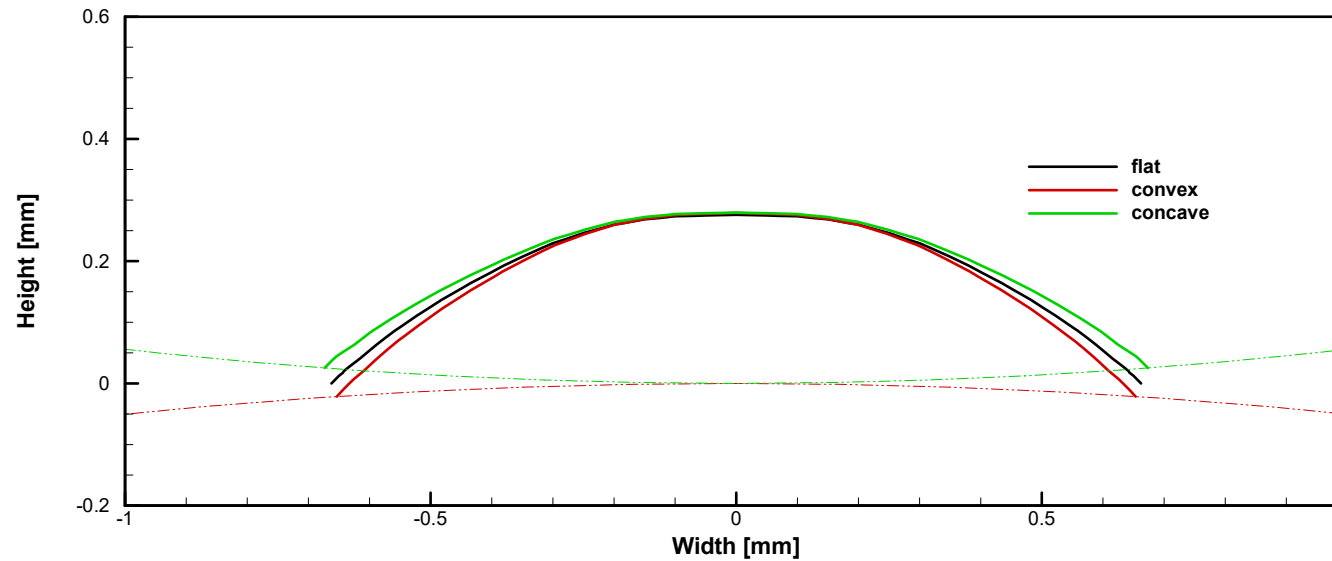
- 완만한 곡면 도포 조건
  - 볼록/오목한 면의 최고/최저점에서 축방향으로 도포
  - 노즐 이동 속도 : 5 mm/s
  - 토출 유량 : 1.27 mm<sup>3</sup>/s
  - 노즐과 피착재간 Gap : 0.7 mm
  - 도포 길이 : 50 mm





# 검증 예제 #3 – 곡면 피착재 디스펜싱 해석

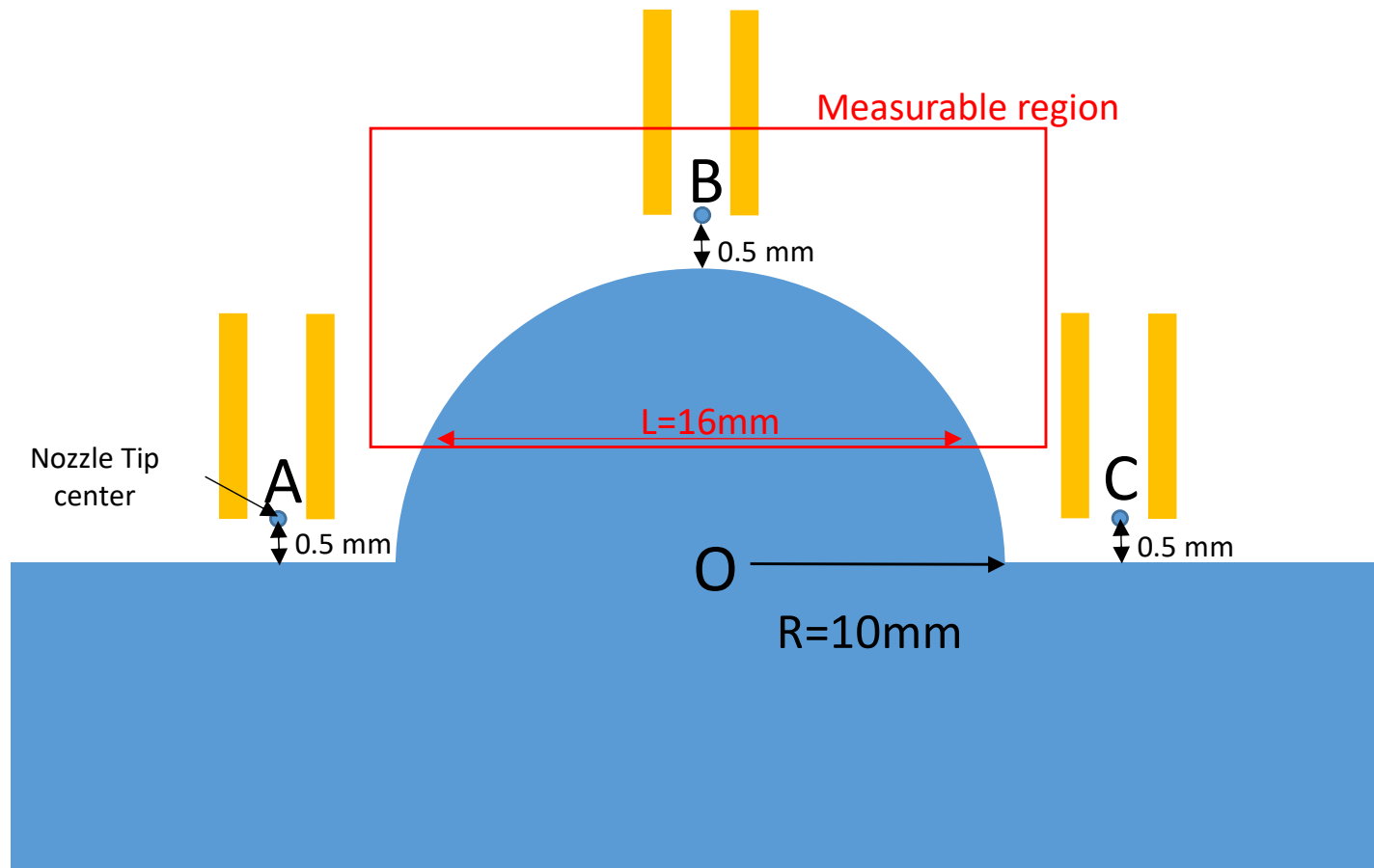
- 완만한 곡면 해석 결과



피착재	높이 [mm]			폭 [mm]			높이/폭		
	실험	해석	오차	실험	해석	오차	실험	해석	오차
평면	0.275	0.276	-0.33%	1.34	1.325	1.13%	0.205	0.208	-1.48%
볼록	0.296	0.301	-1.52%	1.307	1.307	0.01%	0.226	0.230	-1.53%
오목	0.243	0.254	-4.55%	1.308	1.347	-2.99%	0.186	0.189	-1.51%

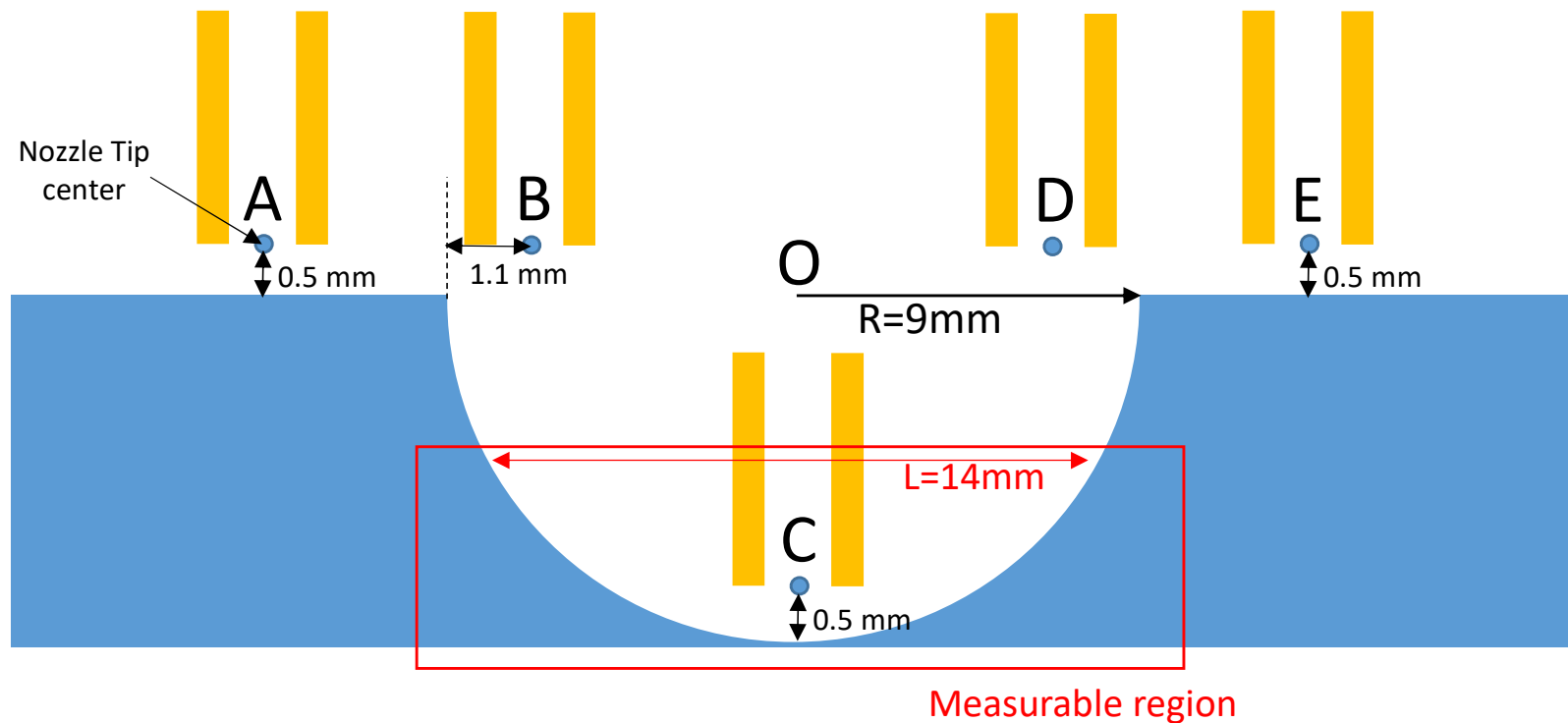
# 검증 예제 #3 – 곡면 피착재 디스펜싱 해석

- 급격한 볼록면 도포 조건
  - 노즐의 Tip center가 A→B→C를 지나는 원호를 그리며 접선속도 5mm/s로 이동
  - 토출 유량 : 1.27 mm<sup>3</sup>/s



