

Autodesk Moldflow Summit 2021

플라스틱 '사출 성형, 압축 성형, 금형 제작' 최적화 전략

이디앤씨 황순환 이사, 황수진 차장, 이재훈 과장
2021년 1월 26일(화) 오후 2시~3시

시간	주제
14:00~14:20	<p>Moldflow Expert가 선택한 해석 전략</p> <p>- 황순환 이사 (Autodesk 기술팀)</p>
14:20~14:30	<p>플라스틱 제품 변형 해결을 위한 Moldflow 최신 기술</p> <p>- 황수진 차장 (Autodesk 기술팀)</p>
14:30~14:50	<p>더 스마트하게 Moldflow하기 위한 해석 자동화 METK V3 배포</p> <p>- 이재훈 과장(이디앤씨 Autodesk 기술팀)</p>



황순환 이사 Autodesk 기술팀

발표자

지난 22년간 플라스틱 제품 개발, 금형 설계 경험을 바탕으로 사출성형 해석 교육, 컨설팅, 기술지원 등의 풍부한 경험을 보유하고 있습니다.

Autodesk Moldflow Expert Certification(2014)
Autodesk Moldflow Professional Certification(2010)
Autodesk Moldflow Associate Certification(2009)



황수진 차장 Autodesk 기술팀

발표자

황수진 차장은 Autodesk Simulation 제품의 교육, 컨설팅, 기술지원을 담당합니다. 주요 솔루션은 Autodesk Moldflow, Autodesk Helius PFA를 담당하고 있습니다.

Autodesk Moldflow Professional Certification(2016)
Autodesk Moldflow Associate Certification(2012)



이재훈 과장 이디앤씨 Autodesk 기술팀

발표자

이재훈 과장은 Autodesk Simulation 제품의 교육, 컨설팅, 기술지원을 담당합니다. 주요 솔루션은 Autodesk Moldflow이며, API 개발도 담당하고 있습니다.

EVENT

- 참여해주신 분들 중 추첨을 통해 스타벅스 기프티콘과 블루투스 스피커를 드립니다.
- 좋은 질문 해주신 5분께 차량용 초음파 무선 가슴기를 드립니다.



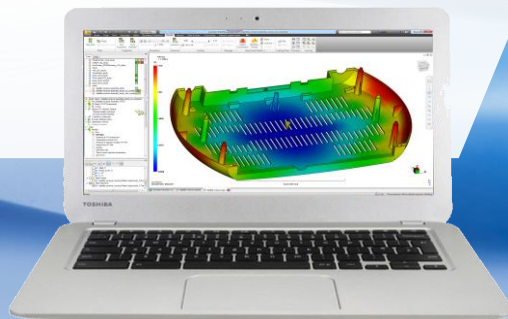
Moldflow Summit 2021(2021.01.26)

Moldflow Expert가 선택한 해석 전략

(주)이디앤씨 황순환 이사 / peter.hwang@ednc.com

Autodesk Application Engineer

주최  후원  AUTODESK.



Moldflow 해석 전략(戰略, strategy)

최근에 Moldflow를 교육받은 박연구원님! **적확성 전략**

- Moldflow의 다양한 기능을 충분히 활용하고 싶다!
- 신뢰성을 높이고 싶은데, 앞으로 어떤 플랜을 가져야 할까?

5년차 CAE를 하고 있는 최선임님! **최적화 전략**

- 실력 있는 엔지니어로 회사에서 인정받고 성장했으면~
- Work and Life Balance?

15년차 CAE를 하고 있는 이부장님! **DT 전략**

- 전문가로서 다양한 문제 해결 방법을 데이터로 확보
- 사출/압축 분야의 빅데이터 확보가 가능할까? 고민 됨~



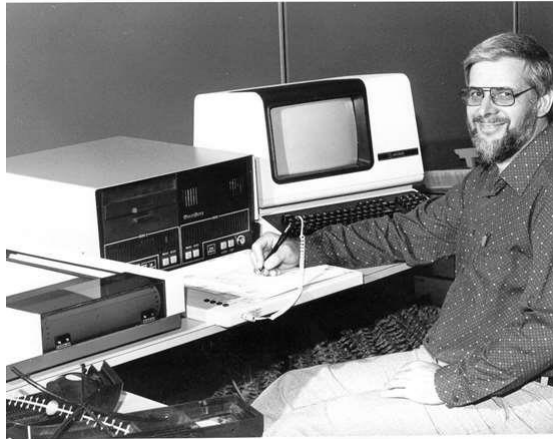
적확성 전략

최적화 전략

디지털트랜스포메이션 전략

급격히 성장하는 컴퓨팅 파워!

1978



컴퓨터 구입을 위해 집 저당을 잡았음
64KB의 메모리
그중 32KB는 BASIC

<https://www.moldmakingtechnology.com/articles/ever-wonder-how-injection-molding-simulation-began>

2000



Windows NT (32 bit)
2 CPU motherboard
Single core
256 Mb RAM **4000배**
80 Gb Hard drive
Nokia was a leading phone brand
Sequential work on projects
Work is at the office

2021

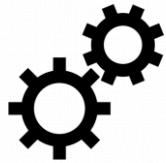
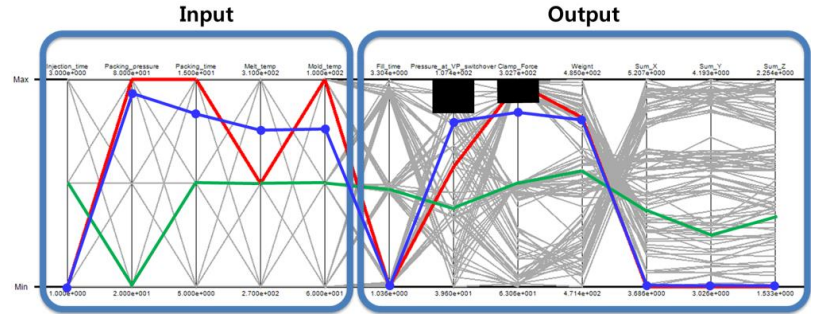


Windows 10 (64 bit)
2 x 8 Cores (or more)
196 Gb RAM
3 Tb Solid state drive **3,062,500배**
Mobile computing
High speed wireless networks
More work in teams
Many work from home

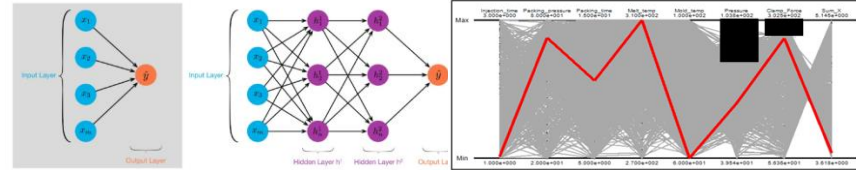
기대되는 기술 경향



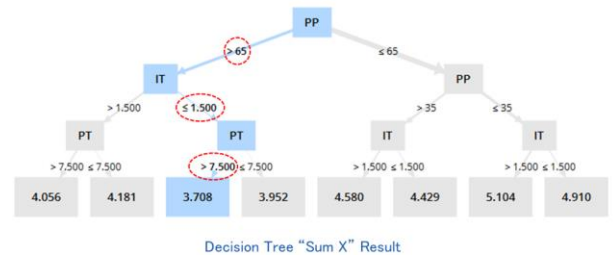
- 중량 데이터 :
 - 데이터 공유 및 재사용
 - 어디서나 액세스
 - 새로운 종류의 데이터



- 자동화 및 통찰력 :
 - 워크 플로우 간소화
 - 최적화
 - 인공지능 및 기계 학습

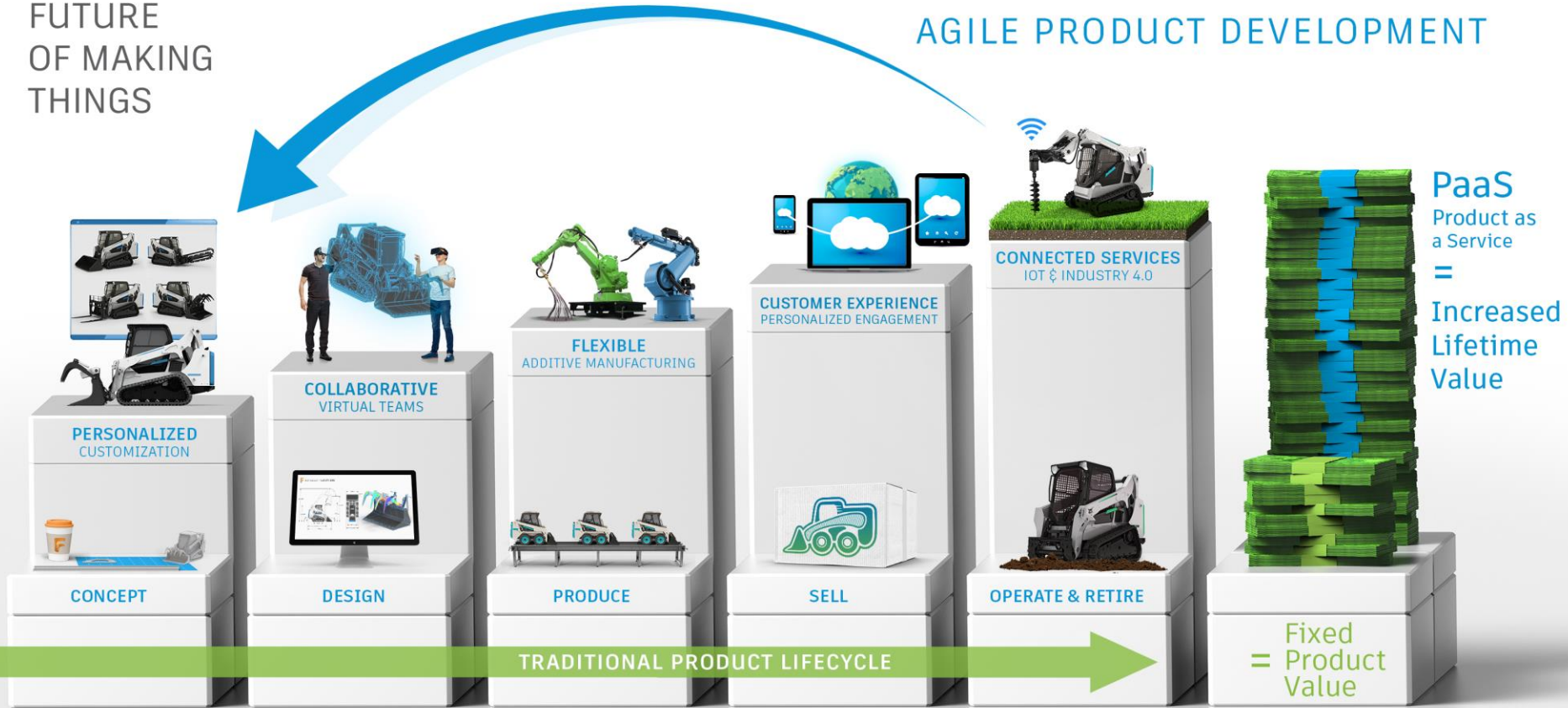


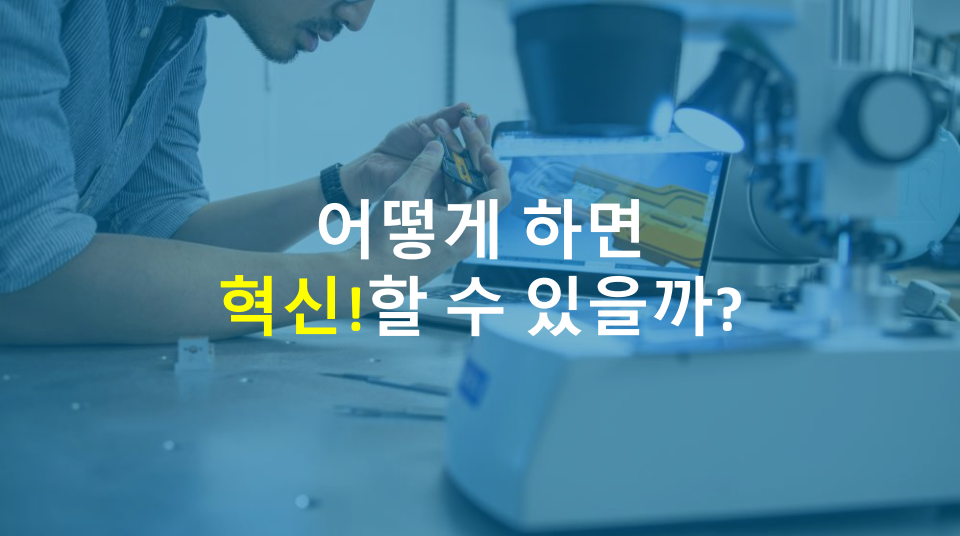
- 컴퓨팅 파워 :
 - On demand 컴퓨팅 파워 (이용자의 요구에 따라 네트워크를 통해 필요한 정보를 제공하는 방식)
 - 더 저렴하고 다른 하드웨어



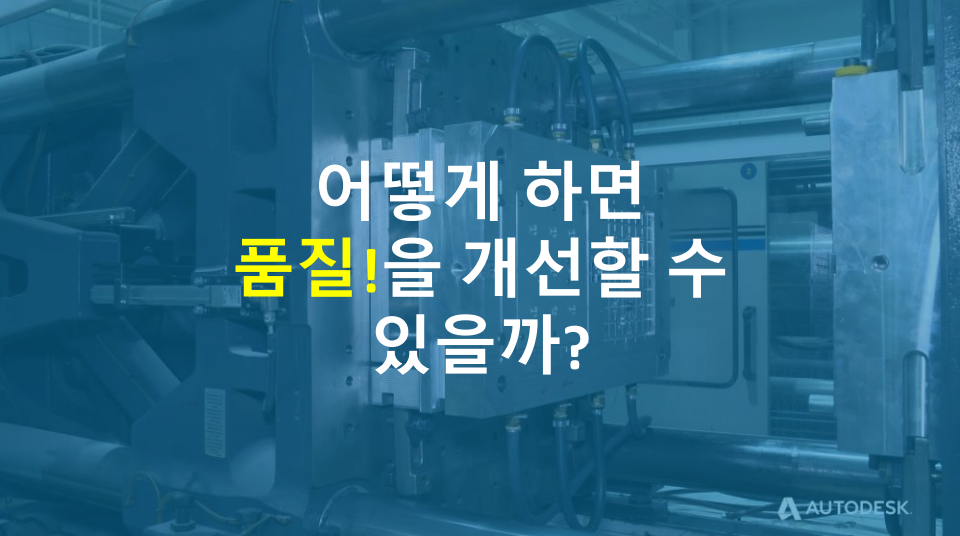
THE FUTURE OF MAKING THINGS

AGILE PRODUCT DEVELOPMENT





어떻게 하면
혁신!할 수 있을까?



어떻게 하면
품질!을 개선할 수
있을까?

AUTODESK



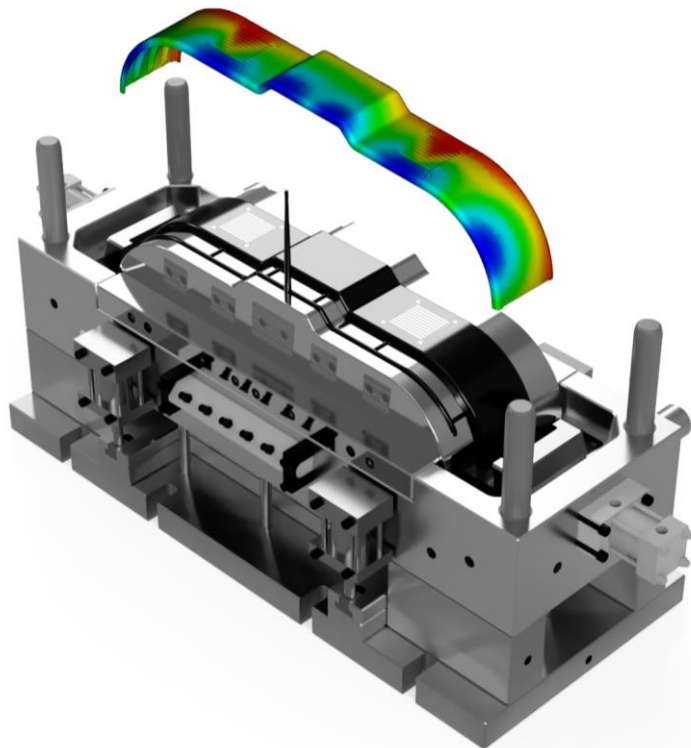
어떻게 하면
간소화!할 수 있을까?



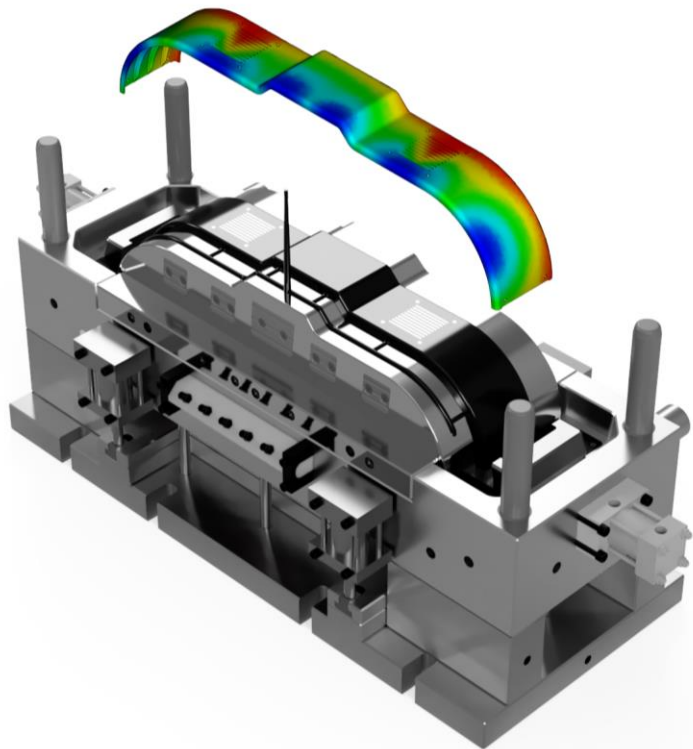
어떻게 하면
성장!할 수 있을까?

사출/압축/금형 제조산업의 과제

- 복잡한 제조 공정에서 납기 중요성 부각
- 납기와 비용을 줄일 때 발생하는 불량 속출
- 생산 및 배송 지연은 기업 이미지 하락
- 최적화를 위한 선택 방법 - 다양한 변수들을 조정하는 것! 어느 것이 옳은가?
- 코로나로 인한 팀간 미팅의 어려움 및 지리적으로 분산된 협업의 어려움



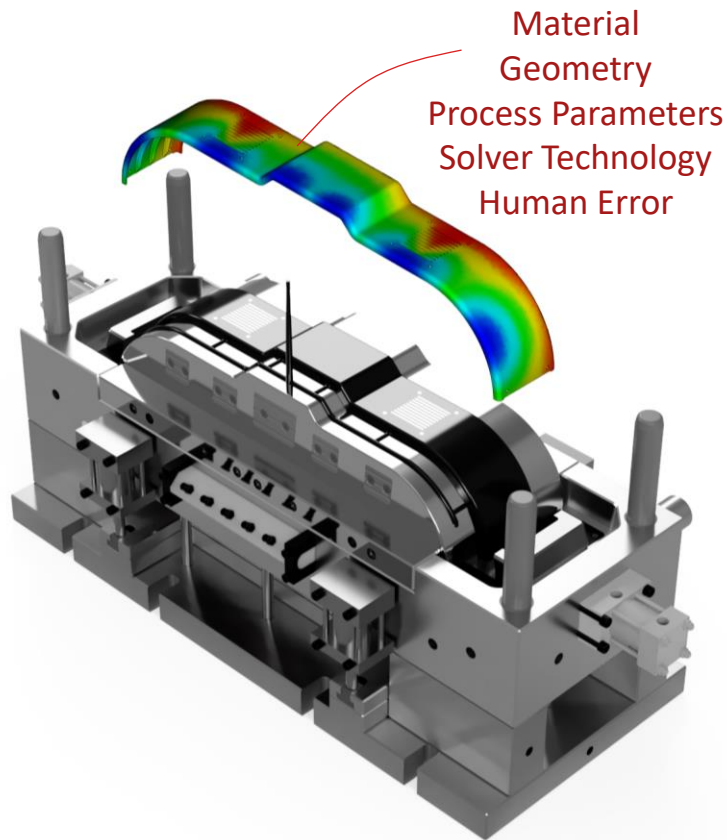
사출/압축/금형 CAE의 과제



- CAE Workflow 이해 및 적용
- 정확성 인자 파악
 - 정확성 분류 및 표준화
- 해석 자동화(API)를 통한 효율 극대화
 - Pre-process(Mesh, Feed system, Process setting)
 - Post-process(Result Analysis, Report 자동화)
 - DB 구축 (해석 결과 자동 엑셀 저장)
- 데이터 마이닝을 통한 최적화
- 문제 해결 능력 확장 및 데이터 베이스 구축

정확성(precision, accuracy)
 的(목표, 과녁, 분명)確性
 조금도 틀리거나
 어긋남이 없이 정확하고
 확실함

사출/압축/금형 CAE의 과제



- CAE Workflow 이해 및 적용
- 정확성 인자 파악
- 정확성 분류 및 표준화
- 해석 자동화(API)를 통한 효율 극대화
 - Pre-process(Mesh, Feed system, Process setting)
 - Post-process(Result Analysis, Report 자동화)
 - DB 구축 (해석 결과 자동 엑셀 저장)
- 데이터 마이닝 & 사이언스를 통한 최적화
- 문제 해결 능력 확장 및 데이터 베이스 구축

(주)이디앤씨 Moldflow Basic Training



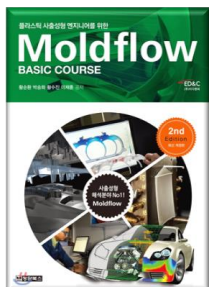
Two Monthly term



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)



교육 시간	교육 내용				
	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 (시적13:00~)	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 라이선스 관리

(주)이디앤씨 Moldflow Advanced Training



Biannual term

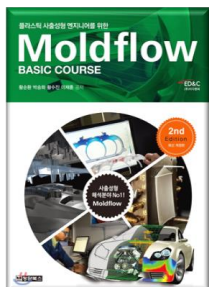


1. Autodesk Moldflow Insight 고급 교육

- 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 매시 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 매시 실습 2	최신 버전 & 최신기술 (New Technology)
4 교시 (13:30 ~ 14:20)	런너 생성 실습 1	Cool FEM 매시 & 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)

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 매시 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 매시 실습 2	최신 버전 & 최신기술 (New Technology)
4 교시 (13:30 ~ 14:20)	런너 생성 실습 1	Cool FEM 매시& 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 & 수지 선택 1	RHCM 해석 & 공정조건	실험과 시뮬레이션 성형 조건 비교 (Comparison of Experimental and Simulator methods)
7 교시 (16:30 ~ 17:20)	공정조건 연동 & 수지 선택 2	E-mold 해석 공정조건 설정	Moldflow Advanced Training 교육 마무리(Wrap up)

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 전이 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 힘, 벤팅 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)

API 개발 주제	개발 세부내용	As is	To be
Pre process 자동화	<ul style="list-style-type: none"> • Feed system modeling/Mesh 자동화 • Cooling system modeling/Mesh 자동화 • Process setting 자동화 	<ul style="list-style-type: none"> • 유사한 작업을 반복적으로 실시하며 작업중 오류 발생 • 모델에 따라 작업시간이 오래 걸림 • 작업자마다 다른 설정 	<ul style="list-style-type: none"> • 작업 시간 단축 • 반복작업 개선 • 작업 오류 방지 • 설정 표준화로 작업자간 편차 줄어듦
Post process 자동화	<ul style="list-style-type: none"> • 해석 결과 분석 자동화 • 보고서 자동화 	<ul style="list-style-type: none"> • 해석을 진행할 때마다 분석 기법이나 방식이 달라짐 • 반복적인 업무가 많음 • 시간이 많이 걸림 • 작업자마다 해석 표준 다름 	<ul style="list-style-type: none"> • 작업 시간 단축 • 반복작업 개선 • 작업 오류 방지 • 설정 표준화로 작업자간 편차 줄어듦
해석 결과 DB 자동화	<ul style="list-style-type: none"> • 해석 결과 자동 액셀 저장 • 표준화 결과와 연동 	<ul style="list-style-type: none"> • 해석 결과를 검토할 때 매번 해석 소프트웨어를 열어보거나 수기로 액셀에 저장 • 표준화 결과와 연동 • 표준화가 되지 못함 	<ul style="list-style-type: none"> • 해석 완료 후 액셀로 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 메니저 교육 필요)

Process 정립: 1st Simulation (Brainstoming PM,TD,TM,IME), 2nd Simulation(Gate확정, Cooling line 적극적 해석 진행), 3rd Simulation

As is: PM, Customer → To be: Injection molding Engineer/Designer, Tool maker(협업팀도 보고서를 보고 이해할 수 있는 교육 필요)

전문가 시스템(Expert System) 구축: 설계자들이나 사출 작업자에게 유사 제품의 통계적 결과들을 시뮬레이션 진행 없이 머신러닝 플랫폼으로 공유

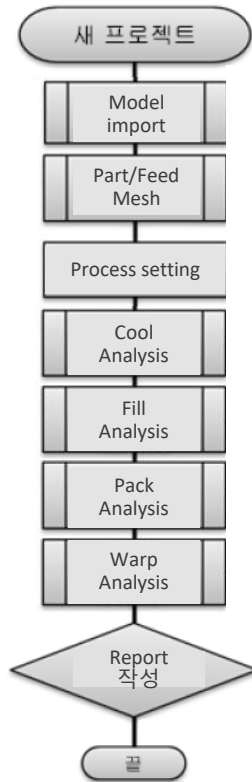
해석 표준

<p>플라스틱 재료 & 금형 재료 물성 정립: Resin, Mold → Quality indicator</p>	<p>플라스틱 재료 & 금형 재료 지속 업데이트 (신뢰성 있는 물성 재료 확보)</p>
<p>해석 판단 기준 정립: 해석 결과 기준 정립(불량요인별-Flash, Sink mark, Weld line, Air trap, Warpage)</p>	<p>해석 판단 기준 지속적인 업데이트 (최적화된 판단 기준 확보)</p>
<p>해석 입력 값 표준 정립: mesh, feed system, process setting, mold modeling(cooling, part insert, mold insert)</p>	<p>해석 입력 값 표준의 지속적인 업데이트 (최적화된 입력 조건 확보)</p>

