

Sim-link를 활용한 Moldflow 적확성 개선 연구

A Study on Improving Moldflow Accuracy Using Sim-link

황순환(SunHwan Hwang)

오토데스크 기술지원팀 이사/공학박사/Moldflow Expert | ㈜이디앤씨

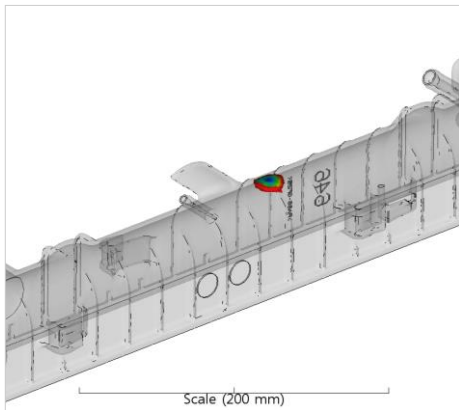
IMA(Injection Molding Analysis)

Terminology

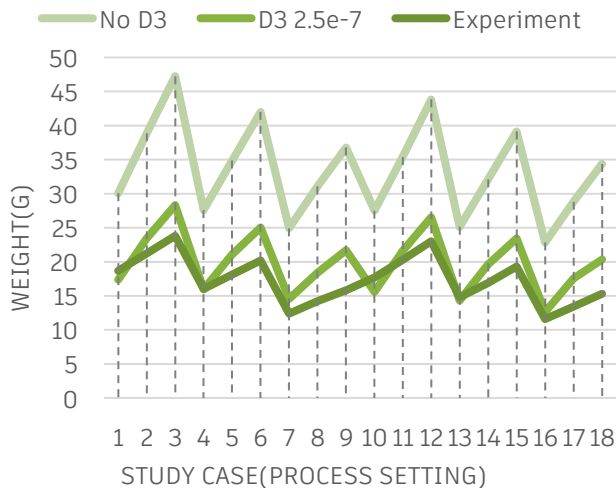
Autodesk Moldflow 적확성 용어 정리



사출 성형(Injection Molding): 플라스틱 제조 공법 중 하나로, 사출기를 이용하여 용융 수지를 금형에 주입하고, 냉각하여, 고화 되면 추출을 함.



CAE(Computer Aided Engineering): 컴퓨터 응용 공학으로, 제조 환경을 가상현실로 설계, 가공, 공정을 시뮬레이션 하는 것임.

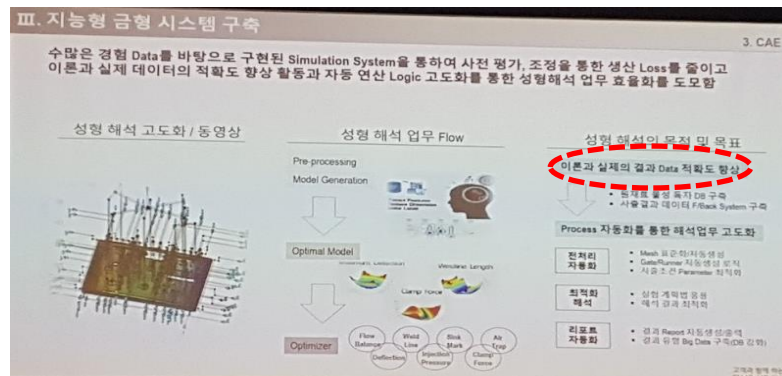
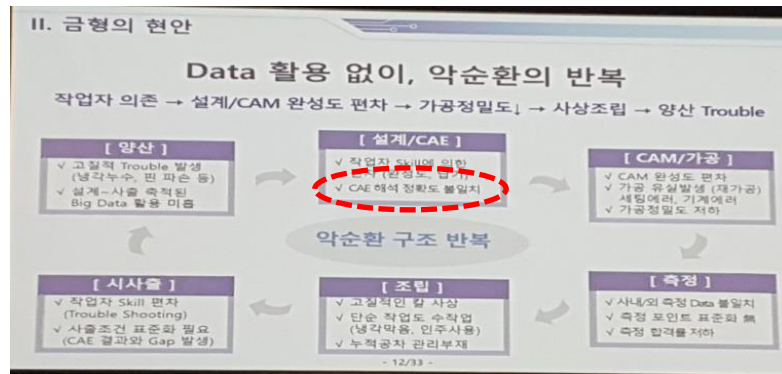


적확성(Precision, Accuracy) : 실험 결과와 예측 결과가 어긋남이 없이 정확하고 확실함

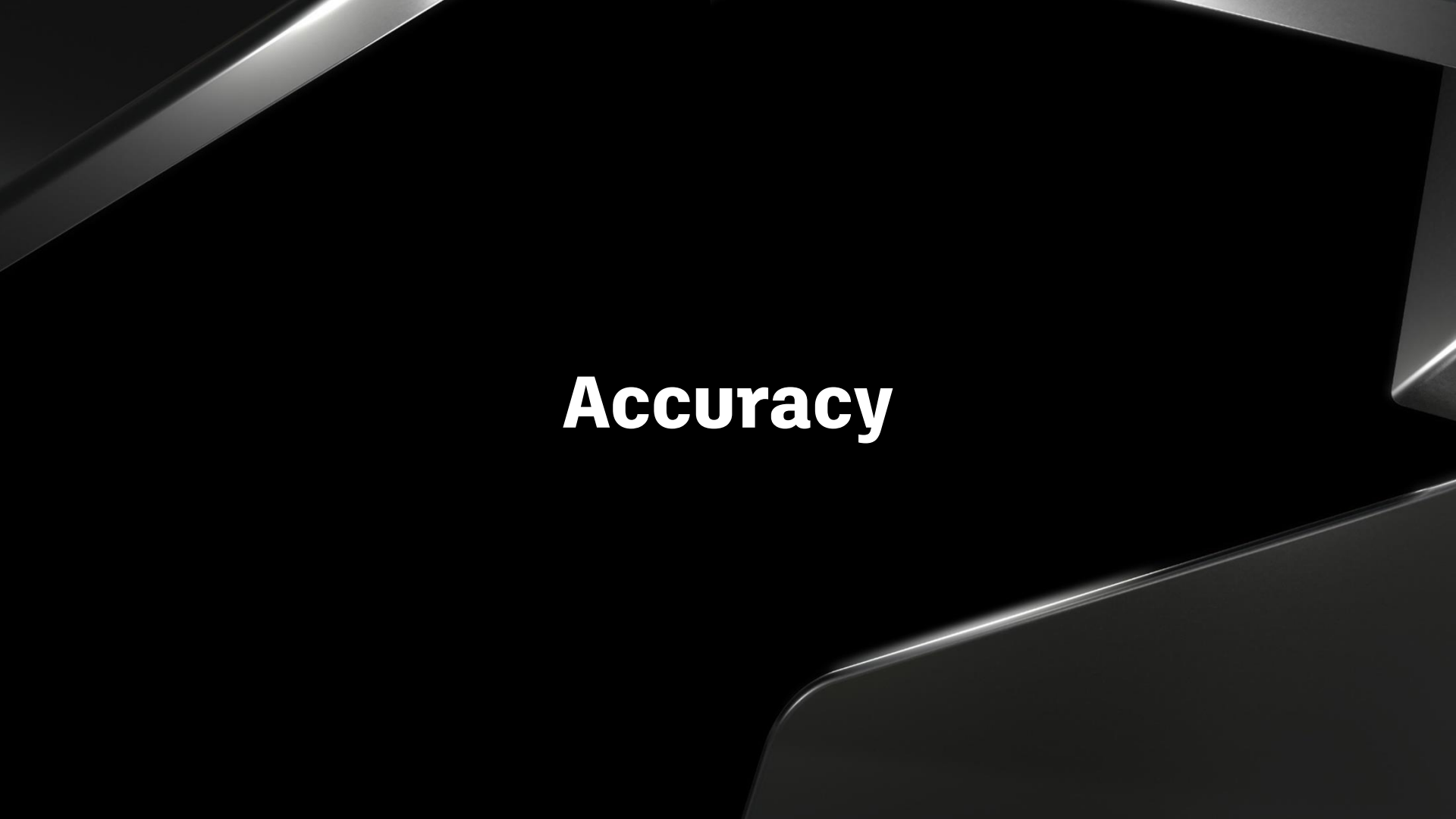
IMA(Injection Molding Analysis)

Requirements

- **CAE 트렌드** : 쉽고 자동화된 S/W 개발로 진입 장벽 낮아졌지만, 제조 방법과 CAE 원리를 고려하지 않은 연구는 적확성 감소의 원인이 됨.
- **제조 기업** : CAE 중요성 인식 - 프로세스로 표준화 - 적확도 불일치 - 중요한 의사결정 못함.
- **CAE 예측 개선** : 현장에서 발생하는 다양한 상황과 물성을 이해하고 복제할 수 있는가에 따라 개선 여부가 결정되었음.



삼성전자, LG전자 사출 금형 제조 프로세스 설명
(한국금형비전포럼_2019/6/27)



Accuracy

Accuracy

Parameter of Injection Molding Analysis

- Resin property(점도 특성, 수축 특성, 열 특성...)
- Mold design & tooling(게이트, 가공 오류...)
- Part design(형상 변경, 두께 변경, 빼기 구매...)
- Machine performance(형체력, 사출압, 램속도...)
- Environment(펌프 성능, 환경 온도, 온조기...)
- Process setting(Ram 속도, 보압 시간, 수지온도...)
- Data management(Data 수집, 표준화...)
- CAE Parameter(Mesh 타입, Solver 파라메타...)

Modification of part shape for mold	Gate Type Positioning Number of Gate	Eject System	Quality Indicator	Viscosity Property	pVT Property	Design change	Structural Integrity	Thickness Size Tolerance
Machining Error	Mold Design	Cold or Hot runner system	Thermal property	Resin Property	Mechanical Property	Insert Ribs & Boss Fasteners Snap-fit	Part Design	Creep Stress Strength fatigue
Vent system	Cooling Channel	Series Parallel Circuit	Transition Temperature	Ejection Temperature	Filled or unfilled	Resin Property	Quality and Cost	Cycle time
Mid plane Dual domain 3D mesh	Number of Meshes & Laminar Across thickness	Mold-melt Heat Transfer Coefficient	Mold Design	Resin Property	Part Design	Performance	Maximum Injection Speed	Maximum Injection Pressure
Isolate cause of warpage Consider Corner Effect	CAE Parameter	Inertia gravity wall slip Intermediate	CAE Parameter	Injection Molding	Injection Machine	Maximum Clamp Force	Injection Machine	Response Time
Convergence	Fiber Analysis Option	Venting Coreshift Analysis	Data Manage -ment	Process Setting	Environ -ment	Screw(Ram) Diameter	Intensification Ratio	Screw(Ram) Diameter
Data Collection	Design Standard	CAE Standard	Filling control	V/P Switch over	Packing Time	Ambient Temperature	Coolant pump performance	Part management after ejection
Data Science	Data Manage -ment	Optimization Technology	Cooling time	Process Setting	Packing Pressure	Feed system cutting	Environ -ment	Temperature controller system
Automated data collection using API	Machine Learning	Problem Solving Methodology	Starting Ram Position	Melt Temperature	Mold Temperature	Measurement	Aging effect	Eject System (Automated robot)

[그림]CAE 및 머신러닝 기법을 활용한 사출 성형 최적화에 관한 연구(황순환, 2021)

Accuracy

ED&C Moldflow Basic Training



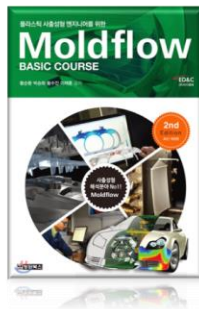
Two Monthly term



1. Autodesk Moldflow Insight 기본 교육

- 교육기간 : 1 주 (5일)
- 교육인원 : 15 명
- 교육장소 : (주)이디앤씨 교육실
 - 서울 (서울특별시 영등포구 선유로 146. 315호)
 - 창원 (경남 창원시 성산구 성산동 완암로 50 테크동 910호)
- 교육내용 : AMI / FLOW, COOL & WARP 기본 교육 과정
 - Model I/F부터 해석수행 및 결과판독 및 대안 수립과정 등 사출성형 및 S/W 운용

2. Training 교재 제공 (한글)



교 육 시 간	교 육 내 용				
	1 일차	2 일차	3 일차	4 일차	5 일차
1 교시 (09:30 ~ 10:20)		유동해석 실습 - Mesh Generation	유동해석 결과 분석	냉각해석 결과 분석	3D 해석 실습 - Mesh Generation - Process Settings
2 교시 (10:30 ~ 11:20)		유동해석 실습 - Mesh Editing	유동해석 결과 분석	변형해석 이론 - 변형의 원인	3D 해석 결과 분석
점 심 (11:30 ~ 12:30)					
3 교시 (12:30 ~ 13:20)		유동해석 실습 - Mesh Editing	유동해석 결과 분석	변형해석 이론 - 변형의 분류 및 대안	3D 특수 성형 해석 - Insert Molding 해석
4 교시 (13:30 ~ 14:20)	과정 소개 (시작13:00~)	유동해석 실습 - Modeling Tools	냉각해석 이론	변형해석 실습 - Warp Settings	3D 특수 성형 해석 - Core Shift 해석
5 교시 (14:30 ~ 15:20)	사출성형해석 개론 - 수 지 - 사출성형 공정	유동해석 실습 - Runner System Design	냉각해석 실습 - Cooling System Design	변형해석 결과 분석	3D 특수 성형 해석 - Gas 해석
6 교시 (15:30 ~ 16:20)	유동해석 이론 - 사출성형 공정 - 사출압력 - 충전 및 보압 공정	유동해석 실습 - Runner System Design	냉각해석 실습 - Mold Insert - Mold Boundary	기타 기능 및 해석 - Molding Window - Runner Balance	MSA & API 소개
7 교시 (16:30 ~ 17:20)	유동해석 실습 - Synergy, Model Import	유동해석 실습 - Material, Flow Settings	냉각해석 실습 - Inlet, Cool Settings	기타 기능 및 해석 - Valve Gate Setting - Gate Locator	설치 및 라이센스 관리

Accuracy

ED&C Moldflow Advanced Training



Biannual term

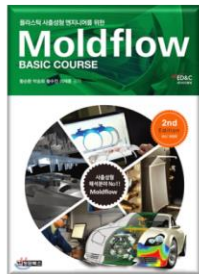


1. Autodesk Moldflow Insight 고급 교육

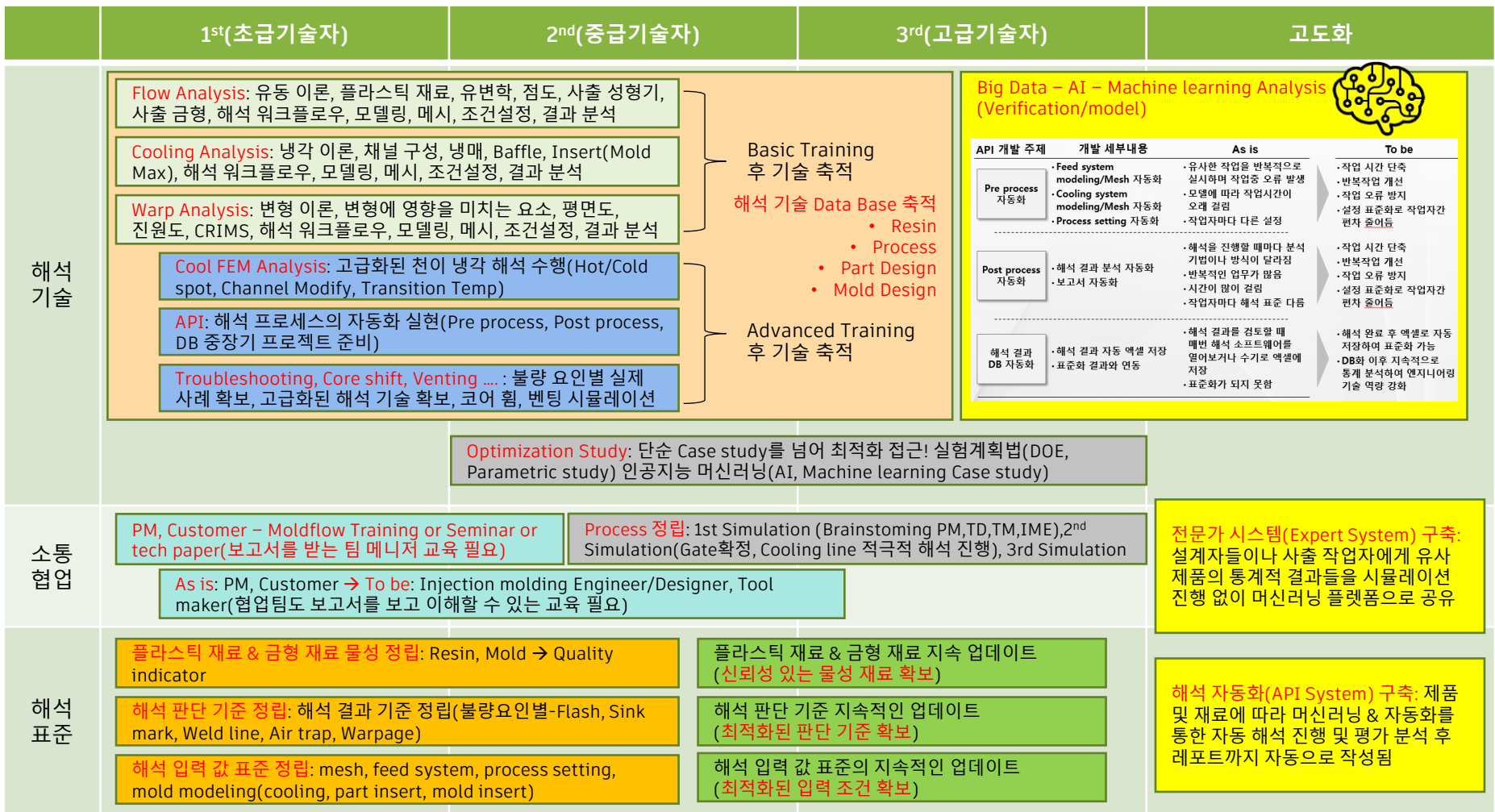
- 교육기간 : 3 일
- 교육인원 : 15 명
- 교육장소 : (주)이디앤씨 교육실
 - 서울 (서울특별시 영등포구 선유로 146. 315호)
- 교육내용 : AMI / API, Cool FEM, 해석 신뢰성 고급 교육 과정

2. Training 교재 제공 (한글)

- Moldflow 부록 내용



교육 시간	교육 내용		
	1 일차	2 일차	3 일차
1 교시 (09:30 ~ 10:20)	Moldflow 에서 사용하는 API 언어 설명	Cool BEM VS Cool FEM	Moldflow 신뢰성 향상 도구 체크리스트
2 교시 (10:30 ~ 11:20)	매크로 생성과 활용 & 매크로 생성시 Script구조	Cool FEM 메시 실습 1	CAE 엔지니어가 개선해야 할 프로세스 (Human Error, Process & API)
점 심 (11:30 ~ 12:30)			
3 교시 (12:30 ~ 13:20)	Script 구조 & Moldflow T code 확인	Cool FEM 메시 실습 2	최신 버전 & 최신기술 (New Technology)
4 교시 (13:30 ~ 14:20)	런너 생성 실습 1	Cool FEM 메시 & 공정조건 설정	최적화 기술 (Optimization Technology)
5 교시 (14:30 ~ 15:20)	런너 생성 실습 2	RHCM 해석 실습	Data 기반의 CAE (Data Driven CAE)
6 교시 (15:30 ~ 16:20)	공정조건 연동 & 수치 선택 1	RHCM 해석 & 공정조건	실험과 시뮬레이션 성형 조건 비교 (Comparison of Experimental and Simulator methods) Data 기반의 CAE (Data Driven CAE)
7 교시 (16:30 ~ 17:20)	공정조건 연동 & 수치 선택 2	E-mold 해석 공정조건 설정	Moldflow Advanced Training 교육 마무리 (Wrap up)

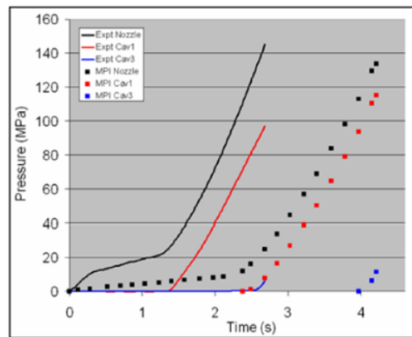


	1st(초급기술자)	2nd(중급기술자)	3rd(고급기술자)	고도화																	
해석 기술	Flow Analysis: 유동 이론, 플라스틱 재료, 유변학, 점도, 사출 성형기, 사출 금형, 해석 워크플로우, 모델링, 메시, 조건설정, 결과 분석 Cooling Analysis: 냉각 이론, 채널 구성, 냉매, Baffle, Insert(Mold Max), 해석 워크플로우, 모델링, 메시, 조건설정, 결과 분석 Warp Analysis: 변형 이론, 변형에 영향을 미치는 요소, 평면도, 진원도, CRIMS, 해석 워크플로우, 모델링, 메시, 조건설정, 결과 분석 Cool FEM Analysis: 고급화된 천이 냉각 해석 수행(Hot/Cold spot, Channel Modify, Transition Temp) API: 해석 프로세스의 자동화 실현(Pre process, Post process, DB 중장기 프로젝트 준비) Troubleshooting, Core shift, Venting : 불량 요인별 실제 사례 확보, 고급화된 해석 기술 확보, 코어 휨, 벤딩 시뮬레이션		Basic Training 후 기술 축적 해석 기술 Data Base 축적 • Resin • Process • Part Design • Mold Design Advanced Training 후 기술 축적	Big Data – AI – Machine learning Analysis (Verification/model) <table><tr><th>API 개발 주제</th><th>개발 세부내용</th><th>As is</th><th>To be</th></tr><tr><td>Pre process 자동화</td><td> • Feed system modeling/Mesh 자동화 • Cooling system modeling/Mesh 자동화 • Process setting 자동화 </td><td> • 유사한 작업을 반복적으로 실시하며 작업중 오류 발생 • 모델에 따라 작업시간이 오래 걸림 • 작업자마다 다른 설정 </td><td> • 작업 시간 단축 • 반복작업 개선 • 작업 오류 방지 • 설정 표준화로 작업자간 편차 줄어듦 </td></tr><tr><td>Post process 자동화</td><td> • 해석 결과 분석 자동화 • 보고서 자동화 </td><td> • 해석을 진행할 때마다 분석 기법이나 방식이 달라짐 • 반복적인 업무가 많음 • 시간이 많이 걸림 • 작업자마다 해석 표준 다름 </td><td> • 작업 시간 단축 • 반복작업 개선 • 작업 오류 방지 • 설정 표준화로 작업자간 편차 줄어듦 </td></tr><tr><td>해석 결과 DB 자동화</td><td> • 해석 결과 자동 엑셀 저장 • 표준화 결과와 연동 </td><td> • 해석 결과를 검토할 때 매번 해석 소프트웨어를 열어보거나 수기로 엑셀에 저장 • 표준화가 되지 못함 </td><td> • 해석 완료 후 엑셀로 자동 저장하여 표준화 가능 • DB와 이후 지속적으로 통계 분석하여 엔지니어링 기술 역량 강화 </td></tr></table>	API 개발 주제	개발 세부내용	As is	To be	Pre process 자동화	• Feed system modeling/Mesh 자동화 • Cooling system modeling/Mesh 자동화 • Process setting 자동화	• 유사한 작업을 반복적으로 실시하며 작업중 오류 발생 • 모델에 따라 작업시간이 오래 걸림 • 작업자마다 다른 설정	• 작업 시간 단축 • 반복작업 개선 • 작업 오류 방지 • 설정 표준화로 작업자간 편차 줄어듦	Post process 자동화	• 해석 결과 분석 자동화 • 보고서 자동화	• 해석을 진행할 때마다 분석 기법이나 방식이 달라짐 • 반복적인 업무가 많음 • 시간이 많이 걸림 • 작업자마다 해석 표준 다름	• 작업 시간 단축 • 반복작업 개선 • 작업 오류 방지 • 설정 표준화로 작업자간 편차 줄어듦	해석 결과 DB 자동화	• 해석 결과 자동 엑셀 저장 • 표준화 결과와 연동	• 해석 결과를 검토할 때 매번 해석 소프트웨어를 열어보거나 수기로 엑셀에 저장 • 표준화가 되지 못함	• 해석 완료 후 엑셀로 자동 저장하여 표준화 가능 • DB와 이후 지속적으로 통계 분석하여 엔지니어링 기술 역량 강화	
	API 개발 주제	개발 세부내용	As is	To be																	
	Pre process 자동화	• Feed system modeling/Mesh 자동화 • Cooling system modeling/Mesh 자동화 • Process setting 자동화	• 유사한 작업을 반복적으로 실시하며 작업중 오류 발생 • 모델에 따라 작업시간이 오래 걸림 • 작업자마다 다른 설정	• 작업 시간 단축 • 반복작업 개선 • 작업 오류 방지 • 설정 표준화로 작업자간 편차 줄어듦																	
Post process 자동화	• 해석 결과 분석 자동화 • 보고서 자동화	• 해석을 진행할 때마다 분석 기법이나 방식이 달라짐 • 반복적인 업무가 많음 • 시간이 많이 걸림 • 작업자마다 해석 표준 다름	• 작업 시간 단축 • 반복작업 개선 • 작업 오류 방지 • 설정 표준화로 작업자간 편차 줄어듦																		
해석 결과 DB 자동화	• 해석 결과 자동 엑셀 저장 • 표준화 결과와 연동	• 해석 결과를 검토할 때 매번 해석 소프트웨어를 열어보거나 수기로 엑셀에 저장 • 표준화가 되지 못함	• 해석 완료 후 엑셀로 자동 저장하여 표준화 가능 • DB와 이후 지속적으로 통계 분석하여 엔지니어링 기술 역량 강화																		
	Optimization Study: 단순 Case study를 넘어 최적화 접근! 실험계획법(DOE, Parametric study) 인공지능 머신러닝(AI, Machine learning Case study)																				
소통 협업	PM, Customer – Moldflow Training or Seminar or tech paper(보고서를 받는 팀 매니저 교육 필요)	Process 정립: 1st Simulation (Brainstoming PM,TD,TM,IME),2nd Simulation(Gate확정, Cooling line 적극적 해석 진행), 3rd Simulation		전문가 시스템(Expert System) 구축: 설계자들이나 사출 작업자에게 유사 제품의 통계적 결과들을 시뮬레이션 진행 없이 머신러닝 플랫폼으로 공유																	
	As is: PM, Customer → To be: Injection molding Engineer/Designer, Tool maker(협업팀도 보고서를 보고 이해할 수 있는 교육 필요)																				
해석 표준	플라스틱 재료 & 금형 재료 물성 정립: Resin, Mold → Quality indicator	플라스틱 재료 & 금형 재료 지속 업데이트 (신뢰성 있는 물성 재료 확보)		해석 자동화(API System) 구축: 제품 및 재료에 따라 머신러닝 & 자동화를 통한 자동 해석 진행 및 평가 분석 후 레포트까지 자동으로 작성됨																	
	해석 판단 기준 정립: 해석 결과 기준 정립(불량요인별-Flash, Sink mark, Weld line, Air trap, Warpage)	해석 판단 기준 지속적인 업데이트 (최적화된 판단 기준 확보)																			
	해석 입력 값 표준 정립: mesh, feed system, process setting, mold modeling(cooling, part insert, mold insert)	해석 입력 값 표준의 지속적인 업데이트 (최적화된 입력 조건 확보)																			