# 검증 예제 #3 – 곡면 피착재 디스펜싱 해석

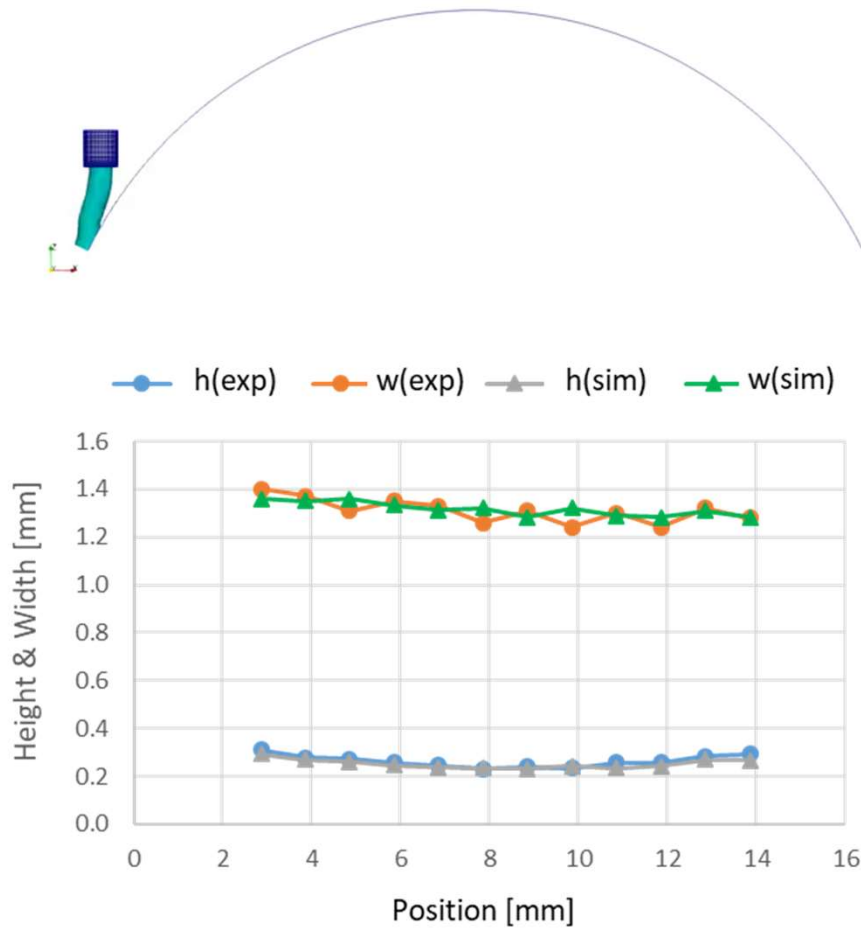
- 급격한 오목면 도포 조건
  - 노즐의 Tip center가 A→B→C →D →E 이 경로를 지나며 접선속도 5mm/s로 이동
    - AB, DE 구간은 직선, BCD 구간은 원호
  - 토출 유량 : 1.27 mm<sup>3</sup>/s



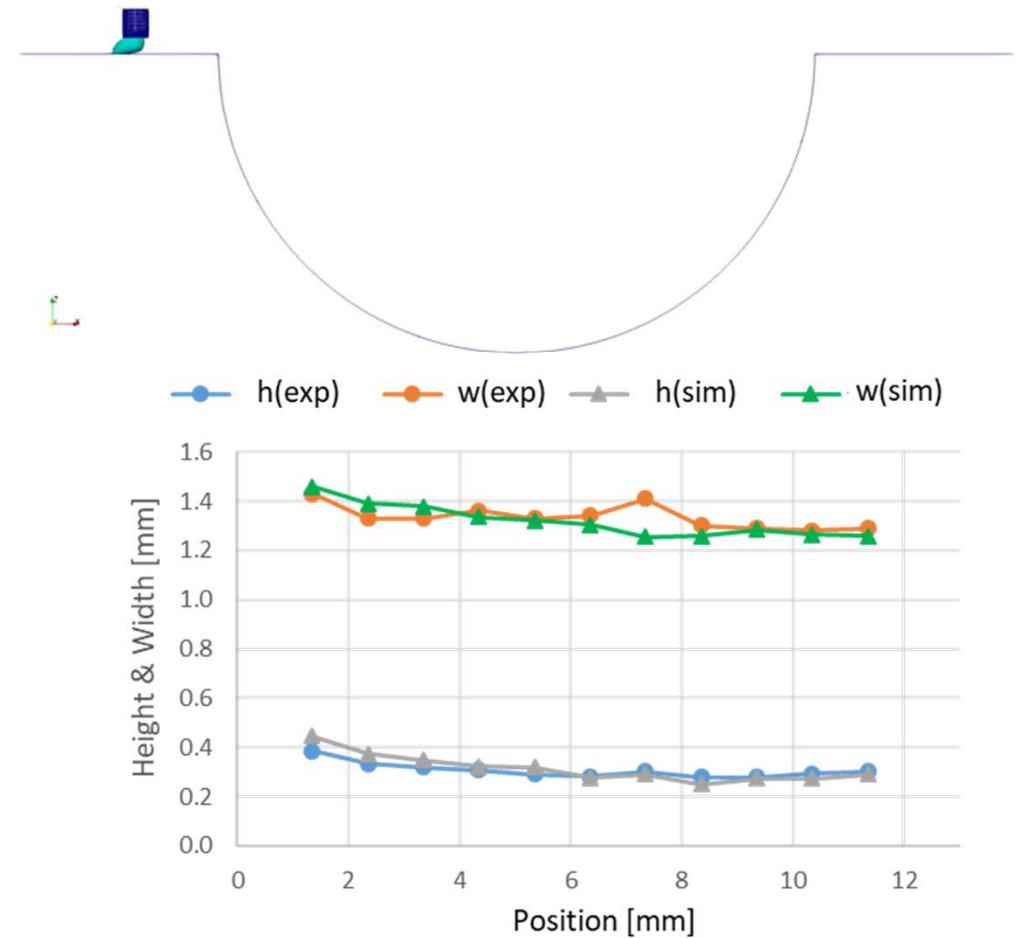
# 검증 예제 #3 – 곡면 피착재 디스펜싱 해석

- 급격한 곡면 해석 결과

볼록



오목



# 응용 예제 #1 - 네트워크 함체 방수 실링

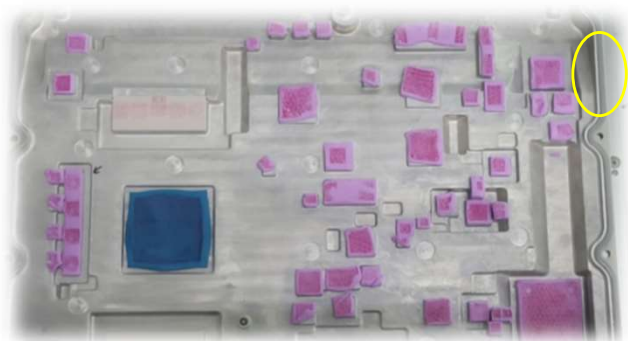
- 해석 목적
  - 홈에 채워진 액체의 표면 형상이  
표면장력에 따라 달라지는 현상을 모사