해석 자동화(API System) 구축: 제품 및 재료에 따라 머신러닝 & 자동화를 통한 자동 해석 진행 및 평가 분석 후 레포트까지 자동으로 작성됨

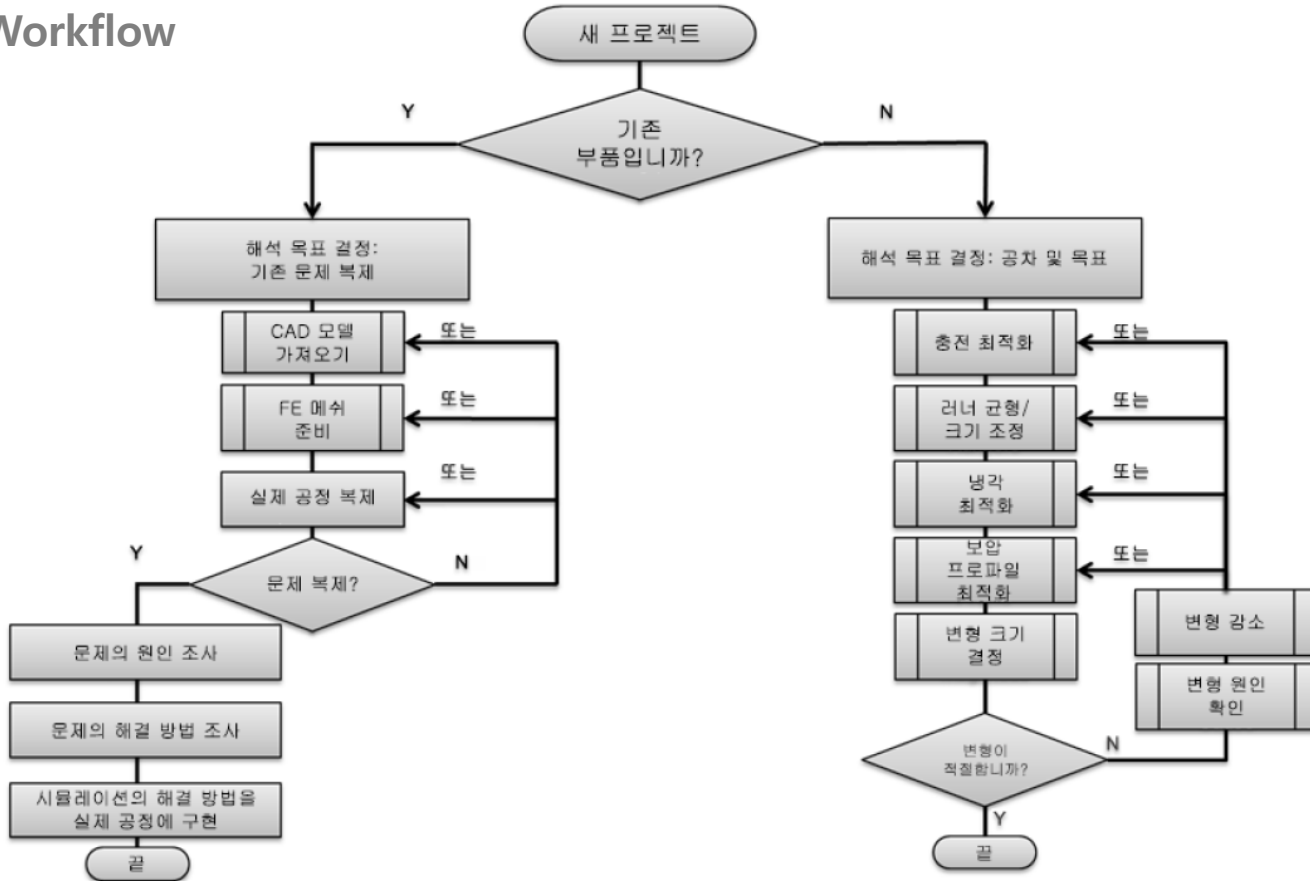
초급 Moldflow 사용자의 시뮬레이션 프로세스 JK ED&C

Moldflow Workflow



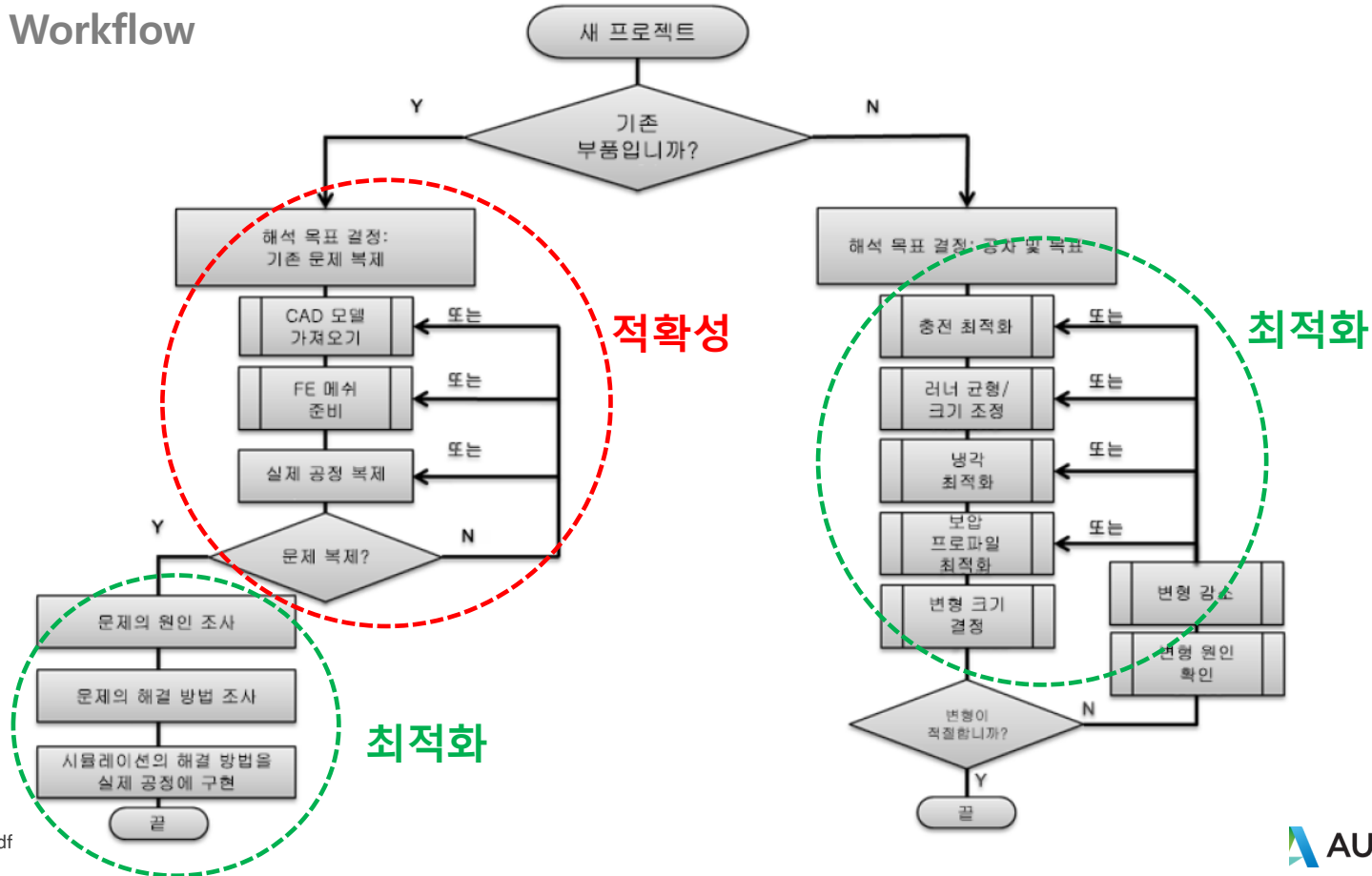
중급 Moldflow 사용자의 시뮬레이션 프로세스

Moldflow Workflow



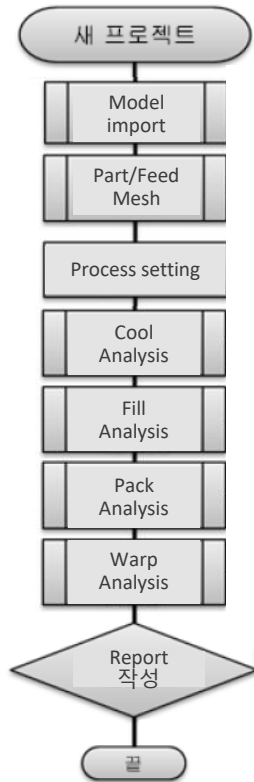
중급 Moldflow 사용자의 시뮬레이션 프로세스 JK ED&C

Moldflow Workflow



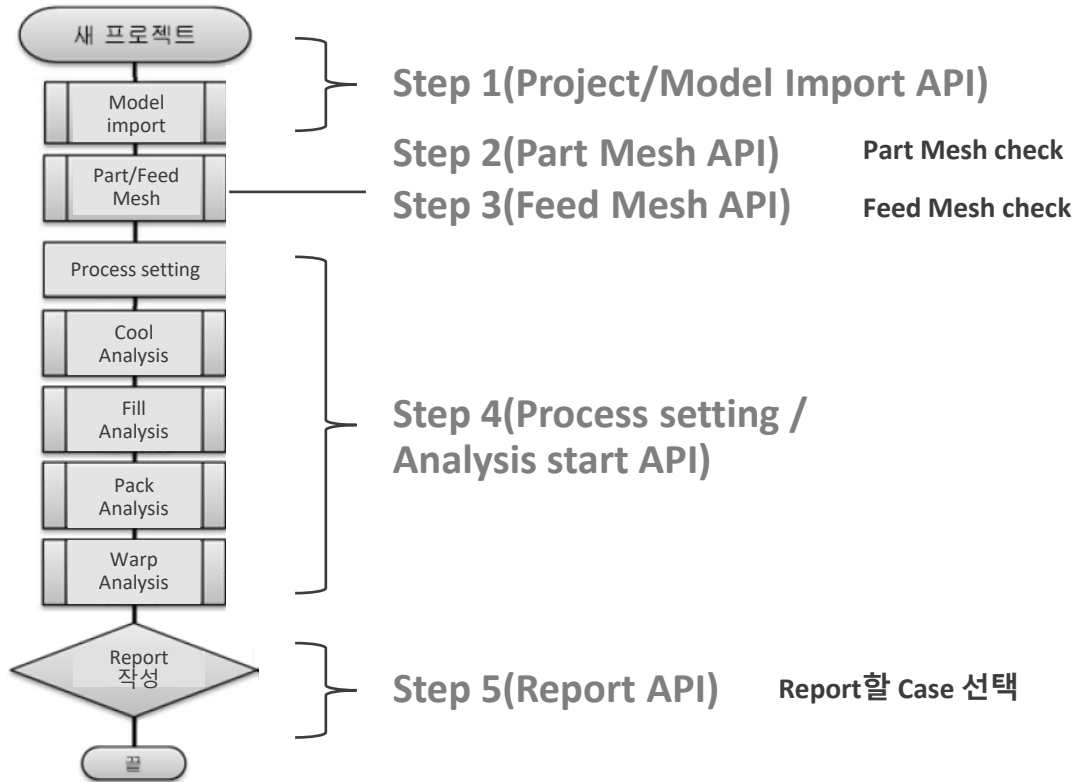
반복적인 프로세스는 DOE/API로 대체


Moldflow Workflow



반복적인 프로세스는 DOE/API로 대체

Moldflow Workflow



	1st (API/Big Data 구축)	2nd (API 확장/Big Data 분석)	3rd (API 전문가 시스템)	고도화
	<p>목표 : 작업 시간 단축, 반복작업 개선, 작업 오류 방지</p>	<p>목표 : 1차 년도 Big Data를 접목한 자동화 확장 및 분석</p>	<p>목표 : 2차 년도 Big Data 분석을 접목한 전문가 시스템 구축</p>	 <p>가상실험 시스템(Vertual Test System) 구축: 설계 및 사출 최적화를 위한 Big data 전용 해석 자동화 프로세스</p> <p>전문가 시스템(Expert System) 구축: 설계자들이나 사출 작업자에게 유사 제품의 통계적 결과들을 시뮬레이션 진행 없이 머신러닝 플랫폼으로 공유</p>
해석 전 처리 자동화	<p>- Pre-process API 구축 -</p> <ul style="list-style-type: none"> 해석 표준 정립(제한된 범위) 주요 제품 및 주요 방법으로 API 개발하여 <u>효율 극대화</u> Feed system modeling /Mesh <u>자동화</u> Process setting <u>자동화</u> 	<p>- Pre-process API 확장 & Big Data 접목 -</p> <ul style="list-style-type: none"> 해석 표준 정립(확장된 범위) <u>반 자동 해석</u> 수평 전개하여 다양한 제품, 방법으로 확대 <u>전 자동 해석</u> 가능한 제품 선정하여 사례 확보 	<p>- Pre-process API 전문가 시스템 구축 -</p> <ul style="list-style-type: none"> 해석 Big data 표준을 근거로 Mesh, Pre-process 관련 조건 자동 입력 최적화 관련 경험을 근거로 최적 조건 검토 	
레포트 자동화	<p>- Post process API 구축 -</p> <ul style="list-style-type: none"> 해석 결과 분석 자동화 (<u>현재의 분석 기준 사용</u>) 보고서 자동화 (<u>현재의 형식 사용</u>) 	<p>- Post process API 확장 & Big Data 접목 -</p> <ul style="list-style-type: none"> 해석 DB Big Data를 분석하여 판단 기준 변경 개선된 방식의 자동화된 보고서 	<p>- Post process API 전문가 시스템 구축 -</p> <ul style="list-style-type: none"> 기존 해석 결과의 신뢰성을 근거로 현재 해석 반영 전문가 시스템이 적용된 자동화 보고서 	
해석DB 자동화	<p>- 해석 결과 DB API 구축 -</p> <ul style="list-style-type: none"> 해석 결과 자동 엑셀 저장 (기존 해석 Data Base 저장 방법 결정 및 수정) API 도입 이후 Big Data를 구축을 고려한 표준 작성 	<p>- 해석 결과 Big data 분석 -</p> <ul style="list-style-type: none"> 오픈소스/머신러닝 플랫폼 활용 Big data 방법론 결정 전문가 시스템 준비 해석 조건 및 분석 기준 및 방법 개선(DL, DT 등...) 	<p>- 해석 결과 Big data 확장 -</p> <ul style="list-style-type: none"> 머신러닝 플랫폼 Big data 확장 전문가 시스템 적용(설계협) 가상실험 시스템 구축으로 최적화를 위한 자동 해석 	