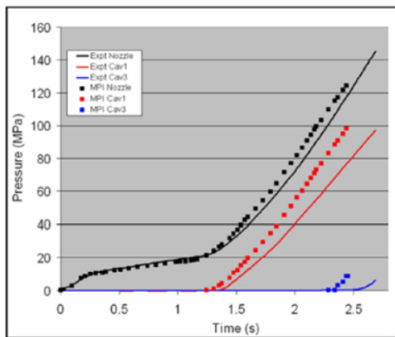
Accuracy

설정 조건에 따라 달라지는 사출 압력 예측

Injection time vs Injection profile(Ram speed)

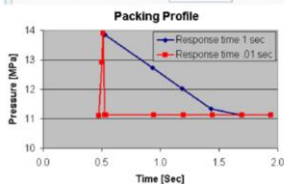
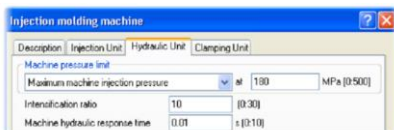
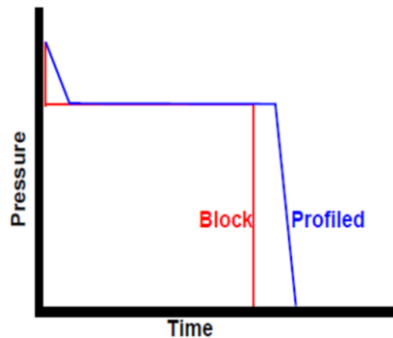


Using injection time

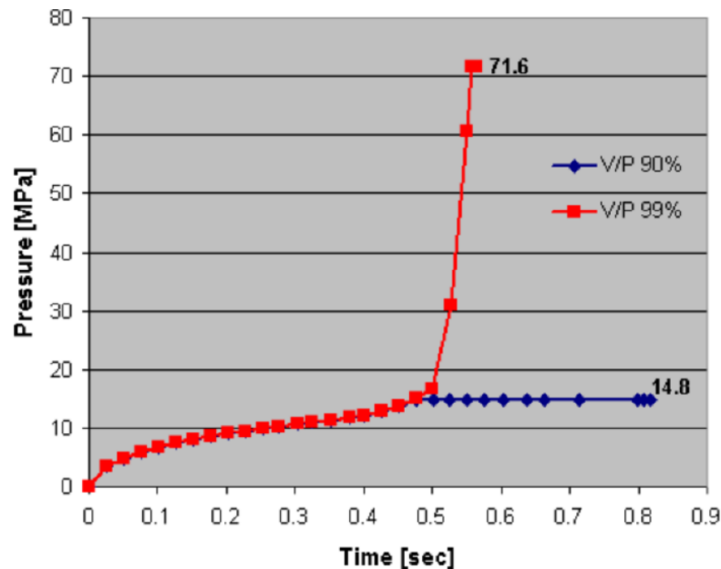


Using an injection profile

Response time 0.01 vs 1(Block vs Profile)



Pressure at different v/p switchover

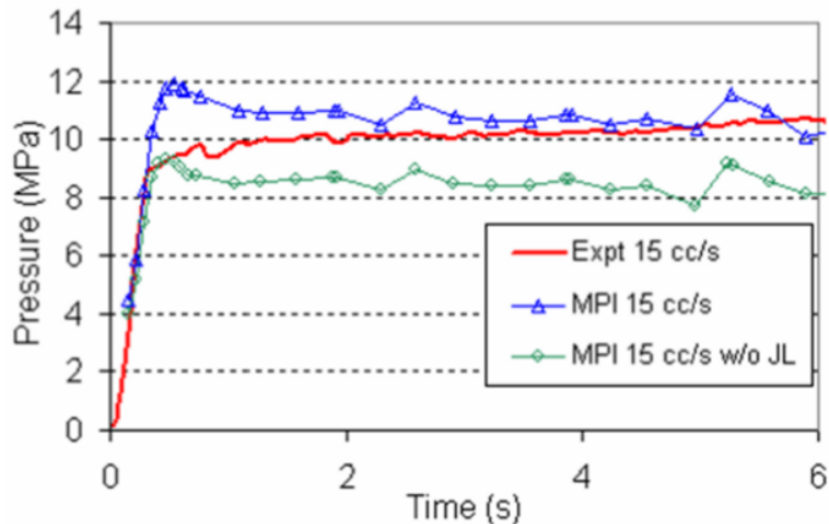


출처 : 몰드플로우 유저 그룹 카페(<https://cafe.naver.com/mfug/164>)

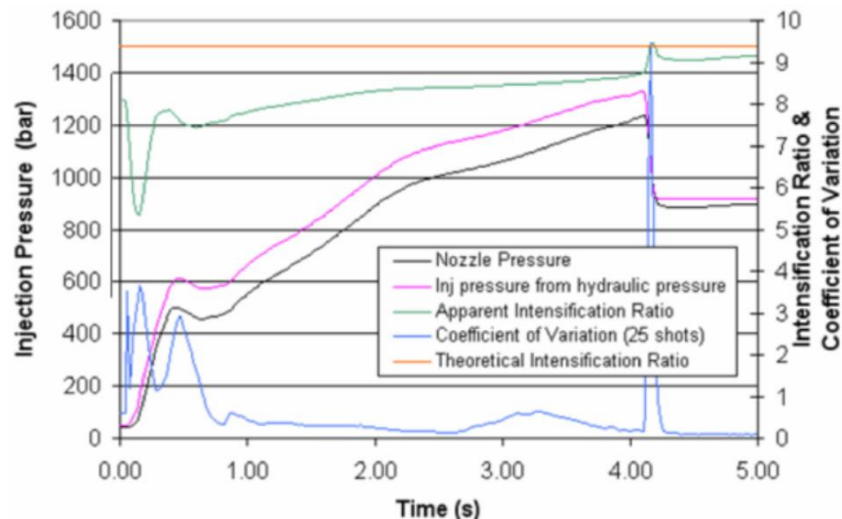
Accuracy

수지물성 및 사출기 성능에 따라 달라지는 사출압력

Airshot Nozzle Pressure(JL:Juncture Loss)



Injection Pressure(Nozzle vs Hydraulic)



출처 : 몰드플로우 유저 그룹 카페(<https://cafe.naver.com/mfug/164>)

Accuracy

Cross WLF 점도 모델의 압력의존성계수 유무에 따라 유동 거리 차이 발생

Cross WLF 점도 모델

$$\eta = \frac{\eta_0}{1 + \left(\frac{\eta_0 \gamma}{\tau^*} \right)^{1-n}}$$

$$\eta_0 = D_1 \exp \left[- \frac{A_1 (T - T^*)}{\widetilde{A}_2 + (T - T^*)} \right]$$

$$T^* = D_2 + D_3 P$$

$$\widetilde{A}_2 = A_2 + D_3 P$$

- ❖ η_0 : 영점전단점도(Newtonian 영역에서의 점도)
- ❖ T^* : 전단 박하가 생길 때 발생하는 온도($T^* = D_2 + D_3 P$: D3값이 고려 됨)
- ❖ D_1 : 영점전단점도 보정계수
- ❖ D_2 : 일반적으로 유리전이온도(대략 $D_3 = 0$)
- ❖ D_3 : 선형적인 압력의존계수(K/Pa)
- ❖ A_1 : 17.44(유리전이온도 $T_g = T^*$ 일 때)
- ❖ A_2 : 51.6(K)(유리전이온도 $T_g = T^*$ 일 때)

실험



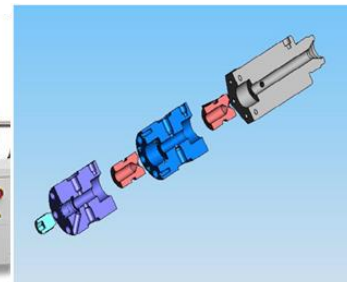
D3 적용



D3 적용하지 않음



IMR(Injection Molding Rheometer) 측정 장비



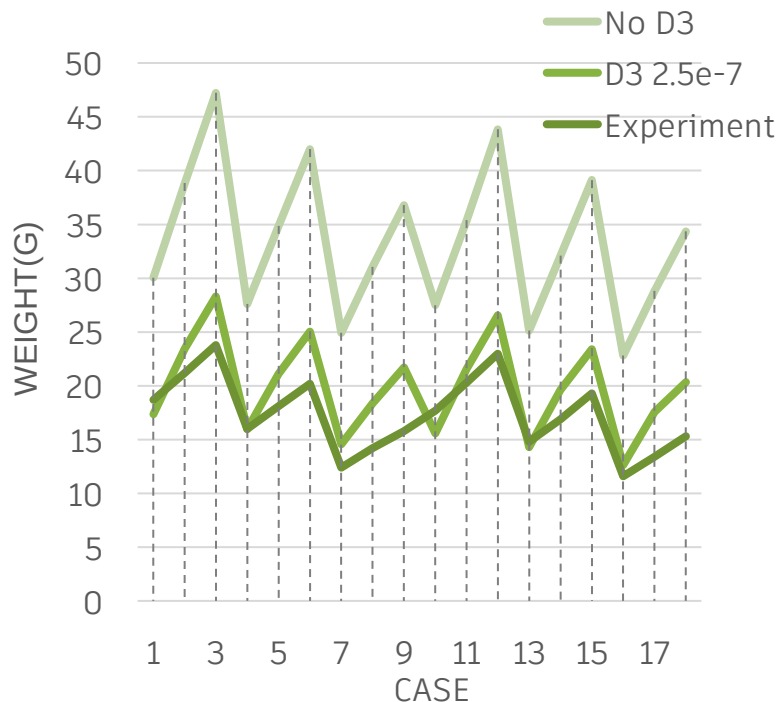
Accuracy

Cross WLF 점도 모델의 압력의존성계수 유무에 따라 유동 거리 차이 발생

실험과 해석 비교

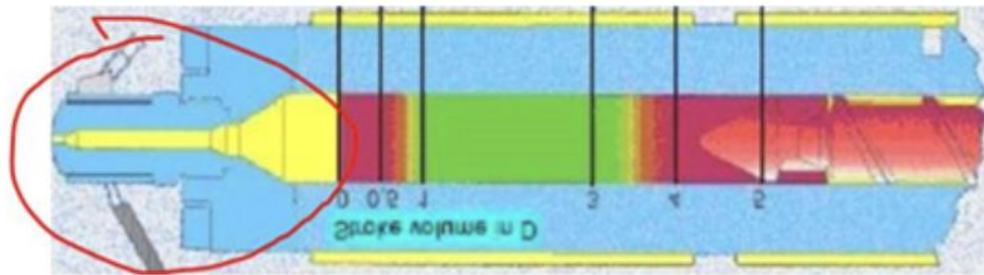
	금형온도 [°C]	수지온도 [°C]	사출속도 [mm/s]	초기값 중량[g]	개선값 중량[g]	사출실험값 중량[g]
	MoT	MeT	Ram Speed	No D3	D3 2.5e-7	Experiment
1	실험결과	실험결과	실험결과	16	18	17
2	실험결과	실험결과	실험결과	14	15	12
3	실험결과	실험결과	실험결과	13	11	8
4	실험결과	실험결과	실험결과	6	8	5
5	실험결과	실험결과	실험결과	16	1	1
6	실험결과	실험결과	실험결과	3	13	2
7	실험결과	실험결과	실험결과	12	6	4
8	실험결과	실험결과	실험결과	17	19	2
9	실험결과	실험결과	실험결과	9	11	8
10	실험결과	실험결과	실험결과	5	9	7
11	실험결과	실험결과	실험결과	9	8	3
12	실험결과	실험결과	실험결과	4	5	3
13	실험결과	실험결과	실험결과	3	3	8
14	실험결과	실험결과	실험결과	1	2	9
15	실험결과	실험결과	실험결과	3	11	3
16	실험결과	실험결과	실험결과	2	3	6
17	실험결과	실험결과	실험결과	2	6	4
18	실험결과	실험결과	실험결과	6	4	3

적확성 개선 사례



Accuracy

정확한 계량 계산을 위해 Nozzle modeling을 진행해야 함



사출기 배럴 및 노즐 단면도



노즐 모델링 사례



다양한 사출기 노즐 종류

그림8

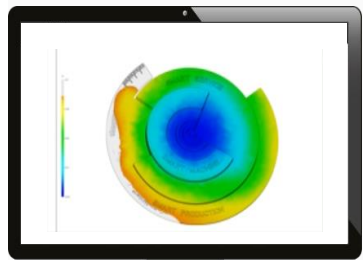
출처 : 몰드플로우 유저 그룹 카페(<https://cafe.naver.com/mfug/164>)

SIM LINK

As is

Moldflow에서 얻은 결과를 사출기에 적용하지 않는 경우가 대다수임

Moldflow



- ✓ 소통 장애
 - ✓ CAE 엔지니어와 사출 엔지니어가 다름
 - ✓ 소통에 한계가 있으며, 추구하는 방향이 다름
 - ✓ CAE 엔지니어는 최적화 추구(위험감수)
 - ✓ 사출 엔지니어는 안정 추구(위험불가)

Machine

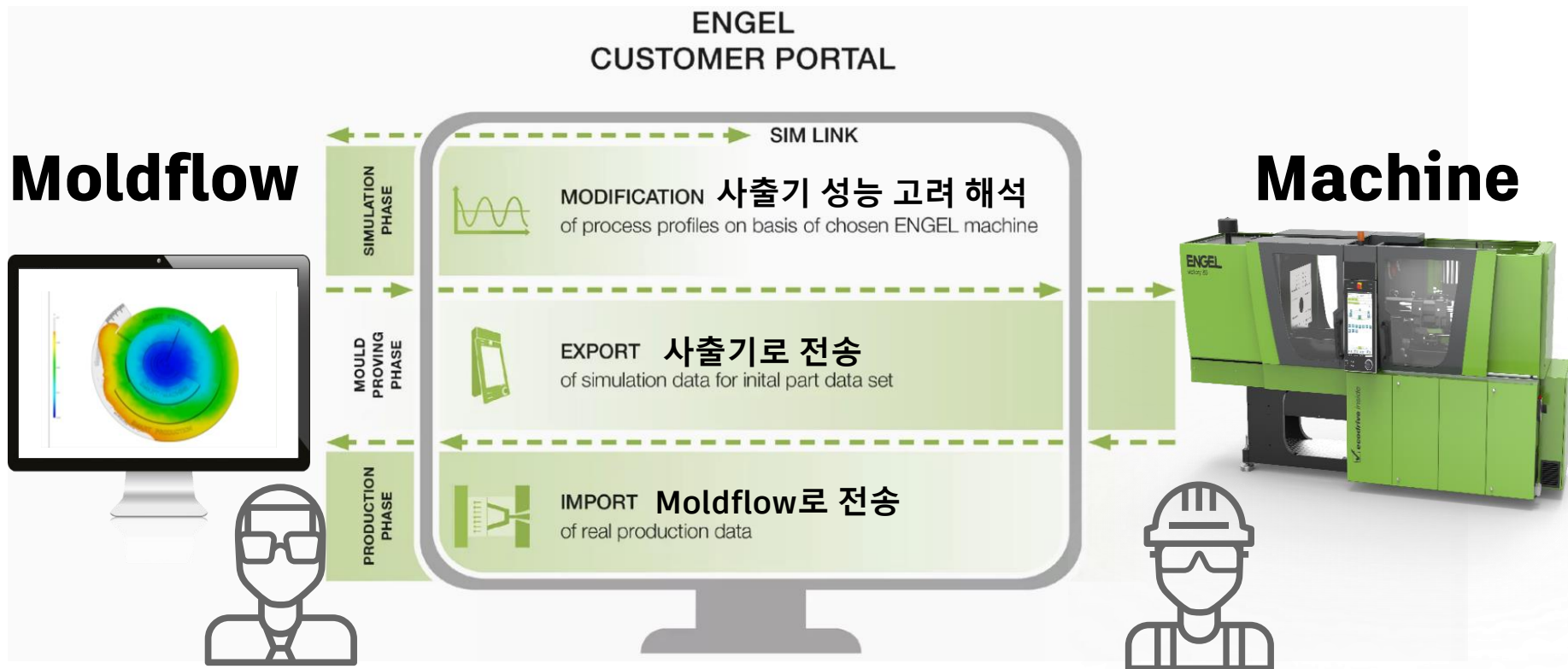


- ✓ 메커니즘적 장애
 - ✓ Moldflow와 사출기 조건이 일부 다름
 - ✓ CAE와 사출기를 동시에 이해 필요함



To be

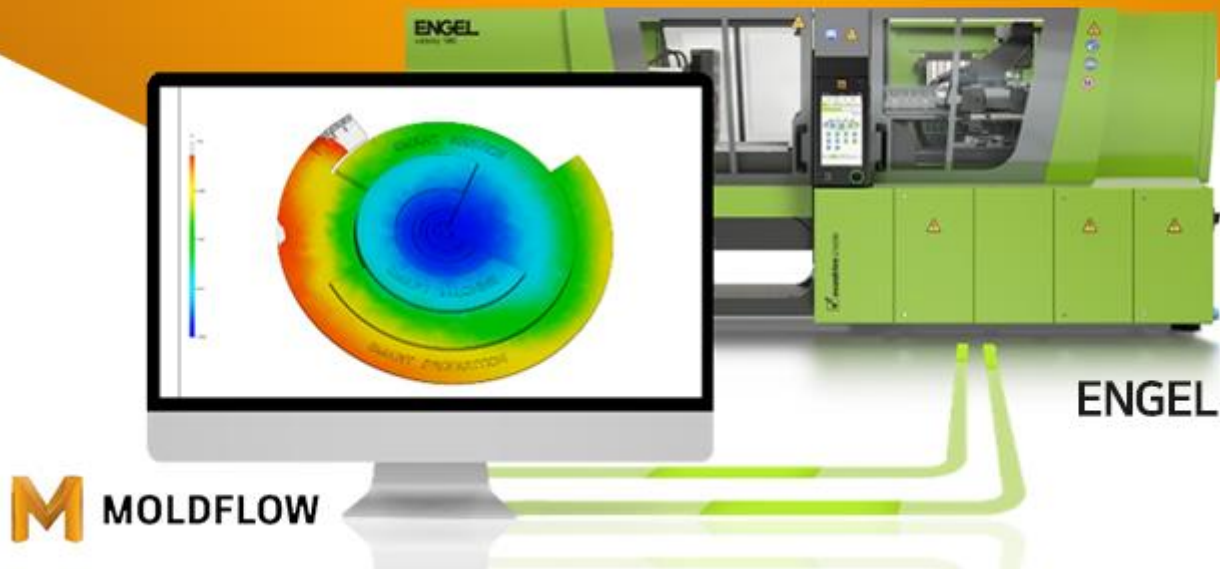
Engel사와 Autodesk Moldflow는 사출기와 CAE를 직접적으로 연결하는 Sim link를 개발함.



SIM LINK TEST 진행

(주)이디앤씨와 Engel Korea에서 SIM LINK TEST를 진행한 결과임.

(주)이디앤씨 온/오프라인 세미나



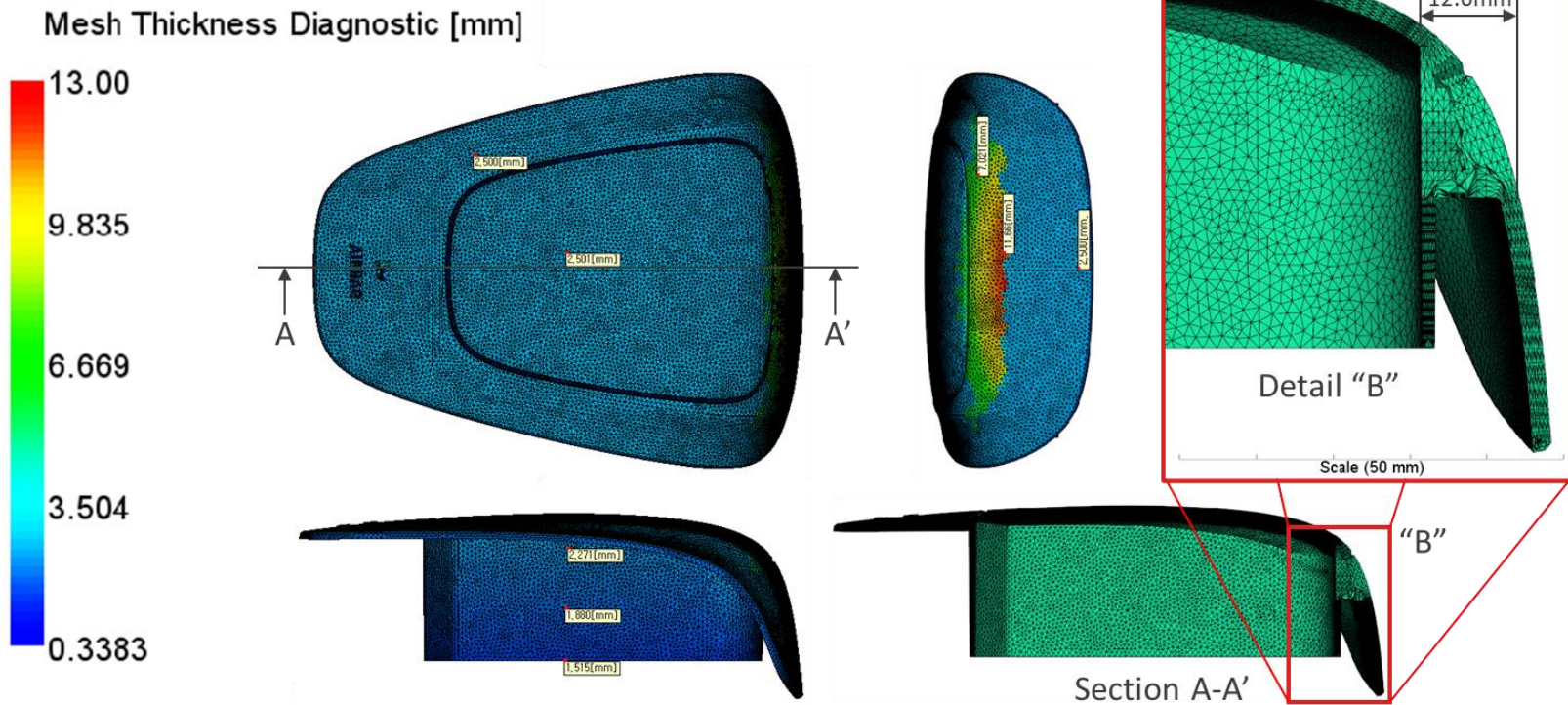
LG 화학

KITECH
한국생산기술연구원

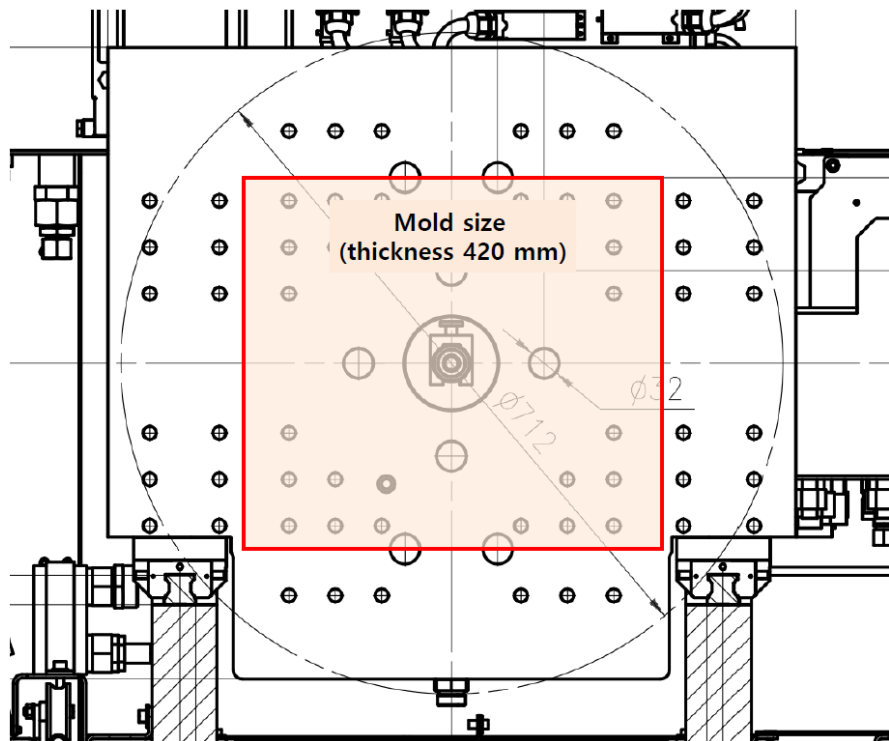
JK ED&C

Part Mesh

운전석 핸들 중심에 있는 Airbag Cover 제품 전체 두께는 2.5mm이고 일부 두께는 12mm 이상 되는 영역도 있음.