- 노즐

- 원형단면 노즐
  - 내경 1.25 mm

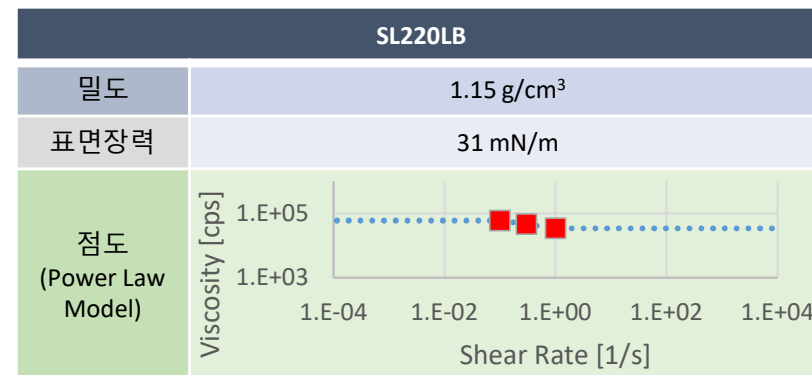
- 피착재

- 방수 실링을 위한 홈의 일부

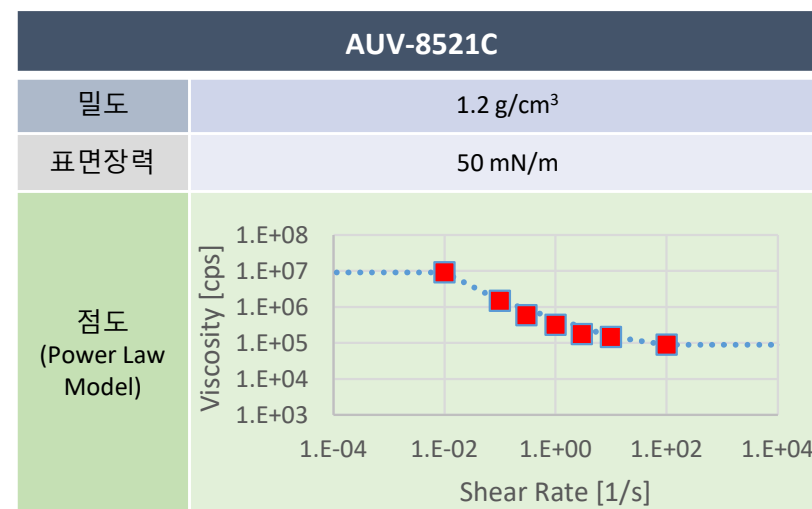


- 액상소재

- 중점도 습경화 접착제(SL220LB)



- 고점도 UV경화 접착제 (AUV-8521C)

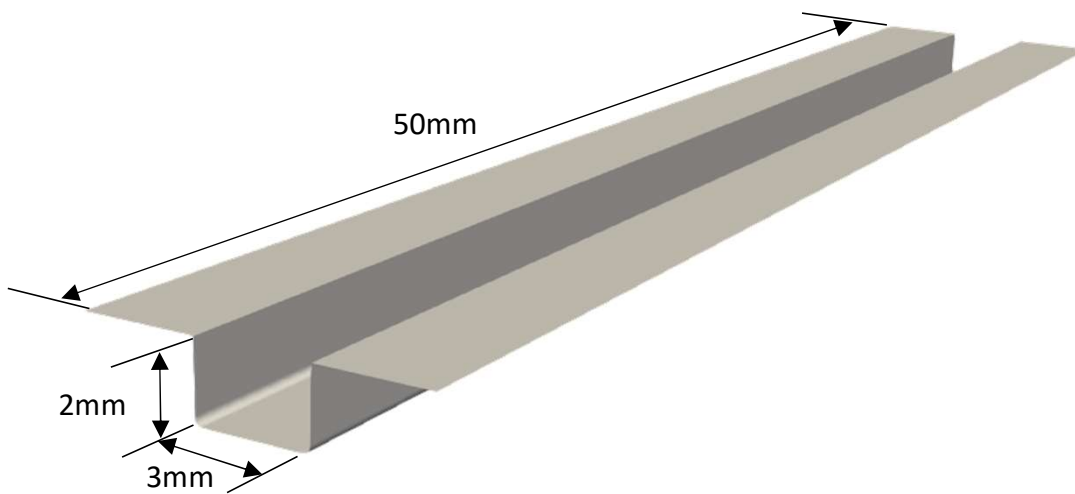


# 응용 예제 #1 - 네트워크 함체 방수 실링

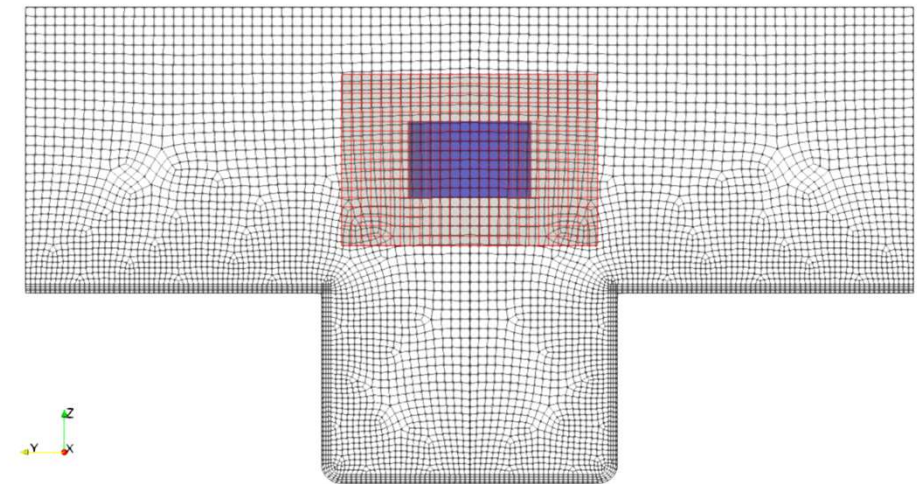
- 해석 모델 및 격자

- 도포조건

- 노즐 이동 속도 : 2.5 mm/s
- 토출 유량 : 24.5 mm<sup>3</sup>/s
- 도포 길이 : 50 mm



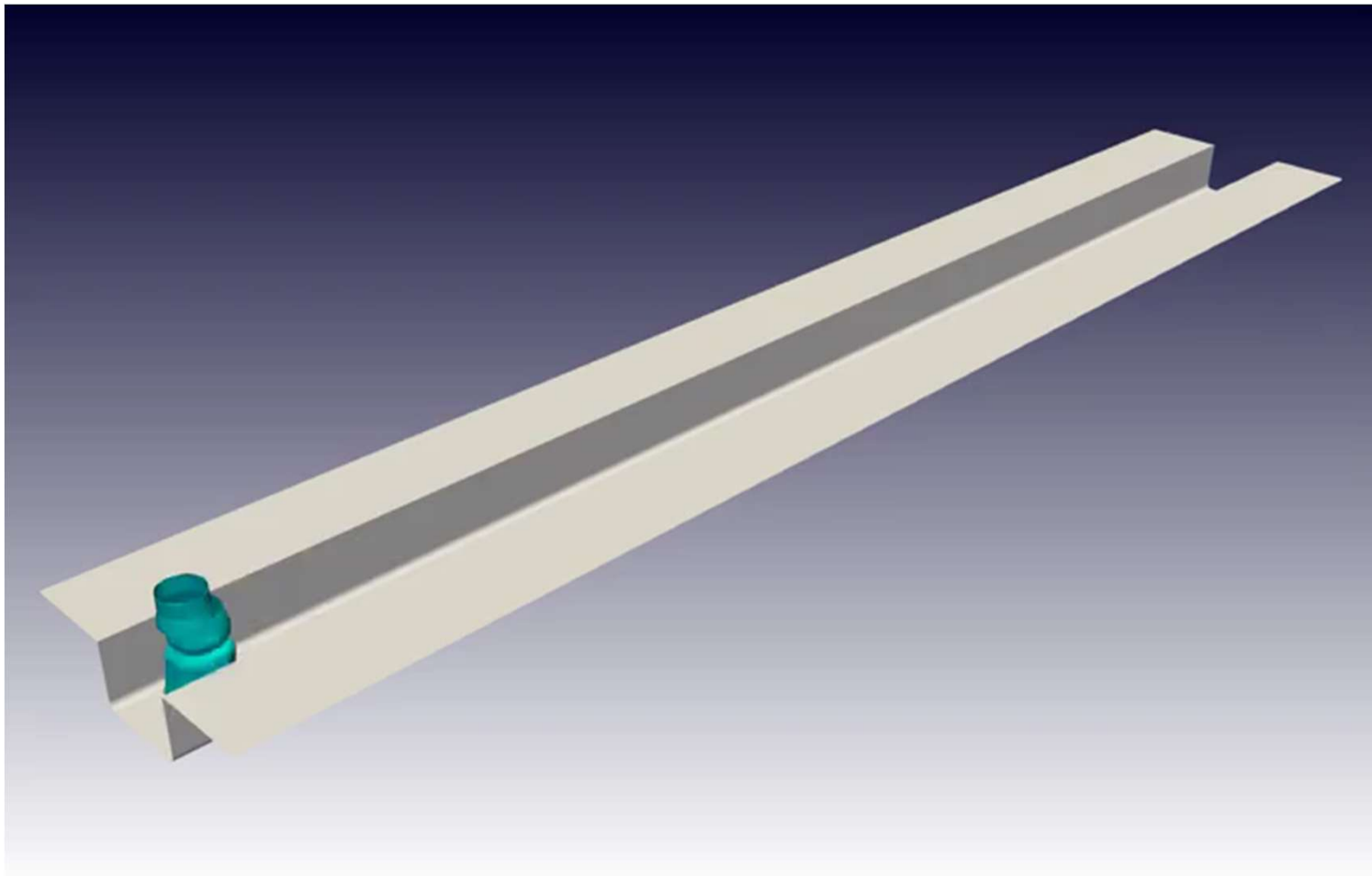
피착재 형상



Overset Grid

# 응용 예제 #1 - 네트워크 함체 방수 실링

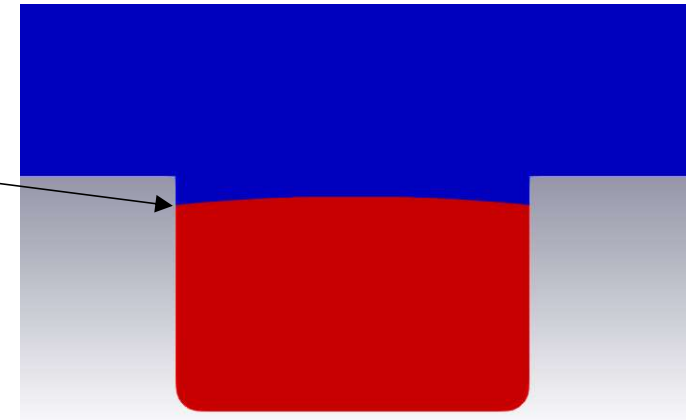
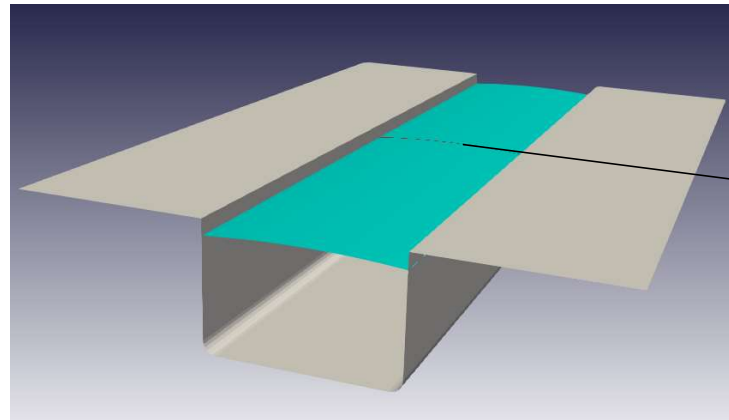
- 해석 결과
  - 도포 과정