전략 구축

맞춤형 솔루션



디자이너/설계자

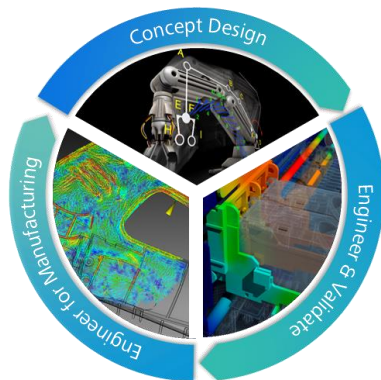


금형/사출 엔지니어

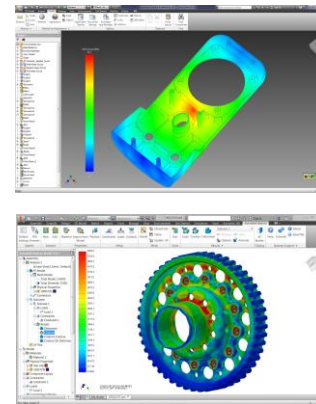


CAE 해석자

광범위한 솔루션 범위



선행 분석 기반 설계

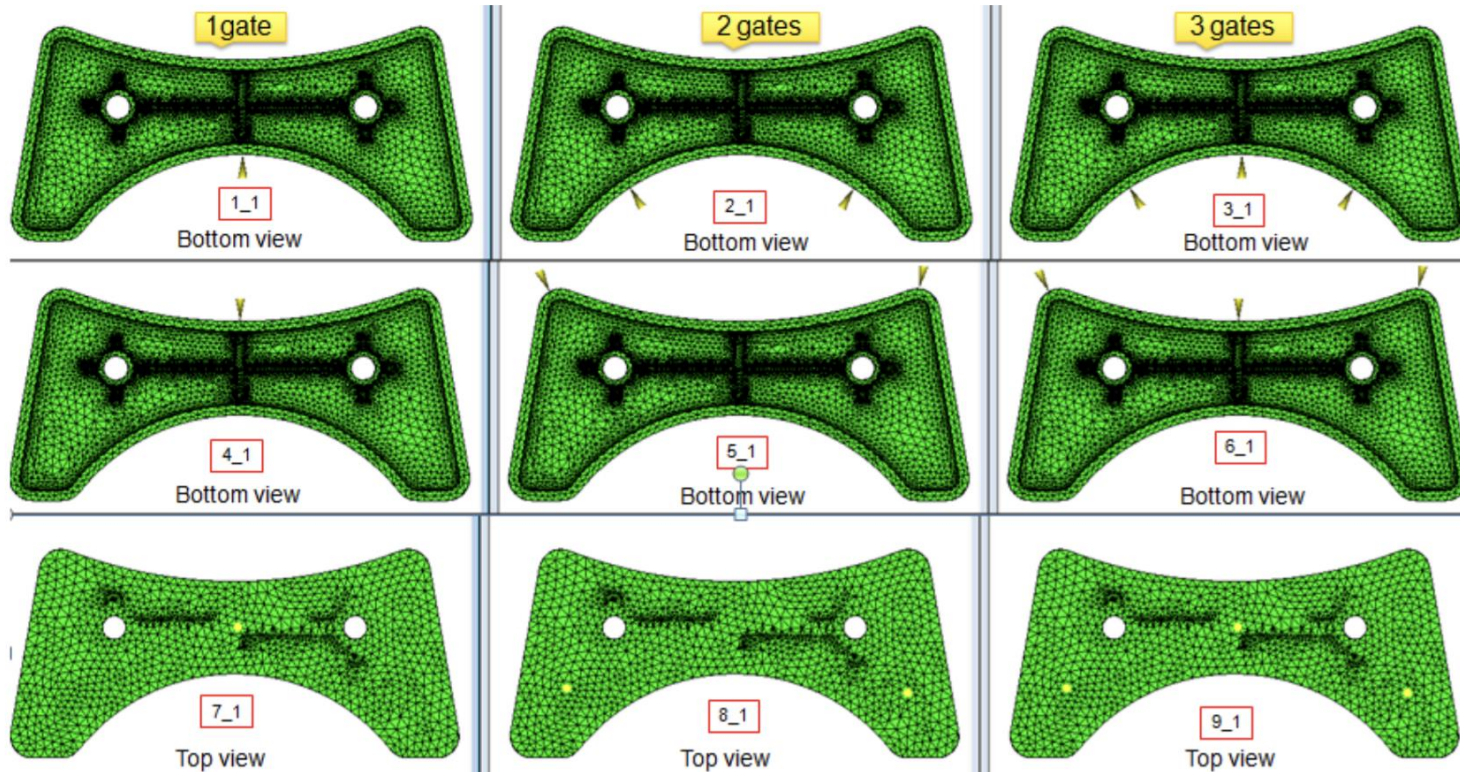


적확성 전략

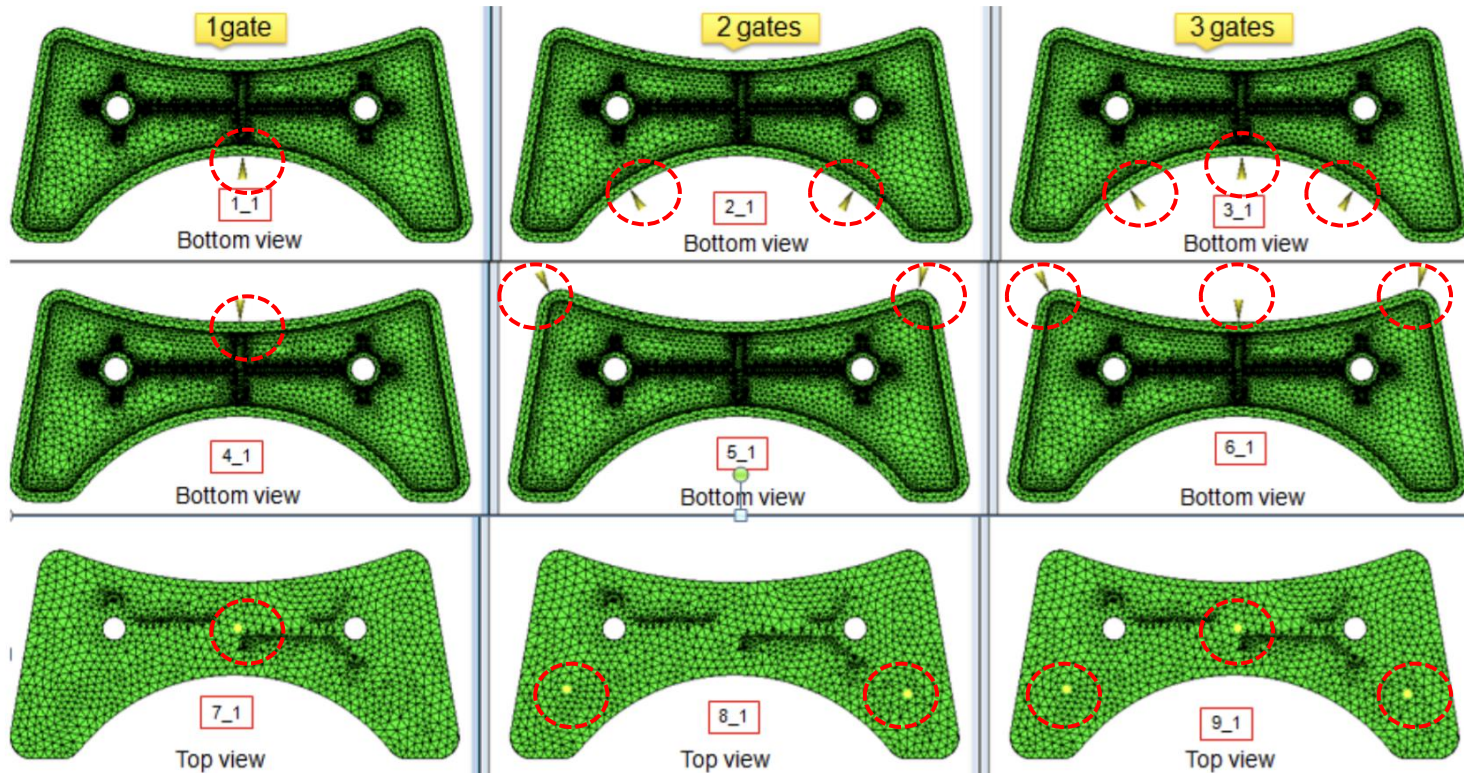
최적화 전략

디지털트랜스포메이션 전략

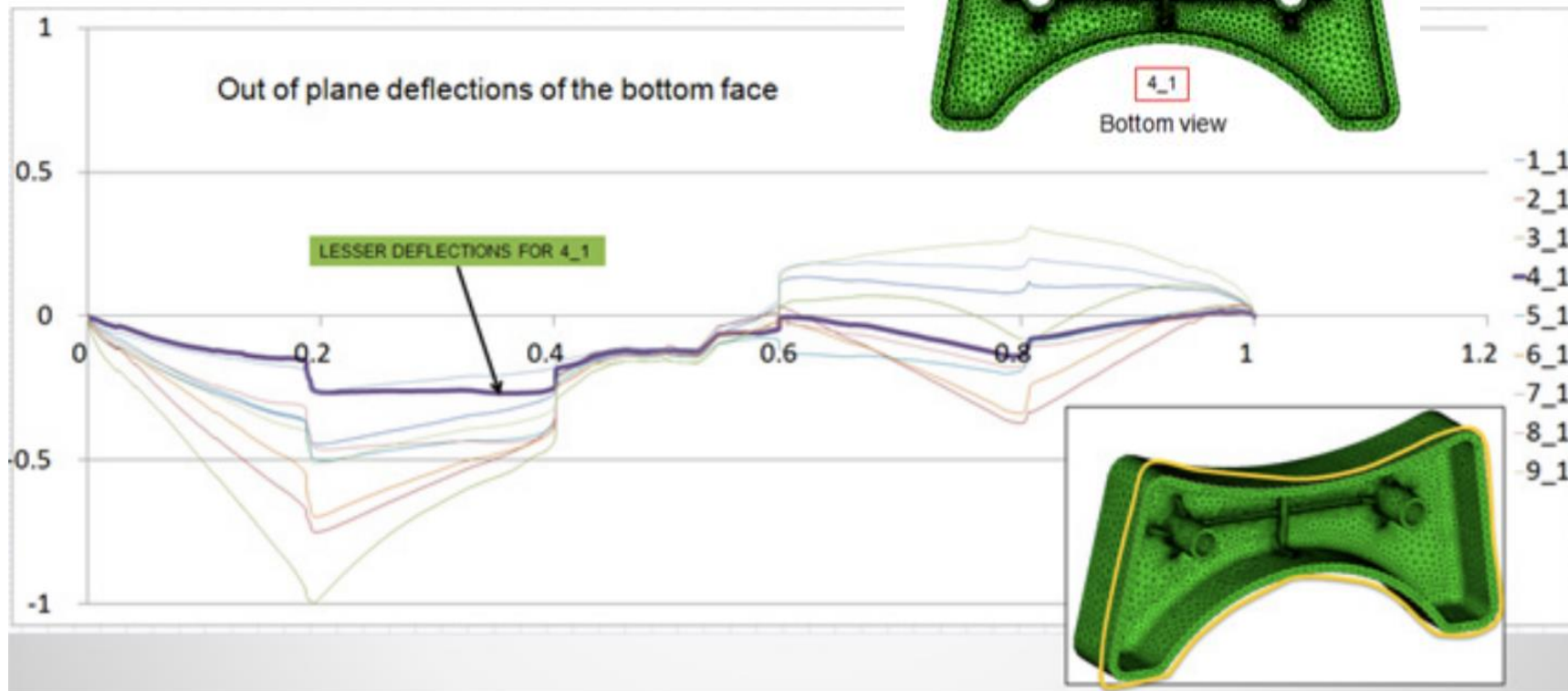
CAE를 이용한 변수 최적화



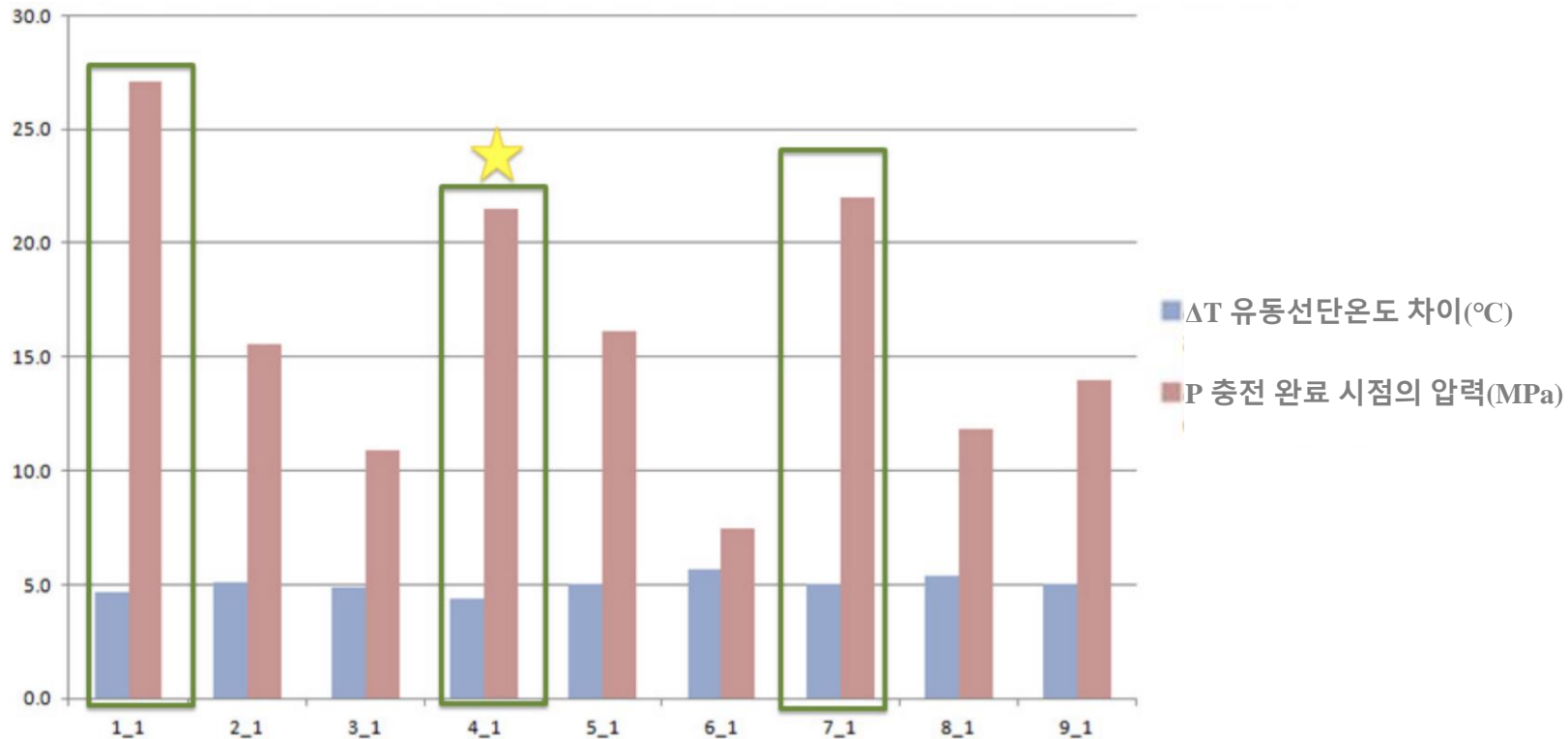
CAE를 이용한 변수 최적화



CAE를 이용한 변수 최적화

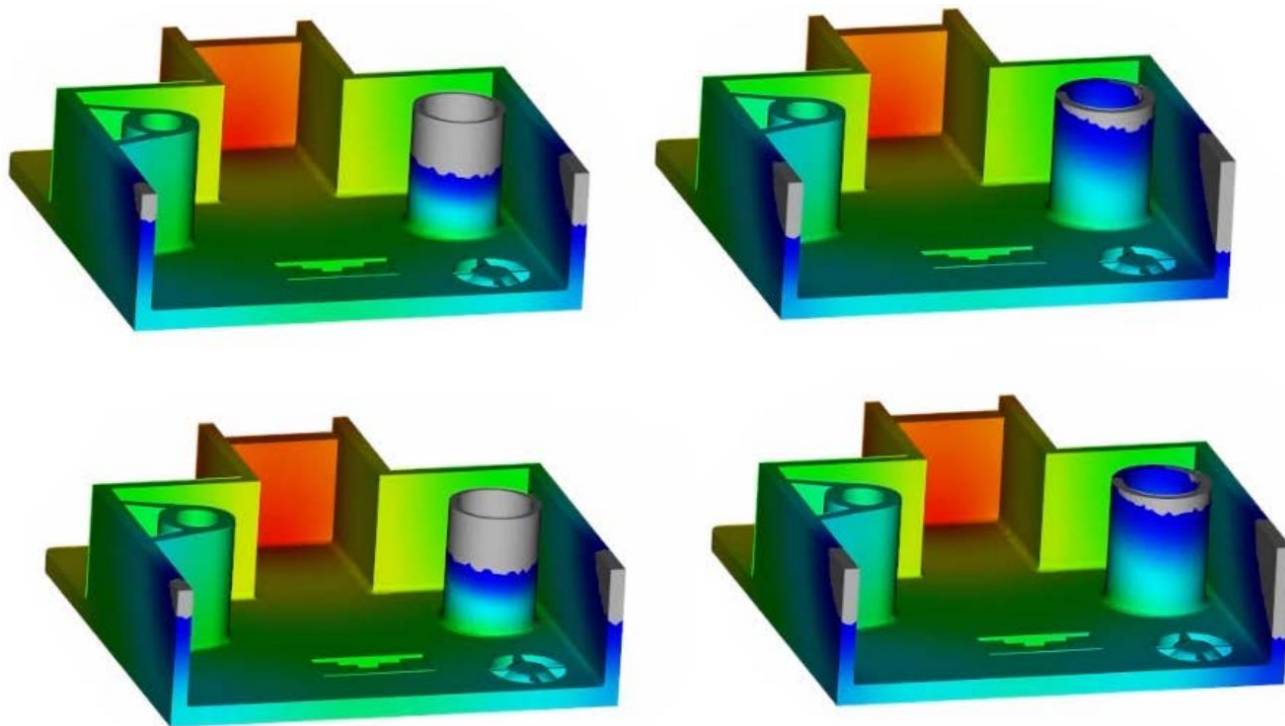


CAE를 이용한 변수 최적화



PARAMETRIC Study 최적화

금형 엔지니어가 변수의 영향을 조사할 수 있는 최적화



- 제품 및 금형의 형상 변경 사항을 자동화된 방법으로 시뮬레이션 할 수 있음
- 제품 두께, 냉각 채널 직경, 게이트 크기 등 변수에 값 범위를 정의하여 분석을 자동화 할 수 있음

PARAMETRIC Study 최적화

금형 엔지니어가 기하학적 변수의 영향을 조사할 수 있는 최적화 방법

Select Studies	Study No.	Status	GEOMETRY MOD #1	GEOMETRY MOD #2	GEOMETRY MOD #3	INJECTION PRESSURE	VOL SHRINKAGE	DEFLECTION	DEFLECTION
			Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter	Filter
<input checked="" type="checkbox"/>	1	■ ■ ■	-0.25	-0.25	0	25.44	7.38	0.445	0.45
<input checked="" type="checkbox"/>	2	■ ■ ■	-0.25	-0.25	0.5	23.45	7.45	0.456	0.445
<input checked="" type="checkbox"/>	3	■ ■ ■	-0.25	0	0.5	20.54	7.43	0.45	0.456
<input checked="" type="checkbox"/>	4	■ ■ ■	0	0.5	-0.25	21.48	7.38	0.443	0.444
<input type="checkbox"/>	5	■ ■ ■	0	0	0	20.34	7.84	0.444	0.475
<input type="checkbox"/>	6	■ ■ ■	-0.25	0	0.5	23.45	7.45	0.456	0.445
<input type="checkbox"/>	7	■ ■ ■	0.5	0	0.5	20.51	7.43	0.41	0.426

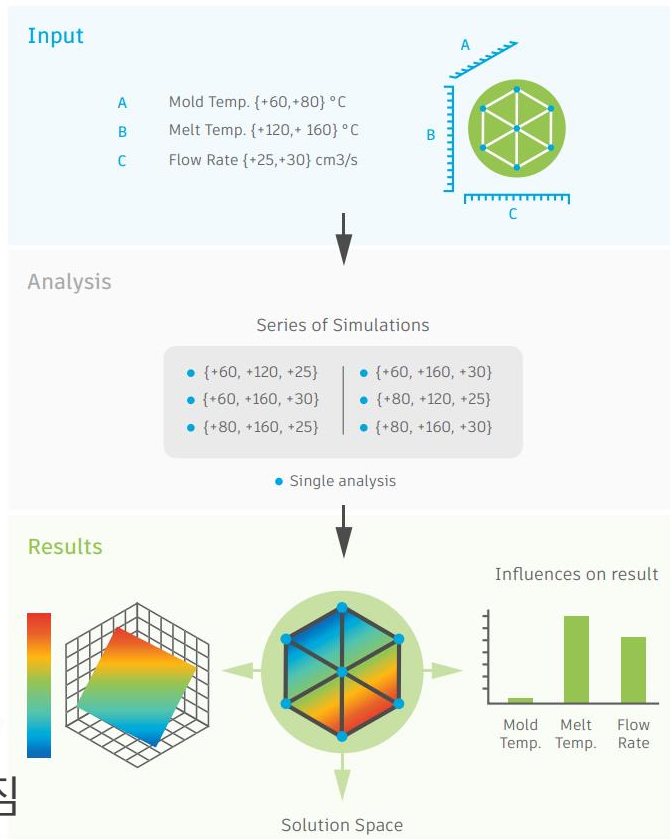
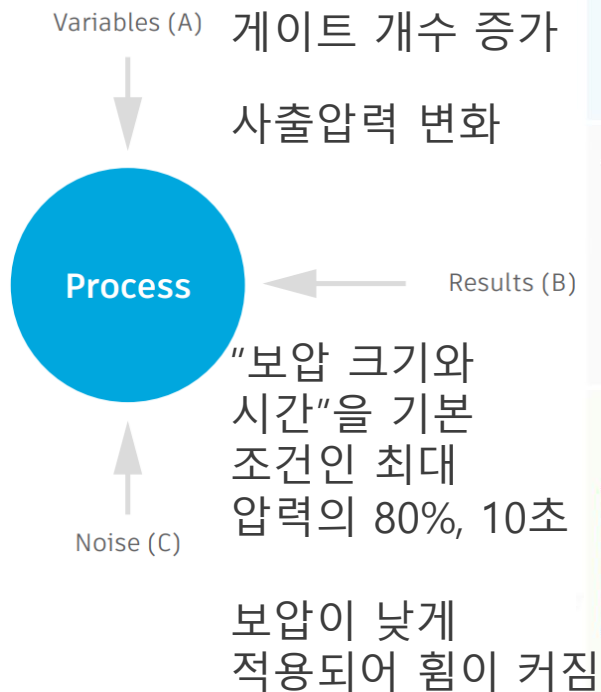
Parametric study의 Workflow

1. CAD 모델 Import, Mesh
2. 성형 공정, 해석 순서, 재료, 사출 위치 및 가공 조건을 지정
3. 파라 메트릭 스터디를 시작
4. 변수를 선택
5. 각 변수에 값을 할당
6. 비교 기준을 선택
7. 옵션은 성형 공정, 메쉬 유형, 분석 순서 및 재료에 따라 다름
8. 분석을 실행

분석은 선택한 변수의 모든 조합을 실행

DOE(Design-of-Experiments) 최적화

통계 도구

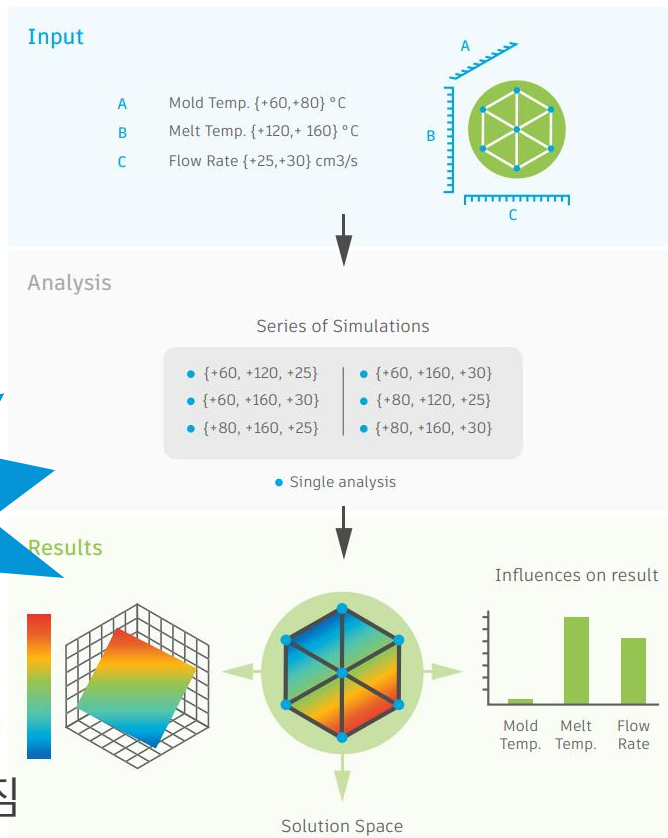
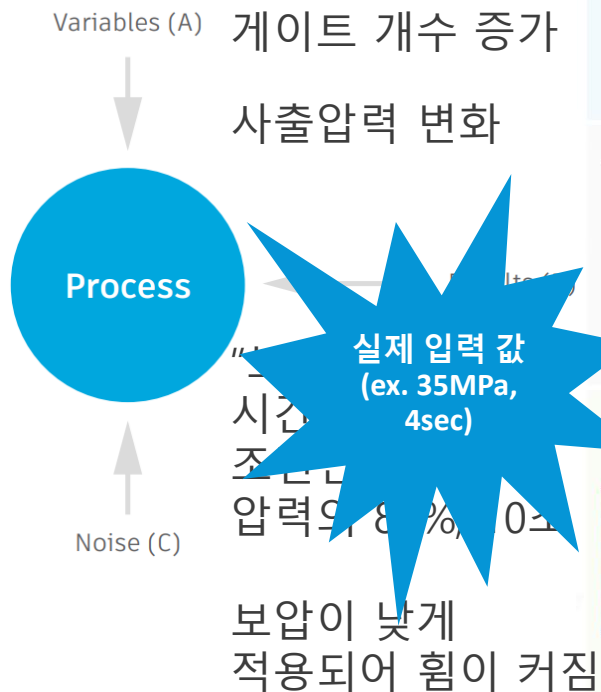


DOE는 최적 조건
검색/분석을 위해선택한
변수에 대한 값 변경을
자동으로 실행할 수 있음

- 두께 변화
- 금형 온도
- 용융 온도
- 사출 시간
- 보압 시간
- 사출 보압 프로 파일

DOE(Design-of-Experiments) 최적화

통계 도구



DOE는 최적 조건
검색/분석을 위해선택한
변수에 대한 값 변경을
자동으로 실행할 수 있음

- 두께 변화
- 금형 온도
- 용융 온도
- 사출 시간
- 보압 시간
- 사출 보압 프로 파일

적확성 전략

최적화 전략

디지털트랜스포메이션 전략

디지털트랜스포메이션

디지털 트랜스포메이션으로 비즈니스 모델을 혁신하라



김진영
김형택
이승준
지은

디지털 트랜스포메이션

Digital Transformation. How will you do it?

어떻게 할 것인가

디지털로 새로 태어난 전통 기업의 성공 전략



<https://blogs.microsoft.com/blog/2020/10/19/enabling-the-digital-transformation-of-ces-2021/>

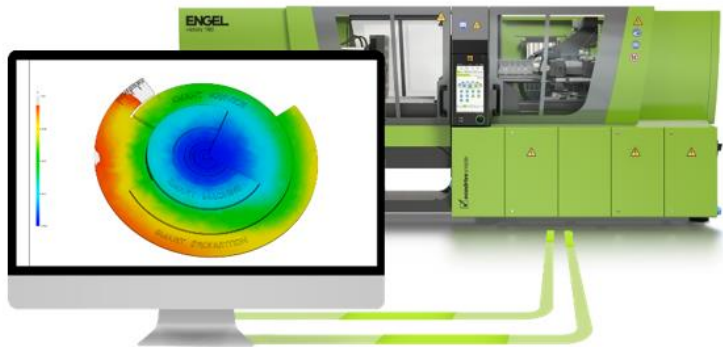


비즈박스

디지털트랜스포메이션

- Process Transformation
 - 비용 절감, 개발기간 단축, 품질 향상
 - 기존 비즈니스를 잘 하기 위한 목표로 API 자동화, 데이터 분석이 도구가 됨
- Model Transformation
 - 업계에서 기존과는 다른 가치를 제공하는 방법의 구성 요소를 목표
 - 시뮬레이션의 단점을 보완하고 개선하는 것! 빅데이터, 머신러닝을 활용한 데이터 기반 의사결정
- Domain Transformation
 - 산업의 경계를 모호하게 하며 완전히 새로운 서비스를 제공
- Cultural/organizational
 - 장기적인 디지털 혁신을 위해 조직의 사고 방식, 프로세스, 인재 및 역량을 재정의
 - 디지털에 민첩한 workflow, Test, 분산된 의사결정, 비즈니스 생태계의 변화

디지털트랜스포메이션



“시뮬레이션을 실제 생산 공정과
연결함으로써 사출 성형 시뮬레이션은
향후 전체 제품 수명주기에서 중심적인
역할을 할 것.”

“시뮬레이션은 기계 설정, 공정 설정 및
프로세스 최적화를 가속화하여 생산성을
크게 향상시킴.”

양방향으로 직접 데이터 전송

ENGEL sim 링크를 사용하여 시뮬레이션을 통해 최적화된 매개 변수를 설정, 데이터 기록으로 변환하여 사출 성형기에서 직접 사용
시뮬레이션에서 가져온 매개 변수는 생산 공정을 위한 사출 성형기에 맞게 조정

이는 완전한 데이터 일관성을 보장하고 시간이 많이 걸리고 오류가 발생하기 쉬운 데이터를 기계에 수동으로 입력하지 않아도 됨

프로세스 최적화 가속화

공정 변수와 측정 결과를 사출 성형기에서 다시 Moldflow로 가져올 수 있음. 시뮬레이션을 사용하여 진행중인 생산 프로세스의 분석 및 최적화에 대한 새로운 접근 방식으로 시뮬레이션 및 측정 데이터는 매우 쉽게 조정될 수 있으며 시뮬레이션의 품질이 향상됨

시뮬레이션을 통해 제공되는 지원을 통해 바람직하지 않은 프로세스 설정을 심층 분석 할 수 있어 빠르고 정확하게 적용 할 수 있음. sim 링크의 도움으로 최적화된 공정 데이터를 CC300 기계 제어 장치로 가져올 수 있음.

디지털트랜스포메이션

과거 Radiator Tank 제품의 힘 예측 CAE를 활용한
“역 설계 제안” (15년 전 해석 방법)



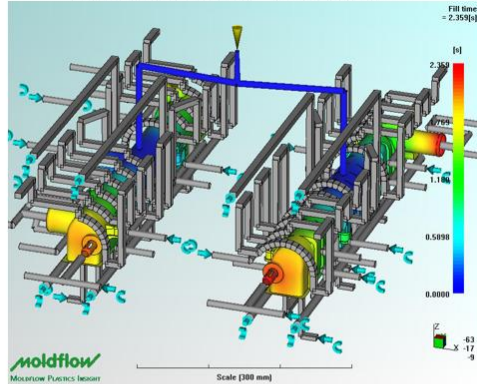
Moldflow Analysis

For

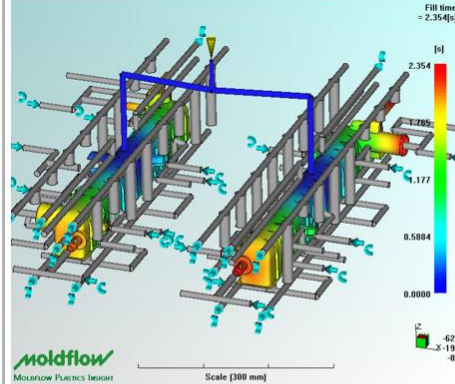
Radiator Tank

(2006.9.27)

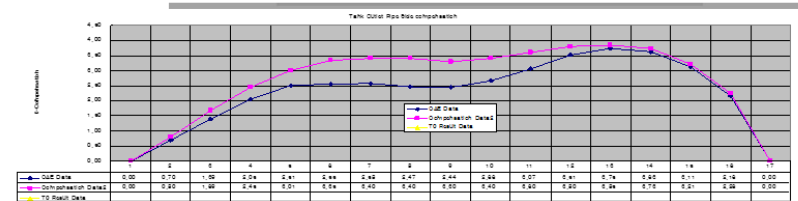
TANK INLET-OUTLET COOLING type1



TANK INLET-OUTLET COOLING type2

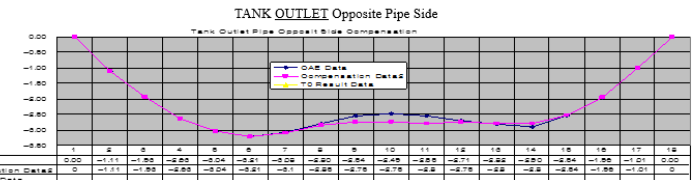
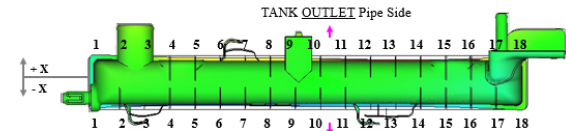


TANK OUTLET X-Deflection Compensation



Process Settings

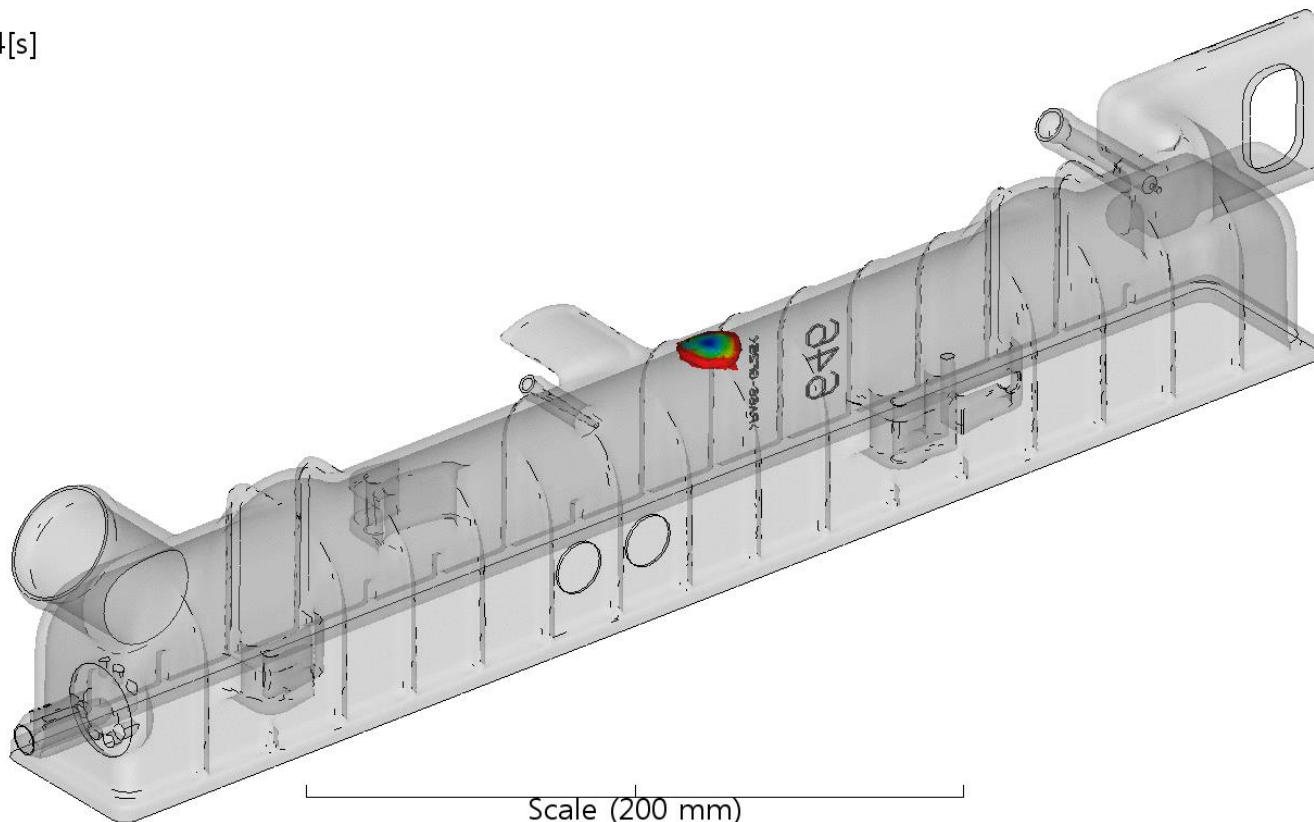
- Melt Temperature : 290°C
- Filling Control Injection time : 2 sec
- Velocity / Pressure switch-over : By 96% volume filled
- Pack / Holding control : 40MPa, 7sec
- Cavity temp : 55°C
- Core temp : 12°C
- Pipe area temp : 70°C



디지털트랜스포메이션

Fill time
= 0.0104[s]

[s]