Injection Molding Machine



Engel e-victory 120 전동식 사출기

* 엔겔 테스트장비 사출장치 사양

Plasticizing 1:

Screw diameter	mm	40
Screw diameter	mm	35 40 45
Screw stroke	mm	175
Maximum injection capacity	cm ³	220
Screw speed	min ⁻¹	420
Screw torque	Nm	605
Recovery rate (3-zone screw) ^{1,2,3}	g/s	33,3
Recovery rate (barrier screw) ^{3,4}	g/s	40,2

Injection 1:

Version:		Standard, Standard-Cl
Injection rate	cm ³ /s	224,40
Injection pressure (regenerative)	bar	2000,0

Nozzle 1:

Nozzle stroke	mm	290
Nozzle contact pressure	kN	41,0

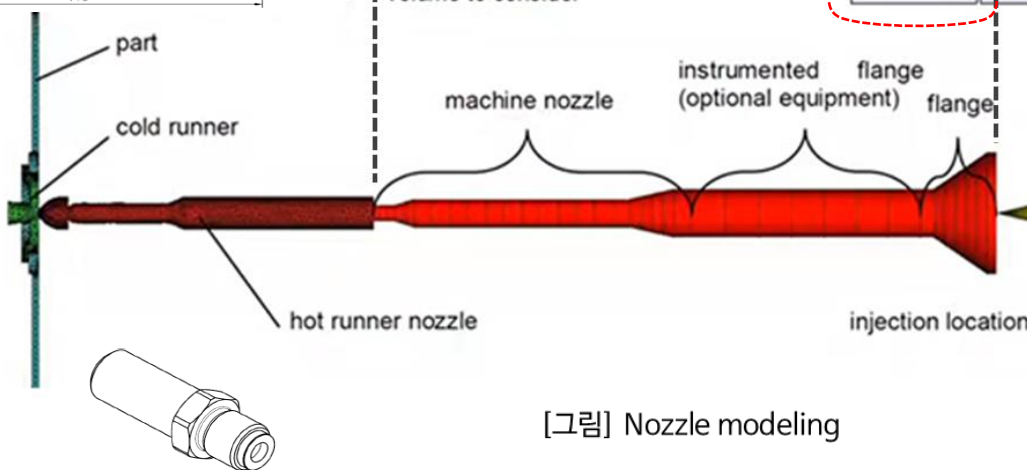
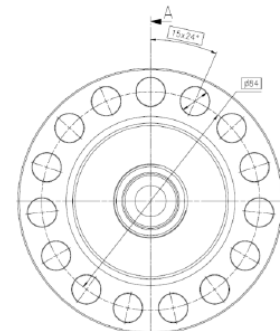
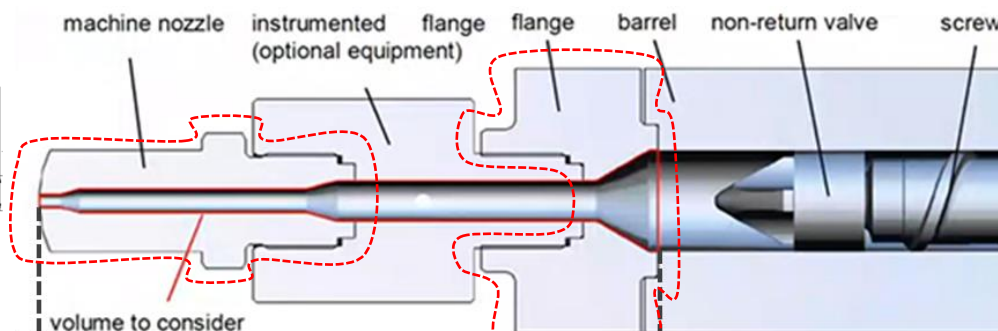
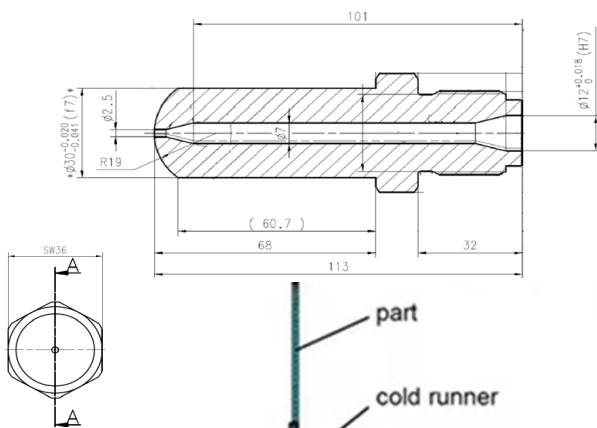
Material cylinder 1:

L/D ratio		20,0
Heating zones incl. nozzle 1)		4
Heating wattage 1)	kW _{el}	9,4

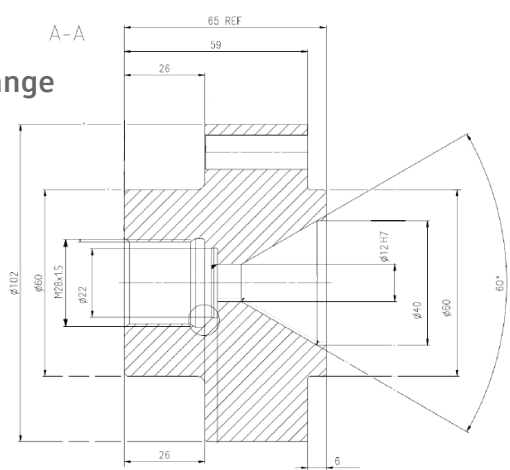
Nozzle modeling to calculate starting ram position

정확한 계량 계산을 위해 Nozzle modeling을 진행해야 함

Machine nozzle

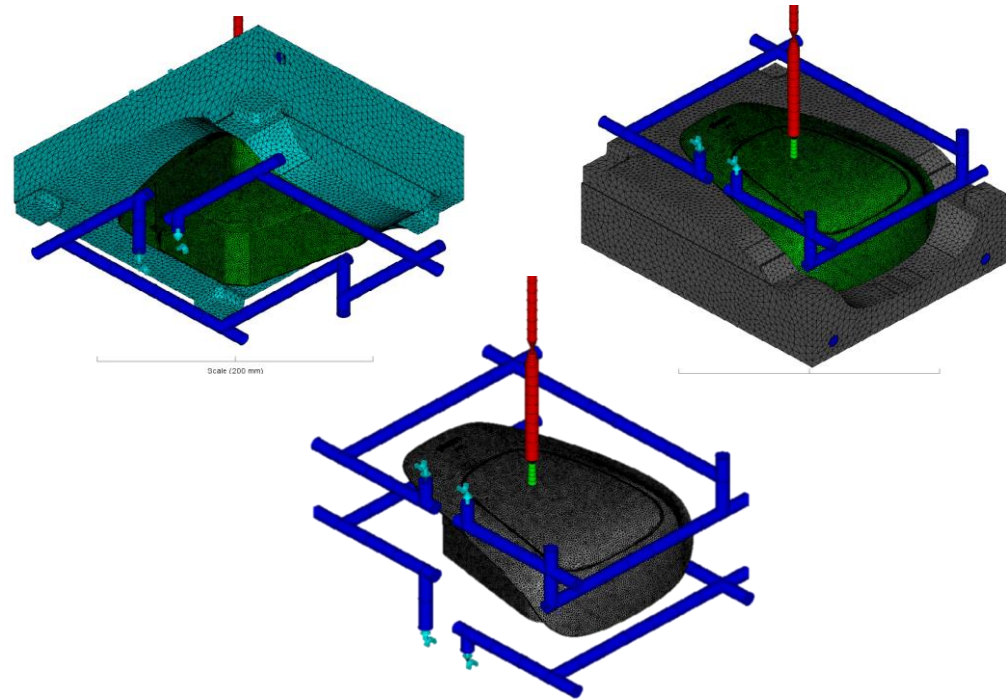
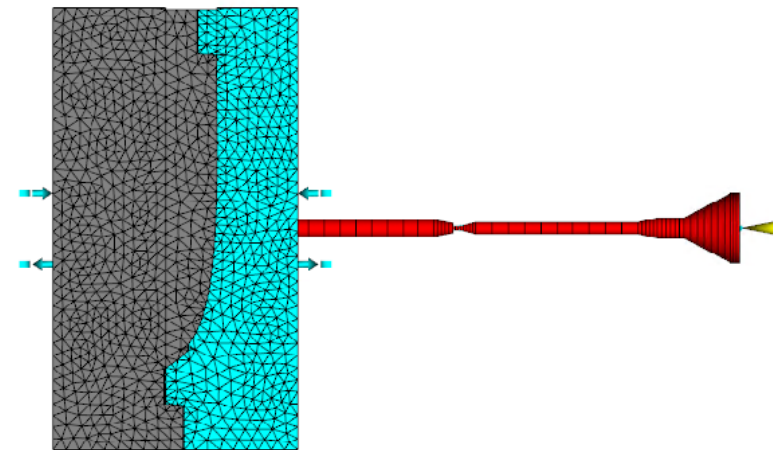
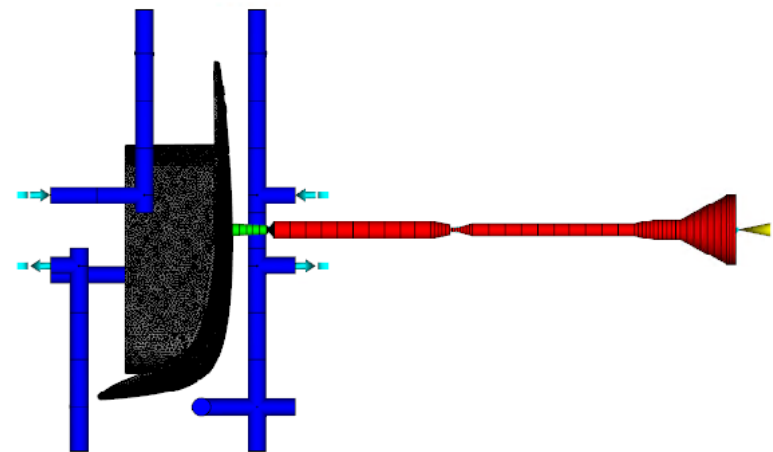


Flange



[그림] Nozzle modeling

Mold Mesh



Index	Part
Mesh Type	DD / 3D
Part Volume	120.9289 / 120.929 cm ³
Number of Elements	88,200 / 1,380,750
Number of Nodes	44,181 / 252,496
Total Project Area	237.3628 / 237.3621 cm ²

Material A vs B

Moldflow DB에 있는 저점도 수지(ASA LI912)와 고점도 수지(ASA LI941) 물성으로 해석 수행

❑ ASA (ASA LI912)

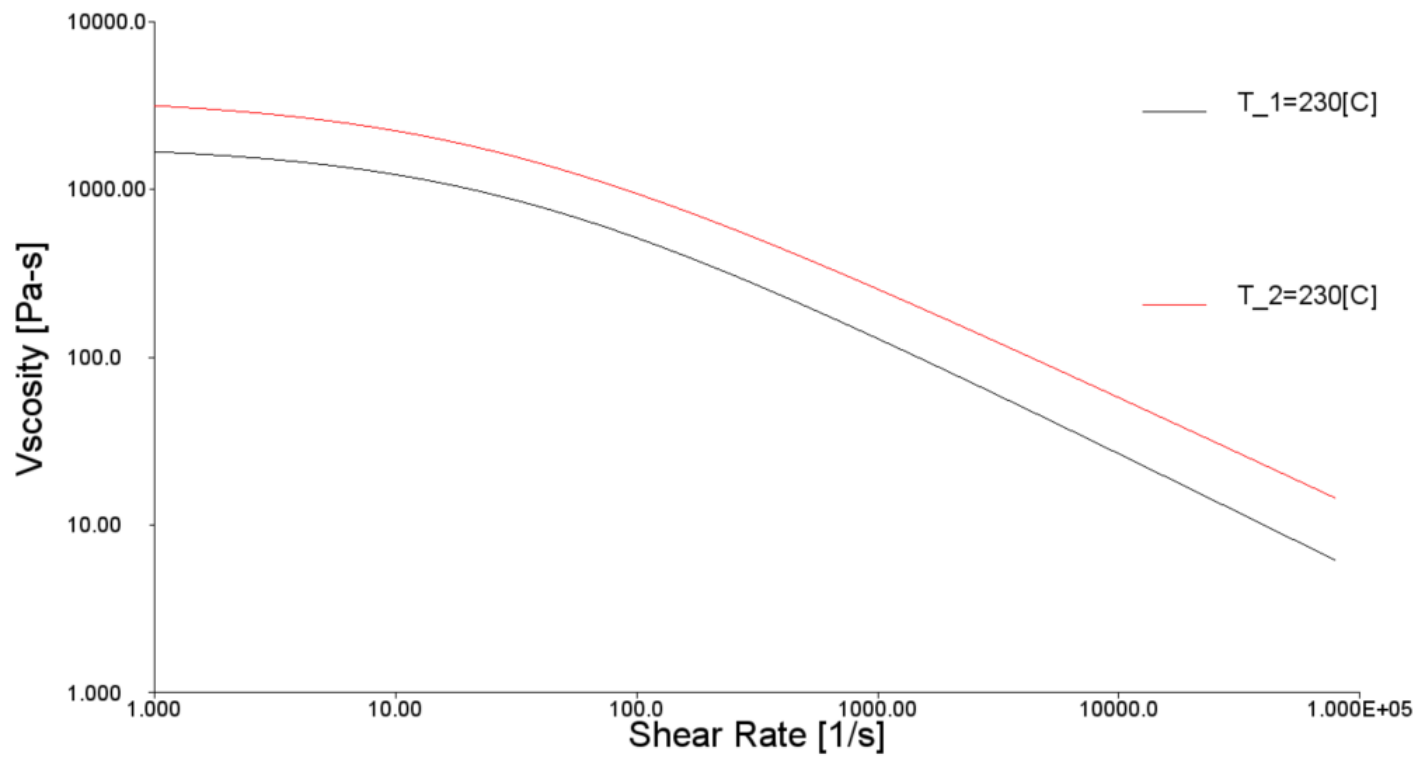
- **Specific Heat** : 1888 J/kg-C(245°C)
- **Melt Density** : 0.9415 g/cm³
- **Solid Density** : 1.0729 g/cm³
- **Thermal Conductivity** : 0.14 W/m-C(245 °C)
- **Transition Temp.** : 93 °C
- **Ejection Temp.** : 86 °C
- **Melt Temperature** : 210 ~ 250 °C
- **Mold temperature** : 40 ~ 80 °C
- **Filler** : UnFilled

❑ ASA (ASA LI941)

- **Specific Heat** : 2342.9 J/kg-C(245°C)
- **Melt Density** : 0.96479 g/cm³
- **Solid Density** : 1.0728 g/cm³
- **Thermal Conductivity** : 0.184 W/m-C(249 °C)
- **Transition Temp.** : 99 °C
- **Ejection Temp.** : 92 °C
- **Melt Temperature** : 210 ~ 250 °C
- **Mold temperature** : 60 ~ 80 °C
- **Filler** : UnFilled

Material A vs B

Moldflow DB에 있는 저점도 수지(ASA LI912)와 고점도 수지(ASA LI941) 물성으로 해석 수행



Process Setting(ram speed)

Recommended ram speed

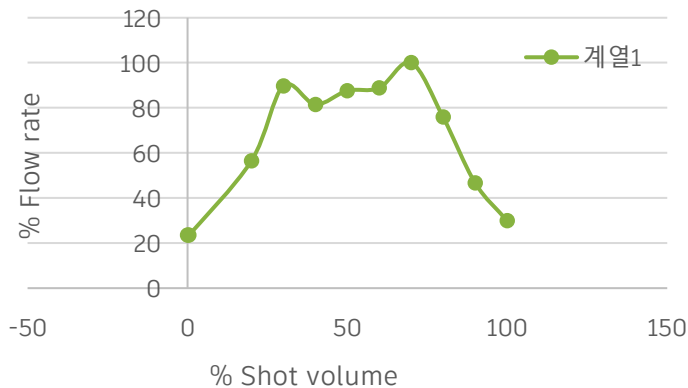
Screw_D(mm)	A(cm ²)	Cushion(mm)
40	12.56	6

Initially(cm ³)	Filled(cm ³)	Part Volum(cm ³)
33.724	121.454	120.929

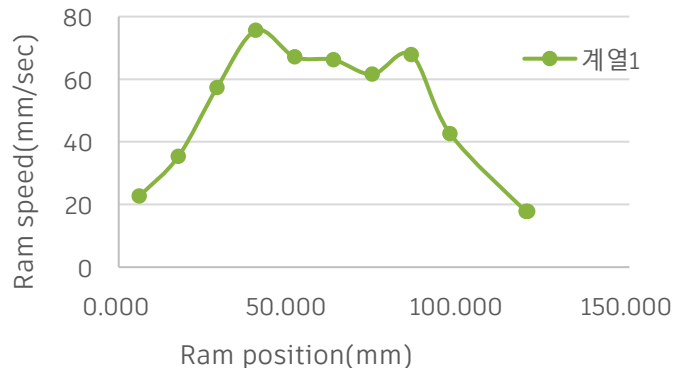
Strock(TV/A,(mm))	Starting Ram Position(mm)	v/p(%)
114.123	120.123	99%

Recommended ram speed profile		Absolute Ram speed profile	
0	23.4699	120.123	17.74107307
0.4284	23.4699	119.6345286	17.74107307
20	56.4207	97.29874669	42.64882941
30	89.7107	85.88640335	67.81298957
40	81.5281	74.47406001	61.62770099
50	87.625	63.06171668	66.23639333
60	88.8307	51.64937334	67.14779098
70	100	40.23703001	75.59074845
80	75.8652	28.82468667	57.34707249
90	46.7064	17.41234334	35.30571733
100	29.959	6.000	22.64623233

Recommended ram speed profile



Absolute Ram speed profile



Process Setting(Other)

Recommended ram speed

Process Settings – CASE 1,2

Melt Temp. : 230 °C

Mold Temp. Top : 60 °C

Injection Time : 2.0 sec

V/P Switch Over : 99 %

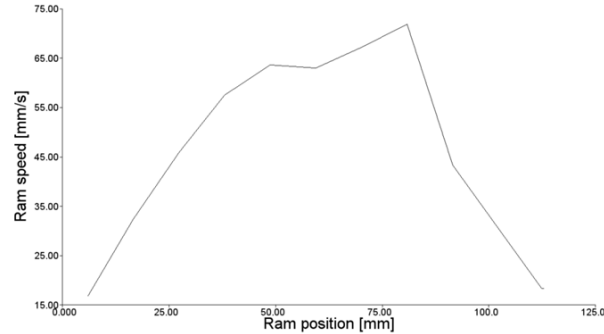
Packing Profile :

Packing pressure vs. Time

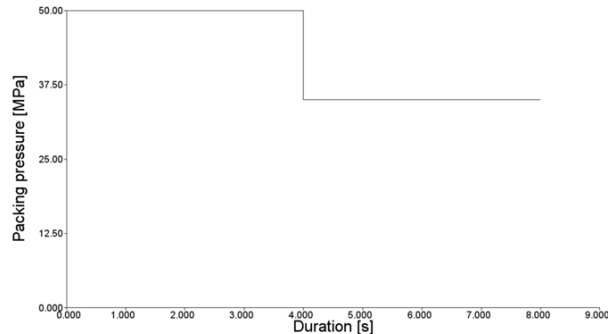
50 MPa 4.0 sec

35 MPa 4.0 sec

- Injection Speed -



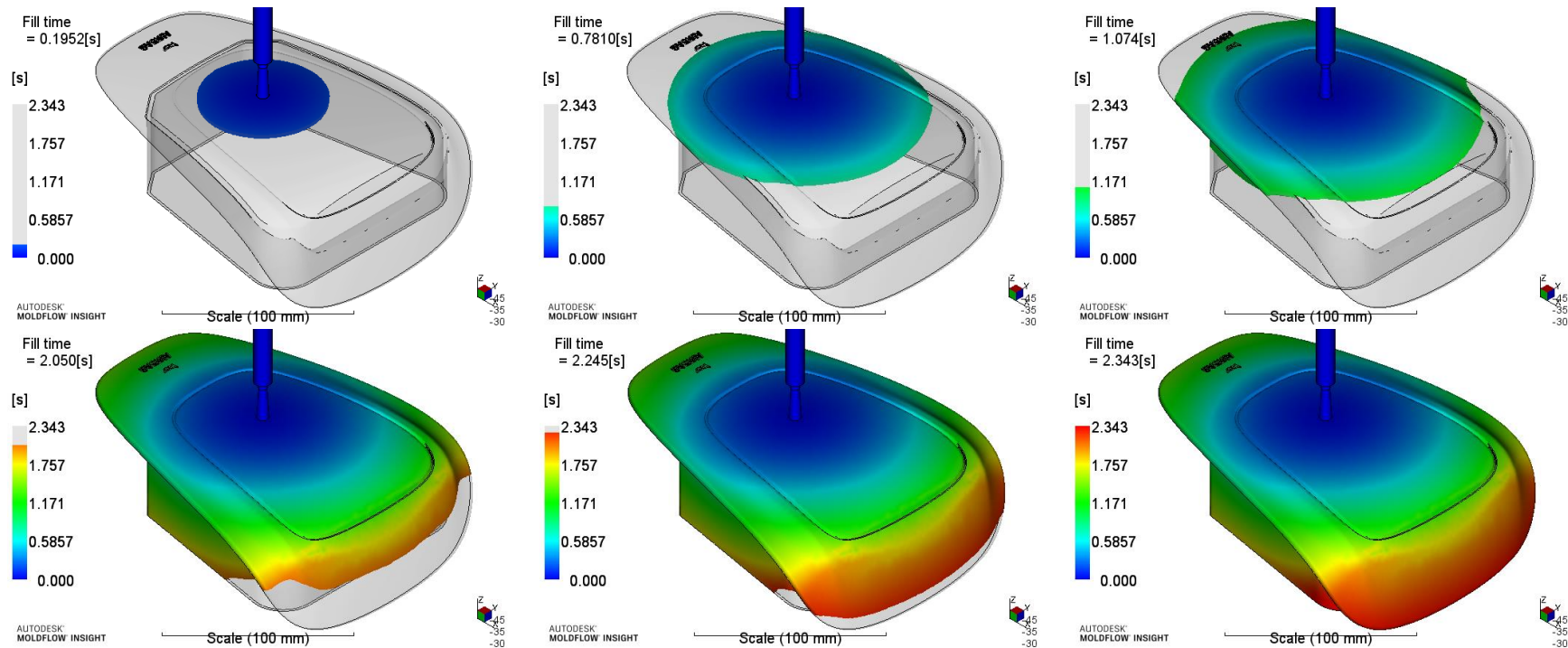
- Packing & Holding -



1st CAE

Moldflow Result(Fill time)

시사출 전 CAE를 진행하였고, 유동은 미성형 없이 정상적으로 충전되는 것을 확인함.