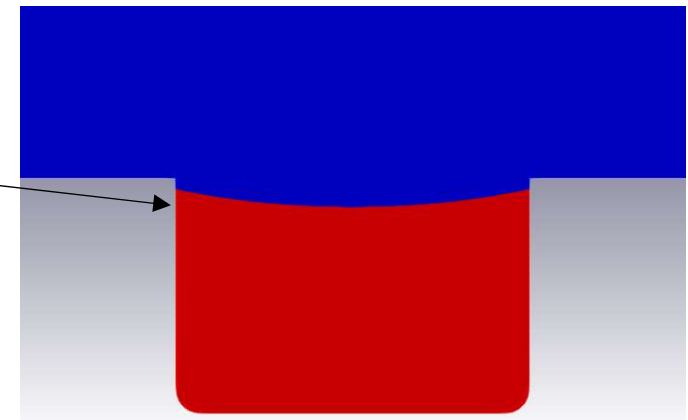
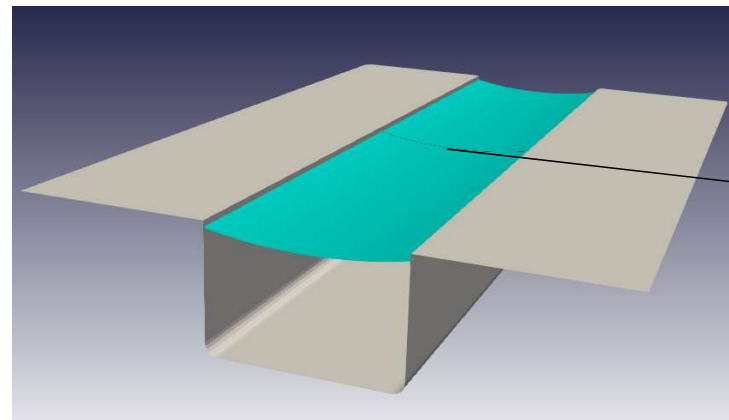
# 응용 예제 #1 - 네트워크 함체 방수 실링

- 해석 결과
  - 액상소재별 형상
    - 흠을 가득 채우지 않는 조건으로 해석

AUV-8521C  
(표면장력 50 mN/m)



SL220LB  
(표면장력 31 mN/m)



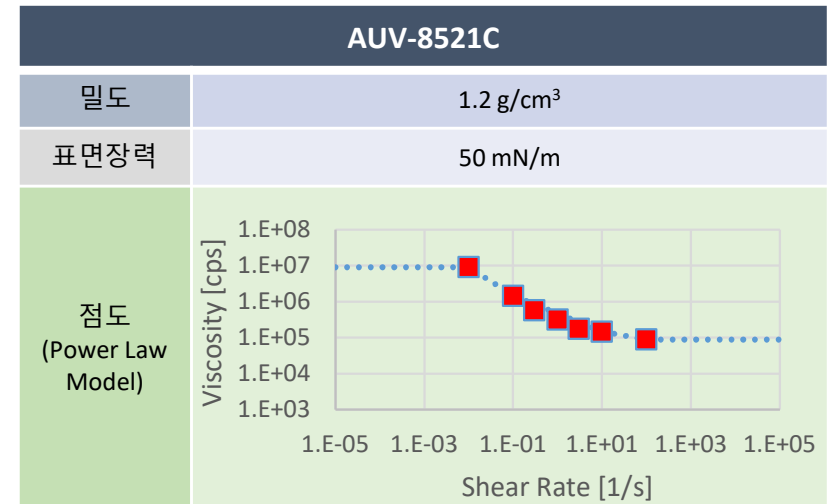


# 응용 예제 #2 - USB 방수 실링

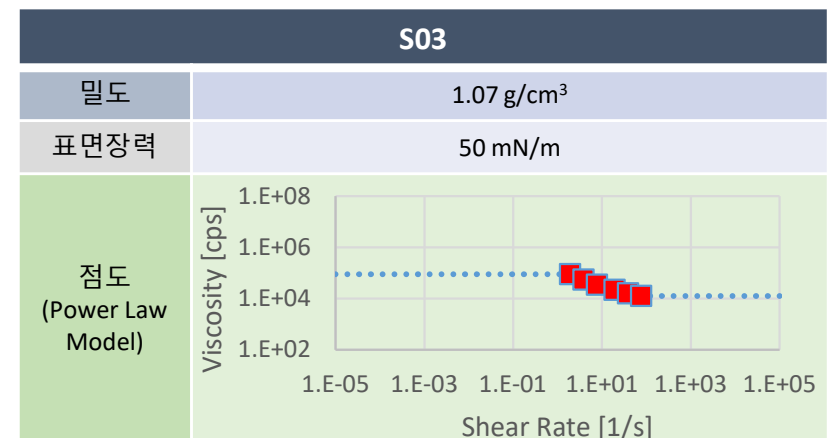
- 해석 목적
  - 기존에 도포된 액체 위로 다시 도포될때 액체가 서로 합쳐지는 현상 모사
- 노즐
  - 원형단면 노즐
    - 내경 0.2 mm
- 피착재
  - USB 소켓 테두리(Aluminum)



- 액상소재
  - 고점도 UV경화 접착제 (AUV-8521C)