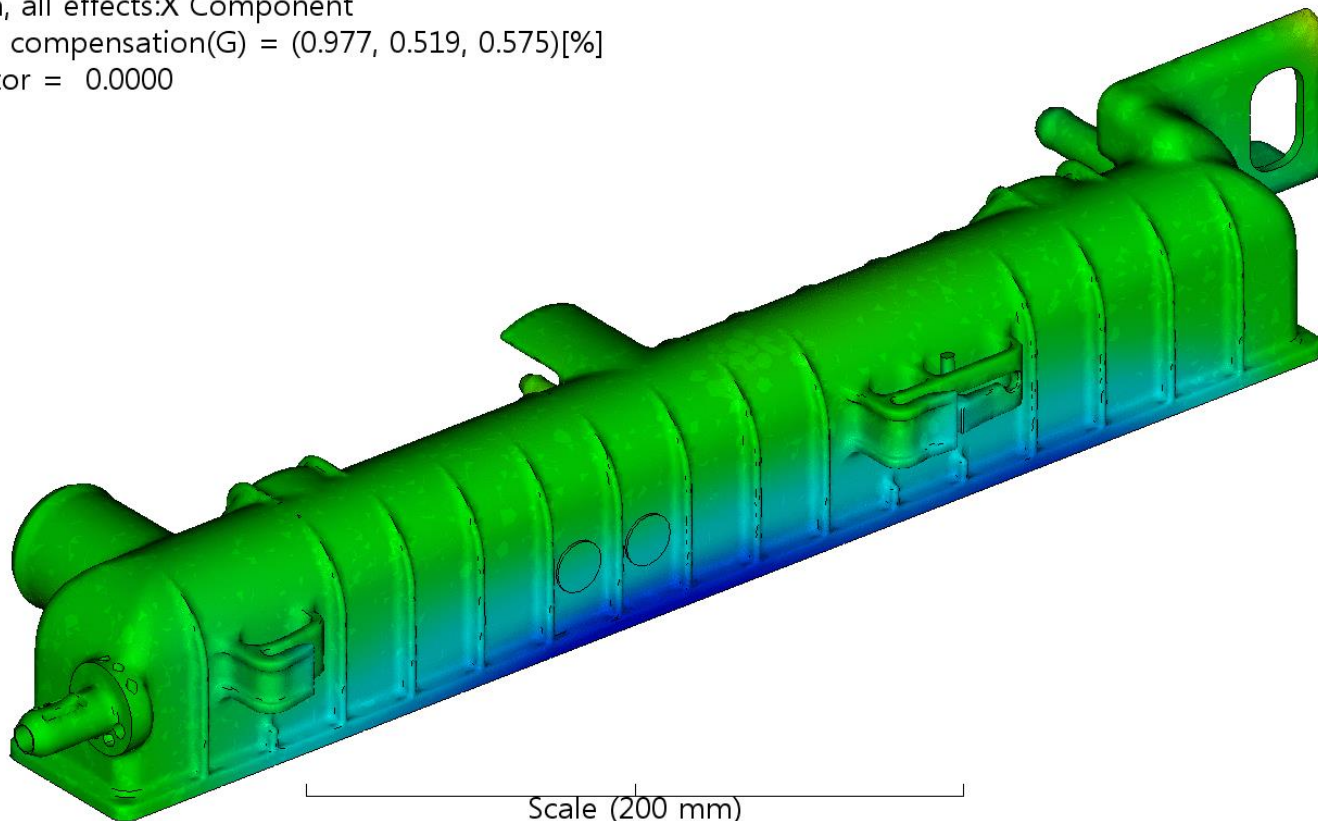
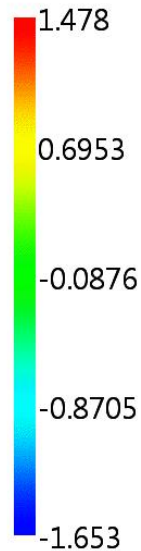
AUTODESK
MOLDFLOW INSIGHT



디지털트랜스포메이션

Deflection, all effects:X Component
Shrinkage compensation(G) = (0.977, 0.519, 0.575)[%]
Scale Factor = 0.0000

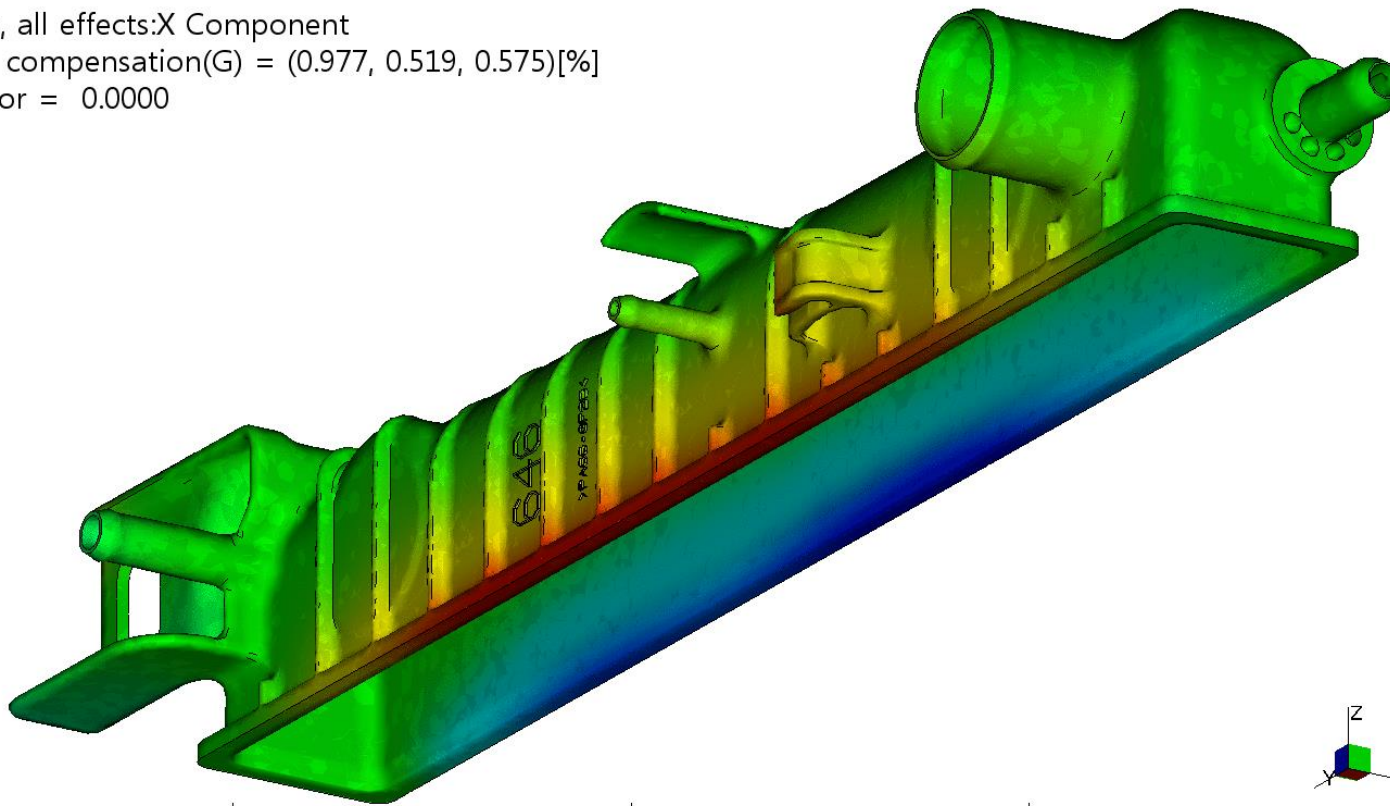
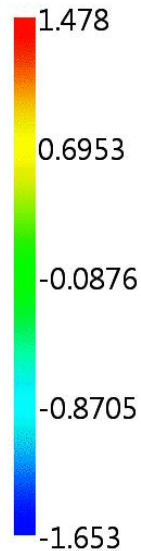
[mm]



디지털트랜스포메이션

Deflection, all effects:X Component
Shrinkage compensation(G) = (0.977, 0.519, 0.575)[%]
Scale Factor = 0.0000

[mm]



Scale (200 mm)



-113
29
-12

디지털트랜스포메이션

✓목표 : “A” 부 힘 정도의 최소화

✓구속 조건

- 형체력(Clamp_force) ≤ 270tonne
- 최대 사출 압력(Max_pressure) ≤ 80MPa

변수 이름	상세	예시
Injection time (sec)	사출시간	1,2,3
Packing pressure (Mpa)	보압크기	20,50,80
Packing time (sec)	보압시간	5,10,15
Melt temperature (deg)	플라스틱 수지 온도	270,290,310
Mold temperature (deg)	금형 온도	60,80,100

- Autodesk
Moldflow Insight
Standard 기준
- 1hr X 1ea X
24hr = 24ea
 - 108/24=4.5day

- Autodesk
Moldflow Insight
Premium 기준
- 1hr X 3ea X
24hr = 72ea
 - 108/24=1.5day

Table 1. L108 Case Study for Training of Machine leaning

Inject_time	Pack_pressure	Pack_time	Melt_temp	Mold_temp	31	1	80	15	270	60	61	2	80	10	270	60	91	3	50	15	270	80	
1	1	20	10	270	60	32	1	80	15	270	80	62	2	80	10	270	80	92	3	50	15	270	100
2	1	20	10	270	100	33	1	80	15	290	80	63	2	80	10	290	80	93	3	50	15	290	60
3	1	20	10	290	60	34	1	80	15	290	100	64	2	80	10	290	100	94	3	50	15	290	100
4	1	20	10	290	80	35	1	80	15	310	60	65	2	80	10	310	60	95	3	50	15	310	60
5	1	20	10	310	80	36	1	80	15	310	100	66	2	80	10	310	100	96	3	50	15	310	80
6	1	20	10	310	100	37	2	20	5	270	60	67	2	80	15	270	60	97	3	80	5	270	60
7	1	20	15	270	80	38	2	20	5	270	80	68	2	80	15	270	100	98	3	80	5	270	100
8	1	20	15	270	100	39	2	20	5	290	80	69	2	80	15	290	60	99	3	80	5	290	60
9	1	20	15	290	60	40	2	20	5	290	100	70	2	80	15	290	80	100	3	80	5	290	80
10	1	20	15	290	100	41	2	20	5	310	60	71	2	80	15	310	80	101	3	80	5	310	80
11	1	20	15	310	60	42	2	20	5	310	100	72	2	80	15	310	100	102	3	80	5	310	100
12	1	20	15	310	80	43	2	20	10	270	80	73	3	20	5	270	60	103	3	80	10	270	80
13	1	50	5	270	60	44	2	20	10	270	100	74	3	20	5	270	100	104	3	80	10	270	100
14	1	50	5	270	80	45	2	20	10	290	60	75	3	20	5	290	60	105	3	80	10	290	60
15	1	50	5	290	80	46	2	20	10	290	100	76	3	20	5	290	80	106	3	80	10	290	100
16	1	50	5	290	100	47	2	20	10	310	60	77	3	20	5	310	80	107	3	80	10	310	60
17	1	50	5	310	60	48	2	20	10	310	80	78	3	20	5	310	100	108	3	80	10	310	80
18	1	50	5	310	100	49	2	50	5	270	80	79	3	20	15	270	60						
19	1	50	10	270	60	50	2	50	5	270	100	80	3	20	15	270	80						
20	1	50	10	270	100	51	2	50	5	290	60	81	3	20	15	290	80						
21	1	50	10	290	60	52	2	50	5	290	100	82	3	20	15	290	100						
22	1	50	10	290	80	53	2	50	5	310	60	83	3	20	15	310	60						
23	1	50	10	310	80	54	2	50	5	310	80	84	3	20	15	310	100						
24	1	50	10	310	100	55	2	50	15	270	60	85	3	50	10	270	60						
25	1	80	5	270	80	56	2	50	15	270	100	86	3	50	10	270	80						
26	1	80	5	270	100	57	2	50	15	290	60	87	3	50	10	290	80						
27	1	80	5	290	60	58	2	50	15	290	80	88	3	50	10	290	100						
28	1	80	5	290	100	59	2	50	15	310	80	89	3	50	10	310	60						
29	1	80	5	310	60	60	2	50	15	310	100	90	3	50	10	310	100						
30	1	80	5	310	80																		

디지털트랜스포메이션

- 근사모델 중 가장 우수한 MLP과 HMA를 이용한 최적화 결과 도출

Result Summary	
General Description	
Task Name	ac_DO
Starting Time	2018-05-23 20:43:53
Finishing Time	2018-05-23 20:45:02
Elapsed Time	0:0:1:8
Completion Status	Success
Console Logs	logs.txt
Problem Description	
Task	Design Optimization
Method	HMA
Number of Design Variables	5
Number of Objectives	1
Number of Constraints	2
Number of Iterations	39
Number of Function Calls	8350

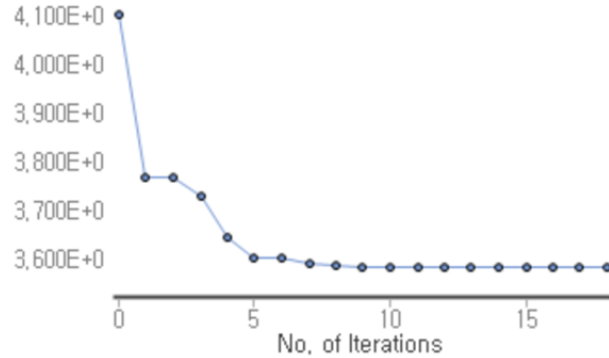


그림13. HMA(Hybrid Metaheuristic Algorithm) 최적화

그림14. HMA(Hybrid Metaheuristic Algorithm) 최적화

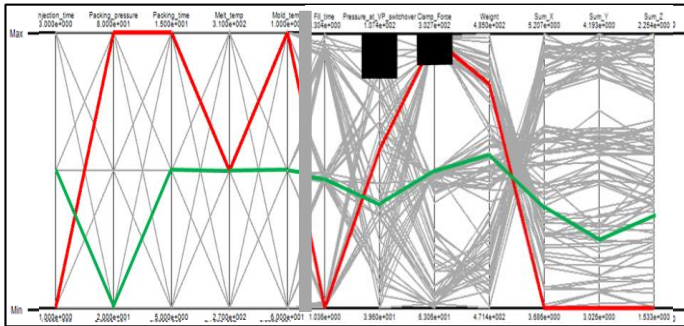


그림15. 108개 모델 최소 변형 결과

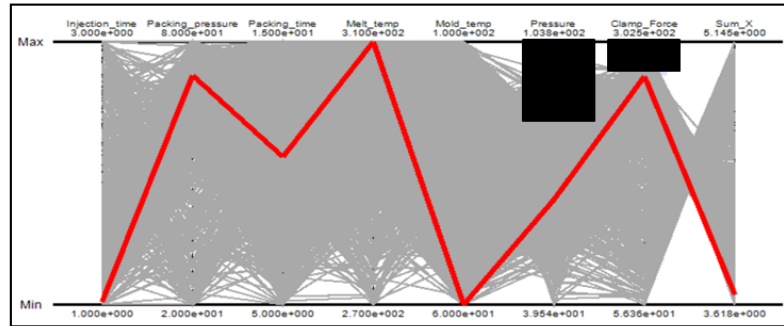
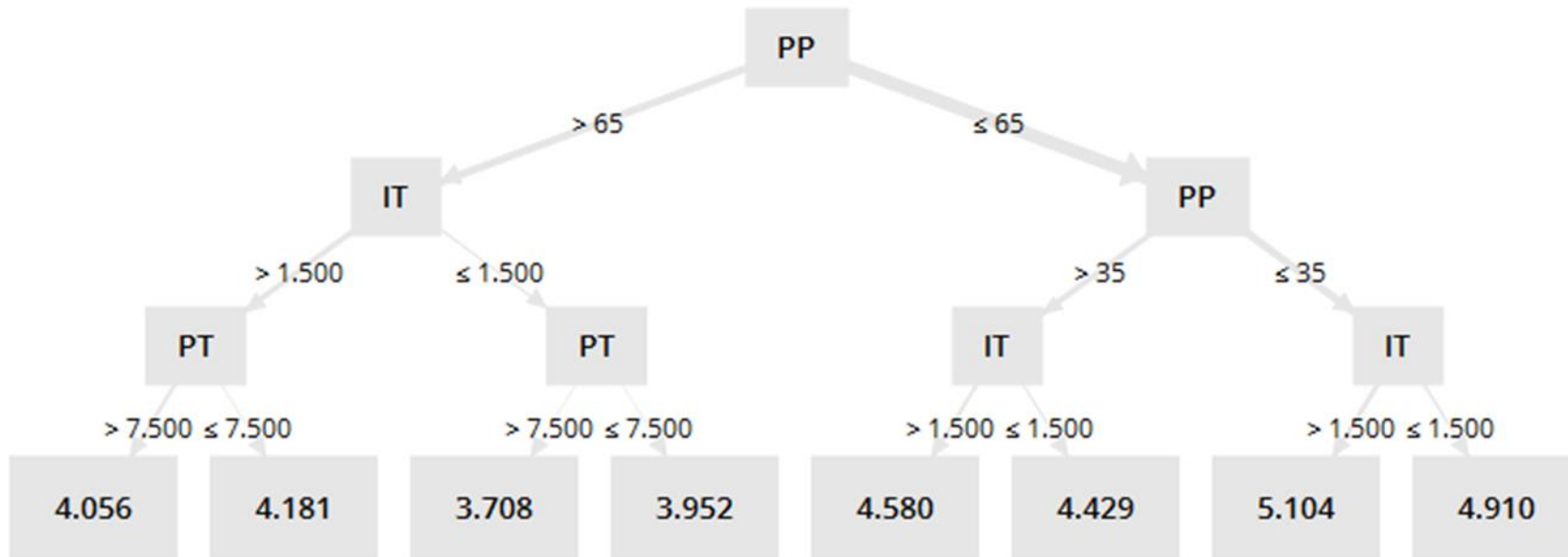


그림16. MLP(Multi-Layer-Perceptron) 최소 변형 결과

디지털트랜스포메이션

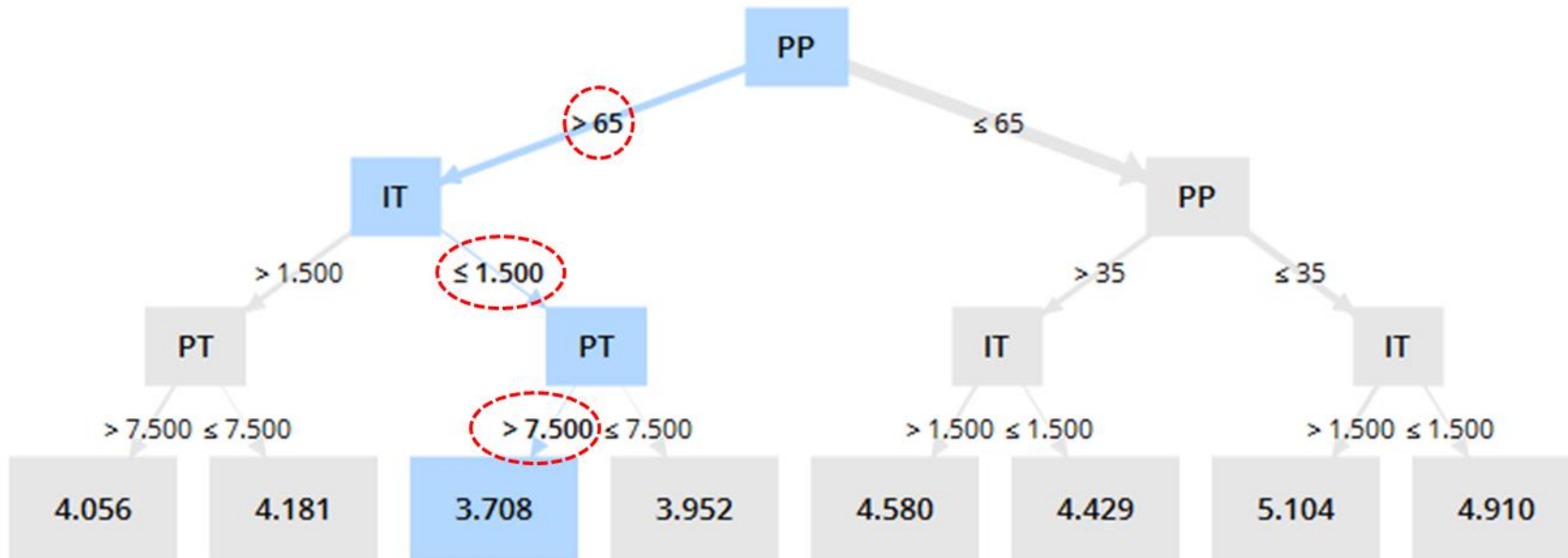
Classification	Case study	Case 44	Case 33	Case 24	HMA Result
Variable	Injection time	2	1	1	1.022
	Packing pressure	20	80	50	72.48
	Packing time	10	15	10	10.63
	Melt temperature	270	290	310	310
	Mold temperature	100	80	100	60
CAE	Fill time	2.168	1.038	1.037	1.036
	Pressure at V/P switch	85.78	81.33	61.82	65.37
	Clamp Force	104.1	297.4	184.6	270
	Weight	472.1	483.3	479.1	484.2
	Sum_X	5.207	3.686	4.253	3.68
	Sum_Y	4.076	3.099	3.573	3.19
Mold	Sum_Z	2.218	1.5351	1.8016	1.61
	Before analysis size	466.88	466.88	466.88	466.88
	After analysis size	462.8	463.78	463.31	463.69
	Shrink rate	1.0088	1.0067	1.0077	1.0069

디지털트랜스포메이션



Decision Tree "Sum X" Result

디지털트랜스포메이션



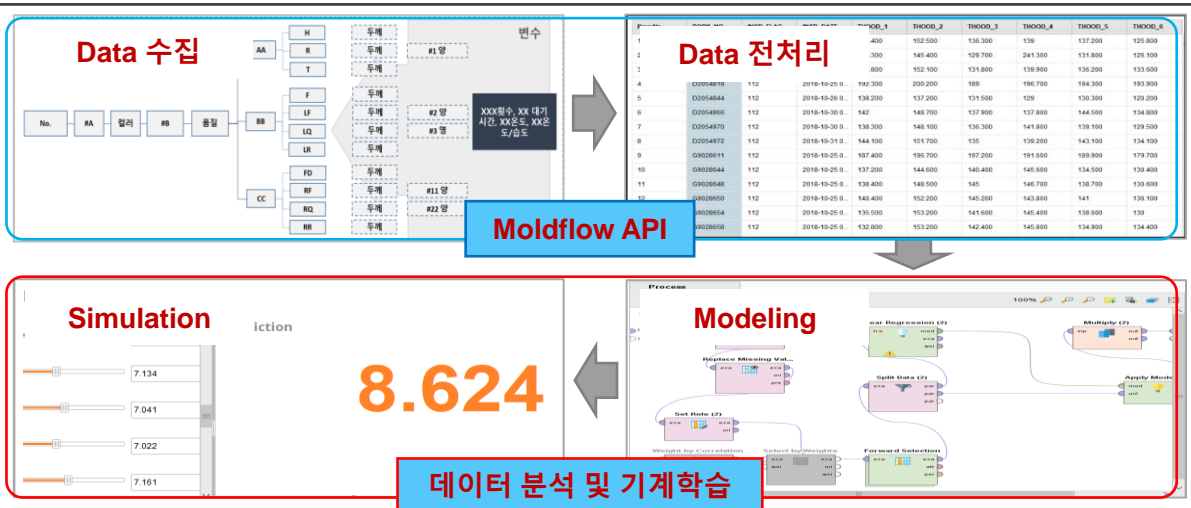
Decision Tree "Sum X" Result

디지털트랜스포메이션

배경 및 목적

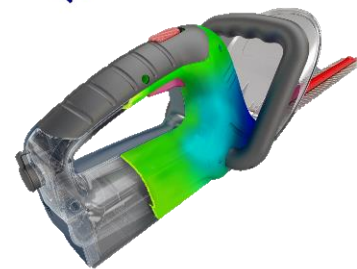
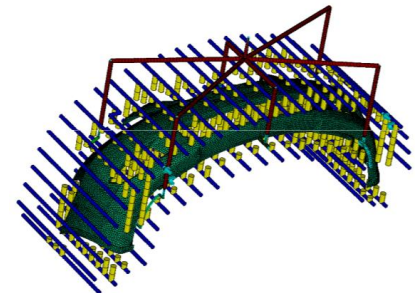
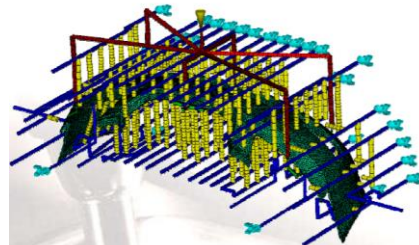
Moldflow Big Data 분석을 통해 플라스틱 재료, 금형 조건, 사출성형조건, 품질 등의 과거 및 현재 Data를 활용하여 **품질 최적화 및 예측 분석 모델 활용**을 통한 지능형 전문가 시스템 구현

프로세스 및 모델링



기대효과

- ◆ 수집한 Data를 기반으로 Moldflow 해석 전 성형 압력, 힘, 유동선단온도 등 결과 도출 가능
- ◆ 수집기간 확대 및 Data 축적 후 모델링 프로세스에 따라 분석 확산
- ◆ 더 신뢰성 있는 데이터분석결과 도출 및 관리포인트의 신뢰성 확보로 **품질향상을 위한 영향요소 파악 및 예측을 통한 원가절감 및 납기단축**



전략(戰略, strategy)은 특정한 목표를 수행하기 위한 행동 계획!

최근에 Moldflow를 교육받은 박연구원님! **성장 전략**

- Moldflow의 다양한 기능을 충분히 활용하고 싶다!
- 신뢰성을 높이고 싶은데, 앞으로 어떤 플랜을 가져야 할까?

5년차 CAE를 하고 있는 최선임님! **최적화 전략**

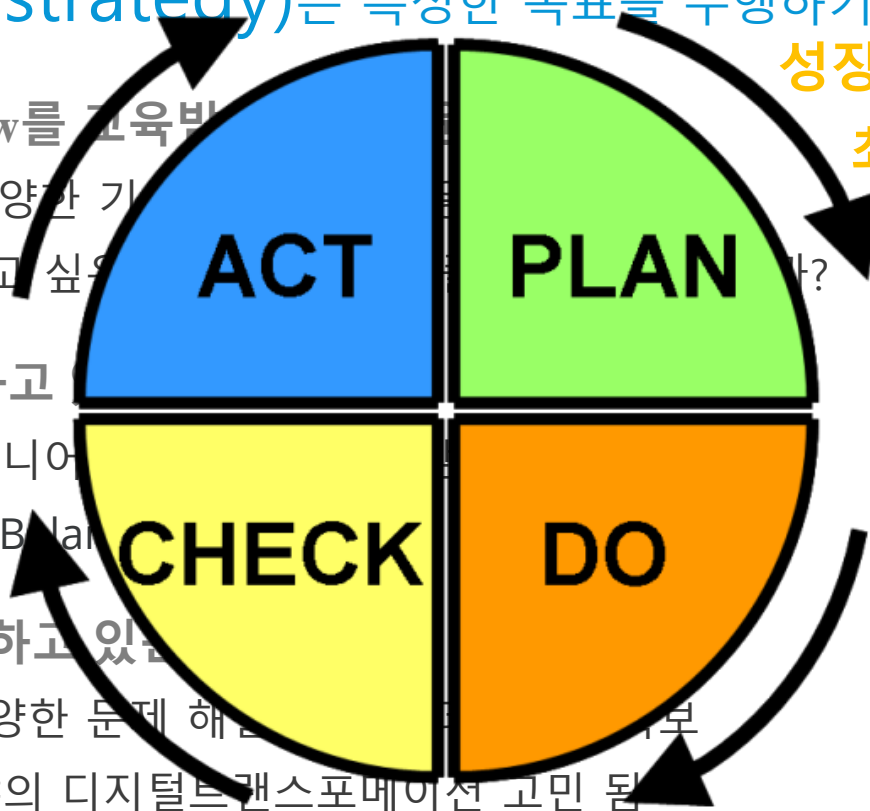
- 실력 있는 엔지니어로 회사에서 인정받고 성장했으면~
- Work and Life Balance?