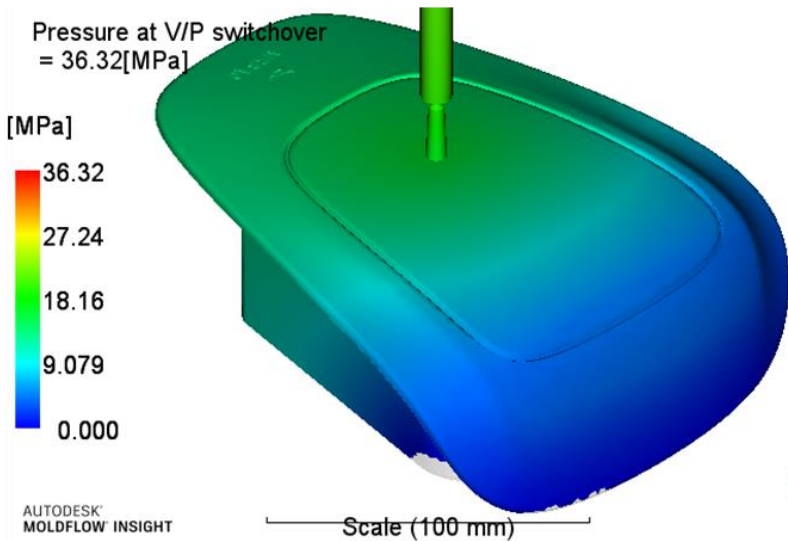
[그림] Airbag Cover 제품의 충전 해석 결과

Moldflow Result(Pressure)

출처 : 몰드플로우 유저 그룹 카페(<https://cafe.naver.com/mfug/308>)

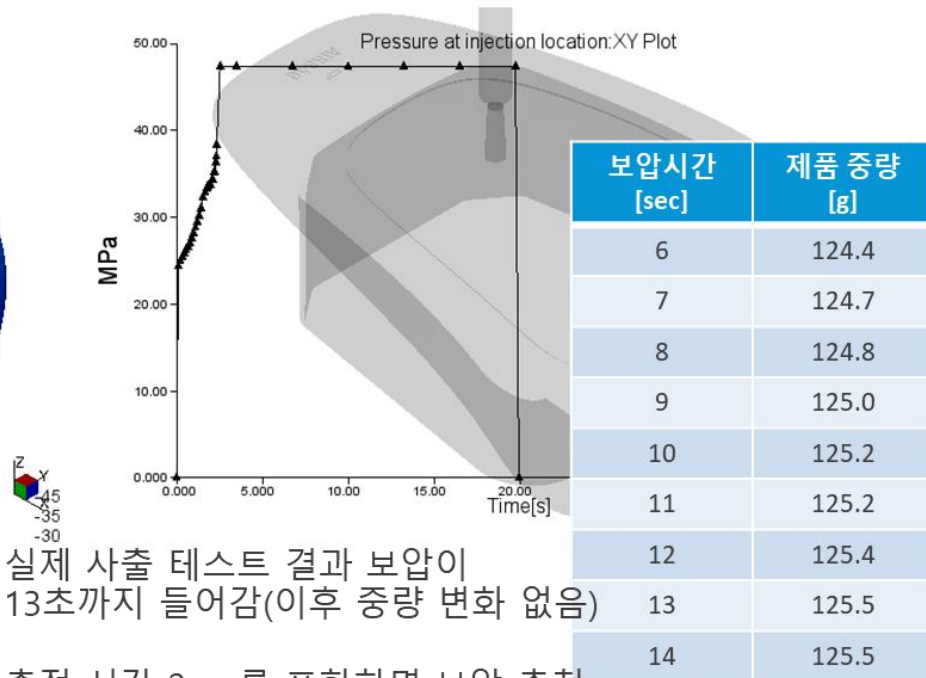
사출압력은 양호, Moldflow 2021 버전에 출시된 Automatic Packing Pressure Profile 검증

■ Pressure at V/P switchover result



사출 최대 압력은 36.32MPa 로 사출
유동에 문제 없음

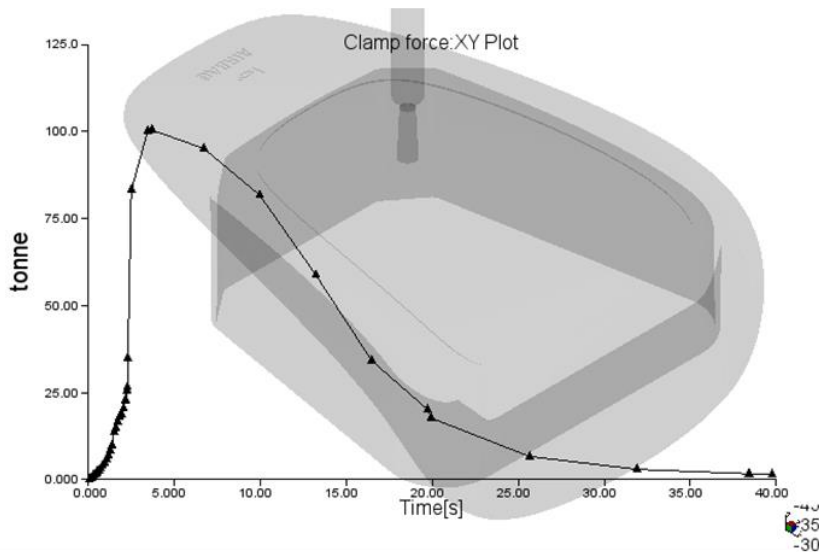
■ Pressure at injection location



Moldflow Result(Clamp force, Sink marks)

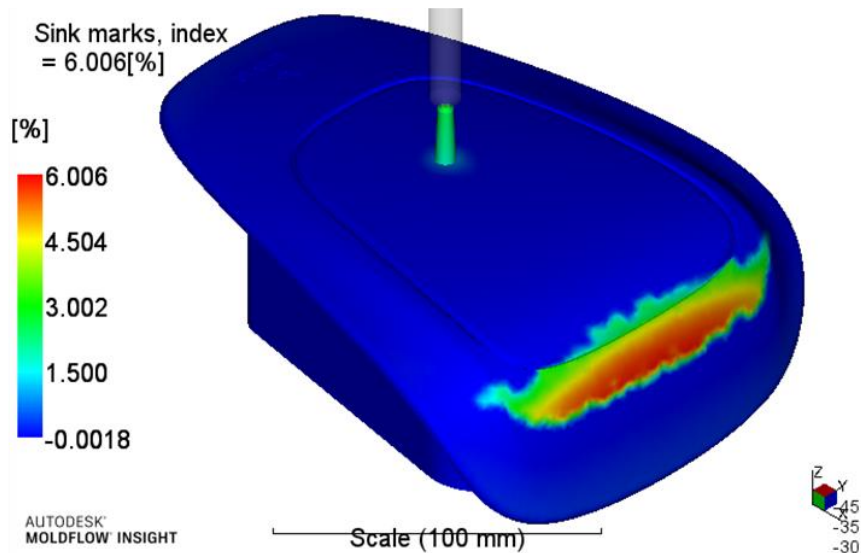
형체력은 100.4Ton, Sink marks가 후육부에 일어남을 확인함

■ Clamp force



형체력은 100.4Ton으로 지정된
사출기로 사출이 가능함

■ Sink marks



표시 부분에 Sink mark가 발생할
것으로 예측됨

Moldflow Result(속도 변화에 따른 사출압력)

저점도 수지(ASA LI912) Parametric study를 활용한 사출 속도 변화에 따른 사출압 결과

ASA LI912	스터디 번호	충전 제어 사출 시간 (sec)	평균:충전 종료 시 벌크 온도(섭씨)	형체력 (ton)	사출압 (MPa)	전단 응력 (MPa)	최대:유동 선단에서의 온도(섭씨)	최대:취출 온도 도달 시간(sec)
TRUE	1	1	231.69	37.46	43.97	0.495	230.73	57.8
TRUE	2	1.22	230.44	37.64	43.06	0.474	230.75	57.79
TRUE	3	1.44	229.17	37.89	42.4	0.458	230.7	57.78
TRUE	4	1.67	227.86	38.22	41.92	0.444	230.66	57.51
TRUE	5	1.89	226.53	38.61	41.57	0.433	230.67	57.5
TRUE	6	2.11	225.16	38.97	41.31	0.423	230.67	57.49
TRUE	7	2.33	223.78	39.38	41.12	0.415	230.66	57.48
TRUE	8	2.56	222.37	39.74	40.99	0.408	230.64	57.47
TRUE	9	2.78	220.95	40.04	40.88	0.402	230.62	57.46
TRUE	10	3	219.53	40.45	40.85	0.397	230.6	57.44

Moldflow Result(속도 변화에 따른 사출압력)

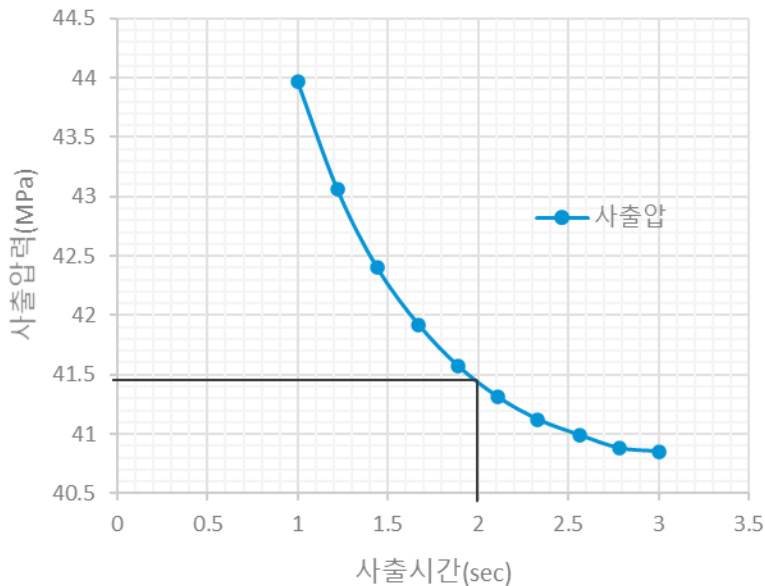
고점도 수지(ASA LI941) Parametric study를 활용한 사출 속도 변화에 따른 사출압 결과

ASA LI941	스터디 번호	충전 제어 사출 시간 (sec)	평균:충전 종료 시 벌크 온도(섭씨)	형체력 (ton)	사출압 (MPa)	전단 응력 (MPa)	최대:유동 선단에서의 온도(섭씨)	최대:취출 온도 도달 시간(sec)
TRUE	1	1	232.45	58.81	88.25	0.943	230.13	58.78
TRUE	2	1.22	231.56	59.41	86.24	0.906	230.42	58.77
TRUE	3	1.44	230.56	60.01	84.68	0.876	230.45	58.5
TRUE	4	1.67	229.49	60.75	83.51	0.854	230.47	58.49
TRUE	5	1.89	228.38	61.56	82.63	0.835	230.47	58.48
TRUE	6	2.11	227.2	62.24	81.91	0.819	230.54	58.21
TRUE	7	2.33	225.96	63.11	81.38	0.806	230.61	58.2
TRUE	8	2.56	224.69	64.22	80.99	0.796	230.63	58.19
TRUE	9	2.78	223.41	65.18	80.64	0.787	230.66	58.18
TRUE	10	3	222.1	66.04	80.35	0.778	230.67	58.16

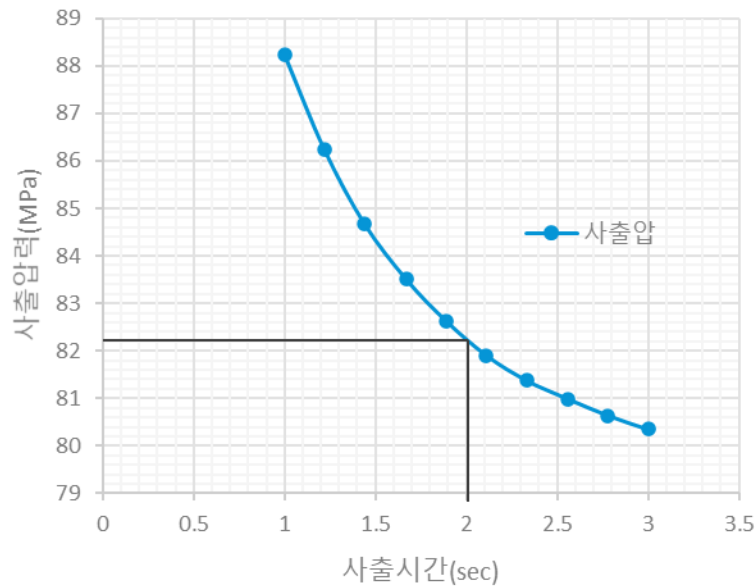
Moldflow Result(속도 변화에 따른 사출압력)

저점도 수지(ASA LI912)와 고점도 수지(ASA LI941)의 사출 속도 변화에 따른 사출압 결과

■ ASA LI912 Resin Injection Speed test



■ ASA LI941 Resin Injection Speed test



Moldflow Result(DOE)

저점도 수지(ASA LI912)와 고점도 수지(ASA LI941)의 성형 조건 변화에 따른 해석 결과

DOE Builder

✓ Experiment ✓ Variables(4) ✓ Quality Criteria(32) ✓ Options

One variable

Similar to the 'Variable Responses' below but limited to one single variable.

Variable Influences [Taguchi]

Provides information on variable influence over analysis results.

Lists in the log for each quality criterion, the variable percentages of influence.

Variable Responses [Face Centered Cubic]

Provides information on the behavior of quality criteria over the specified variable ranges.

Generates response surface plots and offers estimates of optimum.

Variable Influences then Responses

This hybrid experiment starts with a 'Variable Influences' to reduce the number of variables to the most influentials and then follows with a 'Variable Responses'.

3 Number of variables to transition from the 'Variable Influences' to the 'Variable Responses'.

DOE Builder

✓ Experiment ✓ Variables(4) ✓ Quality Criteria(32) ✓ Options

Fill+Pack Settings

- ☒ 금형 표면 온도
 - ☒ 용융 온도
 - ☐%Flow rate vs %shot volume
 - ☒%샷 채적
 - ☒%유량
 - ☐ Cooling time [Specified]
- ### Geometry Information
- ☐ Dimension scale factor
 - ☐ New dimension variable...

금형 표면 온도

Middle Value 60,00 C

Min. Value 40,00 C

Max. Value 80,00 C

용융 온도

Middle Value 230,0 C

Min. Value 210,0 C

Max. Value 250,0 C

%Flow rate vs %shot volume [%샷 채적]

X: %샷 채적 [%]

Y: %유량 [%]

☐ Show XY Plot

	X	Xmin	Xmax	Y
1	0,000	0,000	0,000	25,49
2	0,4578	0,3662	0,5494	25,49
3	20,00	16,00	24,00	60,30
4	30,00	24,00	36,00	100,0
5	40,00	32,00	48,00	93,49
6	50,00	40,00	60,00	---
7	60,00	48,00	72,00	---
8	70,00	56,00	84,00	---
9	80,00	64,00	96,00	---
10	90,00	80,00	100,00	---
11	100,0	100,0	100,0	---

%Flow rate vs %shot volume [%유량]

X: %샷 채적 [%]

Y: %유량 [%]

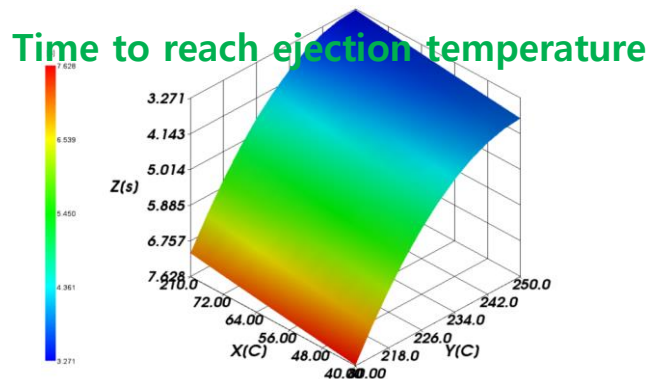
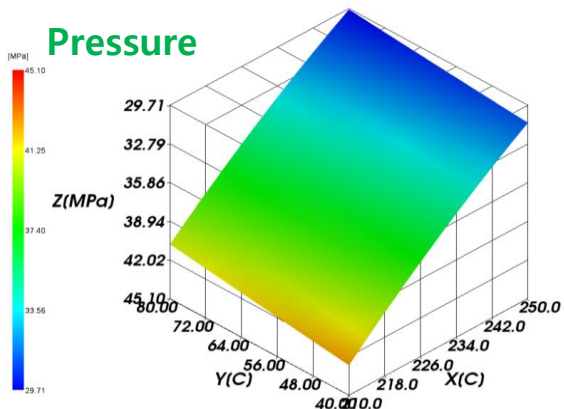
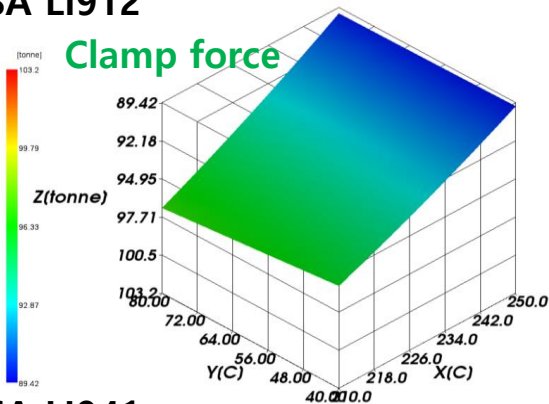
☐ Show XY Plot

	X	Y	Ymin	Ymax
1	0,000	25,49	20,39	30,59
2	0,4578	25,49	20,39	30,59
3	20,00	60,30	48,24	72,36
4	30,00	100,0	100,0	100,0
5	40,00	93,49	86,98	100,0
6	50,00	87,66	75,32	100,0
7	60,00	88,53	77,06	100,0
8	70,00	80,03	64,02	96,04
9	80,00	63,84	51,07	76,61
10	90,00	45,10	36,08	54,12
11	100,0	23,30	18,64	27,96

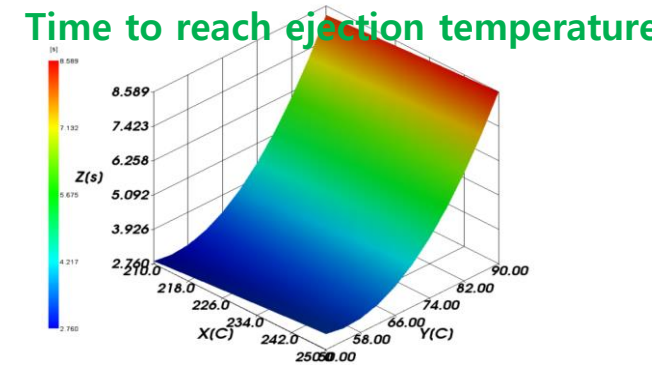
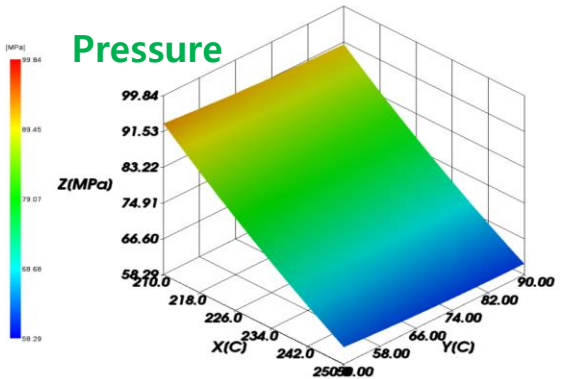
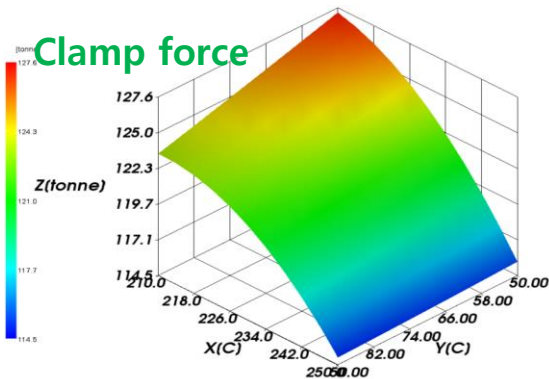
Moldflow Result(DOE)

저점도 수지(ASA LI912)와 고점도 수지(ASA LI941)의 성형 조건 변화에 따른 해석 결과

ASA LI912

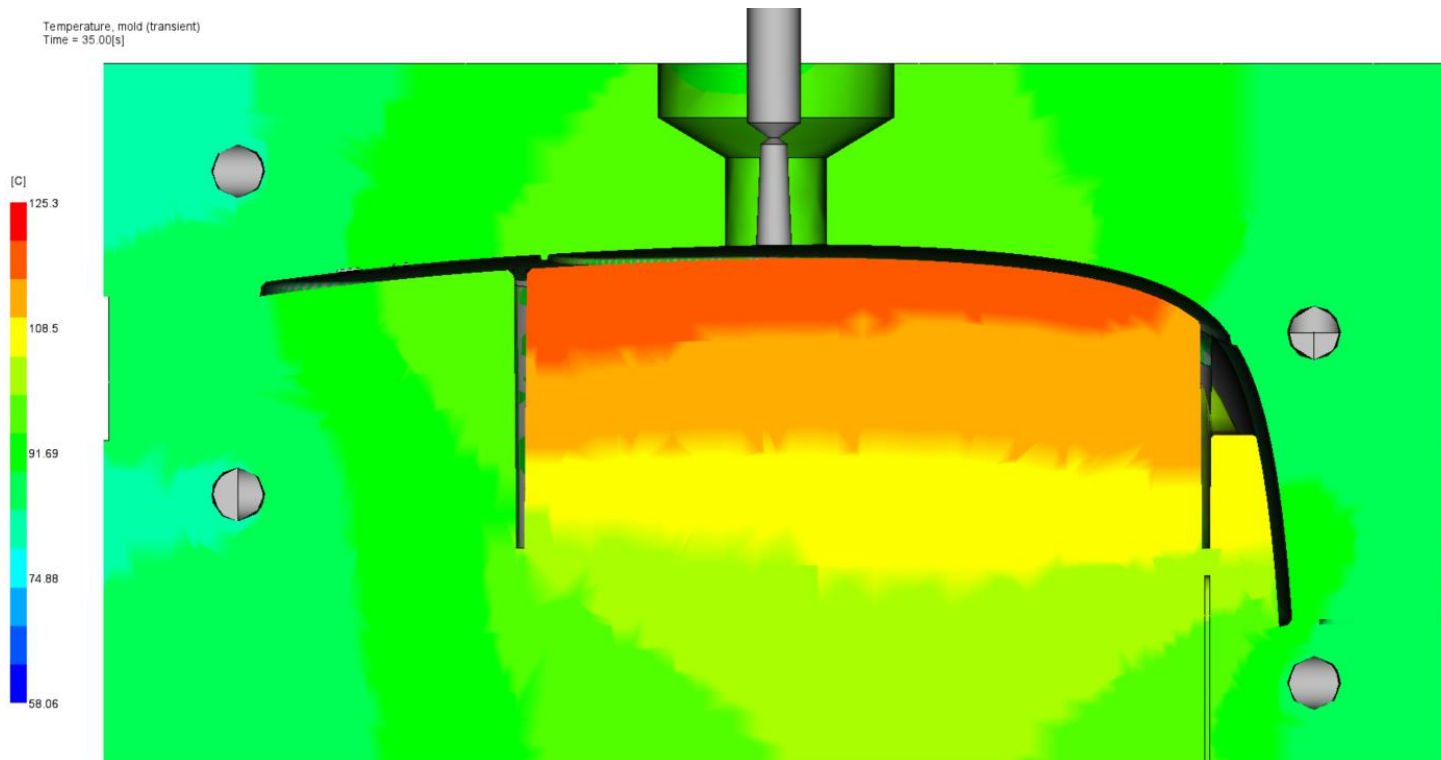


ASA LI941



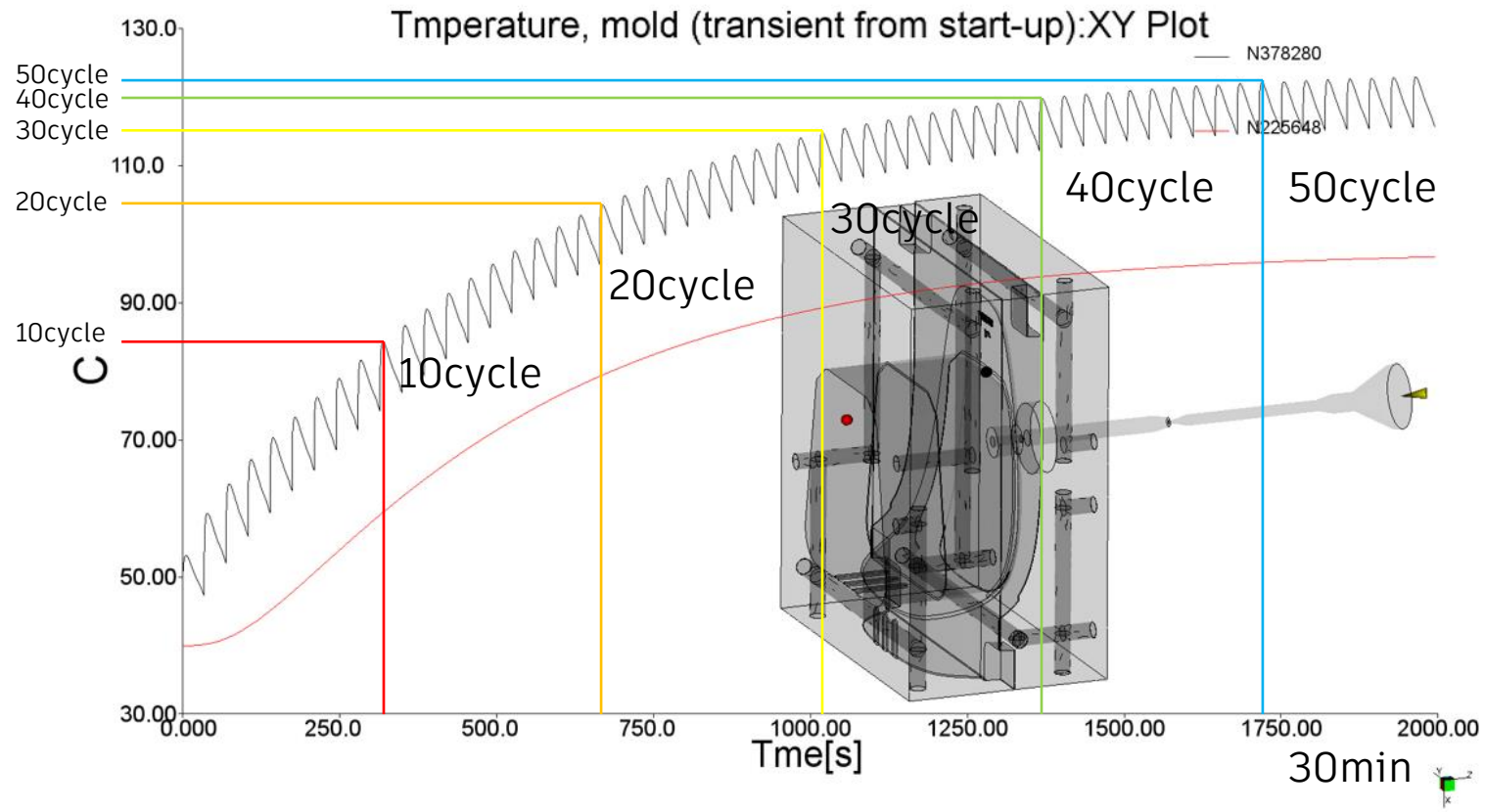
Moldflow Result(COOL)