- S03

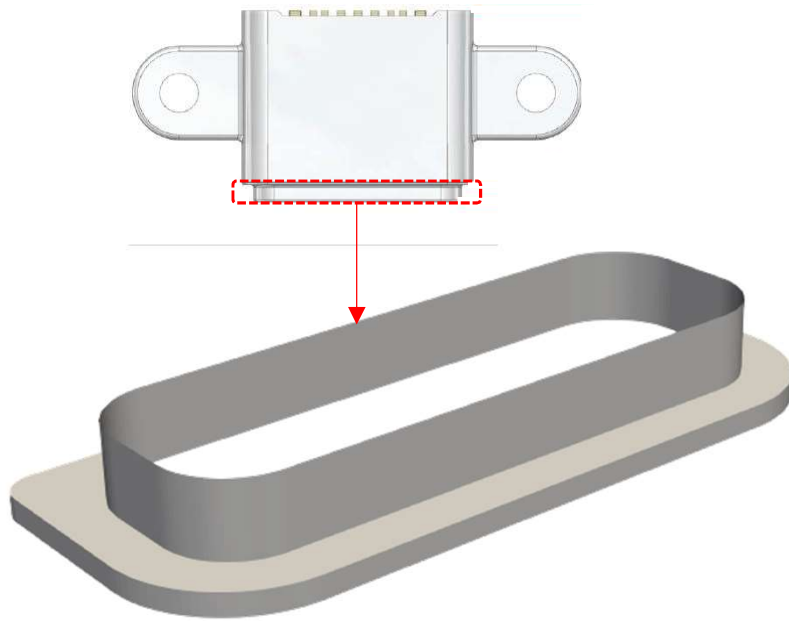


## 응용 예제 #2 - USB 방수 실링

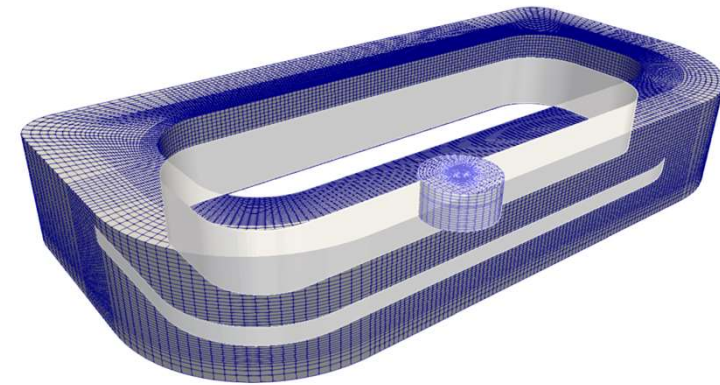
- 해석 모델 및 격자

- 도포조건

- 노즐 이동 속도 : 접선속도 5.5 mm/s
- 토출 유량 : 0.31 mm<sup>3</sup>/s



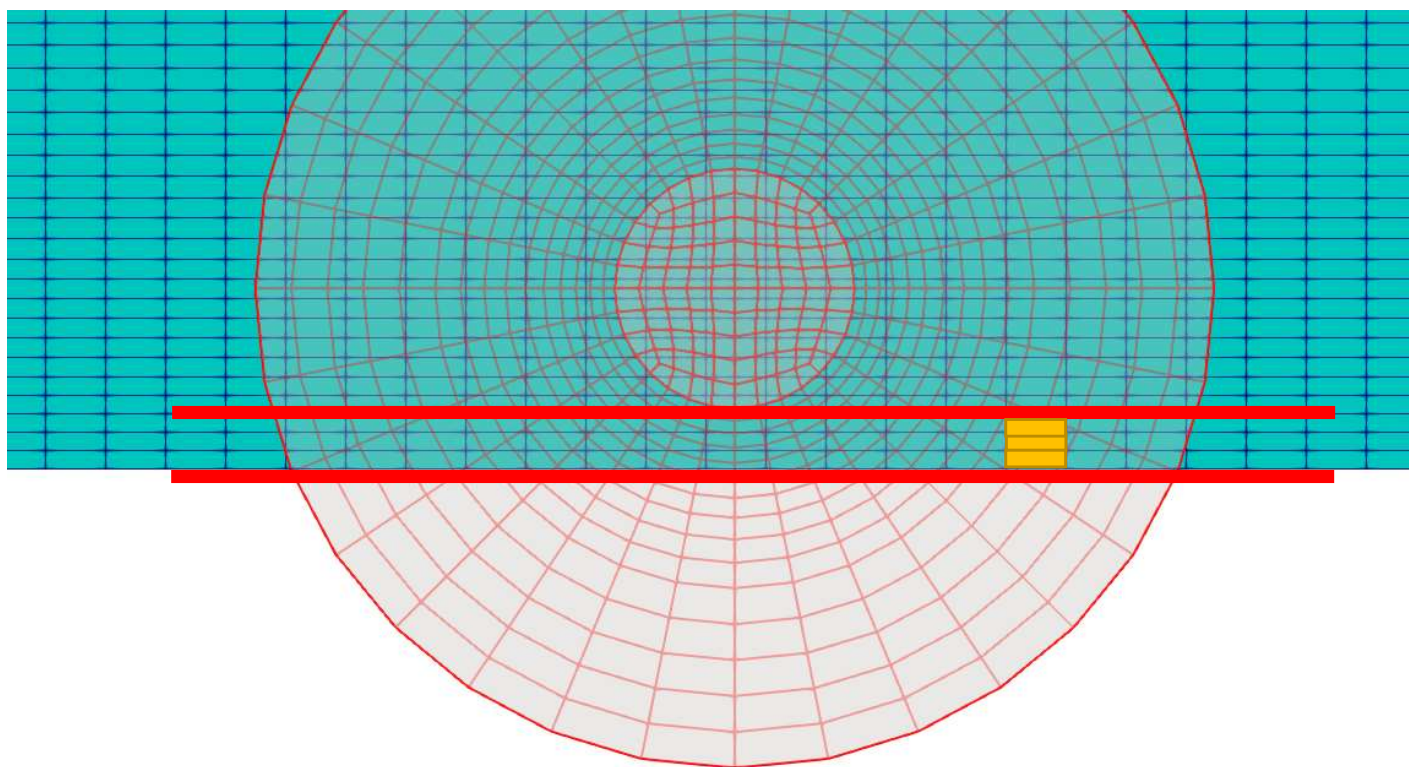
피착재 형상



Overset Grid

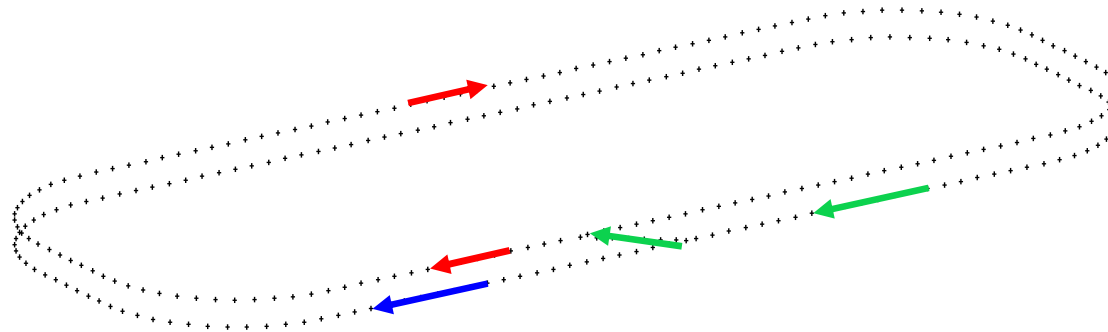
## 응용 예제 #2 - USB 방수 실링

- 격자 생성시 고려사항
  - 노즐 측면과 피착재 사이의 Gap에 적어도 두개의 background 격자가 들어갈수 있도록 주의하여 격자 생성



# 응용 예제 #2 - USB 방수 실링

- 노즐 이동 경로
  - 노즐 기준점의 이동 경로를 일정 시간마다 점(좌표)으로 정의하고 테이블 형태의 파일로 입력

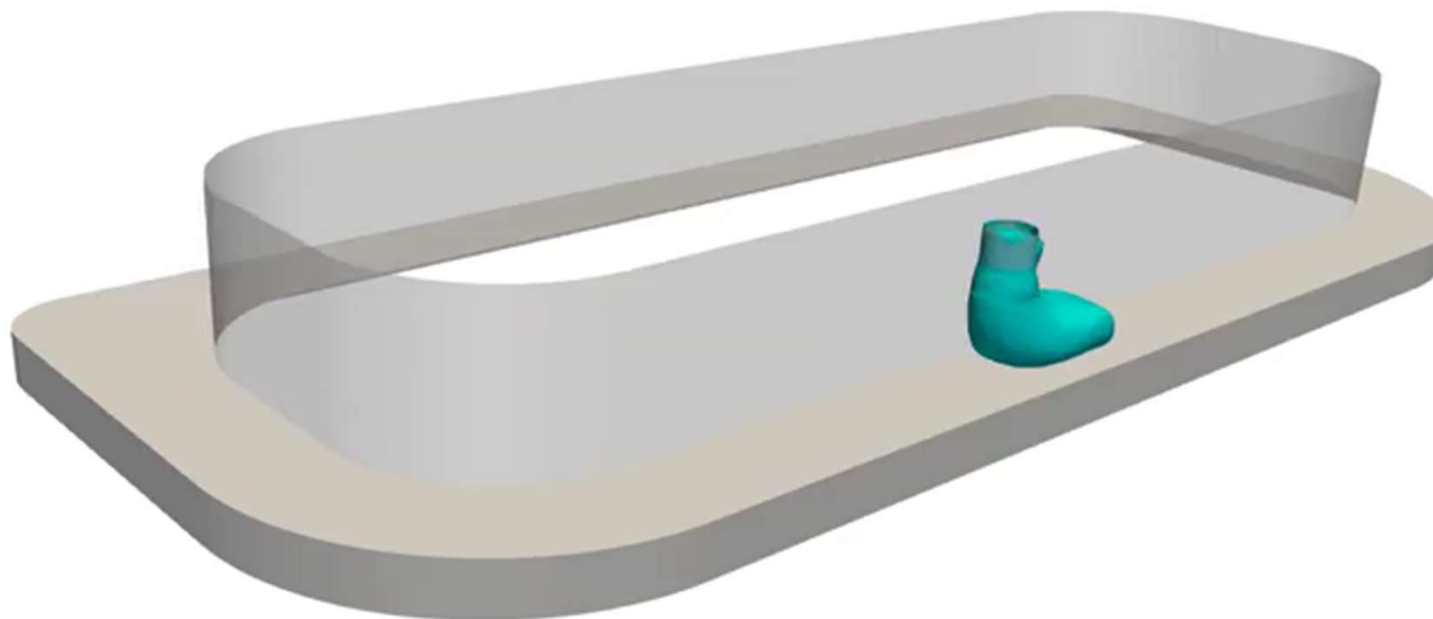


time	위치 좌표			각 변위(degree)		
	x	y	z	Rx	Ry	Rz
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>0.0182</b>	<b>0.1</b>	<b>1.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>0.0364</b>	<b>0.2</b>	<b>1.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>0.0545</b>	<b>0.3</b>	<b>1.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>0.0727</b>	<b>0.4</b>	<b>1.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>0.0909</b>	<b>0.5</b>	<b>1.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>0.1091</b>	<b>0.6</b>	<b>1.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