15년차 CAE를 하고 있는 이부장님! **DT 전략**

- 전문가로서 다양한 문제 해결 방법을 데이터로 확보
- 사출/압축 분야의 디지털트랜스포메이션 고민 됨~



전략(戰略, strategy)은 특정한 목표를 수행하기 위한 행동 계획!



성장 전략

최적화 전략

DT 전략



최근에 Moldflow를 교육받

- Moldflow의 다양한 기
- 신뢰성을 높이고 싶

5년차 CAE를 하고

- 실력 있는 엔지니어
- Work and Life Balan

15년차 CAE를 하고 있는

- 전문가로서 다양한 문제 해결
- 사출/압축 분야의 디지털트랜스포메이션 고민 됨

**잊지마! 사람들은 누군가가 자신을
어딘가로 데려가 주길 바라!**

(책, 무기가 되는 스토리 中에서)



본 문서는 (주)디앤씨에서 Autodesk Moldflow Summit 2021 행사를 위해 작성한 문서로 포함된 정보의 전부 또는 일부를 무단으로 제3자에게 제공, 공개, 배포, 복사 또는 사용하는 것은 금지되며, 경우에 따라 민, 형사상 책임을 질 수 있습니다.

Moldflow Summit 2021(2021.01.26)

플라스틱 제품 변형 해결을 위한 Moldflow 최신 기술

(주)이디앤씨 황수진 차장 / sj.hwang@ednc.com

Autodesk Application Engineer

주최  후원  AUTODESK.

Welcome & Agenda

- 1. 사출 성형에서의 변형
- 2. Reverse Warp Workflows – Theory vs. Reality
- 3. The New Idea of Foundation for Moldflow Database



사출 성형

사출 성형이란?

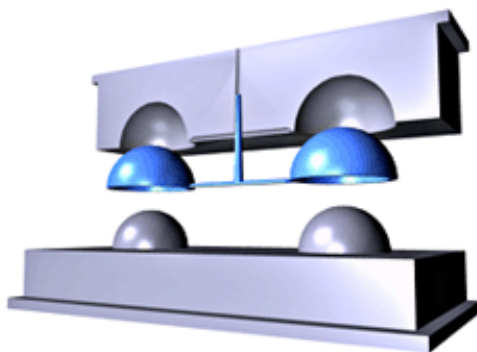
- 수지(Resin)를 가열하여 유동상태로 된 재료를 닫혀진 금형의 공동부(Cavity)에 가압 주입하여 금형 내에서 고화(Solidification)시켜 금형 공동부에 상당하는 성형품(Molded part)를 만드는 방법

* 사출성형공정과 금형, 황한섭 저, 기전연구사

- 가장 많이 사용되는 플라스틱 성형 방법 중 하나



@photology1971 - stock.adobe.com



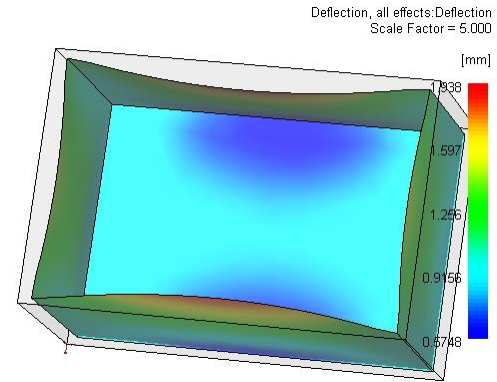
@Autodesk.com



사출품 변형

변형이란?

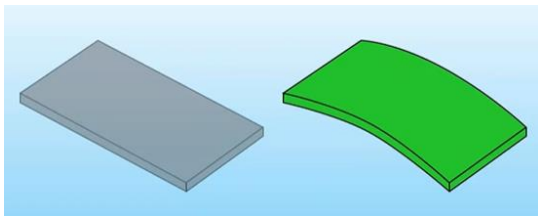
- 플라스틱 제품에서 내부 응력의 불균등 변화로 인한 치수 뒤틀림
- 평면을 벗어난 웨이프가 바뀌는 것
- 부품이 균일하게 수축하지 않아 발생



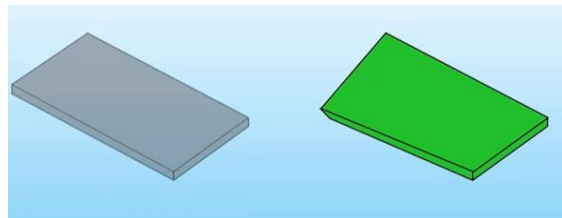
사출품 변형

변형이란

- 휨
 - 부품이 평면을 벗어나 구부러지기 시작할 때 발생
 - 원래 제품과 같은 평면이나, 직사각형은 중심을 벗어나 이동하여 휨 형상이 됨
- 뒤틀림(Twist)
 - 부품의 한 섹션이 평면을 벗어나 회전할 때 발생
 - 예를 들어, 세 모서리가 일치해도, 한 모서리가 평면을 벗어나면 비틀림으로 간주



휨



뒤틀림

변형의 원인

- Differential Shrinkage
 - 제품의 영역에 따른 불균일 수축
- Differential Cooling
 - 두께 방향 섹션에 따른 불균일 냉각
- Orientation
 - 흐름/직각 방향의 재료 배향
- Corner Effect
 - 코너 효과

변형 개선 방법

- 제품 설계
 - 제품 디자인
 - 제품의 두께 변경
 - 금형 설계
 - 게이트 위치, 수량, 크기, 형태,
 - 런너 레이아웃, 직경 등
 - 냉각 시스템의 레이아웃, 직경, 구조(베플, 버블러 등)
 - 성형 조건
 - 금형온도, 용융 온도
 - 사출 시간, 보압 시간, 크기
 - 재료
 - PvT, 결정성 여부, Filler...
 - 금형 재질
- 2019 이디앤씨 Autodesk Moldflow 최신기술 세미나
플라스틱 휨 예측 개선을 위한 다양한 접근 방법

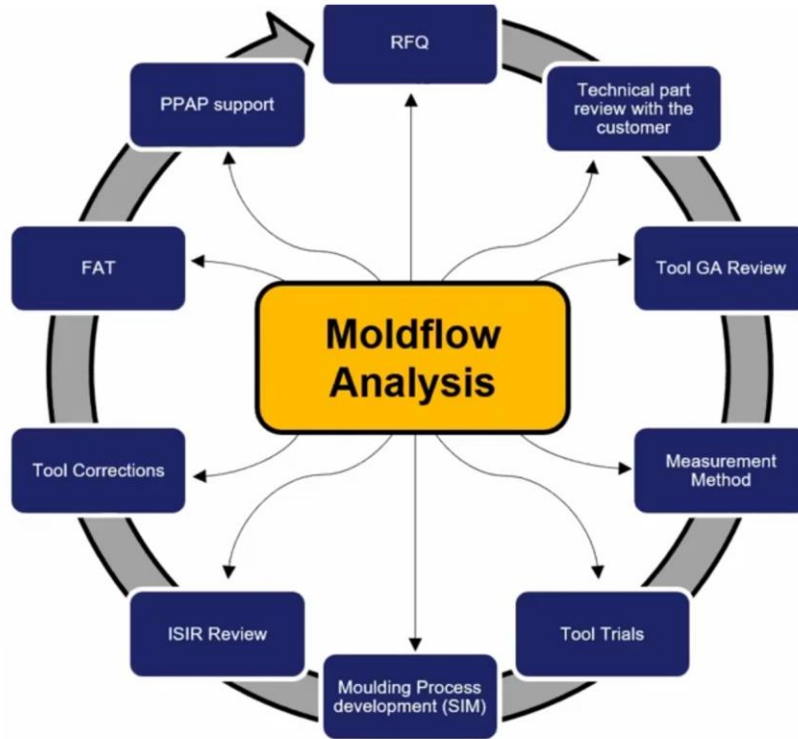
ADVANCED MFG SUMMIT 2020

- Autodesk에서 진행하는 Global Moldflow User Conference
- 2020년 이슈
- 여전히 중요한 변형의 이슈
- 해석을 활용한 제품 개발 프로세스 적용
 - Reverse Warp Workflows – Theory vs. Reality, David Lynam | Trend Technologies
 - The New Idea of Foundation for Moldflow Database, Liu Herong | KOSTAL

The background consists of abstract, layered blue geometric shapes, including curved planes and rectangular blocks, creating a sense of depth and movement. The colors range from light cyan to a deeper blue.

Reverse Warp Workflows – Theory vs. Reality, David Lynam | Trend Technologies

금형 개발 프로세스에 필수적인 Moldflow

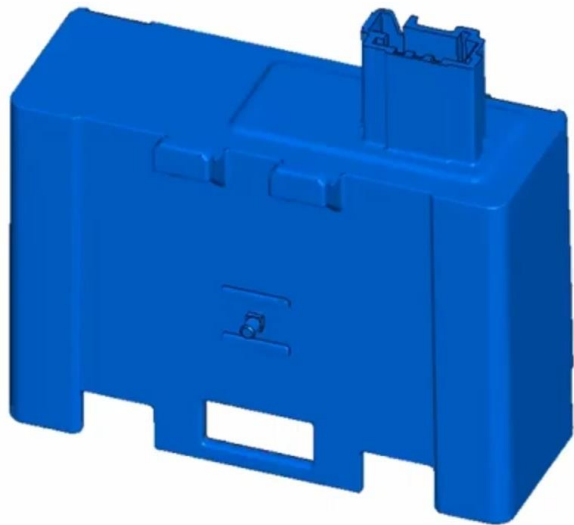


Case Study 1 – 변형 역설계 워크플로우

비결정성 폴리머

제품: Top Housing

재료 – PC/ABS Covestro Bayblend T65 XF



Filling quality indicator

Packing quality indicator

Warpage quality indicator

Select a shrinkage model (Midplane and Dual Domain)
 Ex

Select a shrinkage model (3D)

Observed nominal shrinkage

Parallel	<input type="text" value="0.6772"/>	%
Perpendicular	<input type="text" value="0.7687"/>	%

Observed shrinkage

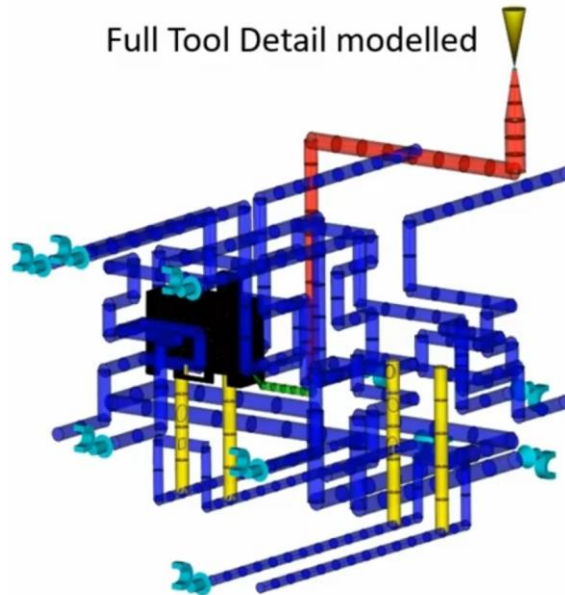
Minimum Parallel	<input type="text" value="0.5289"/>	%
Maximum Parallel	<input type="text" value="0.7544"/>	%
Minimum Perpendicular	<input type="text" value="0.5506"/>	%
Maximum Perpendicular	<input type="text" value="1.013"/>	%

Moldflow 메시 & 모델링

- Dual Domain 메시 사용
- 4 캐비티 – 1 캐비티에 Occurrence Number 적용
- Corner effect 적용

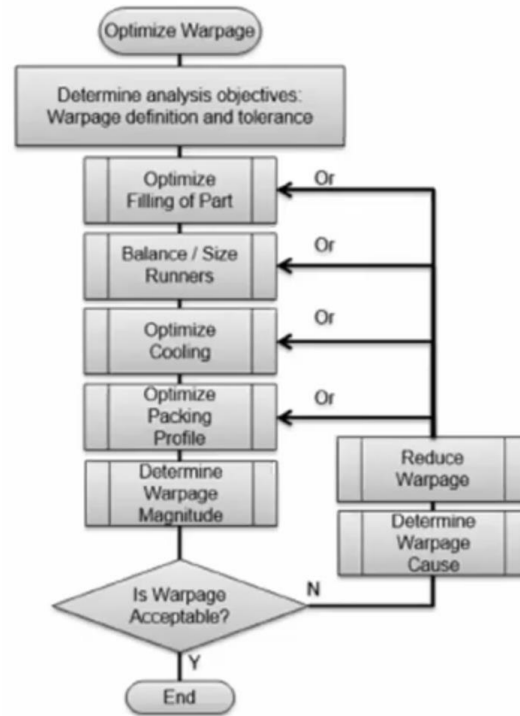
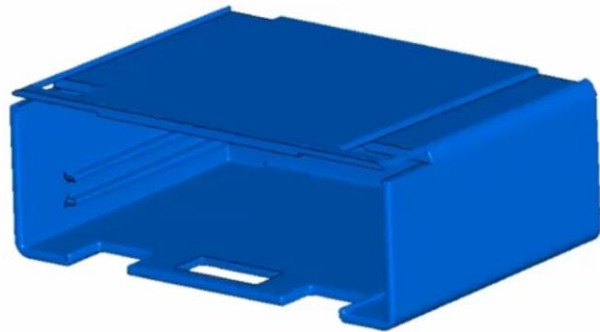


Full Tool Detail modelled



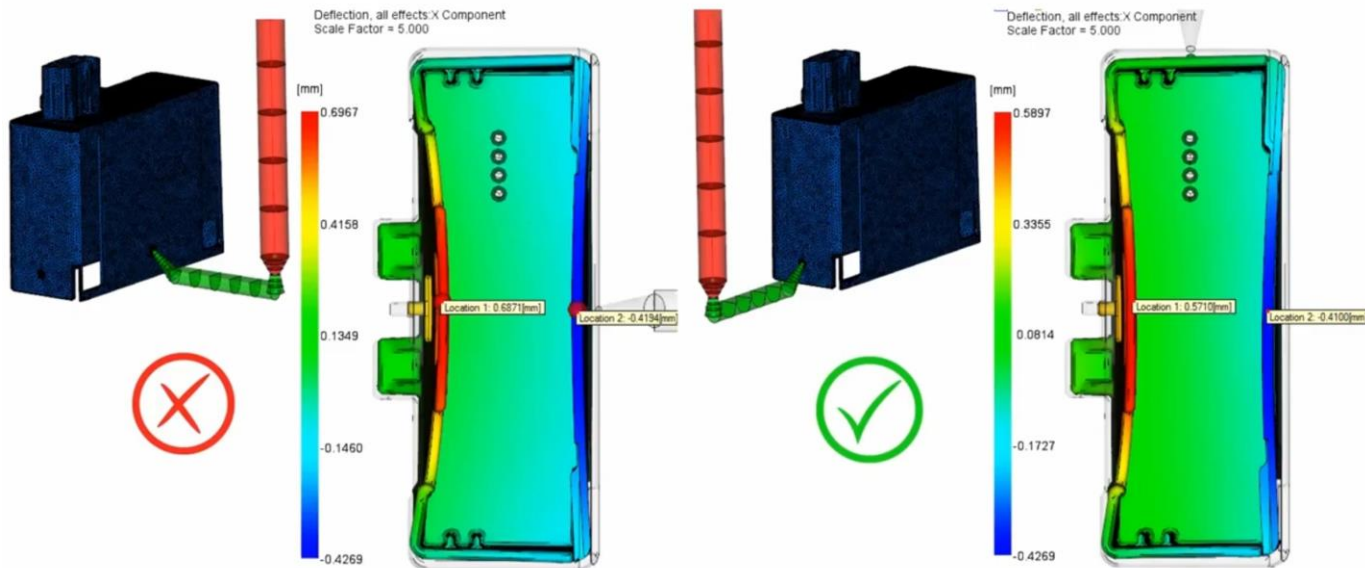
워크플로우 & 최적화

- 최적 변형을 설정하기 위한 워크플로우
 - 게이트, 충전, 냉각, 보압
- 최적화 후 미성형 이슈
- 박스형 상자의 구조 강도 부족 문제



게이트 최적화

- 2개의 허용 가능한 게이트 옵션
- 해석 결과를 기반으로 변형이 적은 게이트를 선정

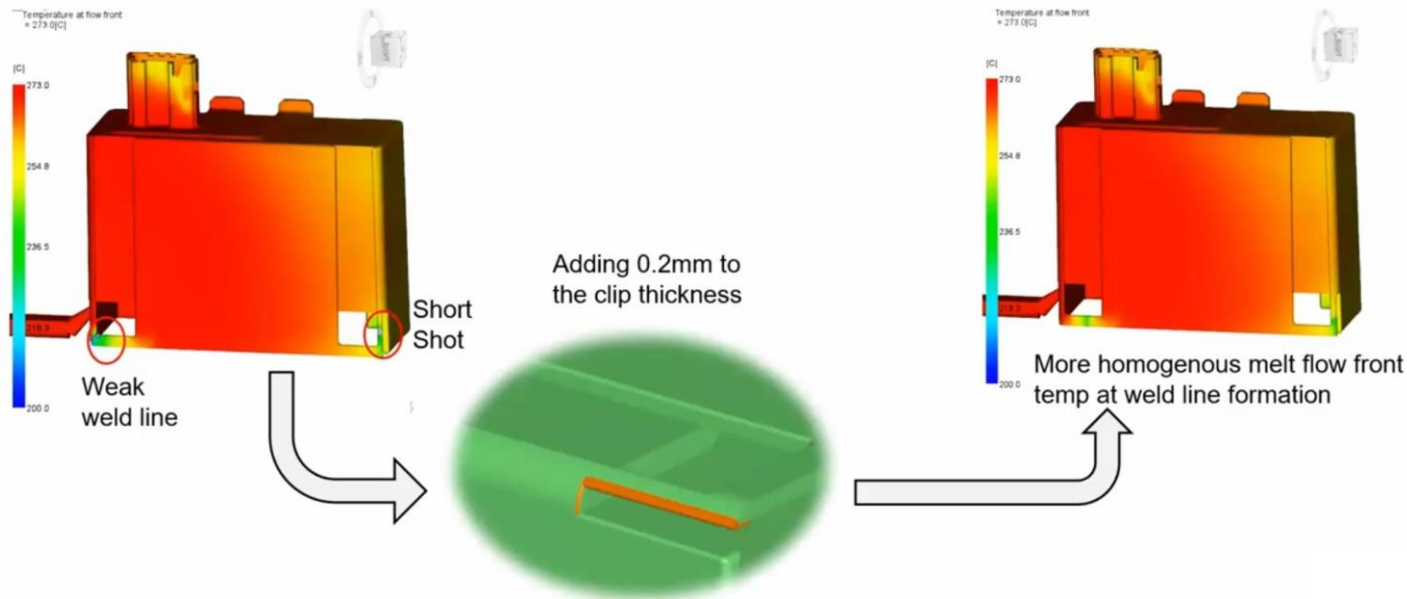


mm	Case 1	Case 2
Location 1	0.6871	0.5710
Location 2	0.4194	0.4100

0.12 mm 변형 적음

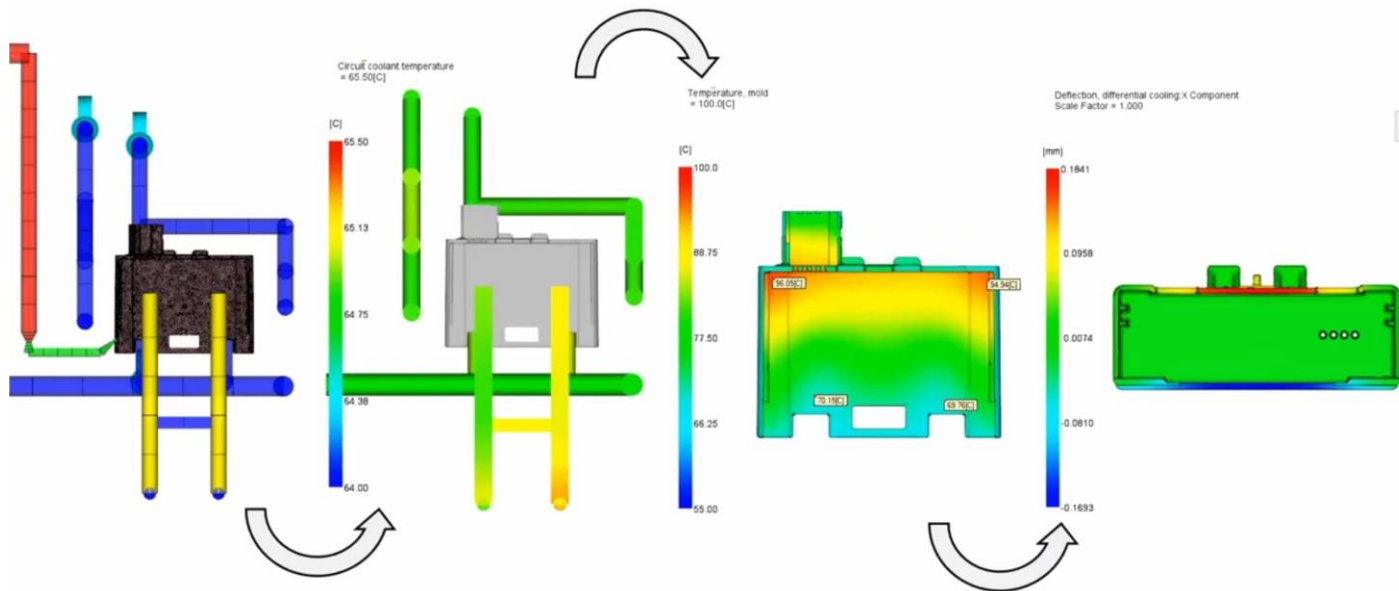
충전 최적화

- 클립 부분의 슛샷 발생, 웰드라인 부 취약
- 제품의 두께를 0.2mm 보강



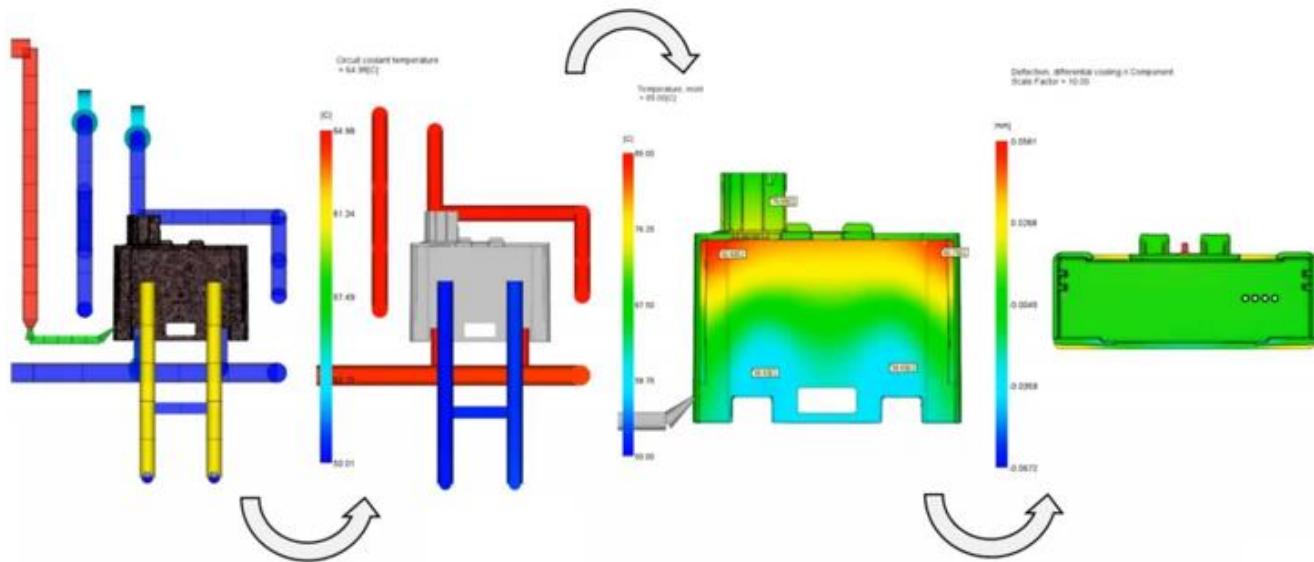
냉각 최적화

- 균등 냉각을 목표로 설계
- Fill + Pack + Cool time = 25 sec



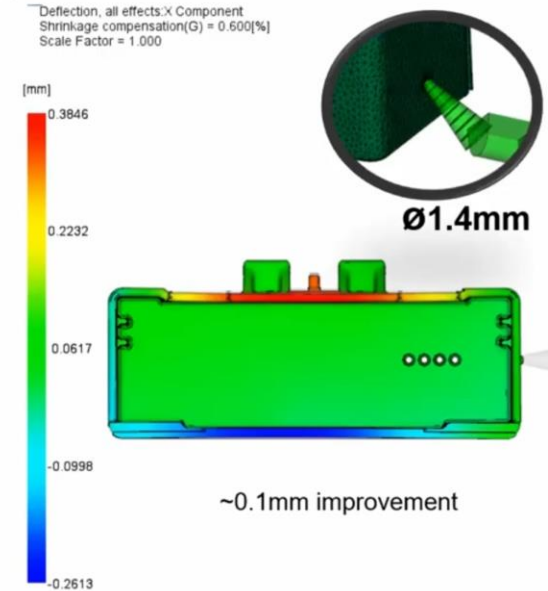
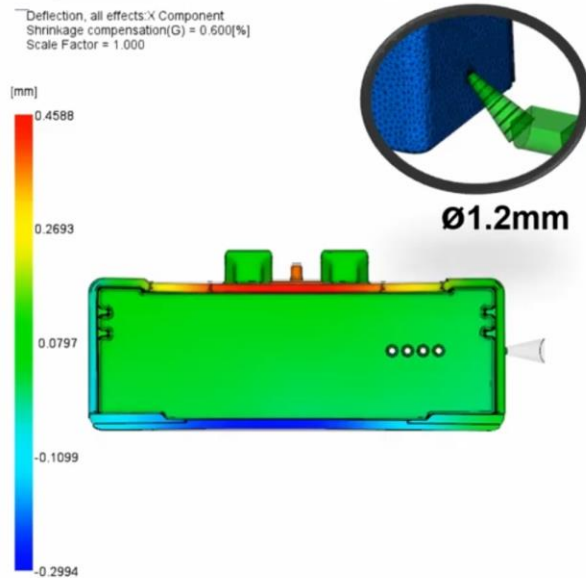
냉각 최적화