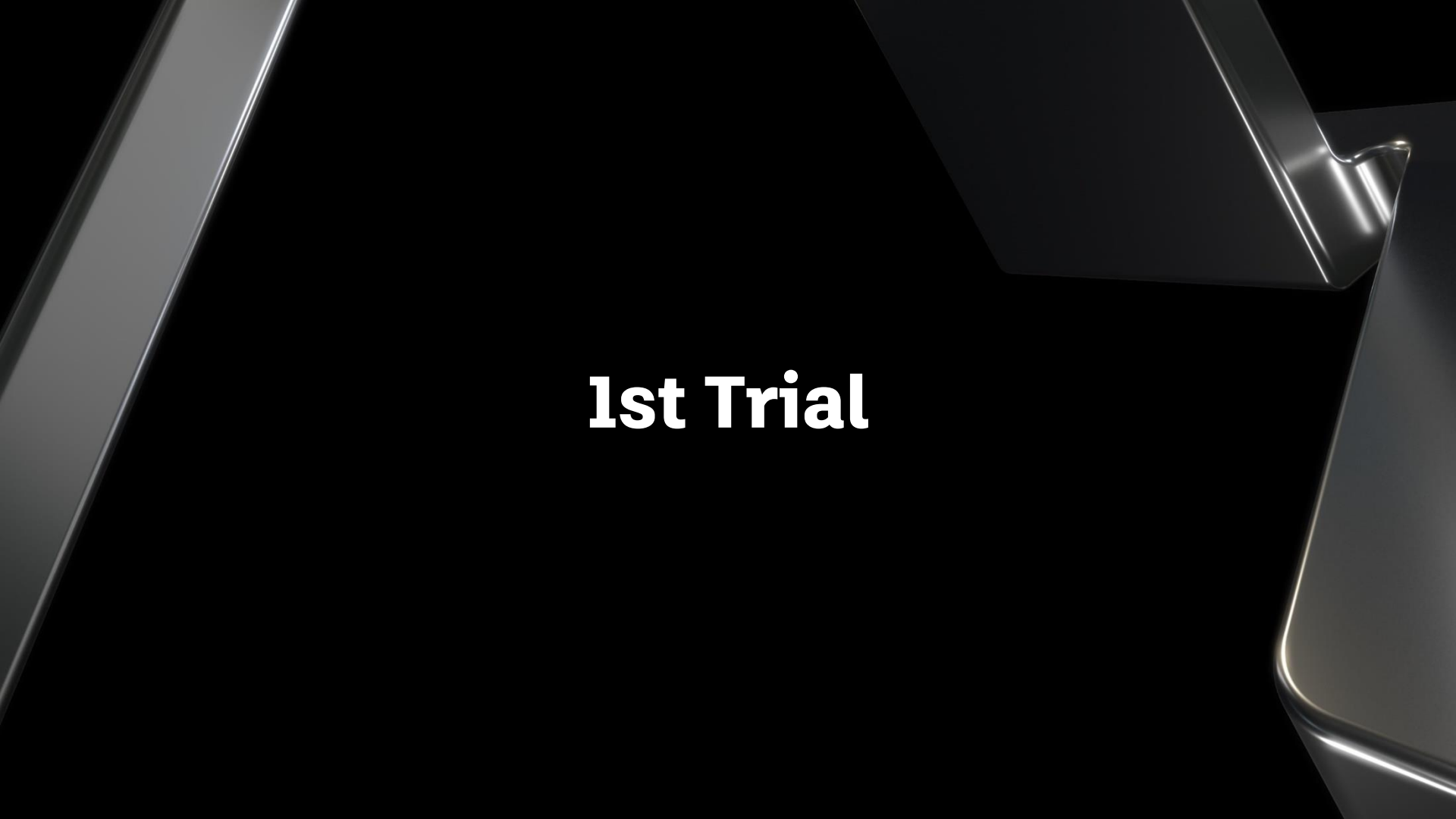
하코어에 냉각이 설계되지 않아 Hot spot 이 발생함



Moldflow Result(COOL)

하코어에 냉각이 설계되지 않아 Hot spot 이 발생함





1st Trial

1st Trial- melt(226.5도), mold(Cavity:61.8°C, Core 100.9°C)

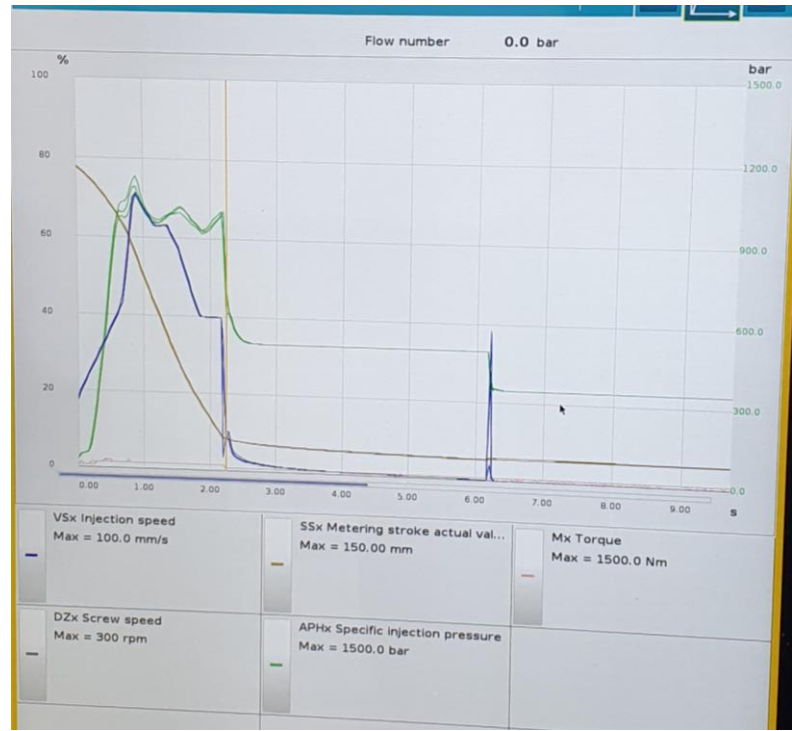
Engel e-victory 120 전동식 사출기로 진행, 실험 전 용융 수지의 온도 및 금형 온도를 측정함



[그림] Airbag Cover 제품의 시험 사출(Trial) 현장

1st Trial- 사출기에 걸리는 출력 속도와 출력 압력 확인

사출 속도는 다단 사출과 단 사출을 진행



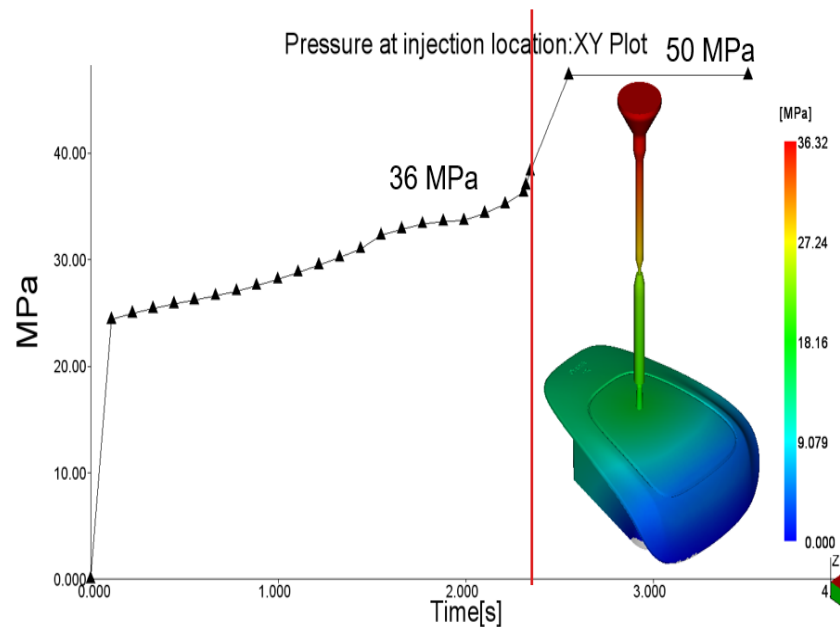
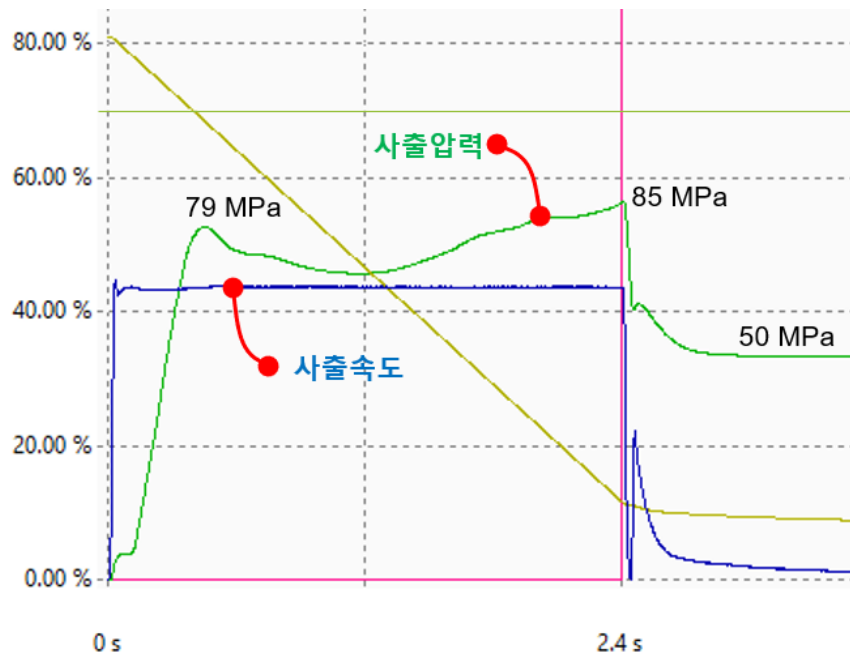
[그림] Airbag Cover 제품의 시험 사출(Trial) 현장



1st Result

1st Trial- 1st CAE 압력 결과와 비교

LI912 1단 속도제어 - 1st Trial은 85MPa, 1st CAE에서는 36MPa, 42.4% 수준

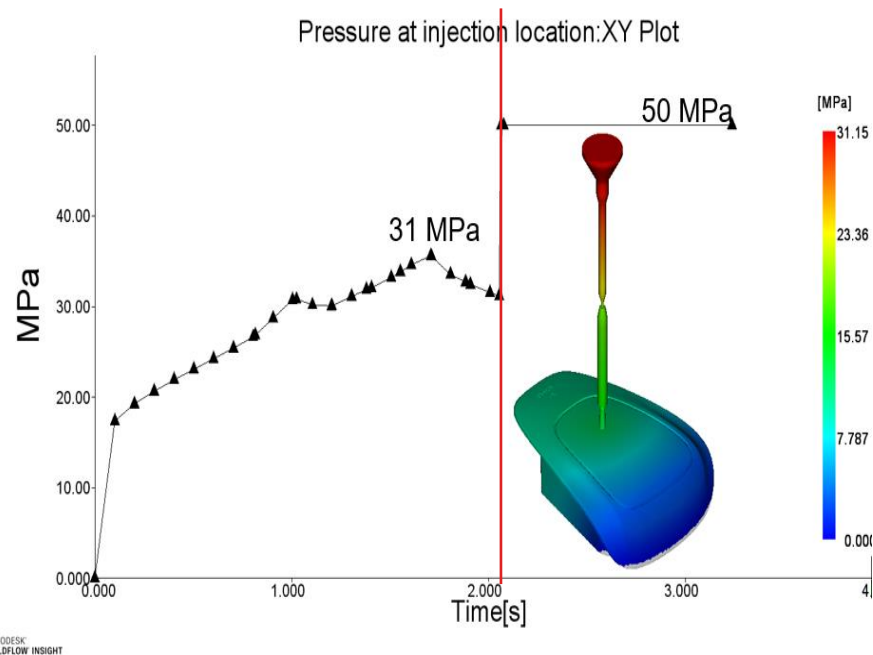
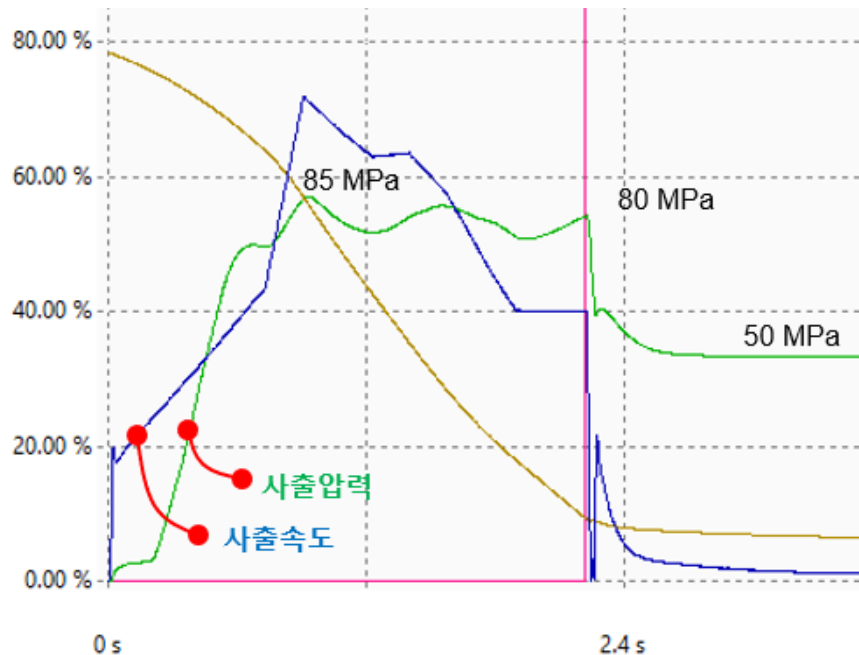


[그림] LI912 1단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력(1st Trial)

[그림] LI912 1단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력 (1st CAE)

1st Trial- 1st CAE 압력 결과와 비교

LI912 다단 속도제어 - 1st Trial은 80MPa, 1st CAE에서는 31MPa, 38.8% 수준

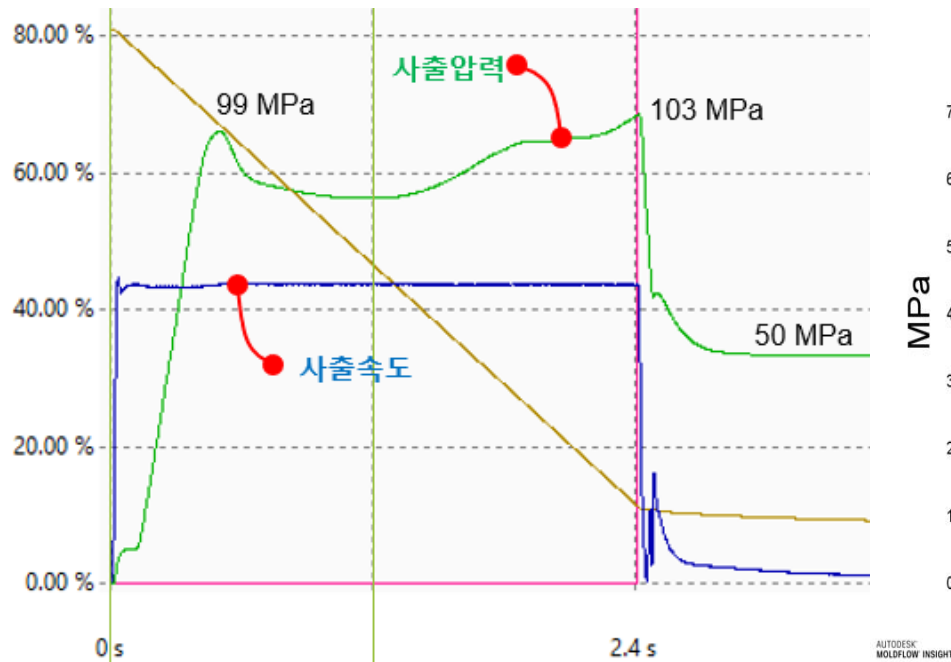


[그림] LI912 다단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력(1st Trial)

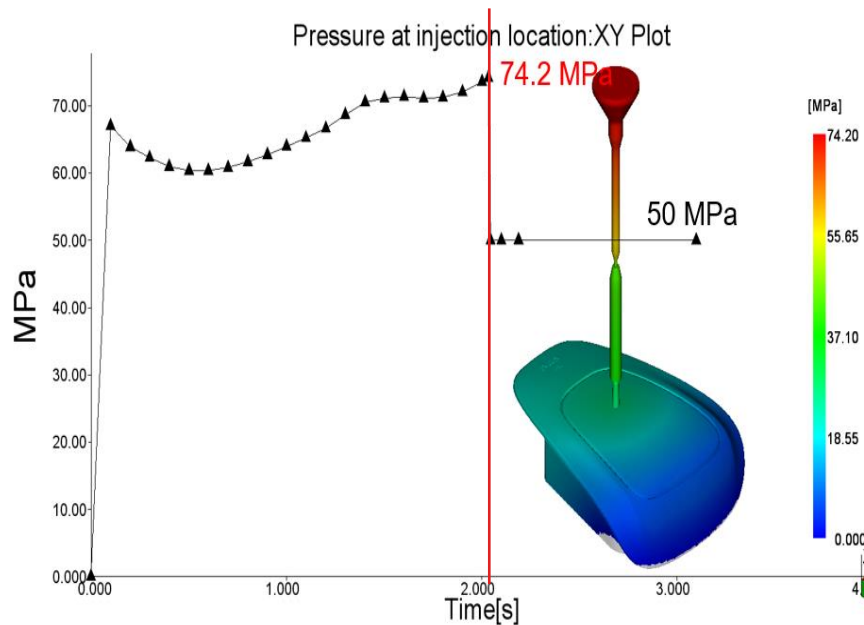
[그림] LI912 다단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력 (1st CAE)

1st Trial- 1st CAE 압력 결과와 비교

LI941 1단 속도제어 - 1st Trial은 103 MPa, 1st CAE에서는 74.2 MPa, 72% 수준



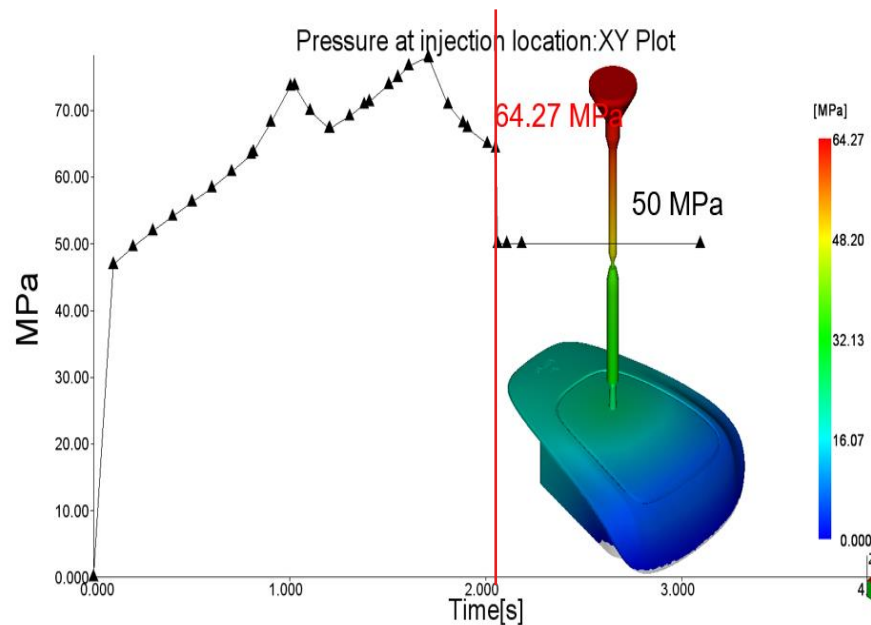
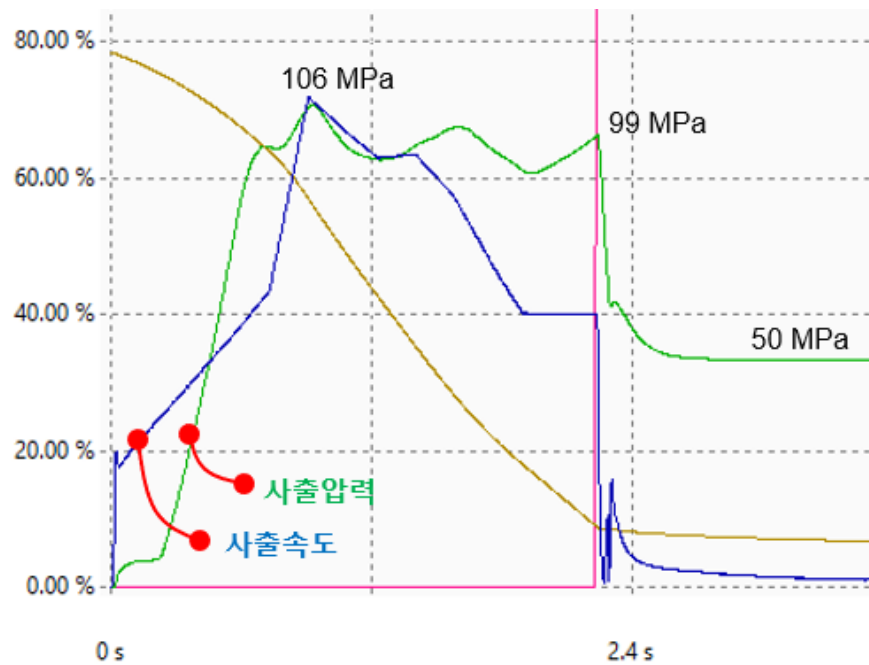
[그림] LI941 1단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력(1st Trial)



[그림] LI941 1단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력 (1st CAE)

1st Trial- 1st CAE 압력 결과와 비교

LI941 다단 속도제어 - 1st Trial은 99MPa, 1st CAE에서는 64.27MPa, 64.9% 수준



[그림] LI941 다단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력(1st Trial)

[그림] LI941 다단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력 (1st CAE)

Accuracy analysis

Accuracy analysis

같은 제조사에서 만든 ASA수지는 총 6가지, 실험에 사용한 그레이드는 5번, 6번 수지임.