노즐 이동 경로 입력파일 형식

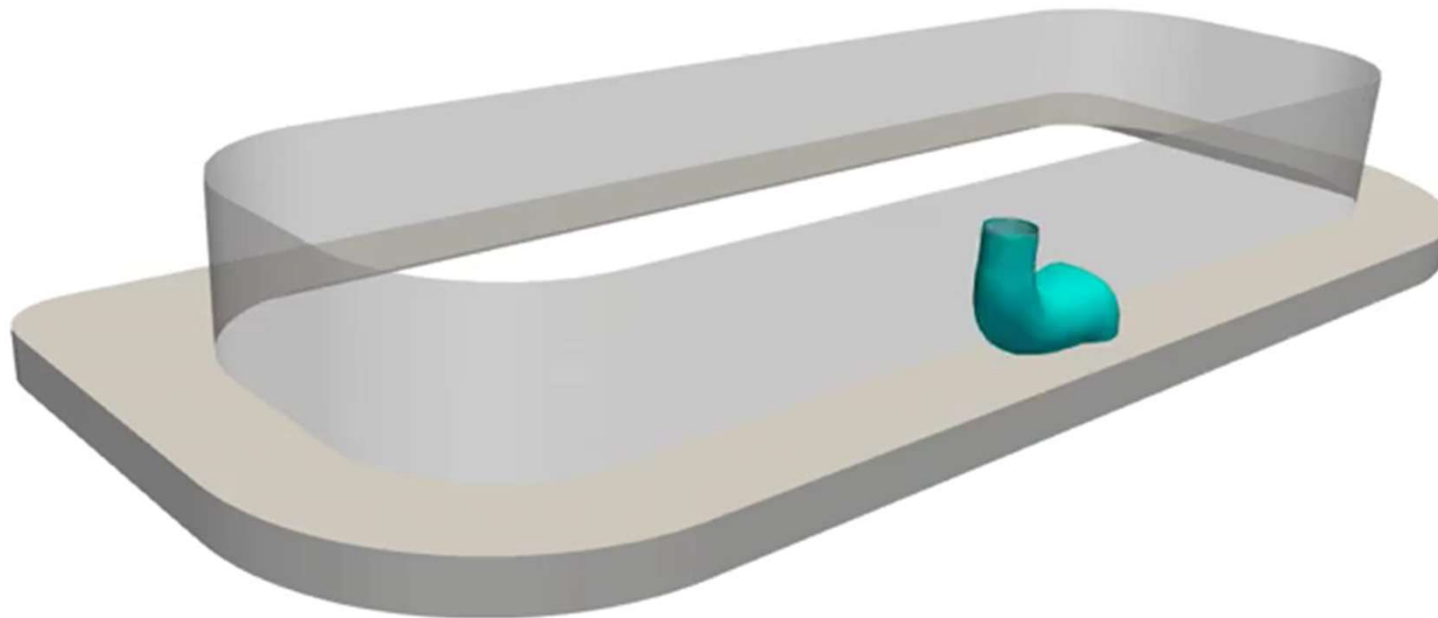
## 응용 예제 #2 - USB 방수 실링

- 해석 결과
  - AUV-8521C



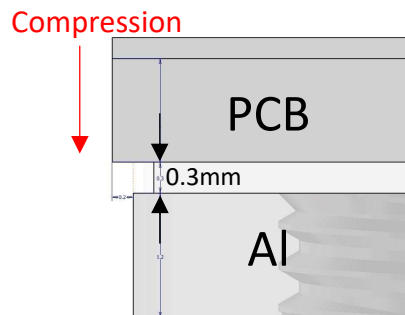
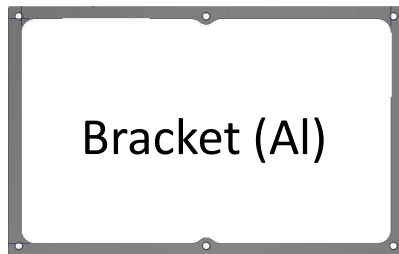
## 응용 예제 #2 - USB 방수 실링

- 해석 결과
  - S03



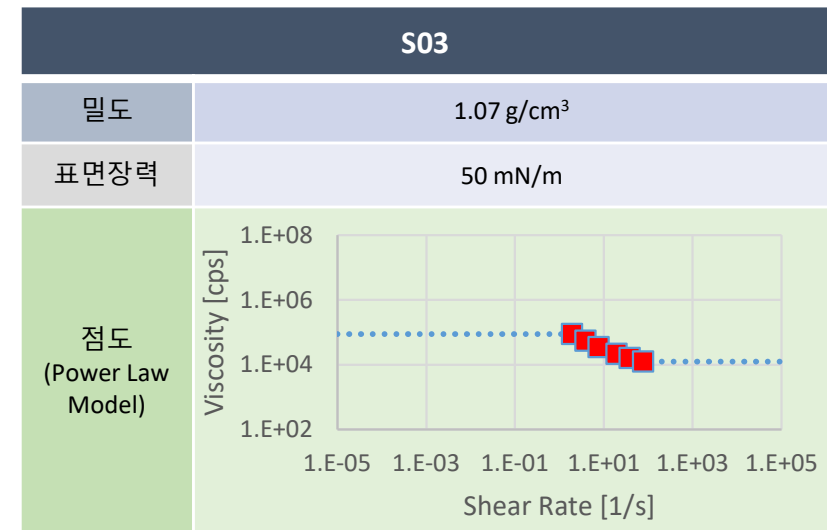
# 응용 예제 #3 - 모듈형 TV

- 해석 목적
  - 기존에 도포된 액체를 위에서 압축할때 액체가 spreading 되는 현상 모사
- 피착재
  - 브라켓 테두리 일부



- 액상소재

- S03

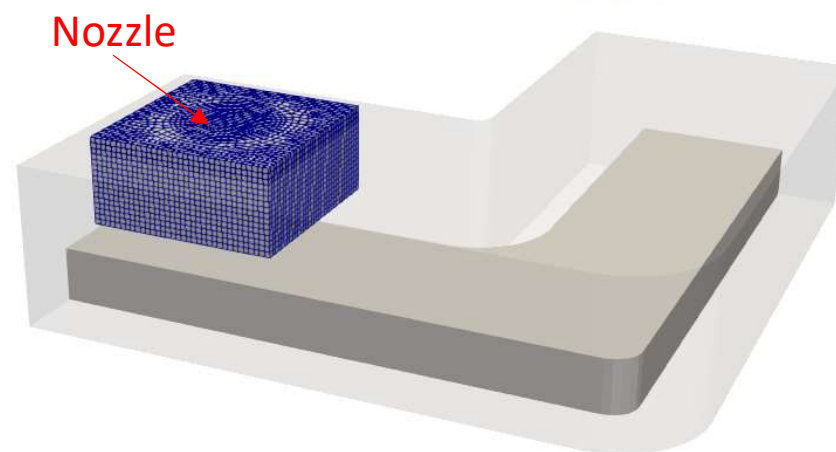
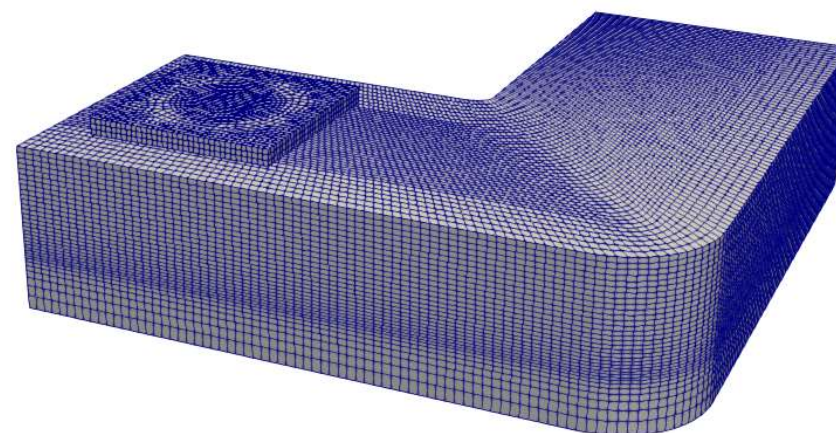
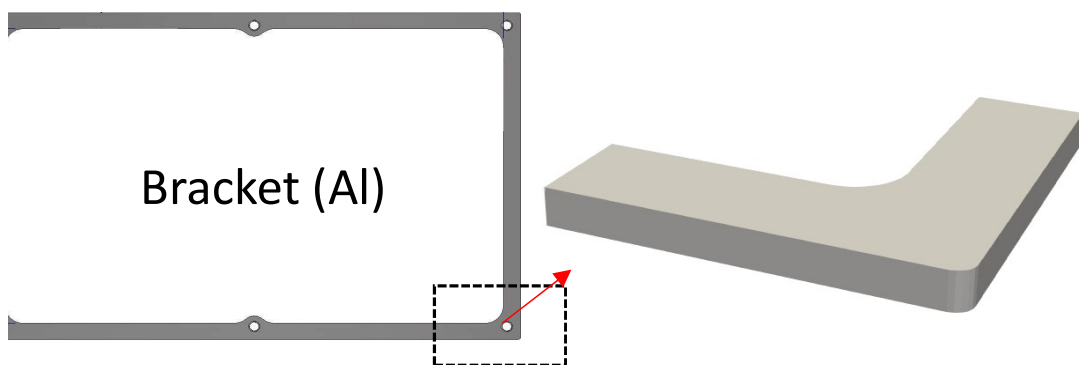