- 코어측 냉각수 온도 변경 (-15°C)



보압 최적화

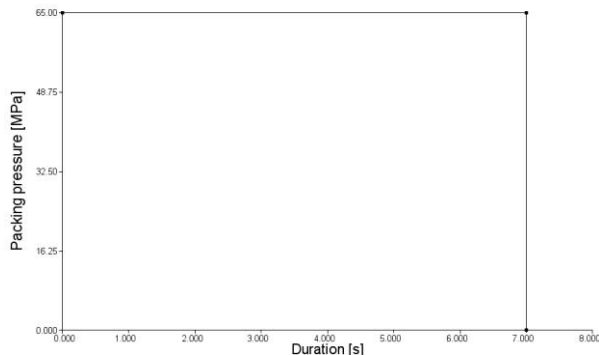
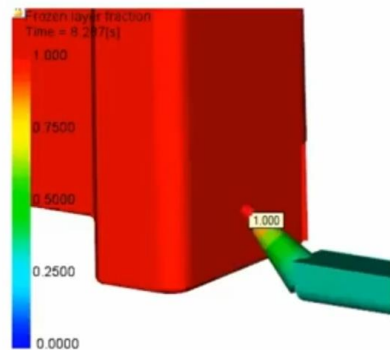
- Gate 사이즈를 1.2mm에서 1.4 mm로 증가
- 보압 추가: 65 MPa – 1초



성형 조건 최적화

성형 조건표

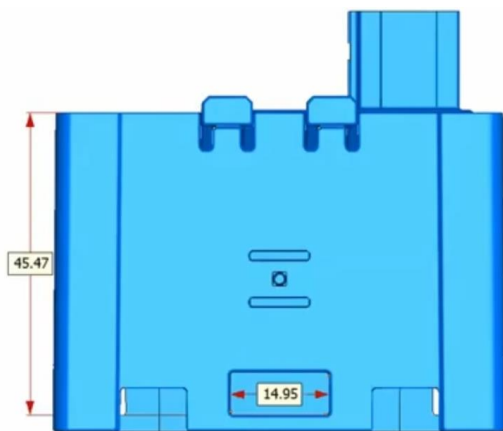
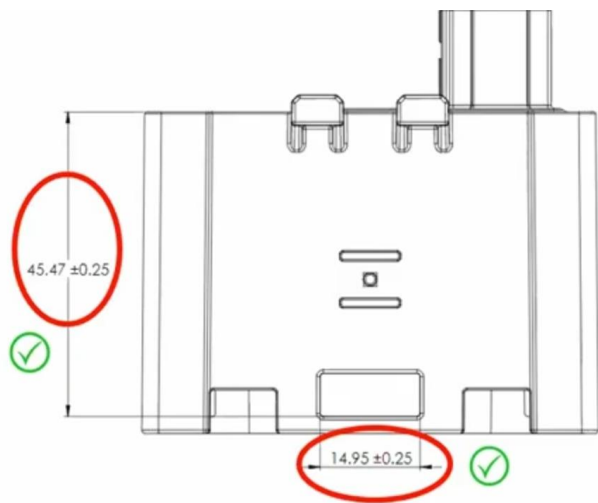
Injection Time	1.6 sec
V/P Switchover	98%
Max Packing Pressure	65 MPa
Packing Time	7 sec
Cooling Time	16 sec
Melt Temperature	270 °C
Mold Temperature	Cavity Inlet: 65 °C Core Inlet: 50°C



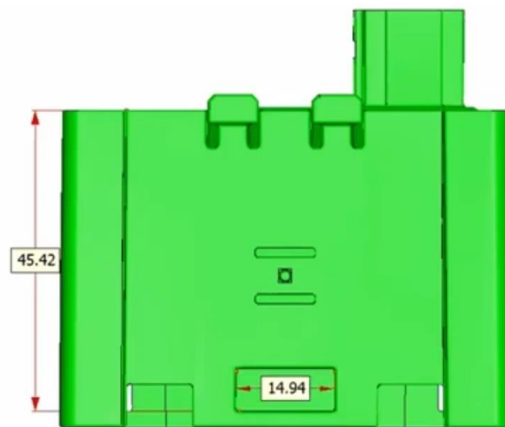
변형 파일 vs 설계 공차 리뷰

Front View

- 설계 치수와 최적화 후 변형해석 치수가 공차 범위 내임



Nominal CAD File

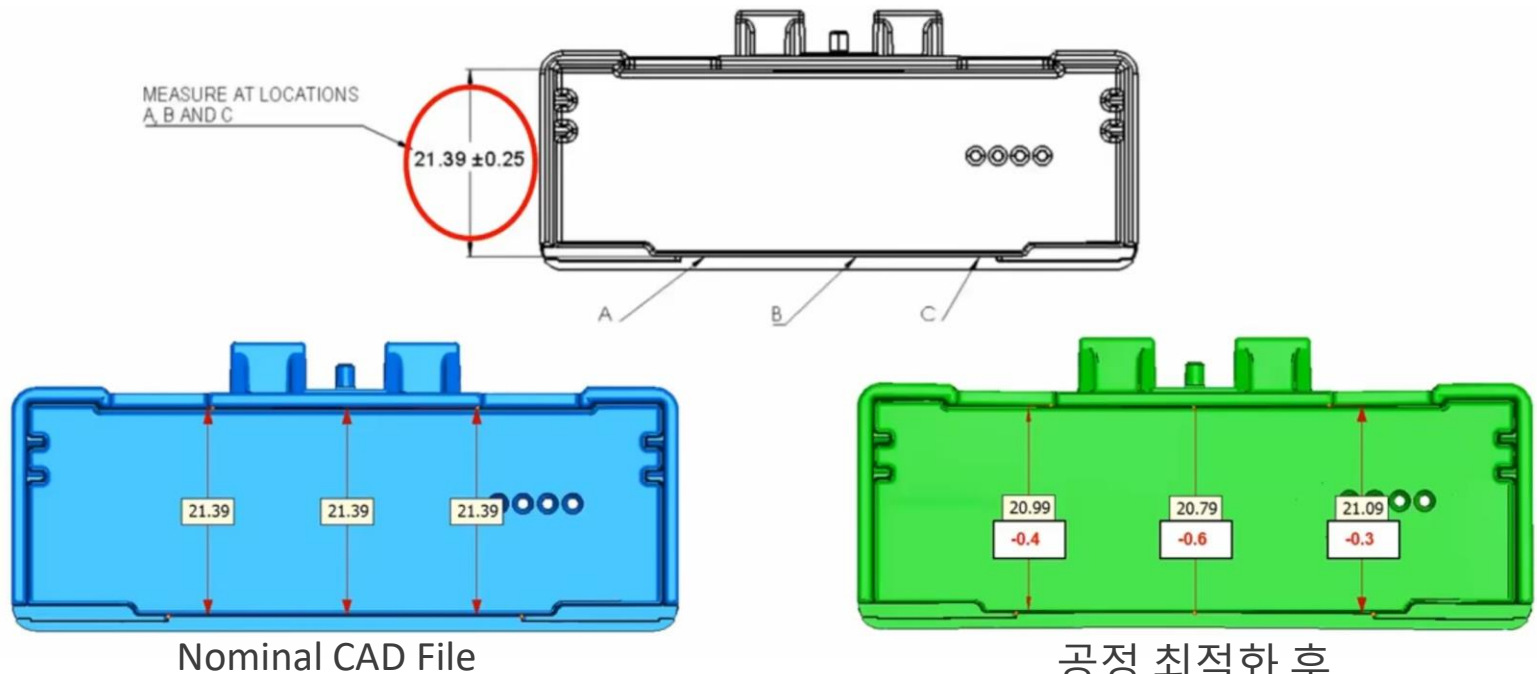


공정 최적화 후
변형 해석 결과

변형 파일 vs 설계 공차 리뷰

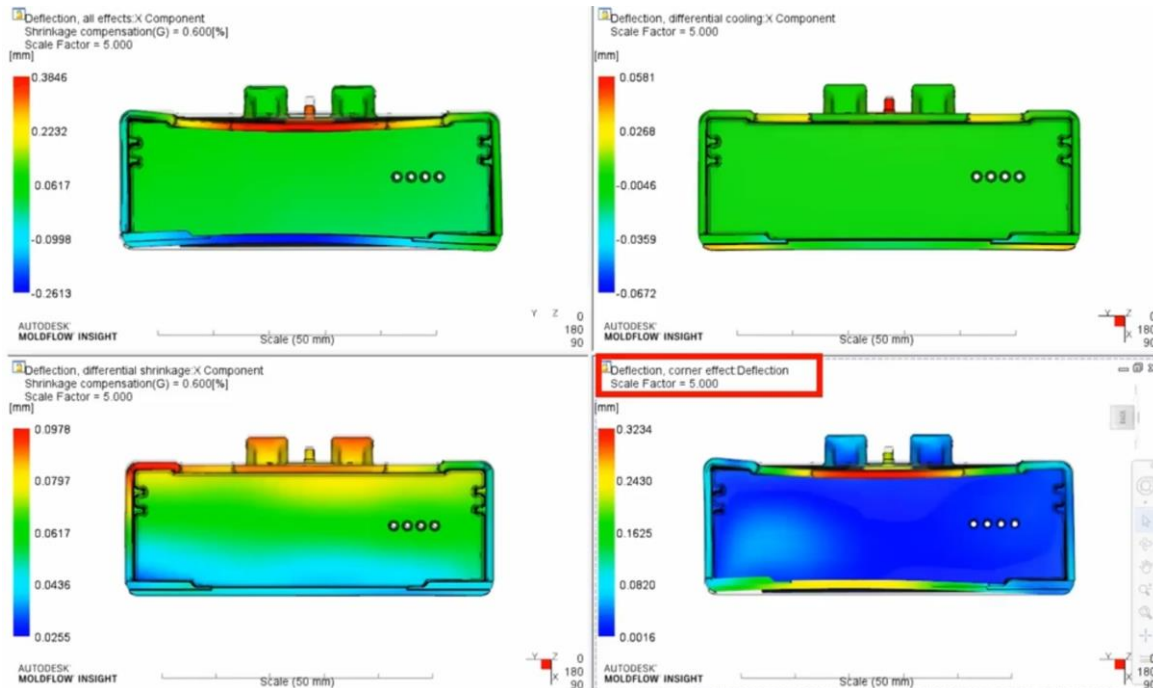
Bottom View

- 설계 치수와 최적화 후 변형해석 치수가 공차 범위를 벗어남



변형 원인 분석

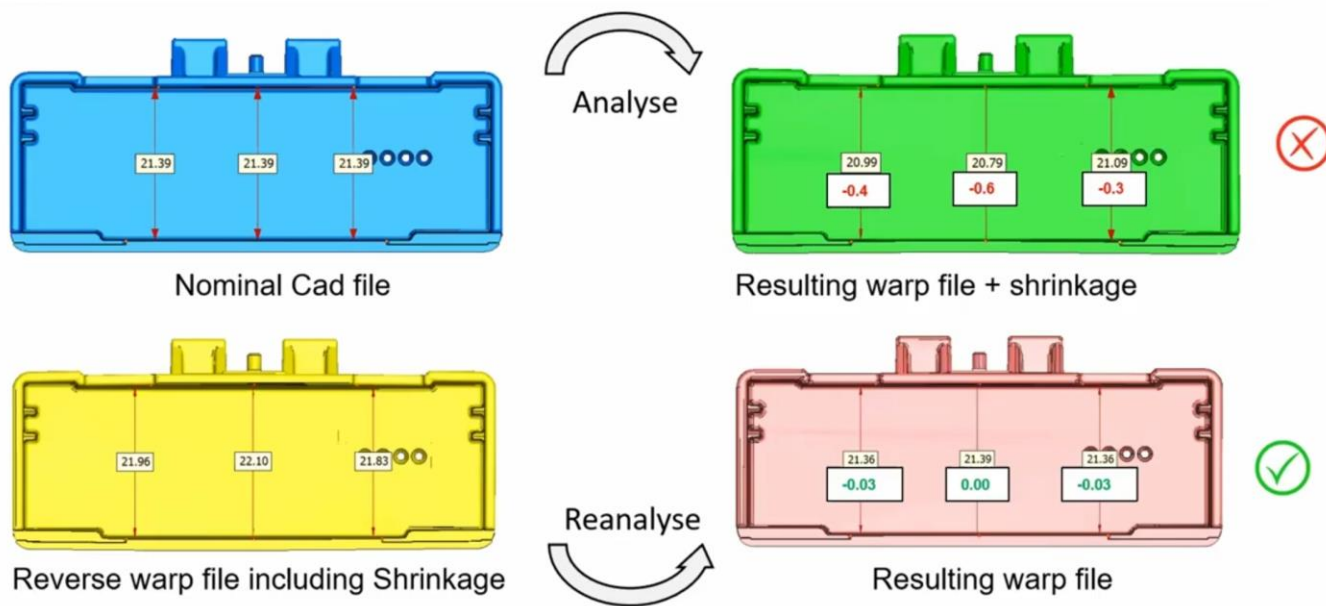
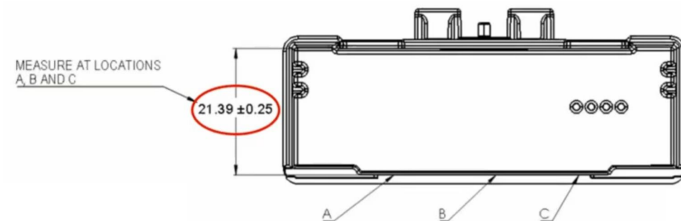
- 변형의 결정적인 요인은 코너 효과임



변형에 대한 역설계 조사

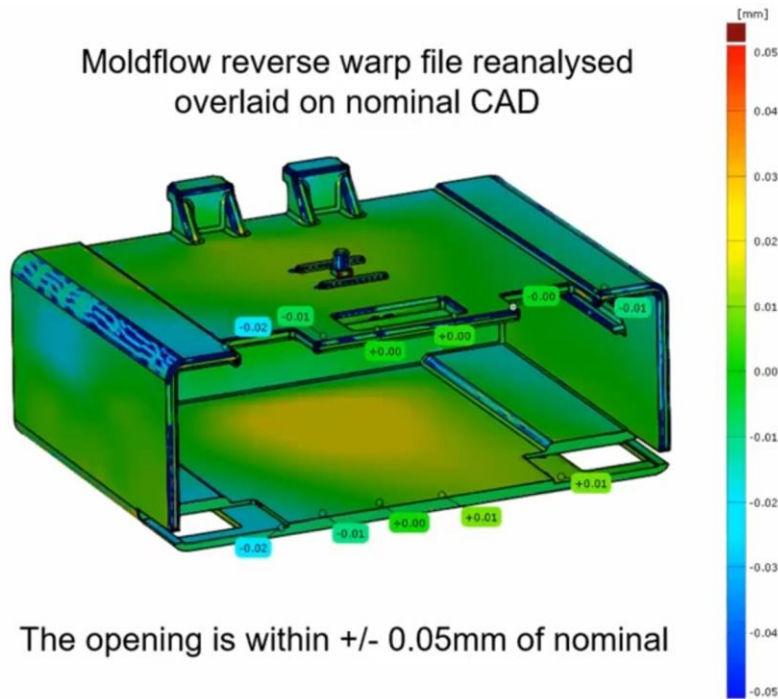
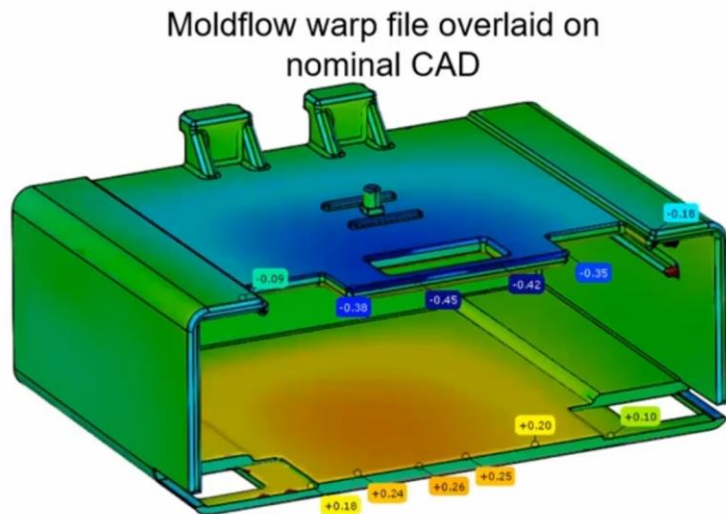
Reverse warpage investigation

- Moldflow 해석을 통해 제품 설계 최적화를 진행
- 제품 끝단 열린 쪽에 문제는 여전히 남아있음



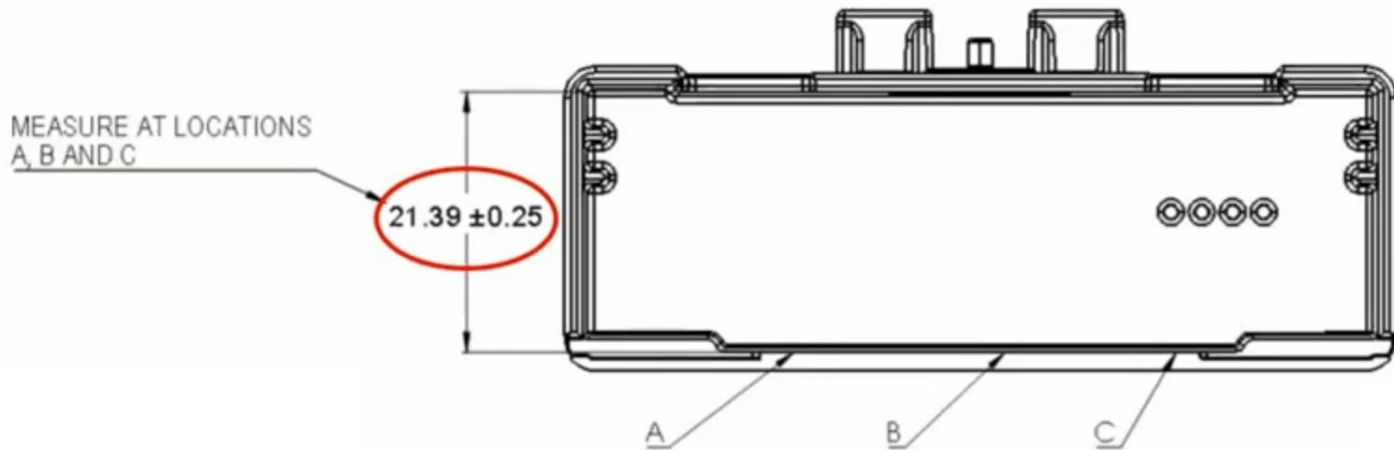
치수 비교

- CAD 파일과 해석 결과를 비교



변형 역설계 결과 사용을 결정

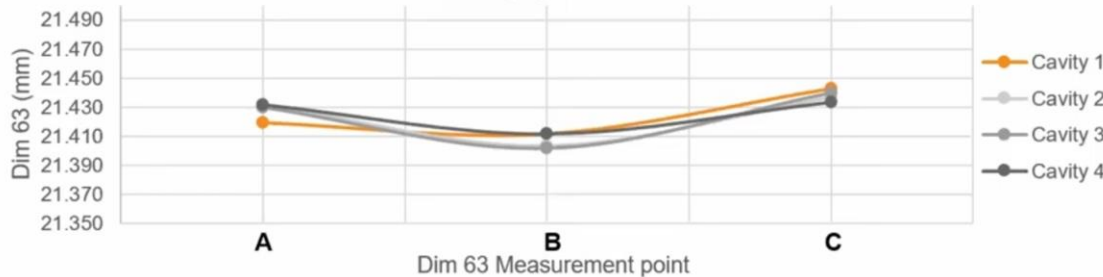
- Bayblend T65 XF : Gold, CRIMS
- Moldflow 결과를 반영한 역설계 도면을 사용하기로 결정함
 - 언더컷이 없어 바로 가공에 적용



실제 샘플 결과 비교

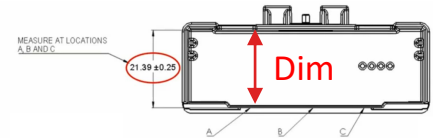
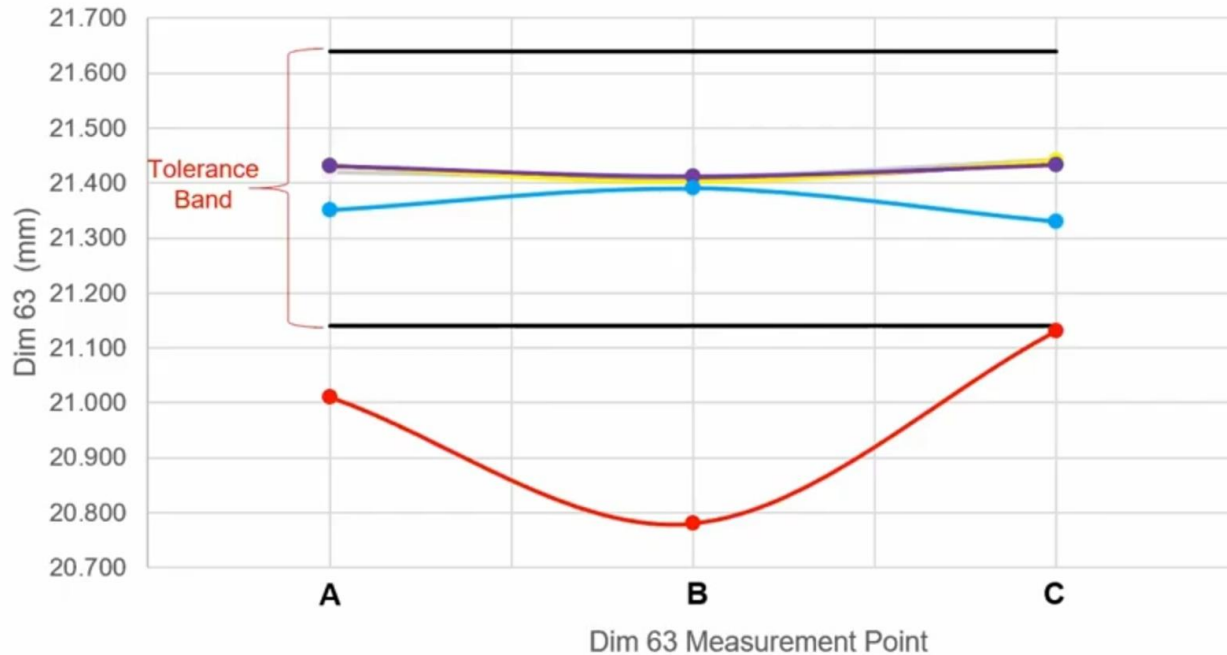
Cavity Number	DRAWING SPECIFICATIONS						Inspection Method	INSPECTION RESULTS						INSPECTION ANALYSIS							
	Part Designator No.	Dwg Loc.	No. PL	SC C _{PK} / P _{PK} req'd	Dimensions, Notes or Standards	+ Tol.		- Tol.	Sample Number			Deviation from Nominal			Mean	Range	% Tolerance		CP	Alert / Reject	
									1	2	3	1	2	3			Upper	Lower		High	Low
																				Upper	Lower
1	63-A				21.39	0.25	0.25	Projector	21.418	21.420	21.420	0.03	0.03	0.03	21.419	0.003	12%	0%	72.17		
	63-B				21.39	0.25	0.25	Projector	21.410	21.415	21.410	0.02	0.02	0.02	21.412	0.005	10%	0%	28.87		
	63-C				21.39	0.25	0.25	Projector	21.446	21.440	21.443	0.06	0.05	0.05	21.443	0.006	22%	0%	27.78		
2	63-A				21.39	0.25	0.25	Projector	21.435	21.430	21.430	0.04	0.04	0.04	21.432	0.005	18%	0%	1249.39		
	63-B				21.39	0.25	0.25	Projector	21.410	21.400	21.400	0.02	0.01	0.01	21.403	0.010	8%	0%	624.69		
	63-C				21.39	0.25	0.25	Projector	21.440	21.435	21.436	0.05	0.04	0.05	21.437	0.005	20%	0%	1363.19		
3	63-A				21.39	0.25	0.25	Projector	21.425	21.430	21.435	0.04	0.04	0.04	21.430	0.010	18%	0%	16.67		
	63-B				21.39	0.25	0.25	Projector	21.400	21.400	21.406	0.01	0.01	0.02	21.402	0.006	6%	0%	24.06		
	63-C				21.39	0.25	0.25	Projector	21.437	21.443	21.440	0.05	0.05	0.05	21.440	0.006	21%	0%	27.78		
4	63-A				21.39	0.25	0.25	Projector	21.430	21.430	21.435	0.04	0.04	0.04	21.432	0.005	18%	0%	1249.39		
	63-B				21.39	0.25	0.25	Projector	21.410	21.415	21.410	0.02	0.02	0.02	21.412	0.005	10%	0%	1249.39		
	63-C				21.39	0.25	0.25	Projector	21.440	21.430	21.431	0.05	0.04	0.04	21.434	0.010	20%	0%	654.86		

Dim 63 A,B,C Mean value



변형 결과 비교 - 실제 vs 해석

Warpage Comparison



- Cavity 1
- Cavity 2
- Cavity 3
- Cavity 4
- Upper Limit
- Lower Limit
- Moldflow Reverse Warp Compensation
- Moldflow Warp file


Conclusion

변형 역설계 워크플로우 - 비결정성 폴리머

- 변형 역설계 구현은 성공적으로 작용했고, 고객 사양을 충족시켰습니다.
- 언더컷이 없어 바로 금형에 적용 가능하였습니다.
- Moldflow 해석 결과가 실제 결과와 매우 유사하였습니다.
- 이 방법을 사용하면 금형 수정 등 추가적인 시간과 비용을 절약할 수 있습니다.