	1	2	3	4	5	6
Manufacturer	LG Chemical	LG Chemical	LG Chemical	LG Chemical	LG Chemical	LG Chemical
Trade Name	LI918	LI928	LI935	LI940	LI941	LI912
Family Abbreviation	ASA	ASA	ASA	ASA	ASA	ASA
Fibers / Fillers	Unfilled	Unfilled	Unfilled	Unfilled	Unfilled	Unfilled
Autodesk Moldflow Material ID	24513	24929	24930	24931	30369	52784
Autodesk Moldflow Grade Code	MAT6222	MAT6638	MAT6639	MAT6640	SN5778	LK801
Rheology	Injection Molding Rheology	Injection Molding Rheology	Injection Molding Rheology	Injection Molding Rheology	Injection Molding Rheology	Injection Molding Rheology
Date	14-AUG-17	15-NOV-18	15-NOV-18	26-NOV-18	08-MAR-10	29-JUN-01
Source					Moldflow Plastics Labs	Moldflow
Default Model					Cross/W/LF	Cross/W/LF
Thermal Cond					Line Source	TC200
Date					19-FEB-10	01-OCT-98
Source					Moldflow Plastics Labs	Moldflow
Specific Heat					DSC cooling	DSC cooling
Date					08-MAR-10	01-OCT-98
Source					Other	Moldflow
pVT					Indirect Dilatometry	Indirect Dilatometry
Date					19-FEB-10	01-OCT-98
Source					Moldflow Plastics Labs	Moldflow
Shrinkage					CRIMS	CRIMS
Date					12-AUG-20	12-AUG-20
Source	Autodesk Moldflow Plastics Labs	Autodesk Moldflow Plastics Labs	Autodesk Moldflow Plastics Labs	Autodesk Moldflow Plastics Labs	Moldflow Plastics Labs	Moldflow
Resin identification code	7	7	7	7	7	7
Energy usage indicator	5	3	4	5	5	4
Fill Quality Indicator	Gold	Gold	Gold	Gold	Gold	Bronze
Pack Quality Indicator	Gold	Gold	Gold	Gold	Gold	Bronze
Warp Quality Indicator	Gold	Gold	Gold	Gold	Gold	Bronze

전문가 의견 :

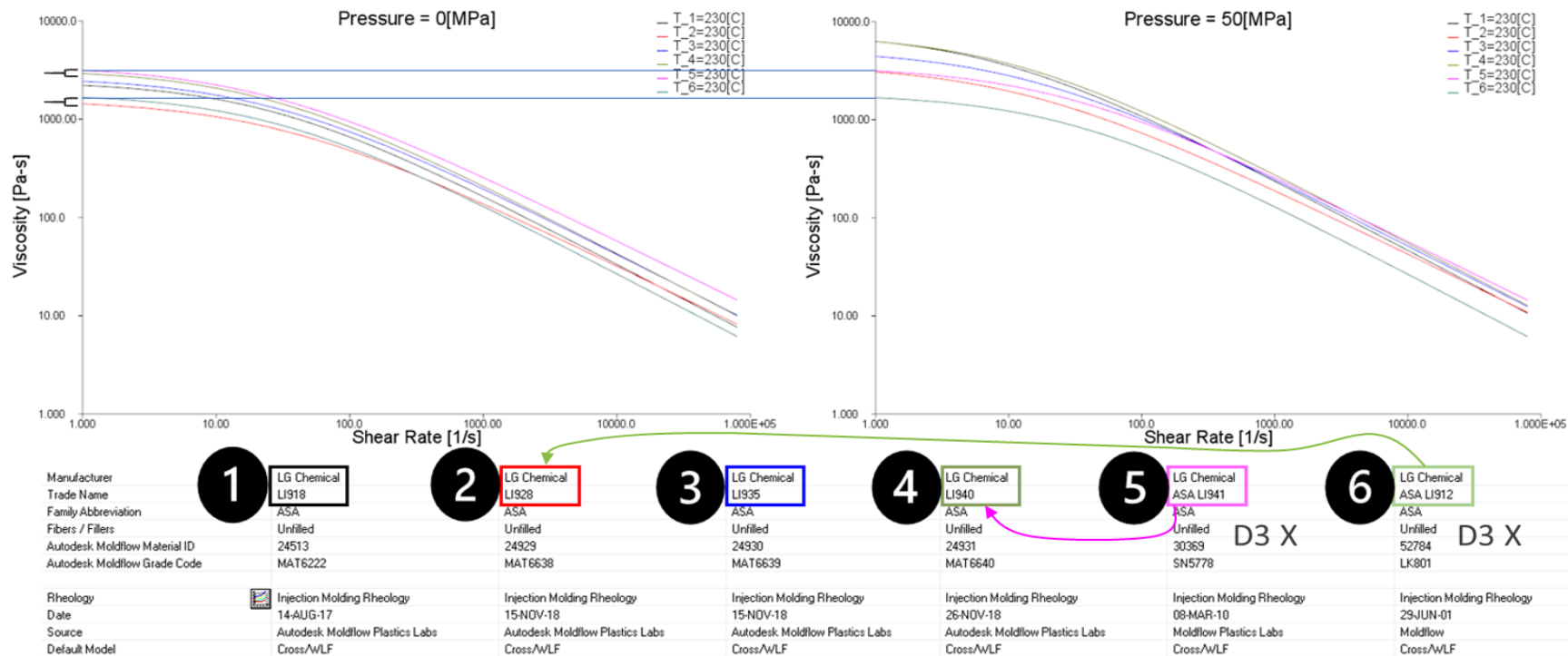
- 시험 사출을 진행한 수지 LI912-V, LI941-F와 Moldflow DB에 있는 LI912, LI941은 다른 물성임
- Moldflow 기본 DB에는 LI912-V, LI941-F이 없음
- LI912-V, LI941-F 수지 물성은 올해 2월, 3월에 측정이 완료되어 LG화학은 물성을 확보한 상태임
- 수지 물성을 확보하지 못할 경우 유사 그레이드 선정이 필요함

68% 수준

40% 수준

Accuracy analysis

Moldflow DB의 ASA LI912, LI941 수지는 D3가 측정되어 있지 않음. 같은 제조사의 DB로 대체 선정함.

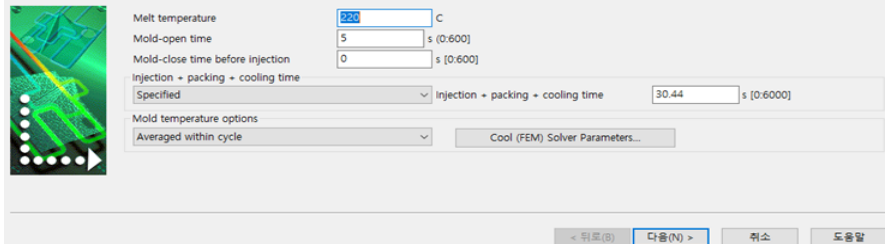


대체 수지 선정 후 D3 값 편집

Accuracy analysis

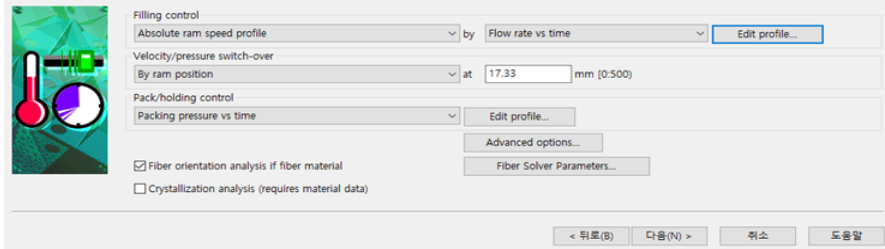
Sim Link를 통해 사출기 성능을 고려한 사출 속도, 보압을 적용할 수 있음(1단 사출).

Process Settings Wizard - Cool (FEM) Settings - Page 1 of 3

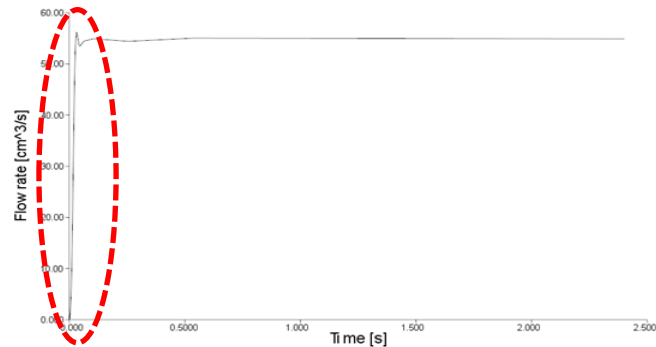


Melt temperature: 220 C
Mold-open time: 5 s [0:600]
Mold-close time before injection: 0 s [0:600]
Injection - packing - cooling time: Specified injection - packing - cooling time: 30.44 s [0:6000]
Mold temperature options: Averaged within cycle Cool (FEM) Solver Parameters...

Process Settings Wizard - Fill-Pack Settings - Page 2 of 3



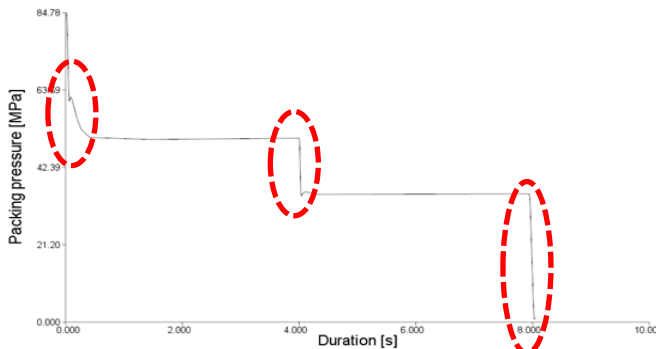
Filling control: Absolute ram speed profile by Flow rate vs time Edit profile...
Velocity/pressure switch-over: By ram position at 17.33 mm [0:500]
Pack/holding control: Packing pressure vs time Edit profile...
Advanced options...
Fiber Solver Parameters...
☒ Fiber orientation analysis if fiber material
☐ Crystallization analysis (requires material data)



Filling Control Profile Settings

Time [s]	Flow rate [cm³/s]
0	0
0.001	5.639
0.003	0.2855
0.005	1.319
0.007	3.2
0.009	6.031
0.011	10.01
0.013	15.08
0.021	40.27
0.023	48.67
0.025	50.09
0.027	53.19
0.029	55.1
0.031	56.04
0.033	56.2
0.043	53.64
0.047	52.43
0.063	54.43
0.105	54.91
0.237	54.4
0.533	55.02
2.401	54.88

Starting ram position: 4.687 mm [0]
Cutback setting limit: 121.5 mm [0]
Starting ram position: 121.5 mm [0]



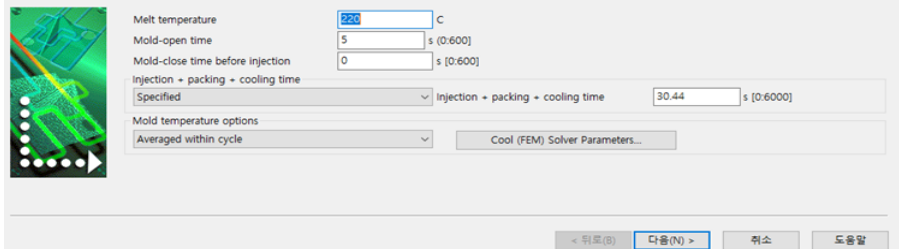
Packing/Holding Control Profile Settings

Duration [s]	Packing pressure [MPa]
0	0
0.001	64.706
0.003	84.3239
0.005	81.7941
0.006	78.3007
0.018	64.975
0.006	62.0962
0.008	60.4995
0.02	61.6735
0.068	52.6327
0.142	50.9981
0.132	50.0746
2.552	50.3849
0.036	49.8111
0.004	48.4796
0.018	36.9227
0.004	35.3495
0.006	34.5707
0.056	35.7164
0.24	34.9901
3.608	35.1333
0.01	34.2332
0.01	31.0912
0.048	21.108
0.01	2.82645
0.01	0.729997
0.014	0.796476

Accuracy analysis

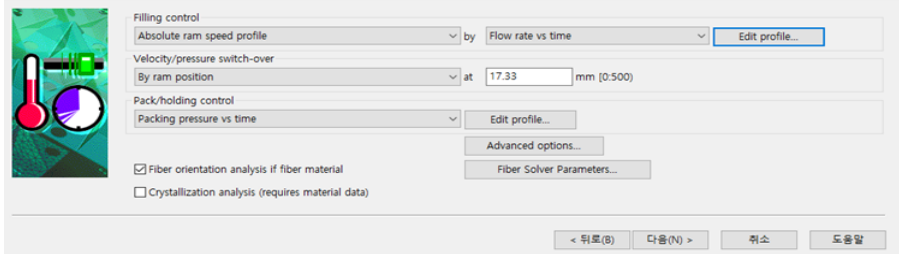
Sim Link를 통해 사출기 성능을 고려한 사출 속도, 보압을 적용할 수 있음(1단 사출).

Process Settings Wizard - Cool (FEM) Settings - Page 1 of 3

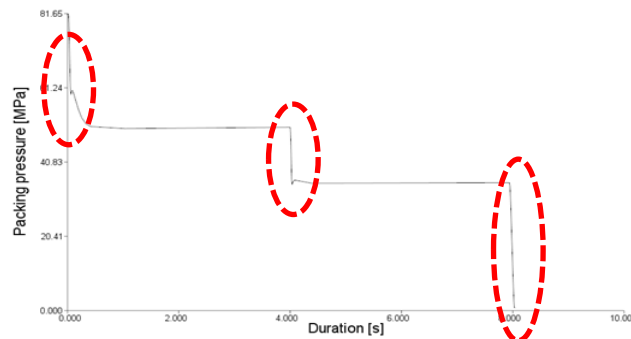
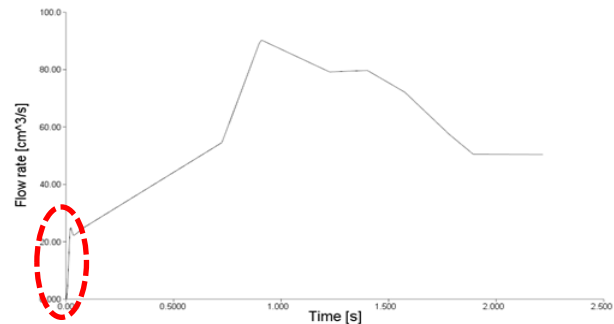


Melt temperature: 220 C
Mold-open time: 5 s [0:600]
Mold-close time before injection: 0 s [0:600]
Injection + packing + cooling time: Specified 30.44 s [0:6000]
Mold temperature options: Averaged within cycle
Cool (FEM) Solver Parameters...

Process Settings Wizard - Fill+Pack Settings - Page 2 of 3



Filling control: Absolute ram speed profile by Flow rate vs time Edit profile...
Velocity/pressure switch-over: By ram position at 17.33 mm (0.500)
Pack/holding control: Packing pressure vs time Edit profile...
Advanced options...
Fiber Solver Parameters...
☒ Fiber orientation analysis if fiber material
☐ Crystallization analysis (requires material data)



Flow rate vs time

Time [s]	Flow rate [cm³/s]
0.000	0.000
0.001	9.054
0.003	0.2951
0.007	3.561
0.009	4.567
0.015	18.26
0.017	21.47
0.019	23.68
0.021	24.79
0.023	24.95
0.033	22.3
0.039	22.27
0.087	25.11
0.125	54.57
0.189	89.23
0.309	90.29
1.225	79.2
1.401	79.71
1.575	72.12
1.781	57.47
1.883	50.5
2.217	50.41

Import Profile... Plot Profile...

Starting ram position: 4.687 mm [0]
Custom warning limit: 117.8 mm [0]
Starting ram position: 117.8 mm [0]

확인 취소 도움말

Packing pressure vs time

Duration [s]	Packing pressure [MPa]
0.01	81.6519
0.008	80.9903
0.006	79.0804
0.004	75.7676
0.018	62.7191
0.006	60.2716
0.006	59.3195
0.018	60.4887
0.018	60.4295
0.102	51.27
0.06	52.9629
0.078	51.3275
0.084	50.1086
0.012	50.0411
2.868	50.3926
0.006	49.893
0.004	48.6332
0.004	48.5251
0.014	36.9303
0.004	35.3439
0.006	34.6189
0.012	35.3819
0.032	35.8762
0.004	35.007
3.556	35.1563
0.01	34.219
0.01	31.1086
0.05	4.70017
0.01	2.58015
0.01	0.712207
0.012	0.812305

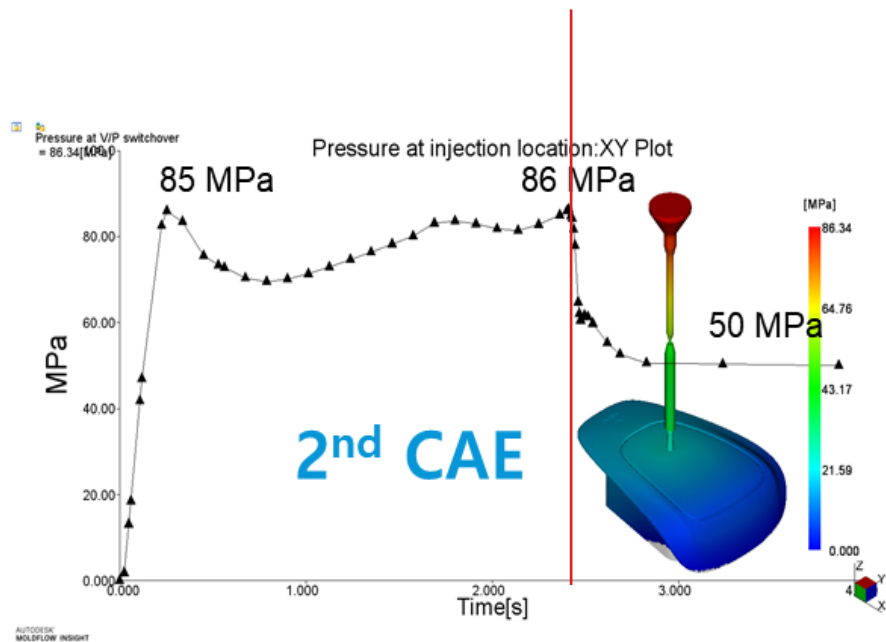
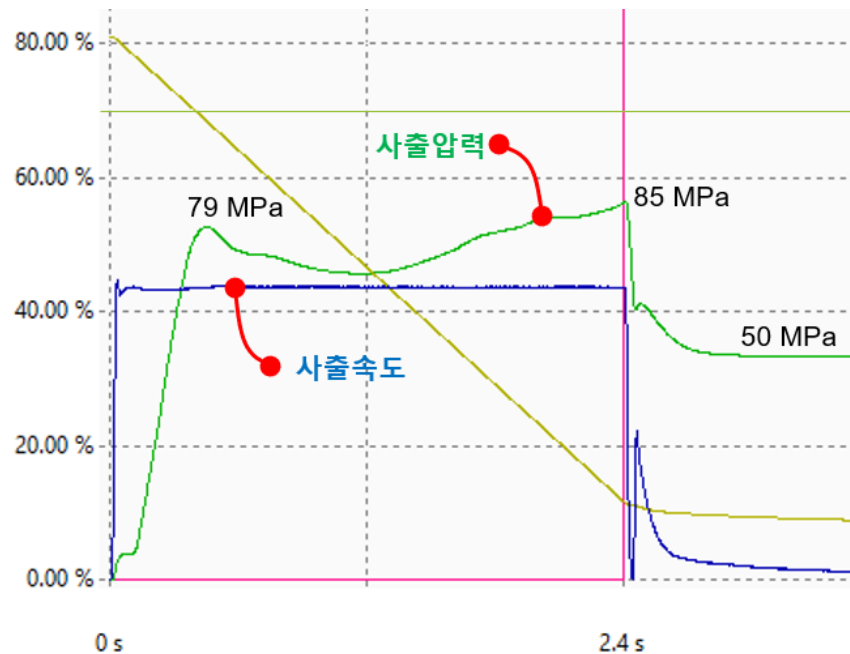
Import Profile... Plot Profile...

확인 취소 도움말

2nd CAE

1st Trial- 2nd CAE 압력 결과와 비교

LI912 1단 속도제어 - 1st Trial은 85MPa, 2nd CAE에서는 86MPa로 101.2% 수준임

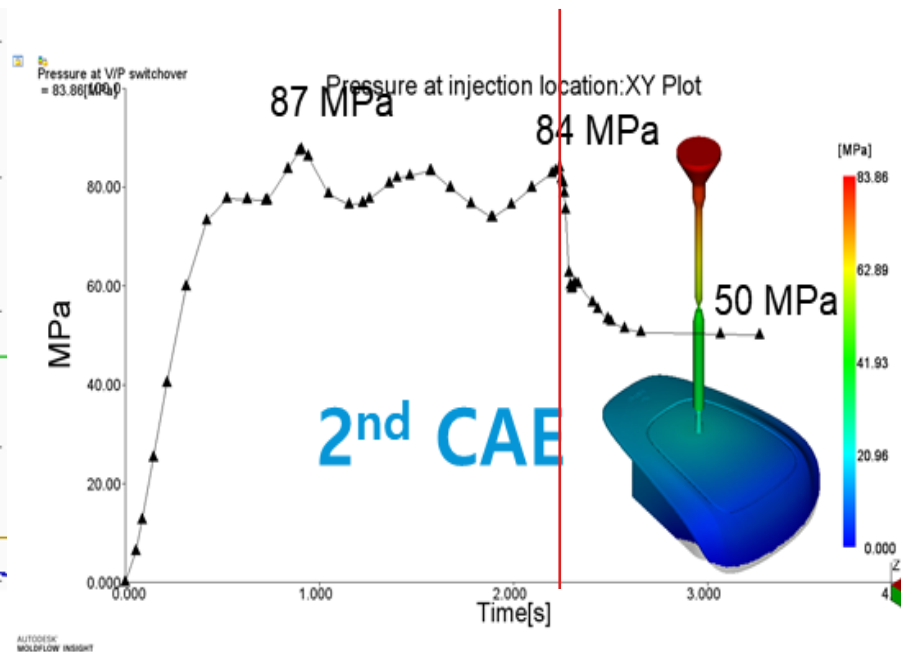
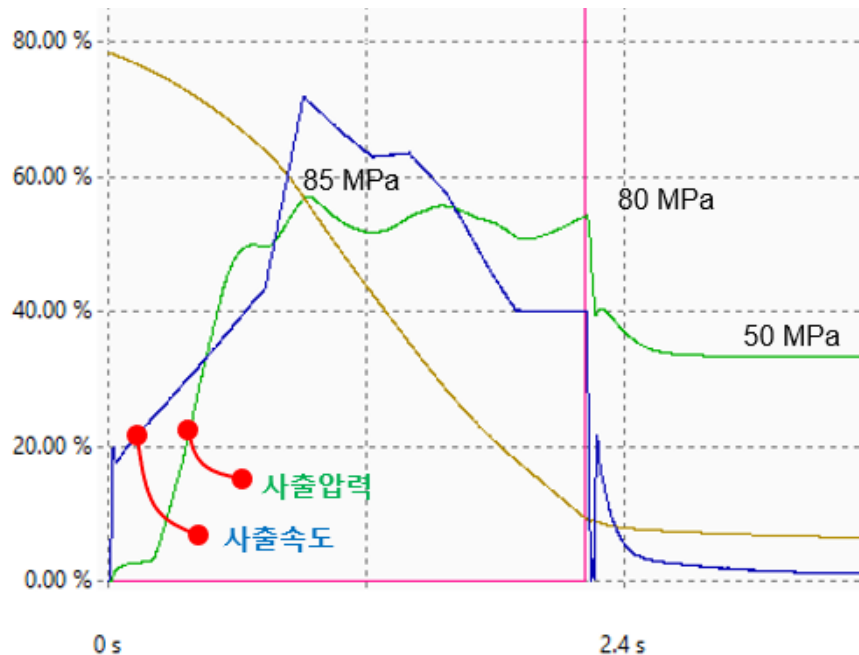


[그림] LI912 1단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력(1st Trial)

[그림] LI912 1단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력 (2nd CAE)

1st Trial- 2nd CAE 압력 결과와 비교

LI912 다단 속도제어 - 1st Trial은 80MPa, 2nd CAE에서는 84MPa, 105.0% 수준

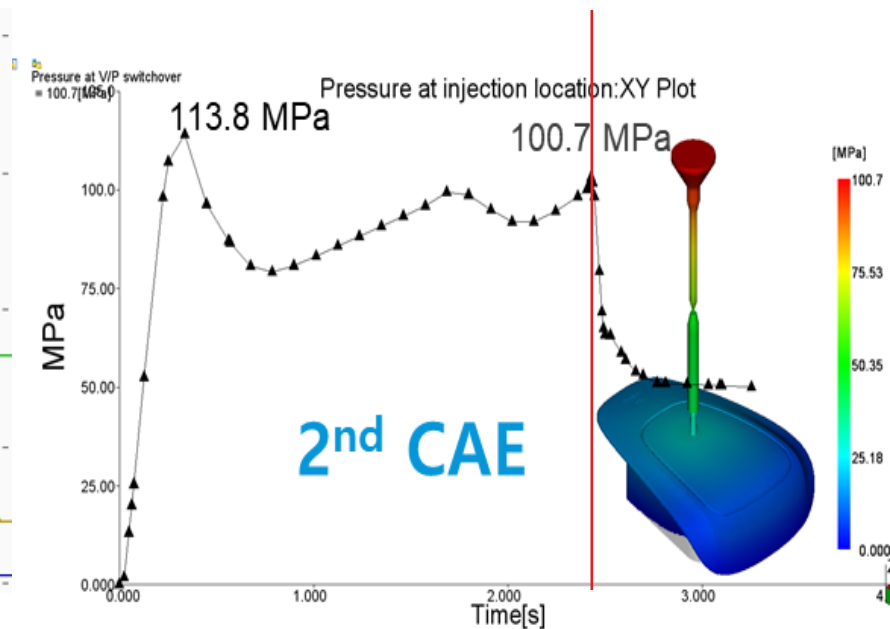
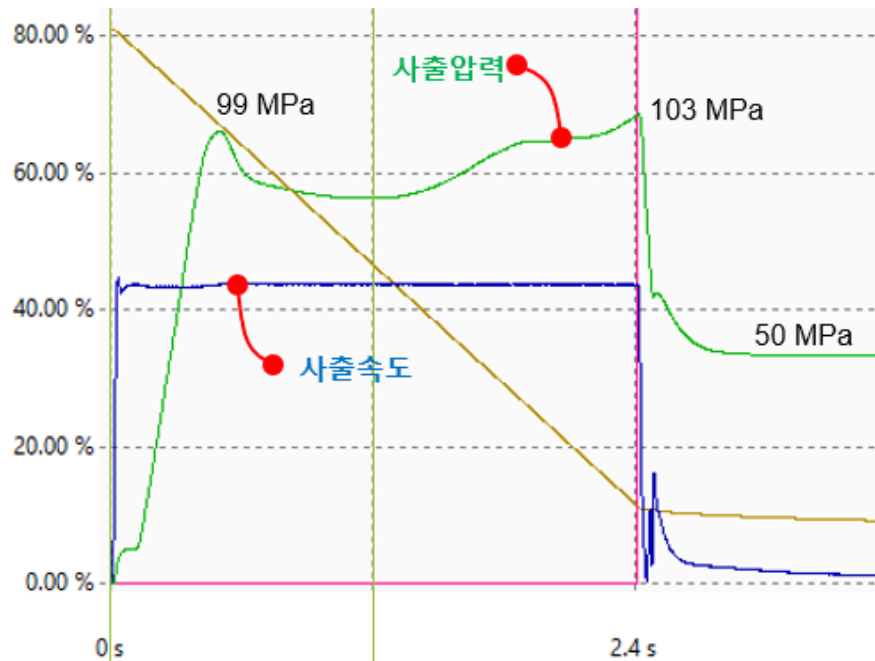