- 해석 절차

- 액체를 도포 한 후 압축해야 하므로 두단계로 해석 진행
- 디스펜싱 + 스프레딩

# 응용 예제 #3 - 모듈형 TV

- 해석 모델 및 격자
  - 디스펜싱 단계



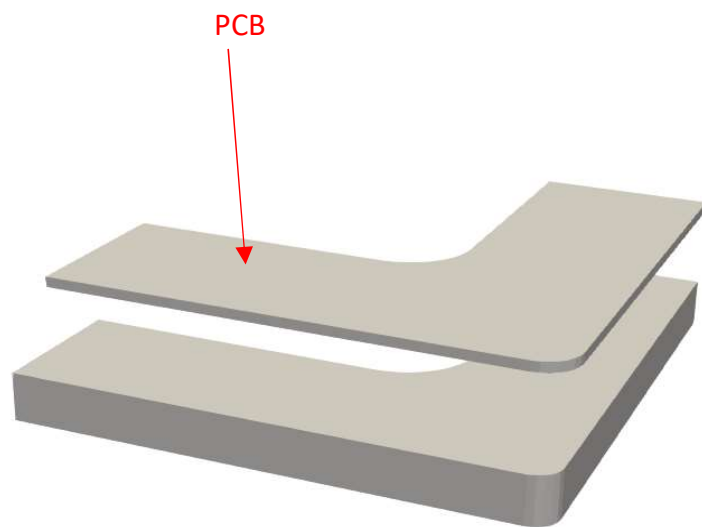
피착재 형상

Overset Grid

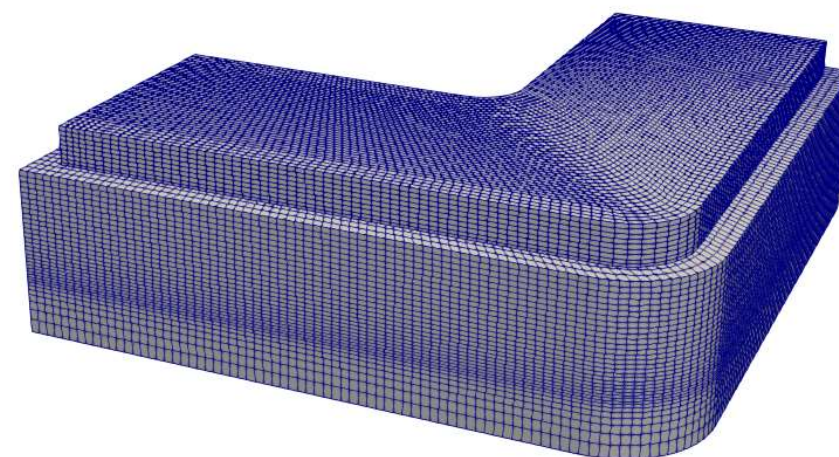


# 응용 예제 #3 - 모듈형 TV

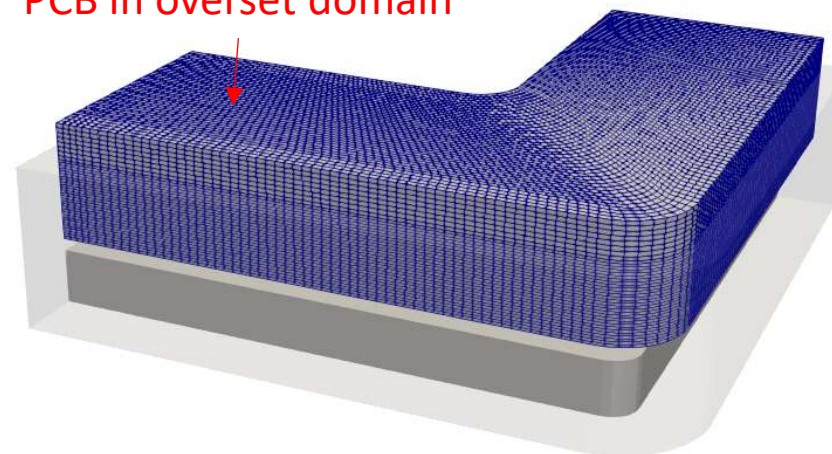
- 해석 모델 및 격자
  - 스프레딩 단계
    - Background 격자는 디스펜싱 단계의 격자를 그대로 이용



피착재 형상



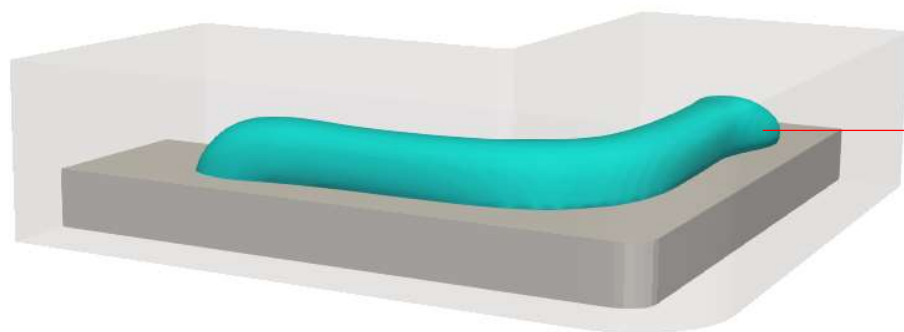
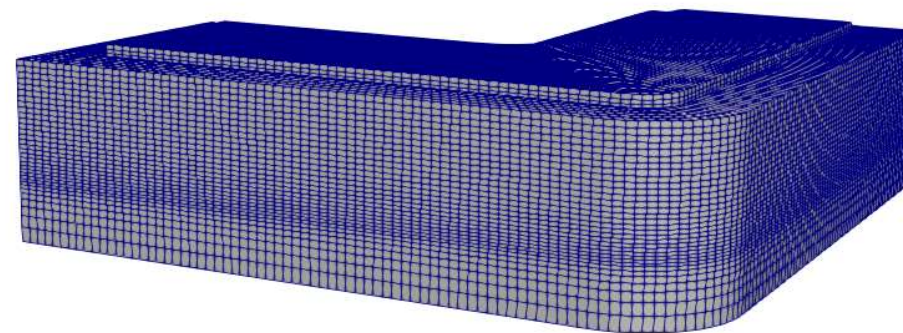
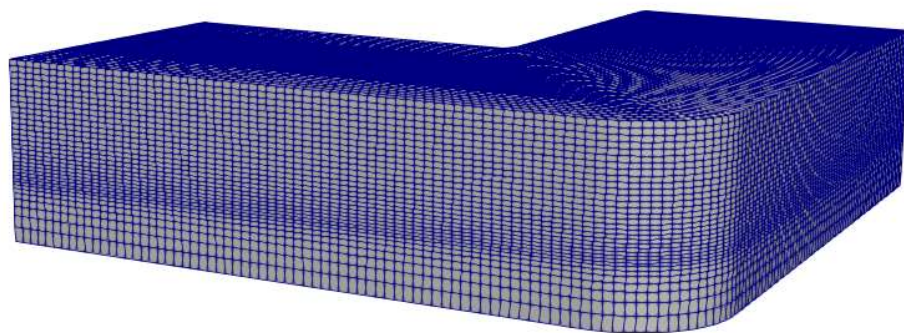
PCB in overset domain



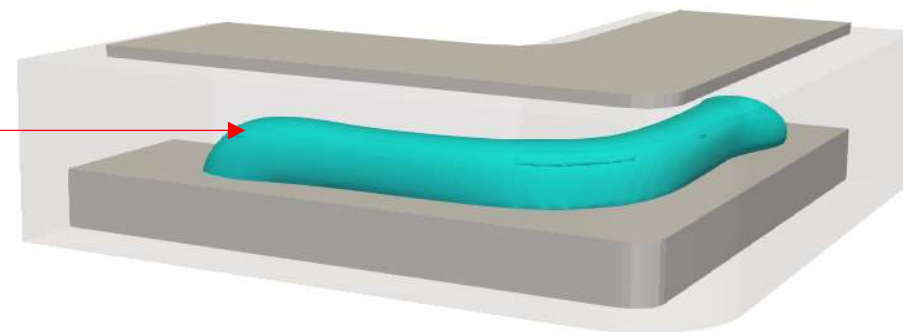
Overset Grid

# 응용 예제 #3 - 모듈형 TV

- Mapping
  - 디스펜싱 해석의 결과를 스프레딩 해석을 위한 격자에 Mapping

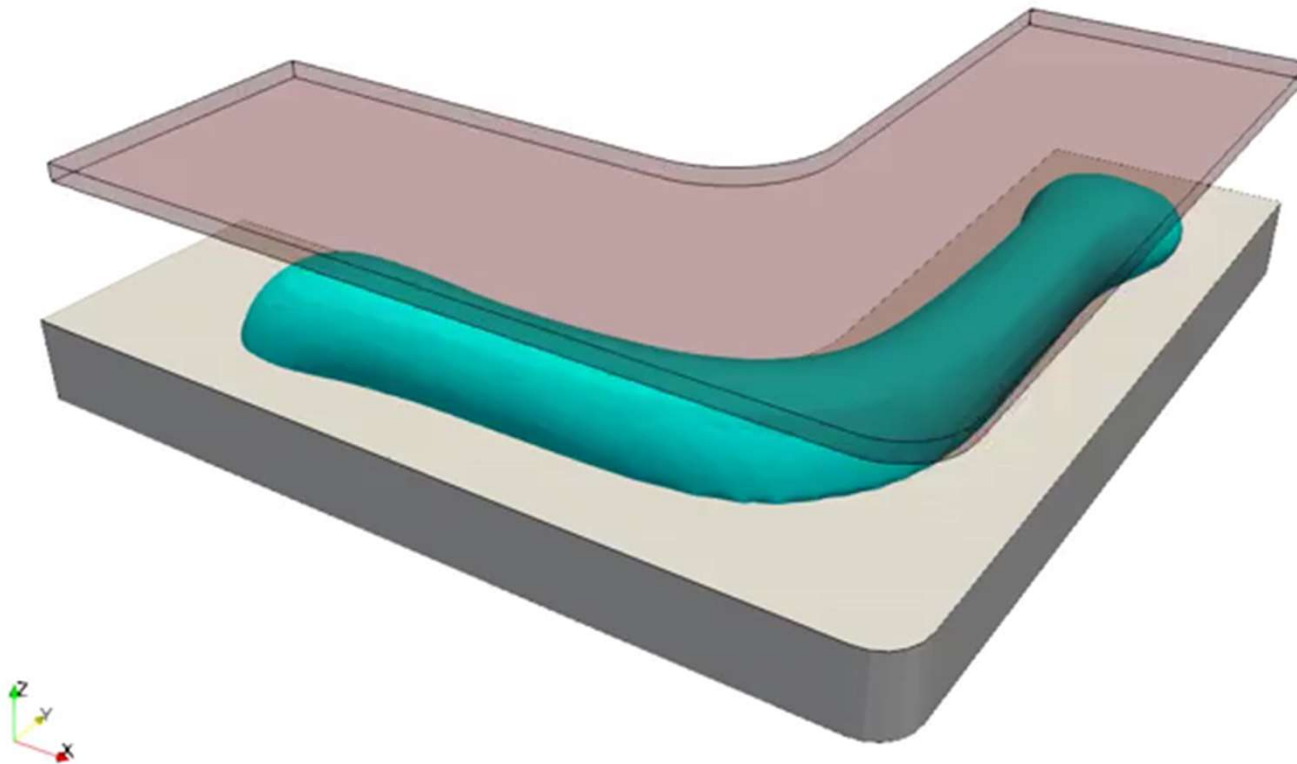


map



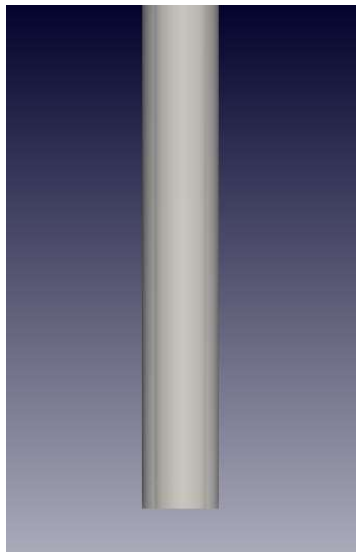
## 응용 예제 #3 - 모듈형 TV

- 해석 결과



# 응용 예제 #4 - 노즐 발수 코팅

- 해석 목적
  - 노즐 표면 코팅 유무에 따라 노즐 끝에 맺히는 액체의 거동 모사
- 노즐
  - 원형단면 노즐
    - 내경 0.2mm, 외경 0.3mm