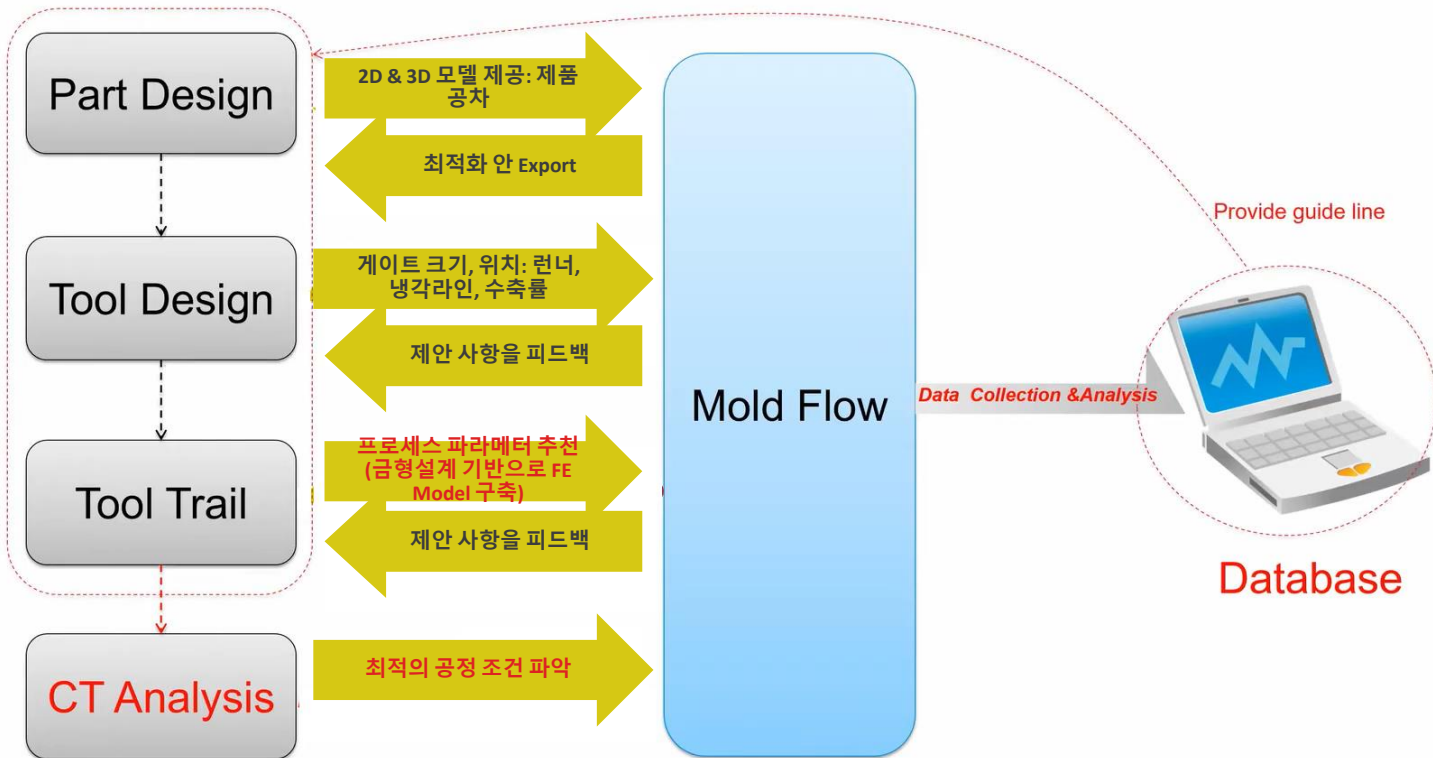
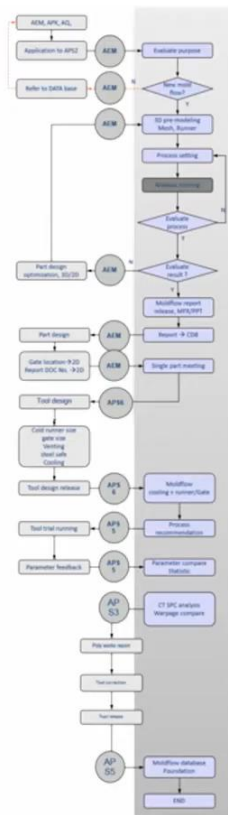
변형 역설계 고려사항

- 변형 역설계를 진행 전, 최적화 워크플로우를 진행하여야 합니다.
- 변형 역설계는 수정 솔루션이 아닌 마지막 수단으로 진행해야 합니다.
- 변형 역설계는 Moldflow DB에서 재료가 적합한 경우에만 사용해야 합니다.
- 변형 형상 및 방향에 따라 변형 역설계 후 언더컷이 발생할 수 있습니다. 이 경우 설계 공차를 맞춘 금형 가공 가능한 모델로 수정이 필요합니다.
- 이를 모두 고려하여 변형 역설계를 진행하면 좋은 결과(Great output)을 얻을 수 있습니다.
- 변형 역설계는 유리섬유를 포함한 결정성 재료에 적용할 때 더 복잡하고 까다롭습니다



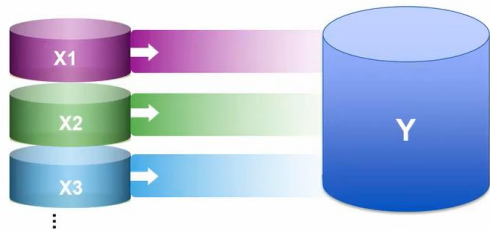
The New Idea of Foundation for Moldflow
Database, Liu Herong | KOSTAL

Moldflow 절차



Moldflow 절차

What is database?



$$f(x_1, x_2, x_3, \dots) = Y$$

x: 입력 변수

예: 벽두께, 게이트 위치, 냉각 온도 등

y: 반응 - 제품 품질

예: 평편도, 진원도 등

Database 구축 방법

부품 설계 최적화를 위한 일반 지침



부품 CTQ 식별



시뮬레이션의 정확성 평가



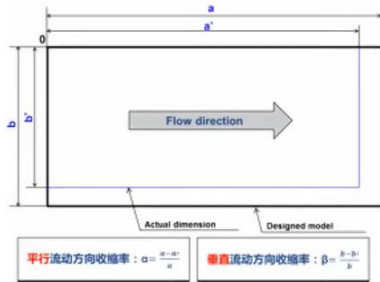
데이터 수집 및 분석, Key X 찾기



x와 y 사이의 관계 찾기

부품 설계 최적화를 위한 일반 지침

Basic Shrinkage Principle



Normally

- Amorphous : $\alpha > \beta$
 - Crystalline : $\alpha \approx \beta$
 - Fiber Reinforced (Amorphous or Crystalline)
- $\alpha < \beta$

Warpage Principle for Typical Structure

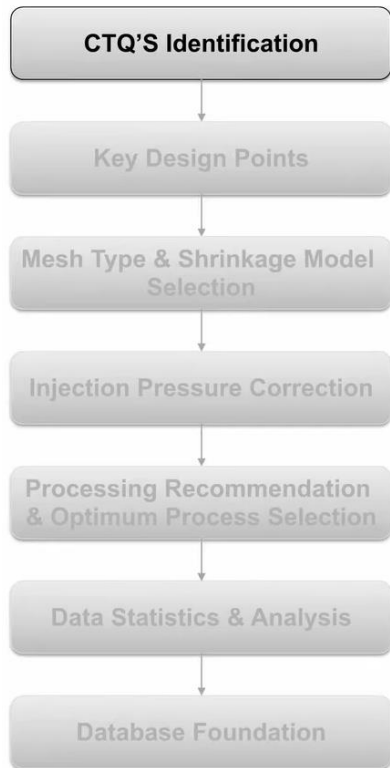
Typical Model	Warpage Trend	Root Cause Analysis	Improvement Measure	Typical Parts in Company
"L"				
"U"			1. Modify wall thickness between a and b; 2. change the section to "H"	
"H"			It's an ideal model for plastic part.	
"O"			Adjust the wall thickness between a and b according to the warpage trend.	

Moldflow Database 구축 절차

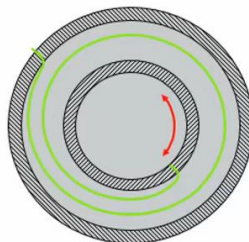
- Stator Housing 제품 예제를 통해 전체적인 절차 확인



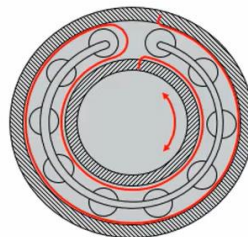
Moldflow Database 구축 절차



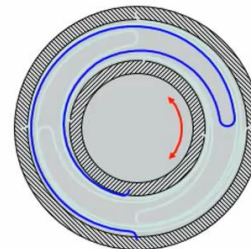
Functional Principles



Clock spring

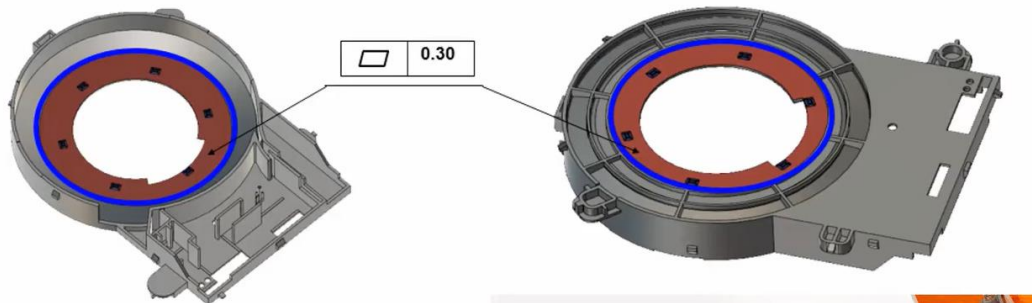


U-turn with additional rollers



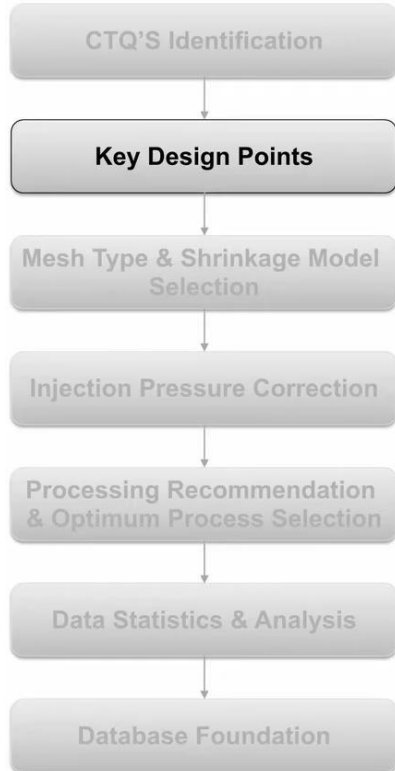
U-turn with dummy tape

Critical Characteristics

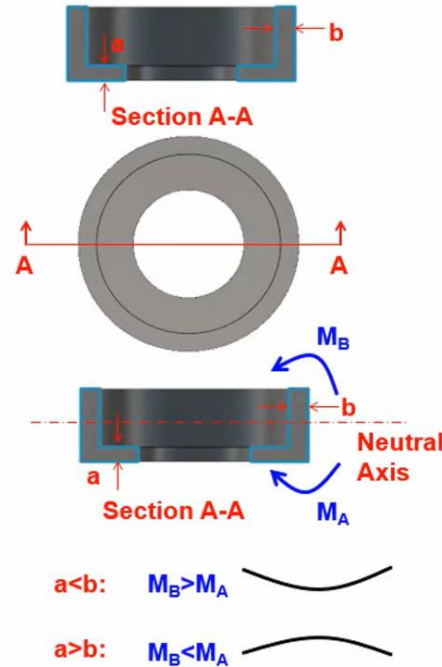


* 표시된 부분의 평편도는 이 제품에서 가장 중요한 요구 사항임

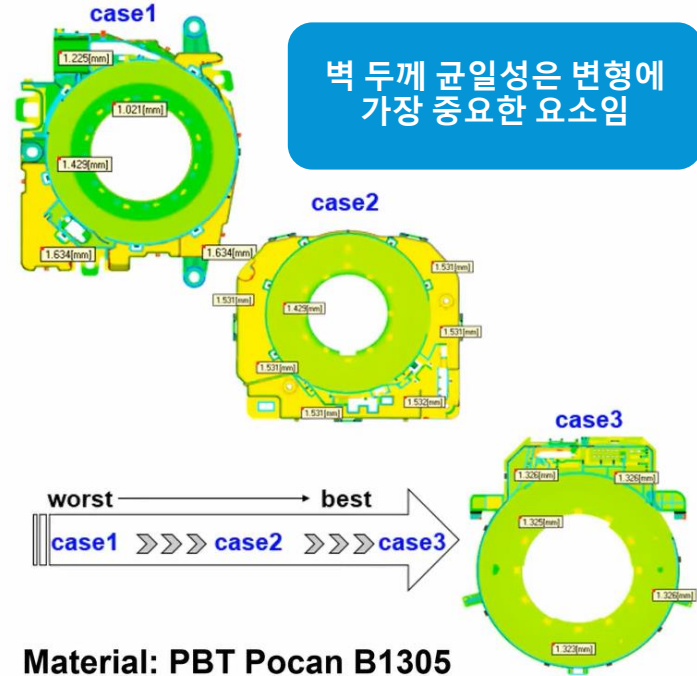
Moldflow Database 구축 절차



Typical Reference Model

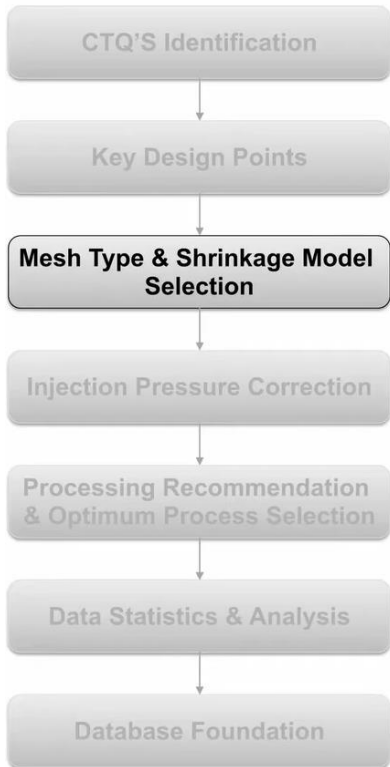


Wall thickness



벽 두께 균일성은 변형에 가장 중요한 요소임

Moldflow Database 구축 절차



Simulation Result

option01

✓ Dual Domain Mesh (261890 ele)

option02

✓ 3D Mesh (2914842 elements)

Select a shrinkage model (3D)
Uncorrected residual stress

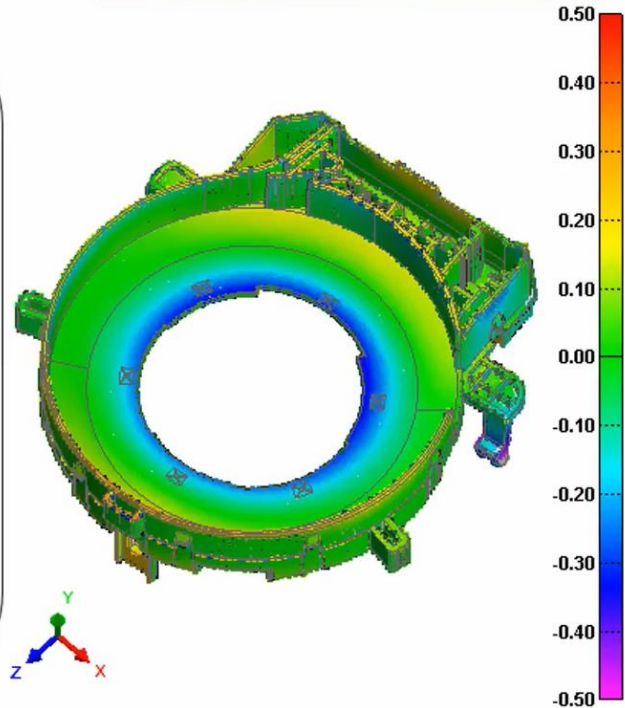
option03

✓ 3D Mesh (2914842 elements)

Select a shrinkage model (3D)
Generic shrinkage model

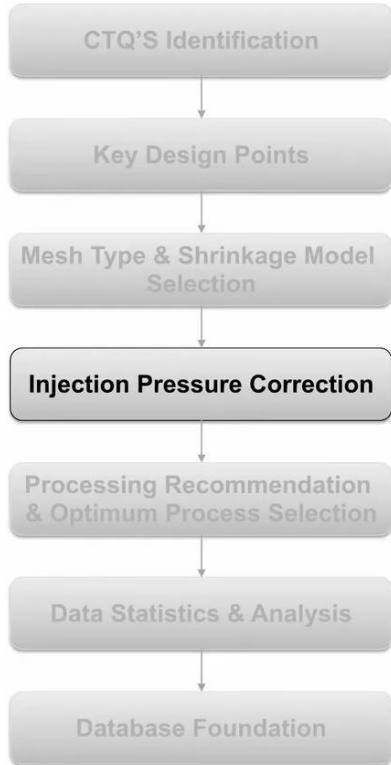
Material: PBT Pocan B 1305

CT Result with Actual Part



* 이 수지에서는 3D mesh & Generic Shrinkage Model 선택

Moldflow Database 구축 절차



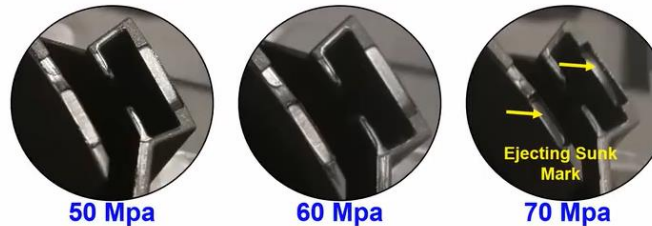
Why do we need to do that?

Some constrains in actual process

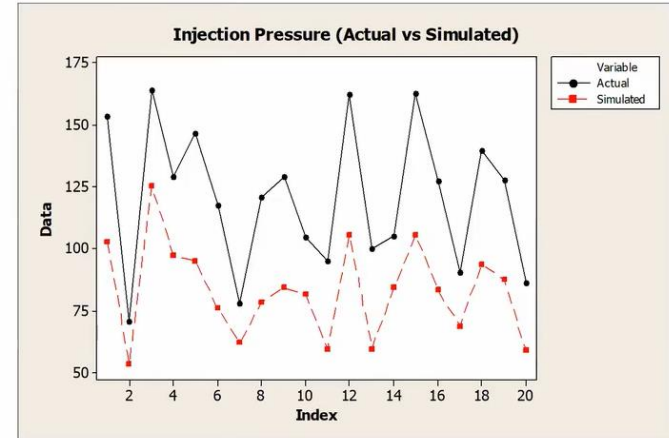
1. The Peak Pressure <180 Mpa.



2. The packing pressure <60 Mpa.



The difference between reality and simulation

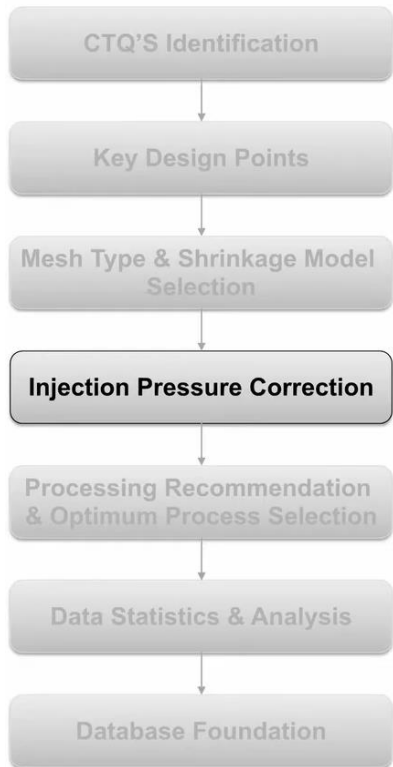


따라서,

1. 설계 단계에서 실제 최대 압력을 예측해야함
2. 공정 매개 변수 권장 사항을 제공하면서 보압의 제약을 고려해야함

Moldflow Database 구축 절차

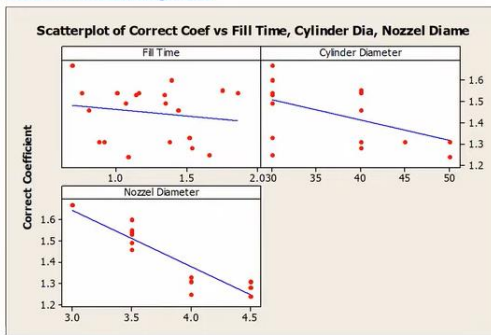
Method1: find a ratio between simulation and reality



1.Data Collection

No	Part No.	Tool No.	Fill time	Cylinder diameter(mm)	Nozzle Size	Peak Pressure(Mpa)		Correct Coefficient
						Actual	Simulated	
1	10000001	10000001	1.35	30	03.5	153.3	102.6	1.49
2	10000002	10000002	0.92	50	04.5	70.6	53.7	1.31
3	10000003	10000003	0.88	40	04.5	164.1	125.3	1.31
4	10000004	10000004	1.52	30	04.0	129.1	97.3	1.33
5	10000005	10000005	0.76	30	03.5	146.6	95.1	1.54
6	10000006	10000006	1.75	40	03.5	117.4	75.9	1.55
7	10000007	10000007	1.66	30	04.0	78.0	62.2	1.25
8	10000008	10000008	1.86	40	03.5	120.8	78.3	1.54
9	10000009	10000009	1.34	30	03.5	128.8	84.1	1.53
10	10000010	10000010	1.54	40	04.5	104.7	81.7	1.28
11	10000011	10000011	1.39	30	03.5	95.0	59.5	1.60
12	10000012	10000012	1.01	40	03.5	162.0	105.4	1.54
13	10000013	10000013	0.69	30	03.0	99.8	59.7	1.67
14	10000014	10000014	1.09	50	04.5	104.9	84.3	1.24
15	10000015	10000015	1.16	30	03.5	162.5	105.5	1.54
16	10000016	10000016	1.14	30	03.5	126.9	83.2	1.53
17	10000017	10000017	1.38	45	04.0	90.3	68.8	1.31
18	10000018	10000018	1.07	30	03.5	139.5	93.5	1.49
19	10000019	10000019	0.81	40	03.5	127.5	87.6	1.46
20	10000020	10000020	1.44	40	03.5	86.0	58.9	1.46

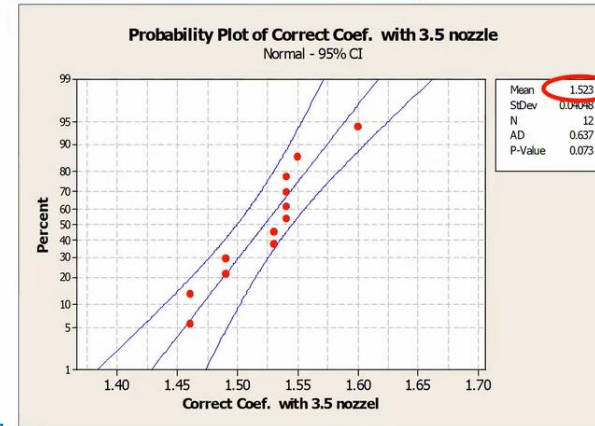
2.Data Analysis



Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	2.4807	0.1156	21.46	0.000
Fill Time	-0.03739	0.03795	-0.99	0.339
Cylinder Diameter	0.000814	0.002288	0.36	0.727
Nozzel Diameter	-0.27079	0.03635	-7.45	0.000

S = 0.0555690 R-Sq = 84.3% R-Sq(adj) = 81.4%

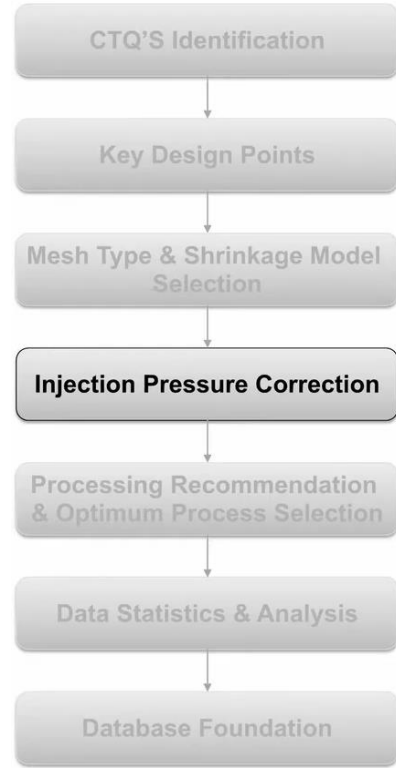
3.Define Correction Coefficient



4. 결론

- ① 보정 계수는 노즐 크기와 관련이 있음
- ② 보정 계수는 재료 PBT pocan B1305 일 때 적용되며 $\varnothing 3.5$ 노즐이 있는 Stator housing의 경우 약 1.52임
- ③ 정확한 계수는 노즐 직경, 재질 등에 따라 달라짐

Moldflow Database 구축 절차



Method2: change the value of coefficient D1 in WLF Model

1. Cross-WLF viscosity model

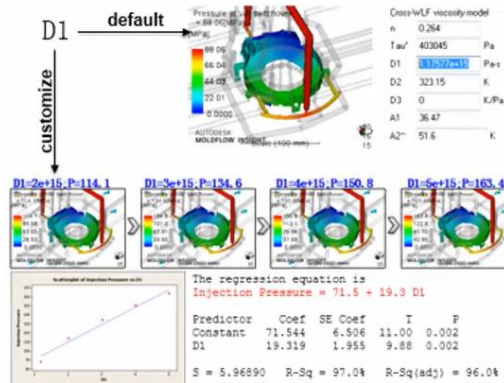
$$\eta = \frac{\eta_0}{1 + \left(\frac{\eta_0 \dot{\gamma}}{\tau^*}\right)^{1-n}} \quad \eta_0 = D_1 \exp\left[-\frac{A_1(T - T^*)}{A_2 + (T - T^*)}\right]$$

The zero shear viscosity is given by the equation:
where

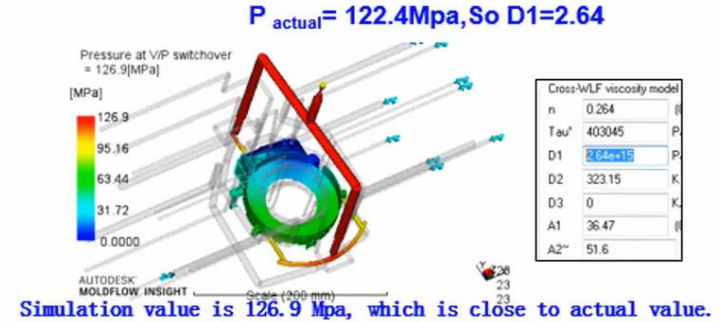
- T is the temperature (K)
- T^* is the glass transition temperature, determined by curve fitting,
- $A_2 = A_3 + D_3 p$
- p is the pressure (Pa), and where
- D_1 , A_1 , A_3 , and D_3 are data-fitted coefficients.