[그림] LI912 다단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력(1st Trial)

[그림] LI912 다단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력 (2nd CAE)

1st Trial- 2nd CAE 압력 결과와 비교

LI941 1단 속도제어 - 1st Trial은 103 MPa, 2nd CAE에서는 100.7MPa, 97.8% 수준

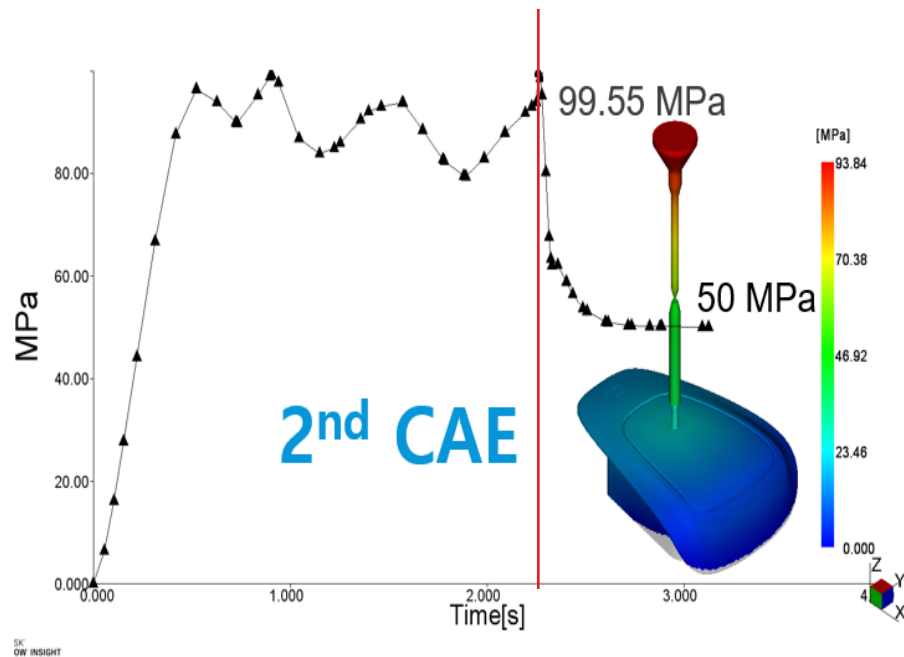
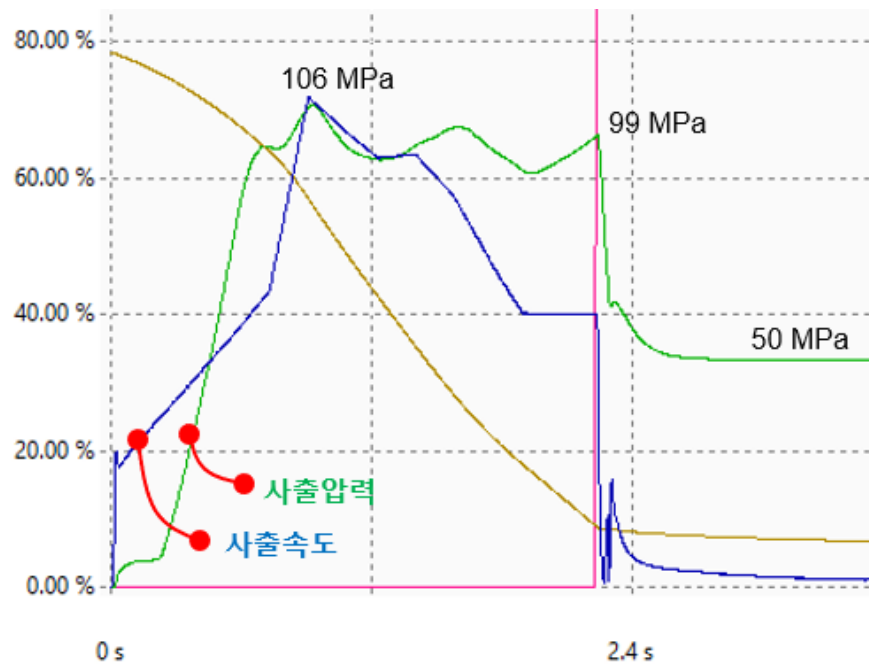


[그림] LI941 1단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력(1st Trial)

[그림] LI941 1단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력 (2nd CAE)

1st Trial- 2nd CAE 압력 결과와 비교

LI941 다단 속도제어 - 1st Trial은 99MPa, 2nd CAE에서는 99.55MPa, 100.6% 수준



[그림] LI941 다단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력(1st Trial)

[그림] LI941 다단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력 (2nd CAE)

1st Trial- 2nd CAE 압력 결과와 비교

시험 사출 결과와 CAE의 오차율이 1st CAE는 최대 61.3%, 2nd CAE는 최대 5%로 확인됨.

	Resin	Ram speed	CAE	Trial	Ratio
1 st CAE	912	Single	36	85	57.6%
	912	Multi	31	80	61.3%
	941	Single	74.2	103	28.0%
	941	Multi	64.27	99	35.1%
2 nd CAE	928M	Single	86	85	-1.2%
	928M	Multi	84	80	-5.0%
	940M	Single	100.7	103	2.2%
	940M	Multi	99.55	99	-0.6%

[그림] 1st CAE와 2nd CAE의 오차율 비교 결과

3rd CAE

LI912-V Data

2021년 2월 21일 수치 측정 완료 (현재 Moldflow Database에는 없음, LG화학을 통해 수치 물성 받음)

Thermoplastics material

×

Optical Properties	Environmental Impact	Quality Indicators	Crystallization Morphology	Stress - Strain (Tension)	Stress - Strain (Compression)		
Description	Recommended Processing	Rheological Properties	Thermal Properties	pVT Properties	Mechanical Properties	Shrinkage Properties	Filler / Fiber
Family name	ACRYLONITRILE COPOLYMERS (ABS, ASA, ...)						
Trade name	LI912-V						
Manufacturer	LG Chemical						
Link							
Family abbreviation	ASA						
Material structure	Amorphous						
Data source	Autodesk Moldflow Plastics Lab : pVT-Measured : mech-Measured						
Date last modified	25-FEB-21						
Date tested	25-FEB-21						
Data status	Non-Confidential						
Material ID	26524						
Grade code	MAT7233						
Supplier code	LGCHEM						
Fibers/fillers	Unfilled						

Viscosity

Default viscosity model: Cross-WLF [View viscosity model coefficients...](#)

[Plot Viscosity](#)

Juncture loss method coefficients

c1: 0.0088 Pa¹(1-c2)

c2: 1.565

Transition temperature: 93 C

[View test information...](#)

Moldflow Viscosity Index: VI(250)138

Melt mass-flow rate (MFR)

Temperature: 220 C

Load: 10 Kg

Measured MFR: 12 g/10min

☐ Extension viscosity

Cross WLF Viscosity Model Coefficients

Cross-WLF viscosity model

n: 0.3159

Tau*: 62749.8 Pa

D1: 1.96391e+11 Pa-s

D2: 378.15 K

D3: 1e-07 K/Pa

A1: 25.709

A2~: 51.6 K

[Plot Viscosity](#)

[View test information...](#)

LI941-F Data

2021년 3월 21일 수치 측정 완료(현재 Moldflow Database에는 없음, LG화학을 통해 수치 물성 받음)

Thermoplastics material

×

Optical Properties	Environmental Impact	Quality Indicators	Crystallization Morphology	Stress - Strain (Tension)	Stress - Strain (Compression)		
Description	Recommended Processing	Rheological Properties	Thermal Properties	pVT Properties	Mechanical Properties	Shrinkage Properties	Filler / Fiber
Family name	ACRYLONITRILE COPOLYMERS (ABS, ASA, ...)						
Trade name	LI941-F						
Manufacturer	LG Chemical						
Link							
Family abbreviation	ASA						
Material structure	Amorphous						
Data source	Autodesk Moldflow Plastics Lab : pVT-Measured : mech-Measured						
Date last modified	03-MAR-21						
Date tested	03-MAR-21						
Data status	Non-Confidential						
Material ID	26526						
Grade code	MAT7235						
Supplier code	LGCHEM						
Fibers/fillers	Unfilled						

Viscosity

Default viscosity model: Cross-WLF [View viscosity model coefficients...](#)

[Plot Viscosity](#)

Juncture loss method coefficients

c1: 0.0215 Pa¹(1-c2)

c2: 1.477

Transition temperature: 100 C

[View test information...](#)

Moldflow Viscosity Index: VI(250)188

Melt mass-flow rate (MFR)

Temperature: 220 C

Load: 10 Kg

Measured MFR: 5 g/10min

☐ Extension viscosity

Cross WLF Viscosity Model Coefficients

Cross-WLF viscosity model

n: 0.3297

Tau*: 50817.8 Pa

D1: 2.42124e+12 Pa-s

D2: 378.15 K

D3: 1.1e-07 K/Pa

A1: 27.698

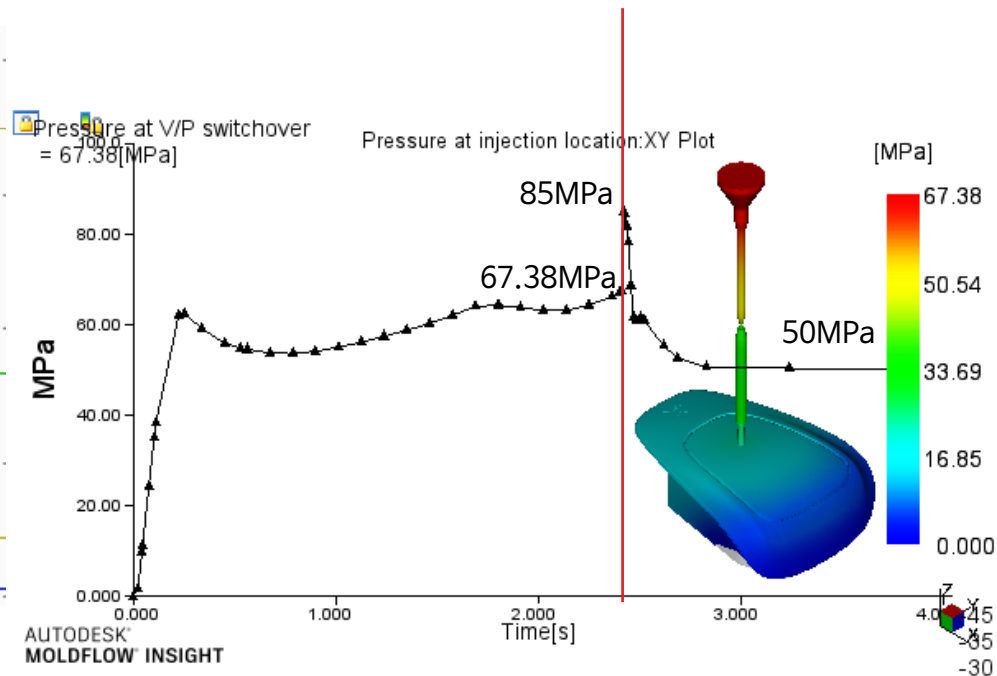
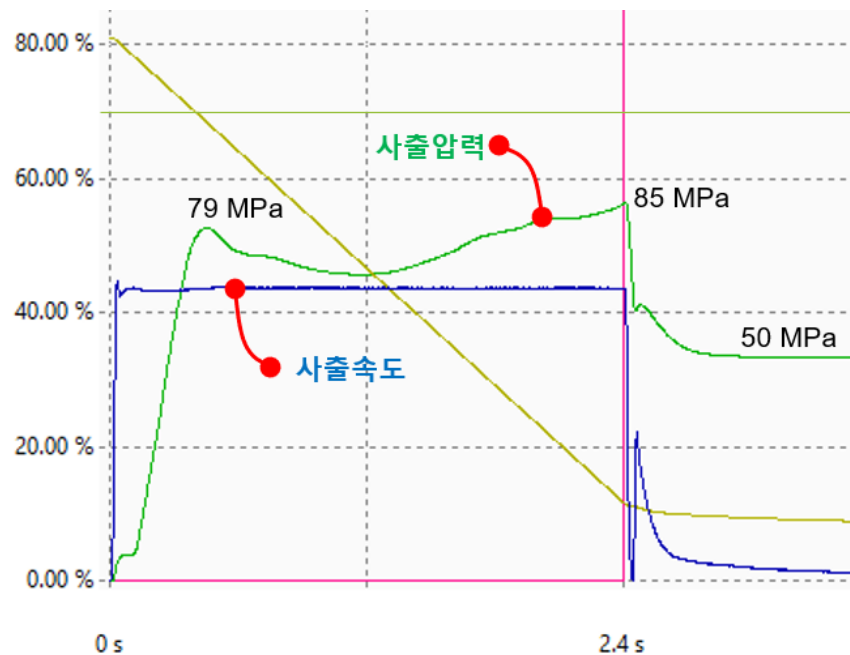
A2~: 51.6 K

[Plot Viscosity](#)

[View test information...](#)

1st Trial- 3rd CAE 압력 결과와 비교

LI912-V 1단 속도제어 - 1st Trial은 85MPa, 3rd CAE에서는 67.38MPa 로 79.3% 수준

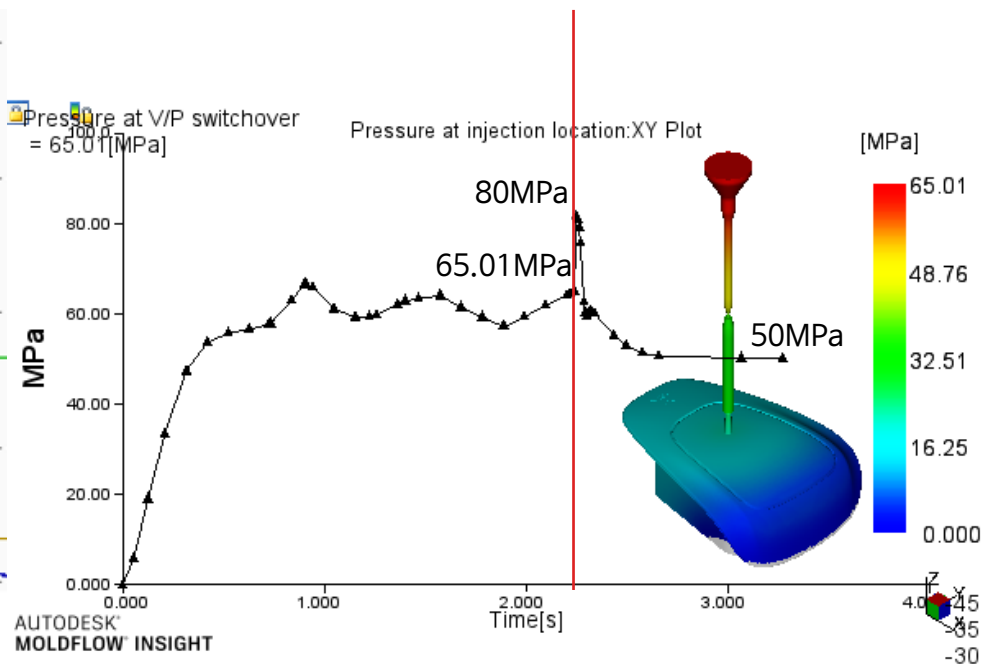
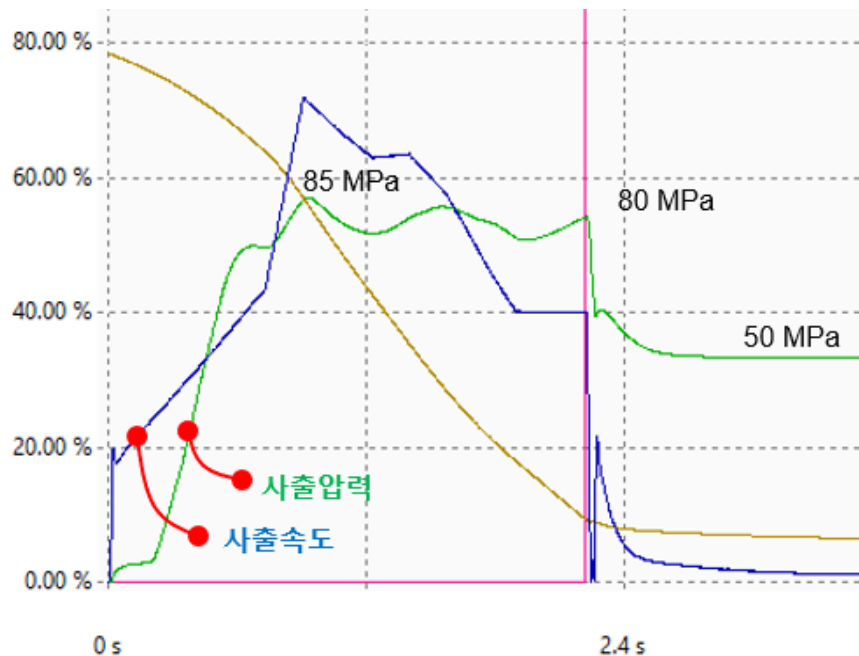


[그림] LI912 1단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력(1st Trial)

[그림] LI912 1단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력 (3rd CAE)

1st Trial- 3rd CAE 압력 결과와 비교

LI912 다단 속도제어 - 1st Trial은 80MPa, 3rd CAE에서는 65.01MPa, 81.3% 수준

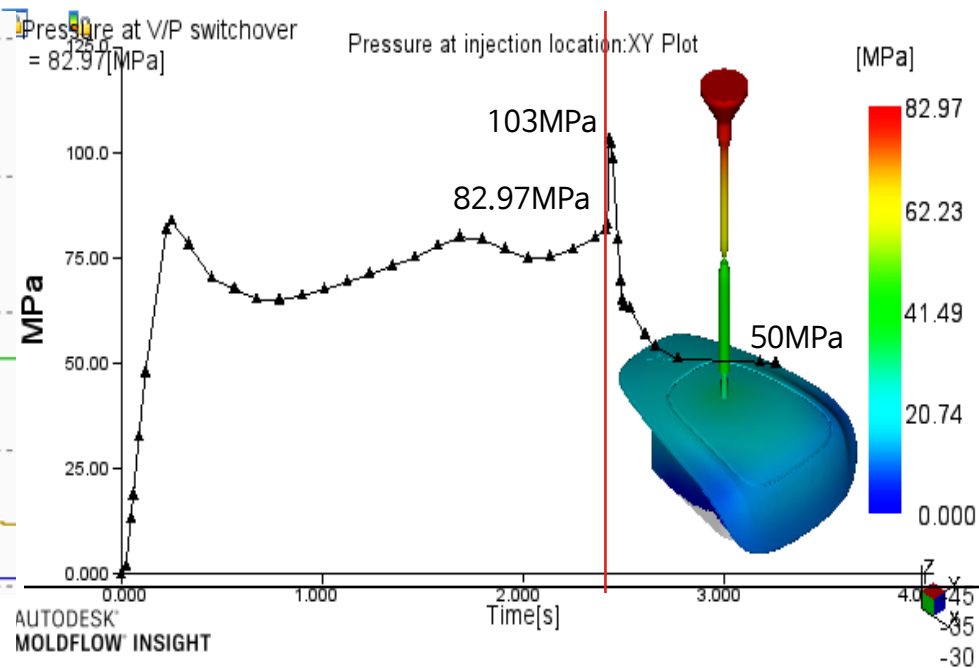
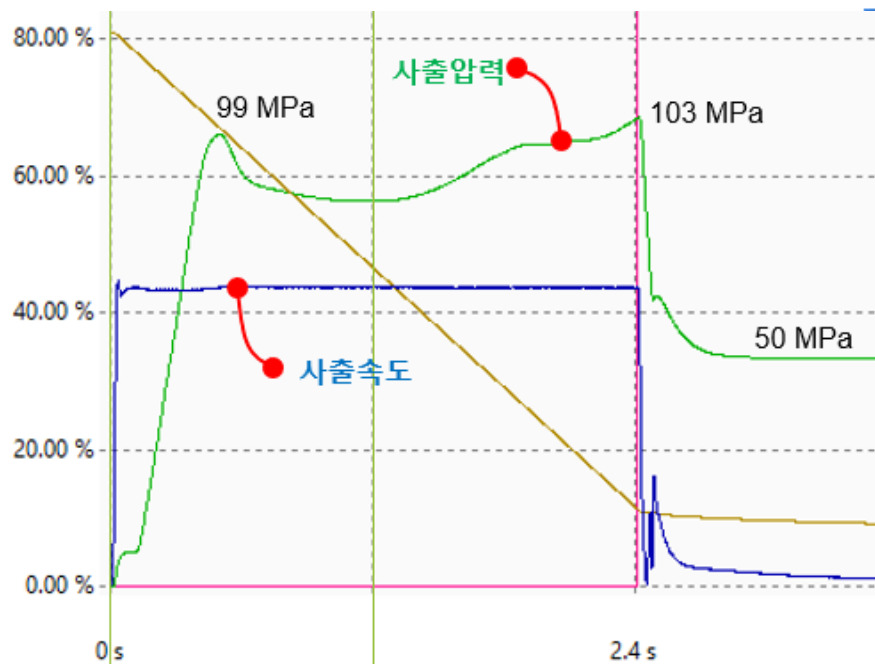


[그림] LI912 다단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력(1st Trial)

[그림] LI912 다단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력 (3rd CAE)

1st Trial- 3rd CAE 압력 결과와 비교

LI941 1단 속도제어 - 1st Trial은 103 MPa, 3rd CAE에서는 82.97MPa, 80.1 % 수준

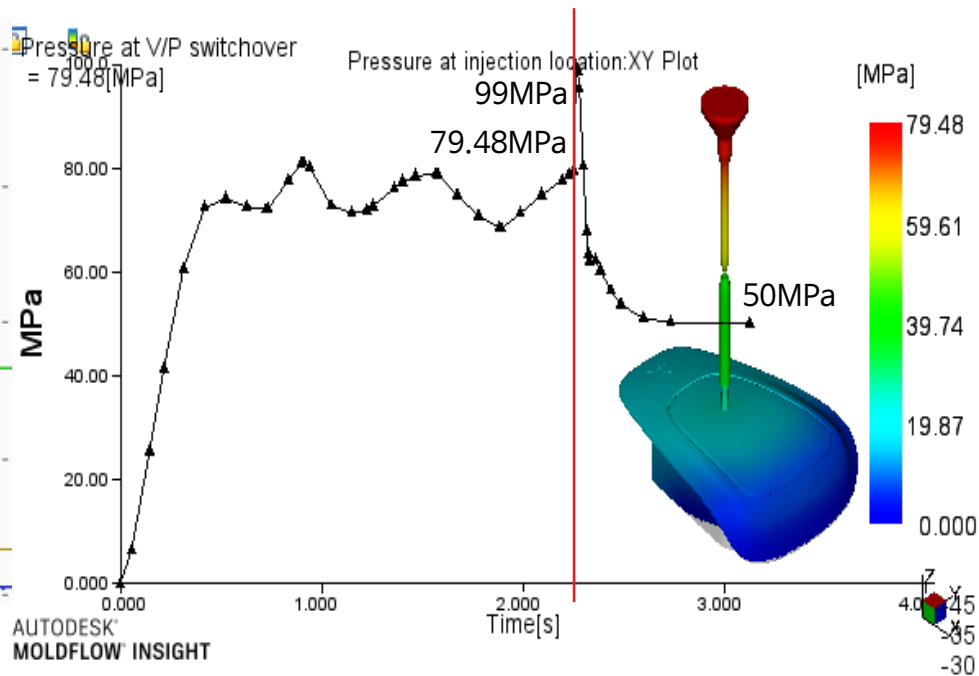
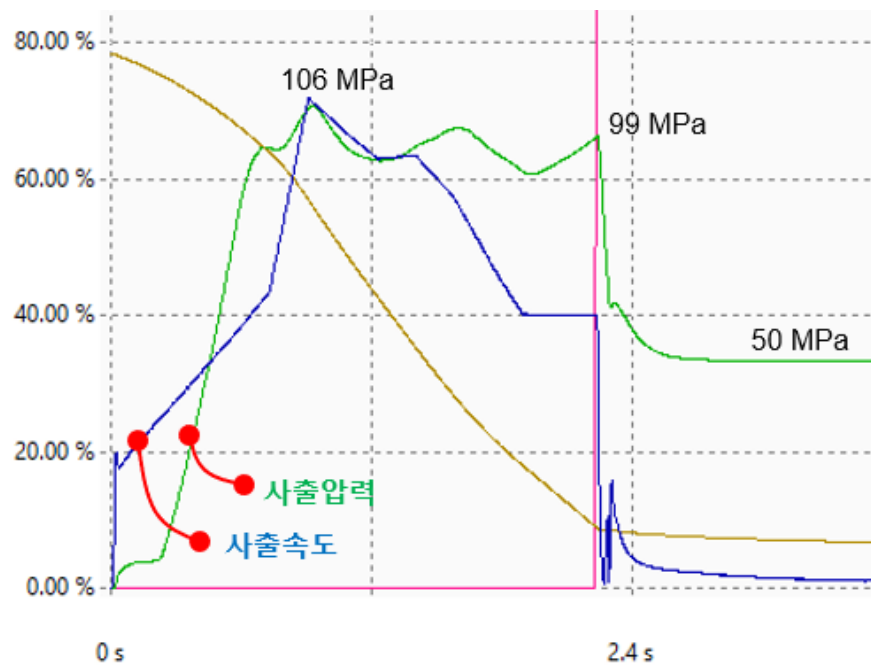


[그림] LI941 1단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력(1st Trial)

[그림] LI941 1단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력 (3rd CAE)

1st Trial- 3rd CAE 압력 결과와 비교

LI941 다단 속도제어 - 1st Trial은 99MPa, 3rd CAE에서는 79.48MPa, 80.3% 수준



[그림] LI941 다단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력(1st Trial)

[그림] LI941 다단 속도제어 사출기 출력 속도 및 압력 (3rd CAE)

1st Trial-1st-2nd-3rd CAE 압력 결과와 비교

시험 사출 결과와 CAE의 오차율이 3rd CAE는 실험 결과보다 약 20%가 일정하게 낮게 예측됨.