- 액상소재

- Water

Water	
밀도	1.0 g/cm <sup>3</sup>
표면장력	71 mN/m
점도	1.003 cps

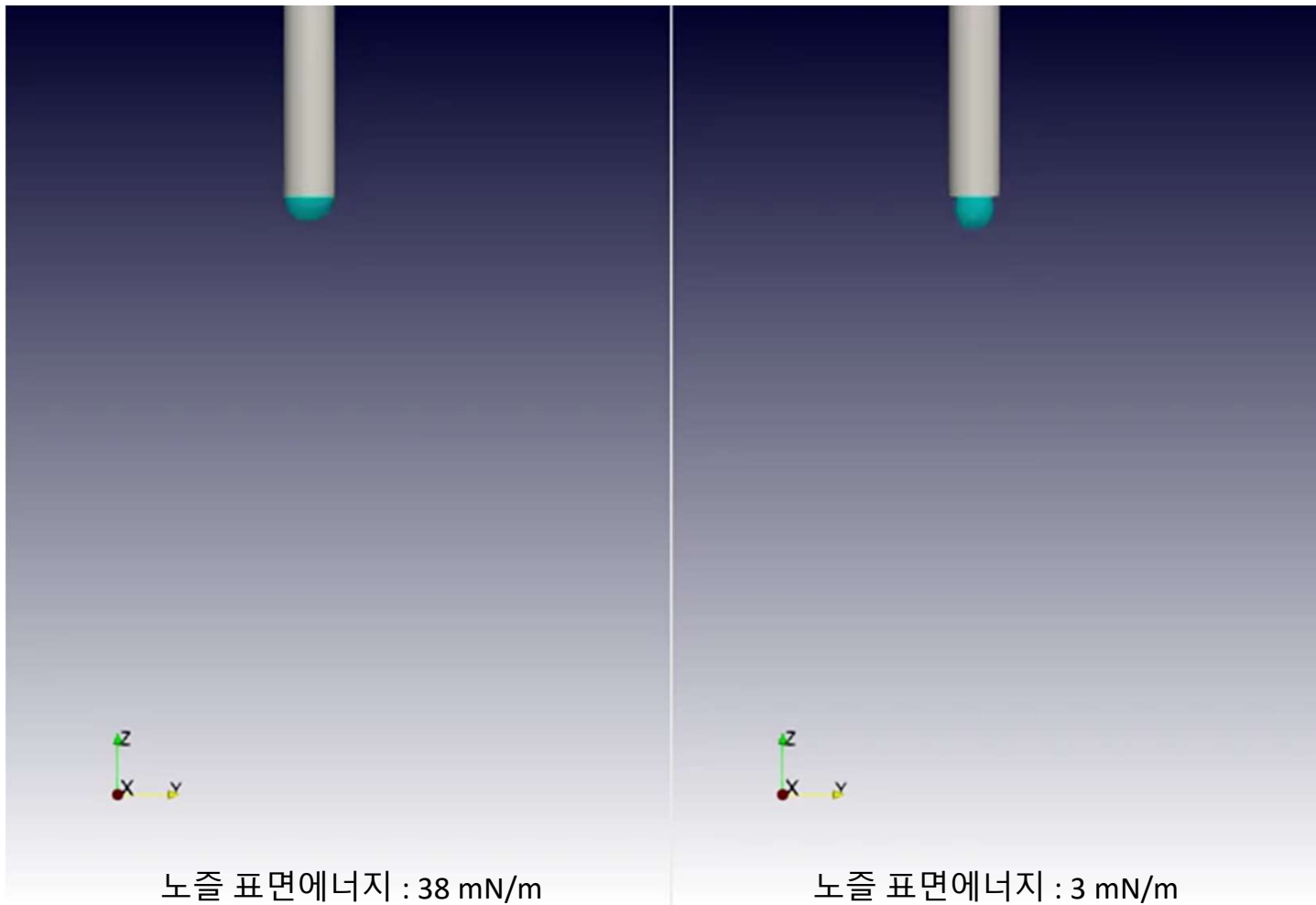
- 중점도 습경화 접착제(SL220LB)

SL220LB	
밀도	1.15 g/cm <sup>3</sup>
표면장력	31 mN/m
점도 (Power Law Model)	

# 응용 예제 #4 - 노즐 발수 코팅

- 해석 결과

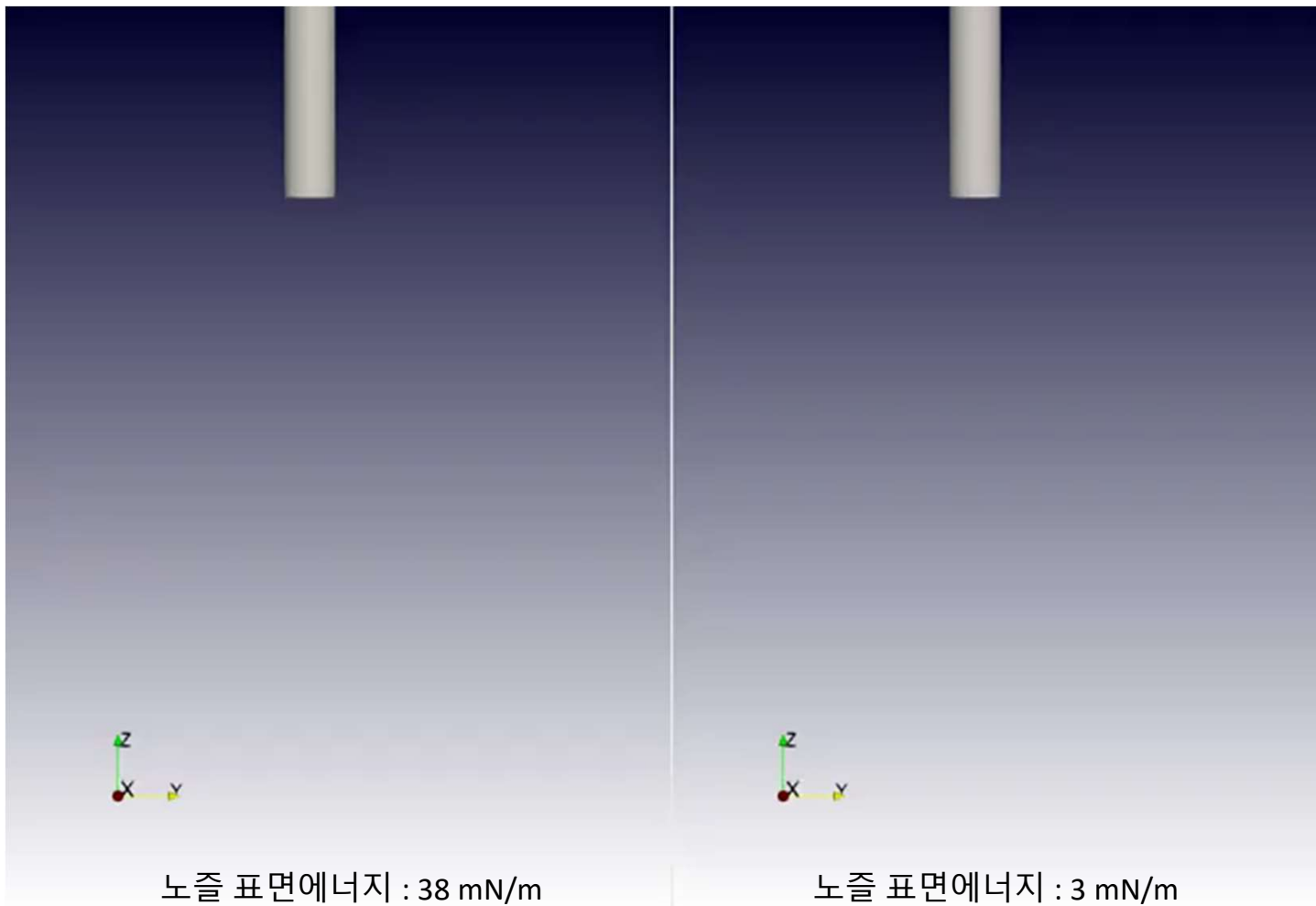
- Water



# 응용 예제 #4 - 노즐 발수 코팅

- 해석 결과

- SL220LB



# 결론 및 향후 계획

- 결론

- 디스펜싱 공정에서 비뉴턴 유체의 거동을 예측하기 위한 CFD 솔버 및 해석 기술 개발
  - 점도 모델, VOF 솔버, Overset Grid를 포함한 Dynamic Mesh Library
- 노즐 종류, 노즐 속도, 피착재 종류, 피착재 형상, 노즐과 피착재간 거리 등에 따른 검증 예제를 통해 실험과 15% 이내의 오차 확인
- 실제 제조공정에서 발생하는 응용 예제 해석을 통하여 해석 기술의 활용 가능성 타진

- 향후 계획

- 디스펜싱 응용 공정 : 적층 보드내 방열 Gel 충전, 미세 몰드 내부 충전
- 접착제 신뢰성 예측 : 3D 기구물간 접착면적 예측 기반, 접착강도 분포 도출
- 해석 결과의 DB화를 통한, 액상 거동 가이드 제시