	Resin	Ram speed	CAE(MPa)	Trial(MPa)	Error(MPa)	Ratio(%)
1 st CAE	912	Single	36	85	-49	-57.65%
	912	Multi	31	80	-49	-61.25%
	941	Single	74.2	103	-28.8	-27.96%
	941	Multi	64.27	99	-34.73	-35.08%
2 nd CAE	928M	Single	86	85	1	1.18%
	928M	Multi	84	80	4	5.00%
	940M	Single	100.7	103	-2.3	-2.23%
	940M	Multi	99.55	99	0.55	0.56%
3 rd CAE	912-V	Single	67.38	85	-17.62	-20.73%
	912-V	Multi	65.01	80	-14.99	-18.74%
	941-F	Single	82.97	103	-20.03	-19.45%
	941-F	Multi	79.48	99	-19.52	-19.72%

[그림] 1st CAE와 2nd CAE의 오차율 비교 결과

4th CAE

Compare log(with nozzle, no nozzle, simlink)

Flow rate

Time	With nozzle	Time	No nozzle	Time	SIMLINK
0.002	7.097	0.004	1.411	0.003	0.2
0.048	7.579	0.004	1.747	0.005	0.189
0.049	4.031	0.005	2.185	0.007	0.3
0.059	12.45	0.007	2.404	0.009	0.607
0.078	13.68	0.008	2.701	0.011	1.054
0.099	17.26	0.016	3.962	0.013	1.65
0.11	20.585	0.029	7.912	0.02	3.472
0.133	24.945	0.045	15.359	0.021	4.445
0.16	31.375	0.055	21.141	0.023	5.108
0.187	38.479	0.072	26.882	0.025	6.561
0.217	45.585	0.094	35.083	0.026	6.858
0.25	51.096	0.12	42.287	0.029	7.427
0.275	54.498	0.151	47.886	0.031	7.846
0.317	56.03	0.185	50.956	0.033	7.918
0.362	56.826	0.224	52.856	0.041	8.228
0.396	56.957	0.268	54.081	0.043	7.399
0.439	56.586	0.317	54.284	0.047	7.684
0.468	56.261	0.359	53.824	0.06	9.257
0.517	56.09	0.395	53.338	0.063	9.255
0.571	55.783	0.443	53.263	0.083	10.604
0.637	55.402	0.499	53.483	0.091	12.847
0.711	54.959	0.562	53.739	0.105	14.852
0.786	54.617	0.636	53.962	0.144	20.275
0.862	54.447	0.691	54.089	0.172	29.155
0.939	54.37	0.766	54.169	0.201	37.534
1.014	54.353	0.843	54.243	0.233	44.569
1.09	54.348	0.917	54.252	0.257	50.325
1.15	54.332	0.993	54.236	0.293	54.167
1.225	54.343	1.069	54.227	0.336	56.197
1.262	54.311	1.129	54.203	0.383	56.583
1.331	54.296	1.203	54.188	0.424	56.421
1.365	54.3	1.24	54.143	0.454	56.072
1.429	54.293	1.31	54.133	0.494	55.879
1.458	54.277	1.345	54.131	0.533	55.916
1.533	54.072	1.409	54.117	0.589	55.815
1.582	53.67	1.437	54.078	0.655	55.423
1.659	53.737	1.511	53.469	0.729	54.976
1.705	54.155	1.575	53.433	0.804	54.639
1.78	53.996	1.636	54.127	0.88	54.469
1.823	54.008	1.708	53.874	0.952	54.387
1.896	54.649	1.76	53.825	1.028	54.359
1.938	55.074	1.827	54.519	1.103	54.344

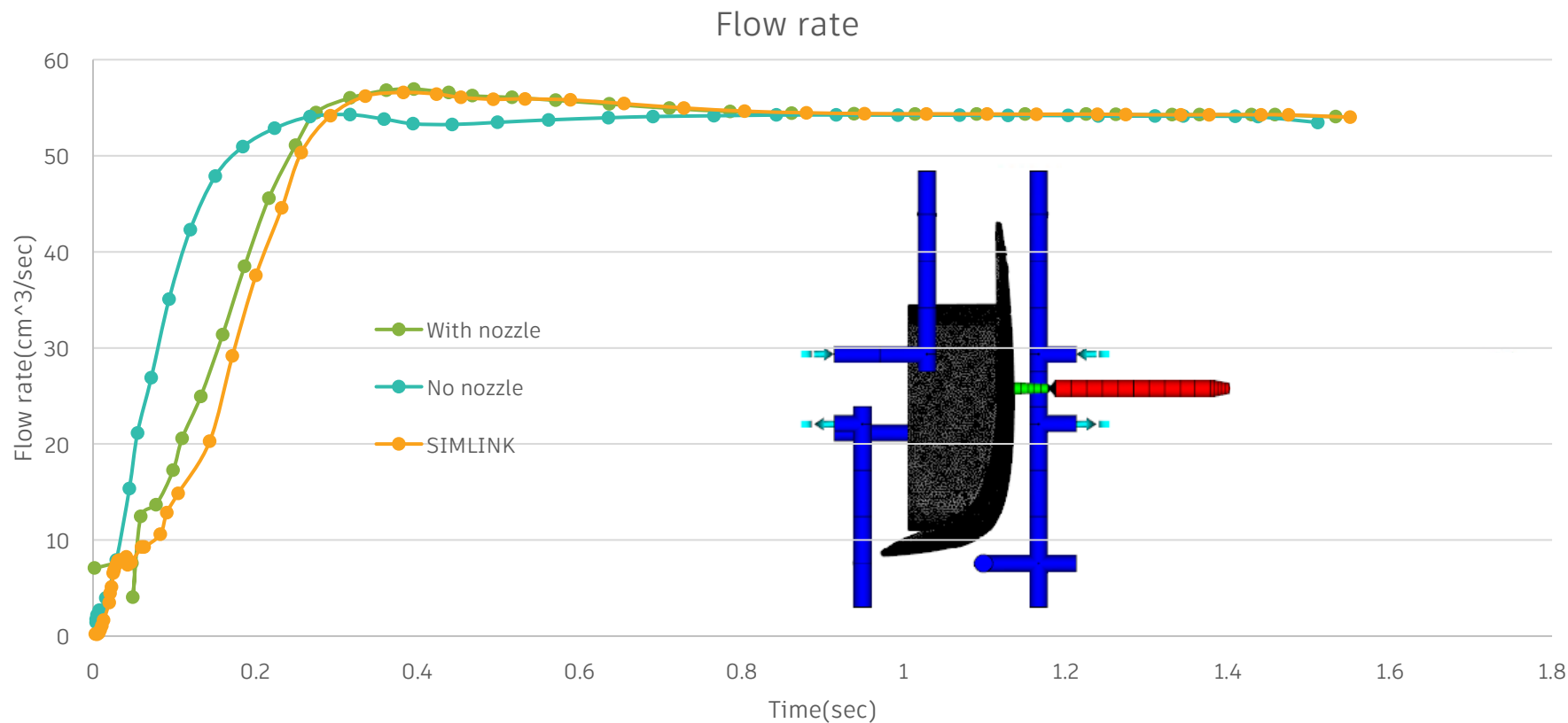
Pressure

Time	With nozzle	Time	No nozzle	Time	SIMLINK
0.002	7.74E-01	0.004	1.35E+00	0.003	3.29E-03
0.048	1.76E+01	0.004	1.73E+00	0.005	1.96E-02
0.049	1.81E+01	0.005	2.11E+00	0.007	5.93E-02
0.059	2.14E+01	0.007	2.66E+00	0.009	1.34E-01
0.078	2.84E+01	0.008	3.25E+00	0.011	2.59E-01
0.099	3.55E+01	0.016	6.01E+00	0.013	4.47E-01
0.11	3.90E+01	0.029	1.04E+01	0.02	1.98E+00
0.133	4.53E+01	0.045	1.50E+01	0.021	2.31E+00
0.16	5.12E+01	0.055	1.78E+01	0.023	2.89E+00
0.187	5.49E+01	0.072	2.11E+01	0.025	3.52E+00
0.217	5.71E+01	0.094	2.43E+01	0.026	3.87E+00
0.25	5.77E+01	0.12	2.64E+01	0.029	4.92E+00
0.275	5.75E+01	0.151	2.79E+01	0.031	5.65E+00
0.317	5.67E+01	0.185	2.89E+01	0.033	6.38E+00
0.362	5.56E+01	0.224	2.93E+01	0.041	9.33E+00
0.396	5.48E+01	0.268	2.96E+01	0.043	9.94E+00
0.439	5.41E+01	0.317	3.00E+01	0.047	1.14E+01
0.468	5.37E+01	0.359	3.06E+01	0.06	1.60E+01
0.517	5.31E+01	0.395	3.13E+01	0.063	1.72E+01
0.571	5.27E+01	0.443	3.22E+01	0.083	2.46E+01
0.637	5.25E+01	0.499	3.30E+01	0.091	2.76E+01
0.711	5.28E+01	0.562	3.38E+01	0.105	3.26E+01
0.786	5.33E+01	0.636	3.46E+01	0.144	4.45E+01
0.862	5.40E+01	0.691	3.52E+01	0.172	5.08E+01
0.939	5.48E+01	0.766	3.59E+01	0.201	5.52E+01
1.014	5.55E+01	0.843	3.67E+01	0.233	5.75E+01
1.09	5.64E+01	0.917	3.74E+01	0.257	5.80E+01
1.15	5.71E+01	0.993	3.83E+01	0.293	5.74E+01
1.225	5.80E+01	1.069	3.91E+01	0.336	5.64E+01
1.262	5.85E+01	1.129	3.99E+01	0.383	5.53E+01
1.331	5.94E+01	1.203	4.09E+01	0.424	5.46E+01
1.365	5.99E+01	1.24	4.15E+01	0.454	5.42E+01
1.429	6.09E+01	1.31	4.25E+01	0.494	5.37E+01
1.458	6.14E+01	1.345	4.31E+01	0.533	5.32E+01
1.533	6.33E+01	1.409	4.41E+01	0.589	5.28E+01
1.582	6.51E+01	1.437	4.47E+01	0.655	5.26E+01
1.659	6.71E+01	1.511	4.78E+01	0.729	5.29E+01
1.705	6.80E+01	1.575	4.94E+01	0.804	5.34E+01
1.78	7.08E+01	1.636	5.03E+01	0.88	5.40E+01
1.823	7.18E+01	1.708	5.32E+01	0.952	5.47E+01
1.896	7.18E+01	1.76	5.43E+01	1.028	5.55E+01
1.938	7.16E+01	1.827	5.46E+01	1.103	5.63E+01

Volume

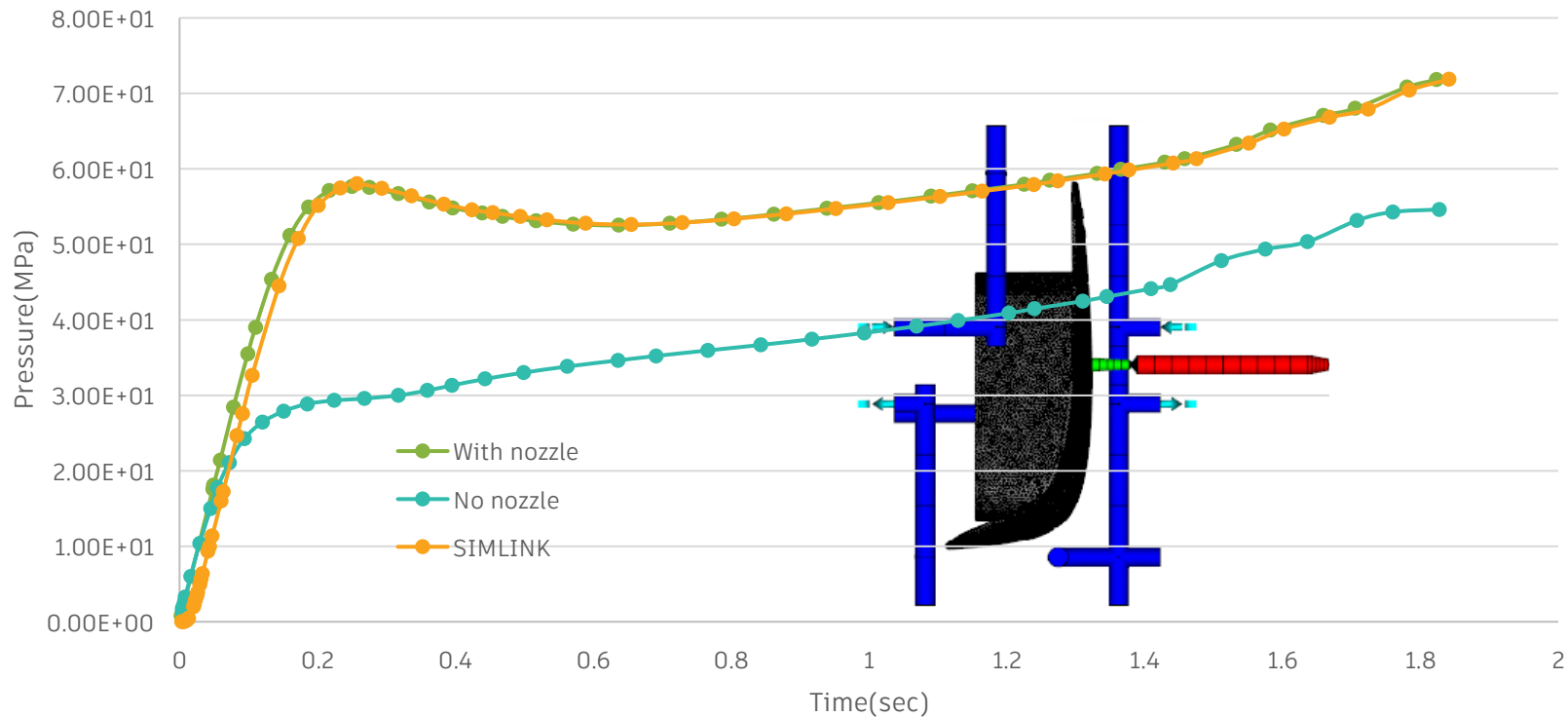
Time	With nozzle	Time	No nozzle	Time	SIMLINK
0.002	0	0.004	0.001	0.003	0
0.048	0	0.004	0.001	0.005	0
0.049	0.009	0.005	0.003	0.007	0
0.059	0.034	0.007	0.009	0.009	0
0.078	0.193	0.008	0.034	0.011	0.001
0.099	0.436	0.016	0.065	0.013	0.001
0.11	0.581	0.029	0.193	0.02	0.001
0.133	1.047	0.045	0.436	0.021	0.002
0.16	1.749	0.055	0.586	0.023	0.005
0.187	2.702	0.072	1.046	0.025	0.009
0.217	3.909	0.094	1.737	0.026	0.01
0.25	5.421	0.12	2.732	0.029	0.012
0.275	6.58	0.151	3.928	0.031	0.016
0.317	8.598	0.185	5.443	0.033	0.021
0.362	10.783	0.224	7.196	0.041	0.027
0.396	12.458	0.268	9.24	0.043	0.063
0.439	14.548	0.317	11.473	0.047	0.114
0.468	15.957	0.359	13.357	0.06	0.161
0.517	18.31	0.395	14.896	0.063	0.283
0.571	20.929	0.443	17.038	0.083	0.383
0.637	24.047	0.499	19.512	0.091	0.436
0.711	27.412	0.562	22.341	0.105	0.615
0.786	30.844	0.636	25.693	0.144	0.971
0.862	34.319	0.691	28.162	0.172	1.634
0.939	37.806	0.766	31.565	0.201	2.572
1.014	41.209	0.843	35.015	0.233	3.836
1.09	44.657	0.917	38.338	0.257	4.903
1.15	47.364	0.993	41.756	0.293	6.581
1.225	50.749	1.069	45.147	0.336	8.601
1.262	52.395	1.129	47.817	0.383	10.891
1.331	55.523	1.203	51.147	0.424	12.894
1.365	57.018	1.24	52.755	0.454	14.336
1.429	59.93	1.31	55.891	0.494	16.28
1.458	61.18	1.345	57.389	0.533	18.166
1.533	64.536	1.409	60.274	0.589	20.841
1.582	66.547	1.437	61.431	0.655	24.002
1.659	69.956	1.511	64.638	0.729	27.372
1.705	71.996	1.575	67.369	0.804	30.805
1.78	75.163	1.636	70.097	0.88	34.282
1.823	77.035	1.708	73.141	0.952	37.555

Flow rate



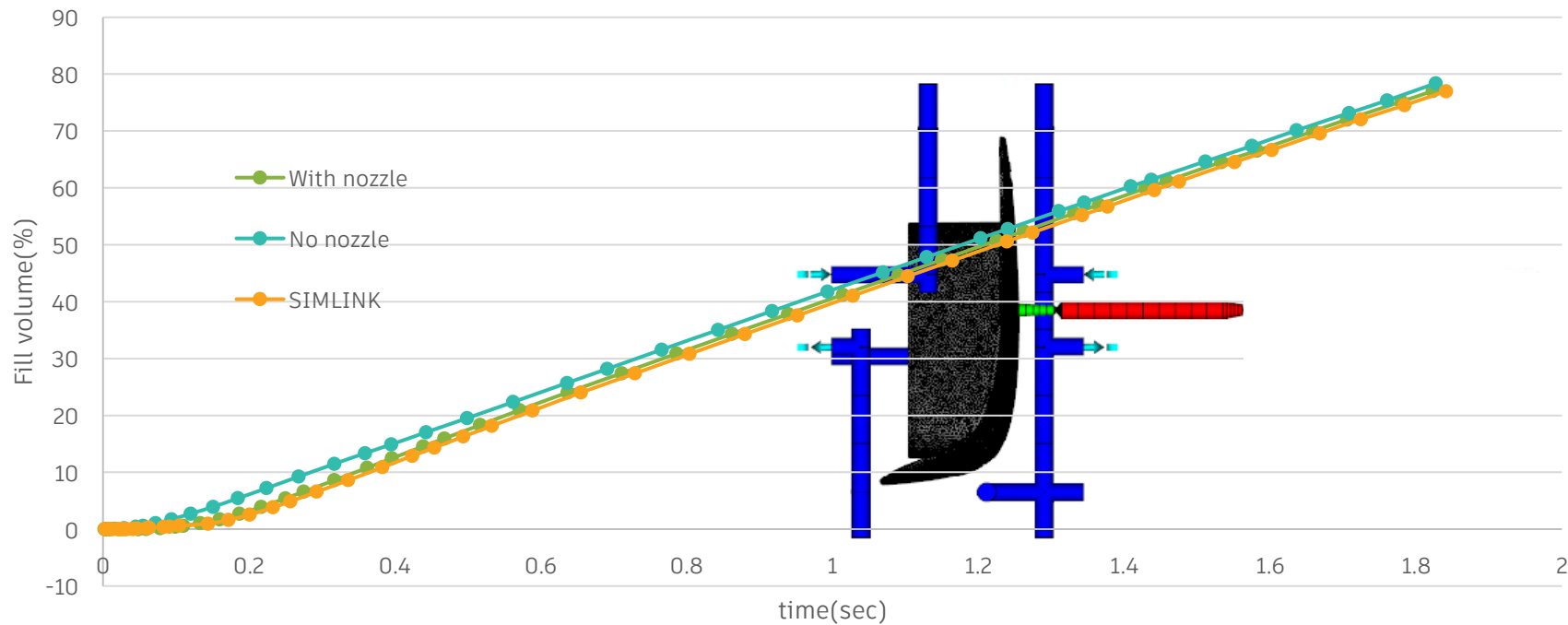
Pressure at injection location

Pressure at injection location



Fill volume

Fill volume



Summary

Summary

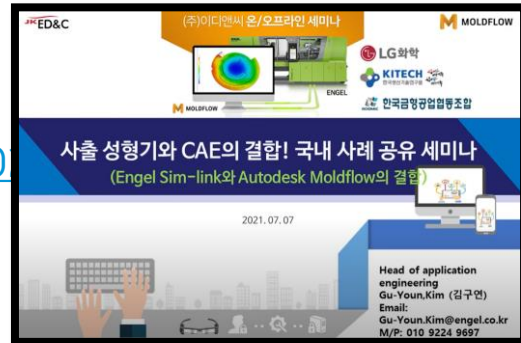
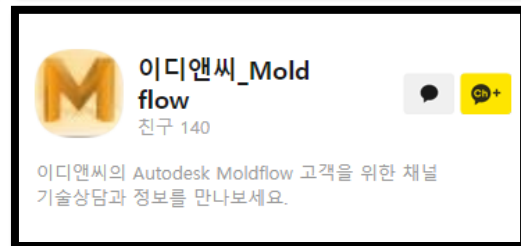
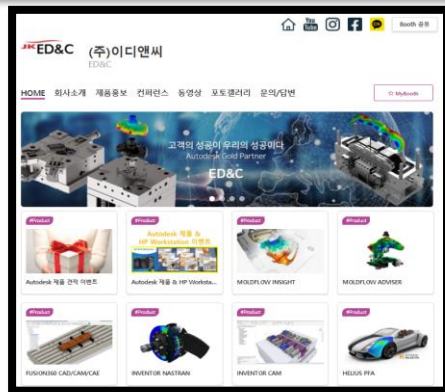
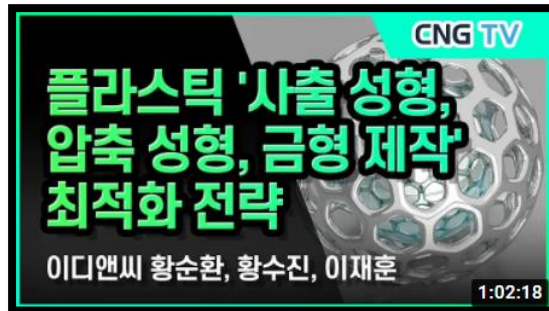
Sim-link를 활용한 Moldflow 적확성 개선 연구

- 사출 실험 결과와 Moldflow 예측결과를 어긋남 없이 정확하게 예측하기 위한 다양한 변수를 언급하였으며, 상황에 맞게 주요 변수를 선정하여 분석이 필요함을 확인하였다.
- SIM-LINK는 Engel 사 사출기(컨트롤러 버전 CC200 이상)와 Autodesk Moldflow를 양방향 데이터 전송 자동화가 가능함을 확인하였다.
- SIM-LINK를 활용하여 AIRBAG COVER 제품의 성형 조건을 IMPORT하여 CAE와 사출기의 출력 결과를 비교하였으며, 적확도 개선 인자를 파악하였다.
- Moldflow DOE를 활용하여 사출 조건 변화 범위에 따라 폭 넓은 예측이 가능하였다.
- Moldflow 2021 버전에 출시된 Automatic Packing Pressure Profile 검증 결과 합리적인 보압 시간 값이 도출 되었다.
- 본 실험 결과 사출압력의 최대치 뿐만 아니라 이력에 대하여 실험과 매우 유사한 패턴을 찾았으며, Moldflow Lab에서 최근에 측정한 데이터가 일관성 있는 압력을 예측하였다.

Summary

Moldflow User Group 활성화

- Moldflow User Group 카페
 - <https://cafe.naver.com/mfug>
- 홈페이지(02-2069-0099)
 - www.ednc.com
- 카카오톡채널(이디앤씨_Moldflow)
 - https://pf.kakao.com/_YHxexgxb
- 유튜브(이디앤씨 오토데스크팀)
 - <https://www.youtube.com/channel/UCuftuph8cCnsDFqBiBO>
- 인터몰드코리아 2021 온라인 전시관
 - <https://online.intermoldkorea.com/kr/booth/P1063>



AUTODESK UNIVERSITY

Autodesk 및 Autodesk 로고는 미국 및/또는 기타 국가에서 Autodesk, Inc. 및/또는 그 자회사 및/또는 계열사의 등록 상표 또는 상표입니다. 다른 모든 브랜드 이름, 제품 이름, 상표는 해당 소유권자의 소유입니다. Autodesk는 언제든지 예고 없이 제공하는 제품과 서비스 및 사양과 가격을 변경할 권한이 있으며, 이 문서에서 발견될 수 있는 오기 또는 그래픽 오류에 대해 책임지지 않습니다.

© 2021 Autodesk. All rights reserved.