The glass transition temperature is given by the equation: $T^* = D_2 + D_3 p$
where D_2 is a data-fitted coefficient.

2. Find out the relationship Injection Pressure VS D1

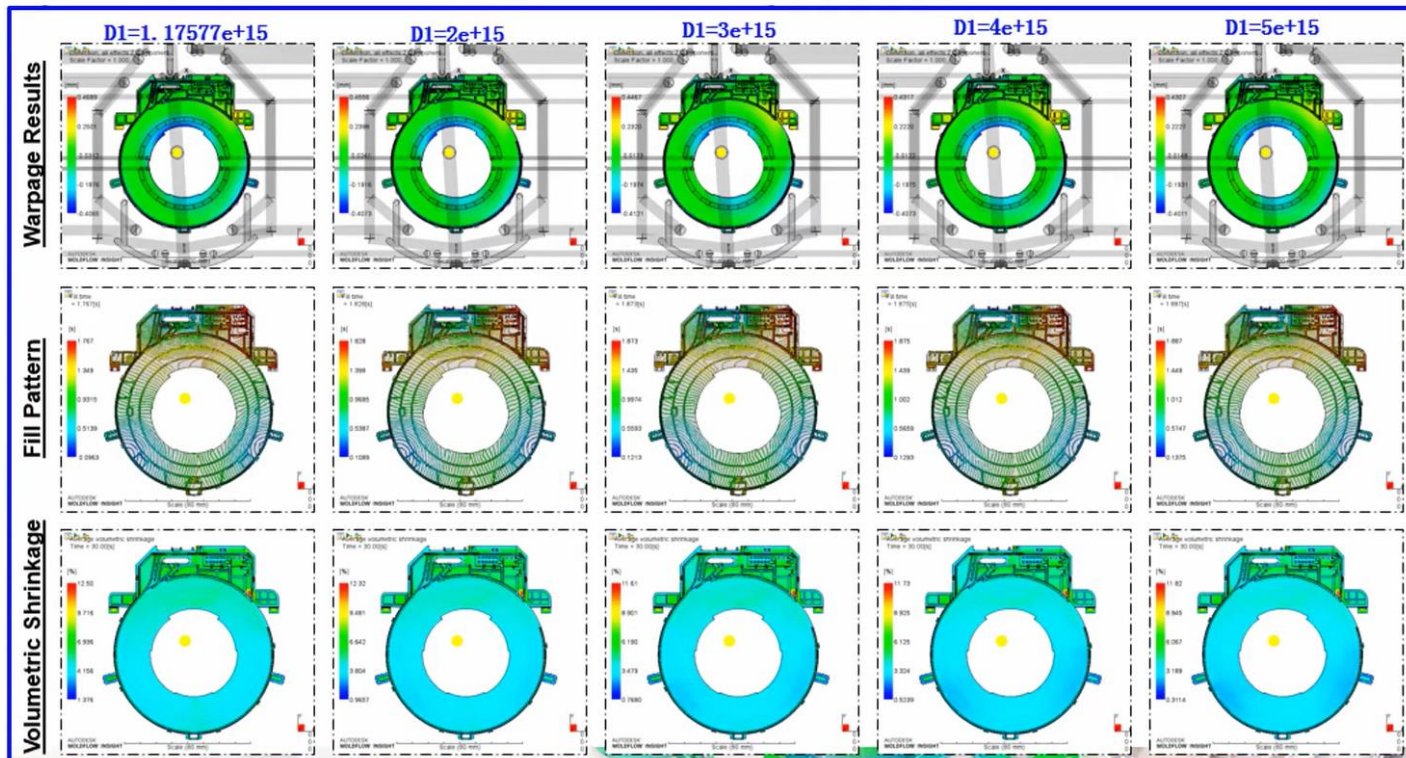
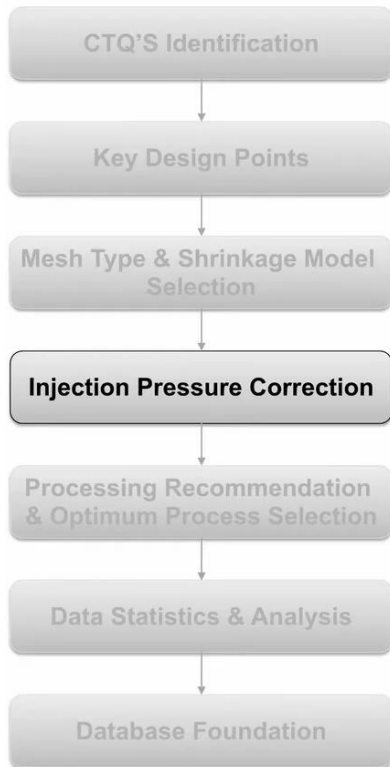


3. D1 Calculation



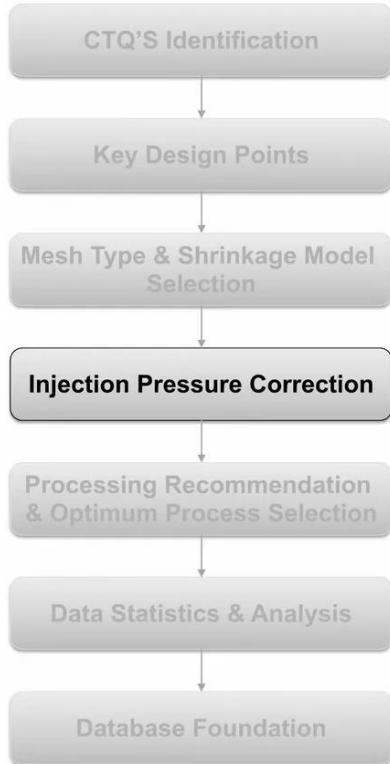
Moldflow Database 구축 절차

Method2: change the value of coefficient D1 in WLF Model



Moldflow Database 구축 절차

Method2: change the value of coefficient D1 in WLF Model



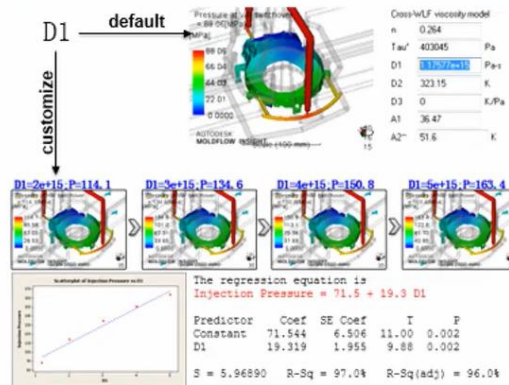
1. Cross-WLF viscosity model

$$\eta = \frac{\eta_0}{1 + \left(\frac{\eta_0 \dot{\gamma}}{\tau^*}\right)^{1-n}} \quad \eta_0 = D_1 \exp\left[-\frac{A_1(T-T^*)}{A_2 + (T-T^*)}\right]$$

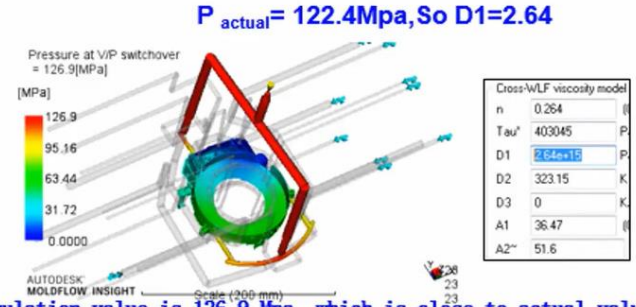
The zero shear viscosity is given by the equation:
where

- T is the temperature (K)
 - T^* is the glass transition temperature, determined by curve fitting,
 - $A_2 = A_3 + D_3 p$
 - p is the pressure (Pa), and where
 - D_1 , A_1 , A_3 , and D_3 are data-fitted coefficients.
- The glass transition temperature is given by the equation: $T^* = D_2 + D_3 p$
where D_2 is a data-fitted coefficient.

2. Find out the relationship Injection Pressure VS D1



3. D1 Calculation

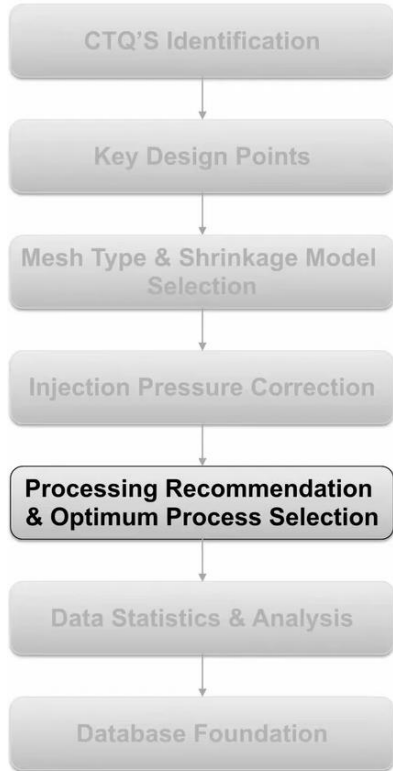


4. Define D1

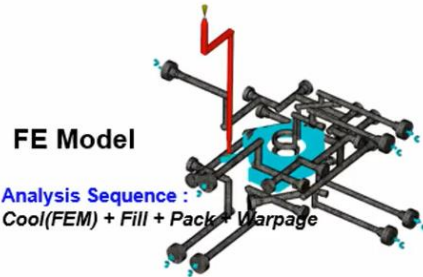
No	Part No.	Tool No.	Fill time	Cylinder diameter (mm)	Nozzle Size	Actual Peak Pressure (Mpa)	D1
1	100000015	200000000	1.35	30	3.5	153.3	2.58
2	100000015	200000000	0.76	30	3.5	146.6	2.41
3	100000015	200000000	1.75	40	3.5	117.4	2.66
4	100000015	200000000	1.86	40	3.5	120.8	2.39
5	100000015	200000000	1.34	30	3.5	128.8	2.61
6	100000015	200000000	1.39	30	3.5	95.0	2.56
7	100000015	200000000	1.01	40	3.5	162.0	2.52
8	100000015	200000000	1.16	30	3.5	162.5	2.64
9	100000015	200000000	1.14	30	3.5	126.9	2.71
10	100000015	200000000	1.07	30	3.5	139.5	2.67
11	100000015	200000000	0.81	40	3.5	127.5	2.48
12	100000015	200000000	1.44	40	3.5	86.0	2.55

$D1_{\text{average}} = 2.57$

Moldflow Database 구축 절차

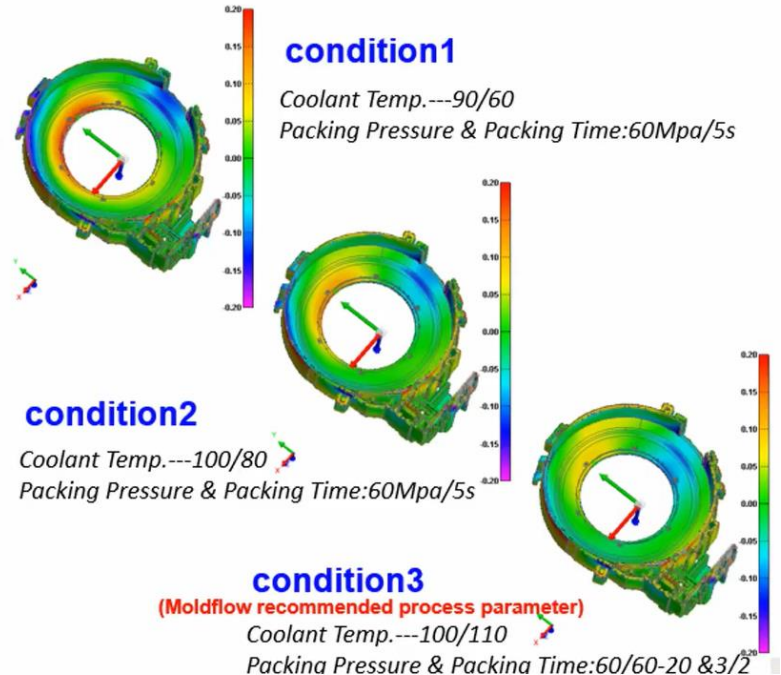


Process Parameter Recommendation

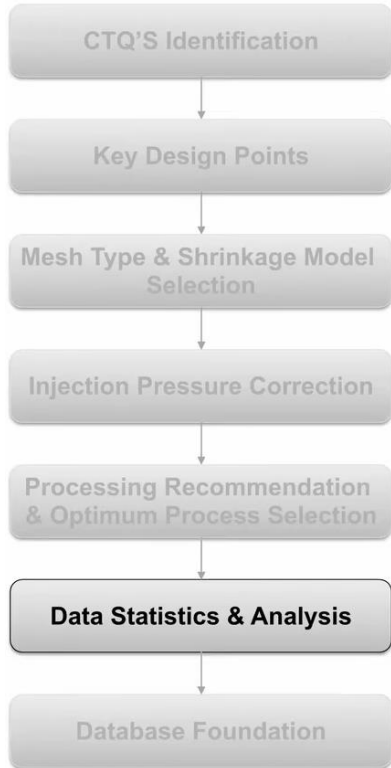


Part / Tool NO.	Material	Machine	Date	Prepared By
220511072 200051555	PBT Pocan B 1305	max. machine clamp force 150 T machine screw diameter Ø35 max. machine injection pressure 2200 Bar	2017.09.05	Liu Herong
Item	Simulation Results		Actual Application	
Filling Time(s)	0.9 (0.75~1.3)		Feedback from trial shot--- Optimum process parameter	
Injection Pressure at V/P (Mpa)	126.6			
Packing Pressure (Mpa)	60/60-20			
Packing Time (s)	3/2			
Clamp Force (ton)	66-43			
Melt Temp. (°C)	260(±10)			
Coolant Temp. (°C)	100/110(±10)			
Cooling Time (s)	12(±5)			
over view				
Cooling		Fill Pattern	warpage	

Find out the optimum process condition



Moldflow Database 구축 절차

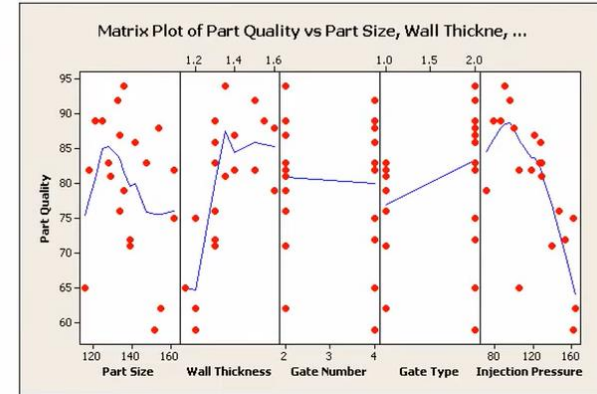


Find Out the Key Factors to Part Quality

Data Statistics

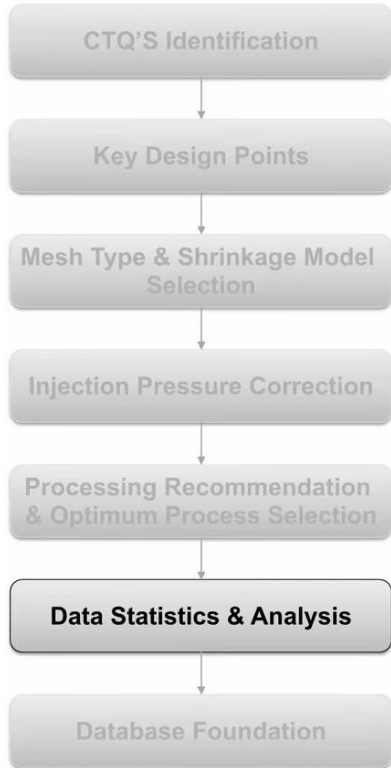
Part Size	Wall Thickness	Gate Number	Gate Type		Injection Pressure	Part Quality
			1:same side	2:different side		
139	1.30	4		2	153.3	72
136	1.60	2		1	70.6	79
155	1.20	2		1	164.1	62
148	1.30	4		2	129.1	83
134	1.30	2		1	146.6	76
162	1.40	4		2	117.4	82
121	1.30	4		2	78.8	89
134	1.40	2		2	120.8	87
129	1.35	2		1	128.8	81
116	1.15	4		2	104.7	65
133	1.50	4		2	95.2	92
162	1.20	4		2	162.0	75
154	1.60	4		2	99.8	88
118	1.50	2		1	104.9	82
152	1.20	4		2	162.5	59
128	1.30	2		1	126.9	83
136	1.35	2		2	90.3	94
139	1.30	2		1	139.5	71
142	1.30	4		2	127.5	86
125	1.55	2		2	86.3	89

Data Analysis

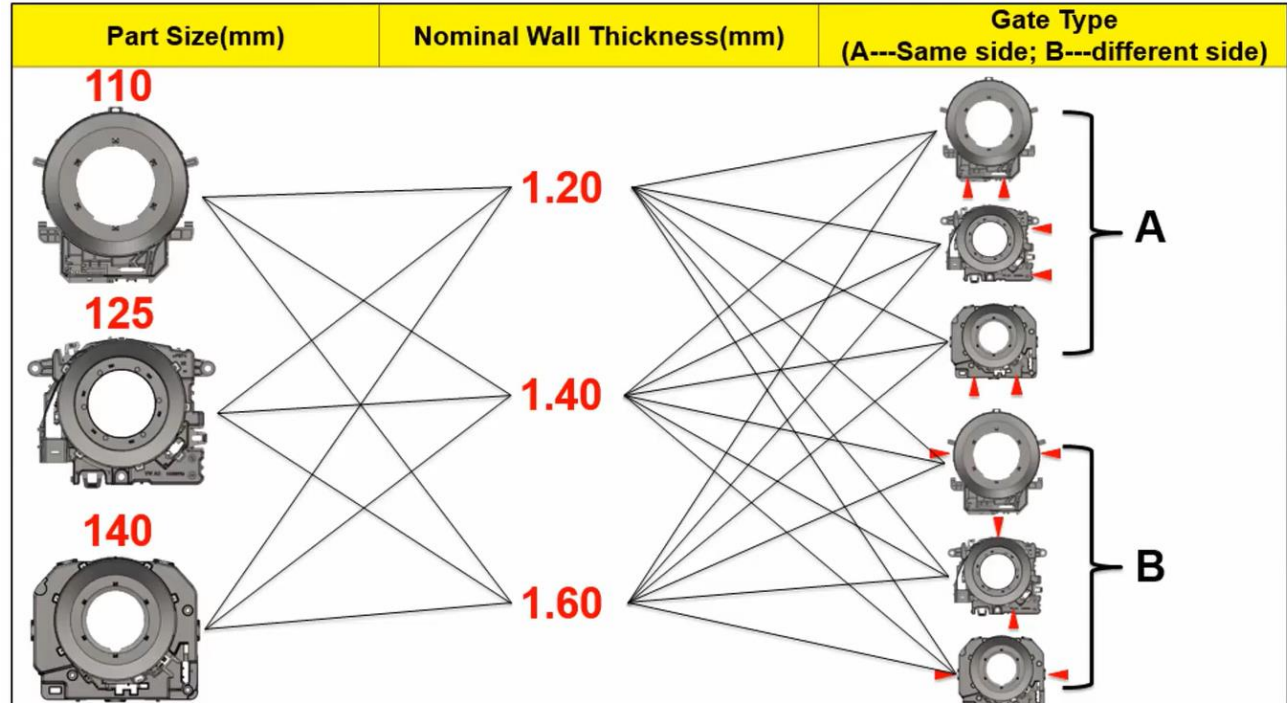


- ✓ Part Size: negative correlation with part quality.
- ✓ Wall Thickness: positive correlation with part quality.
- ✓ Gate Number: no correlation.
- ✓ Gate Type: positive correlation.
- ✓ Injection Pressure: strongly negative correlation.

Moldflow Database 구축 절차

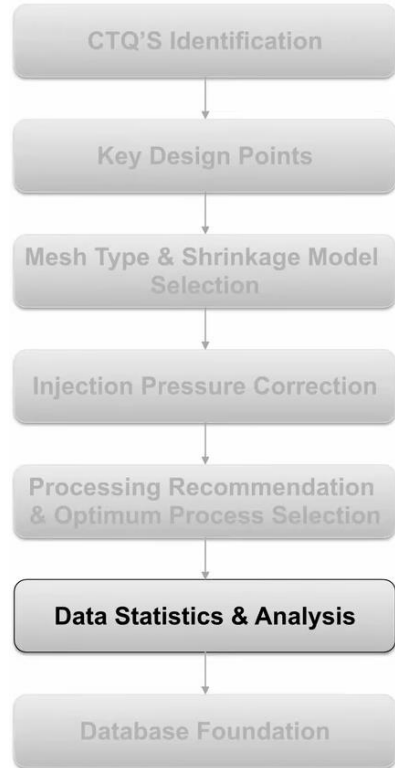


Experiment Scheme



Moldflow Database 구축 절차

DOE Design & Response



DOE Design

Factor	Name	Type	Levels	Level Values		
A	Gate Type	Text	2	A	B	
B	Part Size	Numeric	3	110	125	140
C	Wall Thickne	Numeric	3	1.2	1.4	1.6

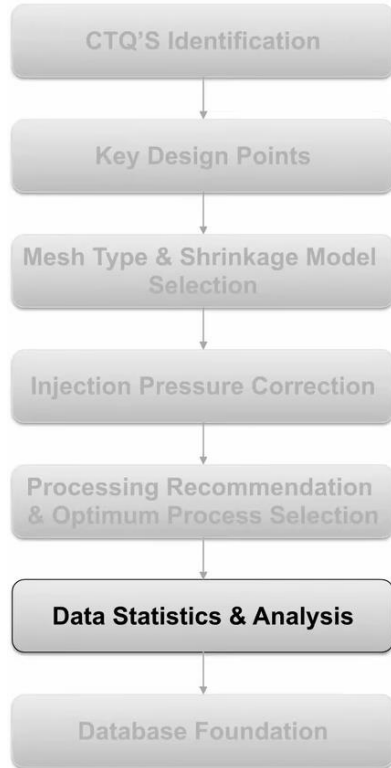
DOE Response

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Gate Type	Part Size	Wall Thickness
5	1	1	1	A	125	1.4
9	2	1	1	A	140	1.6
12	3	1	1	B	110	1.6
7	4	1	1	A	140	1.2
11	5	1	1	B	110	1.4
3	6	1	1	A	110	1.6
15	7	1	1	B	125	1.6
16	8	1	1	B	140	1.2
6	9	1	1	A	125	1.6
2	10	1	1	A	110	1.4
18	11	1	1	B	140	1.6
10	12	1	1	B	110	1.2
1	13	1	1	A	110	1.2
17	14	1	1	B	140	1.4
4	15	1	1	A	125	1.2
8	16	1	1	A	140	1.4
14	17	1	1	B	125	1.4
13	18	1	1	B	125	1.2

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Gate Type	Part Size	Wall Thickness	Injection Pressure	Part Quality
5	1	1	1	A	125	1.4	131.8	78
9	2	1	1	A	140	1.6	152.4	85
12	3	1	1	B	110	1.6	105.3	92
7	4	1	1	A	140	1.2	189.8	51
11	5	1	1	B	110	1.4	116.3	86
3	6	1	1	A	110	1.6	92.6	88
15	7	1	1	B	125	1.6	101.4	91
16	8	1	1	B	140	1.2	165.8	57
6	9	1	1	A	125	1.6	121.5	84
2	10	1	1	A	110	1.4	122.4	83
18	11	1	1	B	140	1.6	120.1	88
10	12	1	1	B	110	1.2	132.8	76
1	13	1	1	A	110	1.2	159.9	72
17	14	1	1	B	140	1.4	134.7	78
4	15	1	1	A	125	1.2	172.1	68
8	16	1	1	A	140	1.4	165.2	77
14	17	1	1	B	125	1.4	120.7	86
13	18	1	1	B	125	1.2	143.2	73

Moldflow Database 구축 절차

DOE Analysis



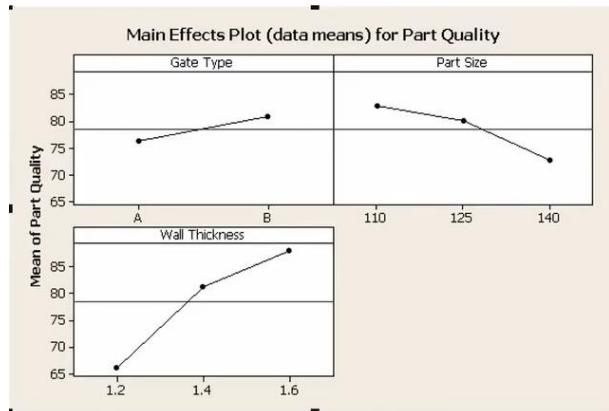
General Linear Model: Part Quality versus Gate Type, Part Size, Wall Thickness

Factor	Type	Levels	Values
Gate Type	fixed	2	A, B
Part Size	fixed	3	110, 125, 140
Wall Thickness	fixed	3	1.2, 1.4, 1.6

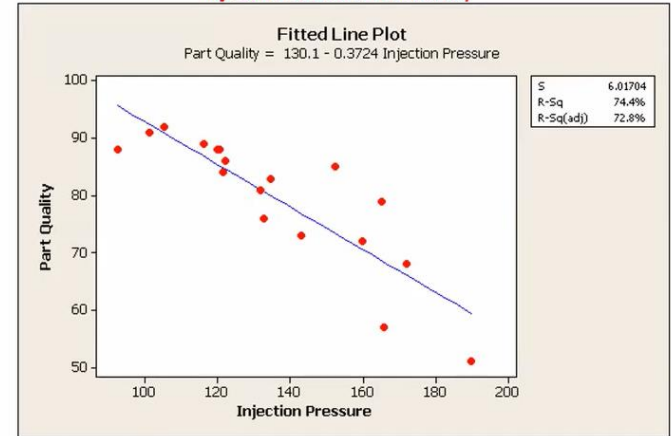
S = 9.25941 R-Sq = 97.18% R-Sq(adj) = 88.01%

Analysis of Variance for Part Quality, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Gate Type	1	93.39	93.39	93.39	45.43	0.003
Part Size	2	330.33	330.33	165.17	80.35	0.001
Wall Thickness	2	1502.33	1502.33	751.17	365.43	0.000
Gate Type*Part Size	2	10.11	10.11	5.06	2.46	0.201
Gate Type*Wall Thickness	2	0.78	0.78	0.39	0.19	0.835
Part Size*Wall Thickness	4	189.33	189.33	47.33	23.03	0.055
Error	4	8.22	8.22	2.06		
Total	17	2134.50				



Injection Pressure VS Part Quality



4. 결론

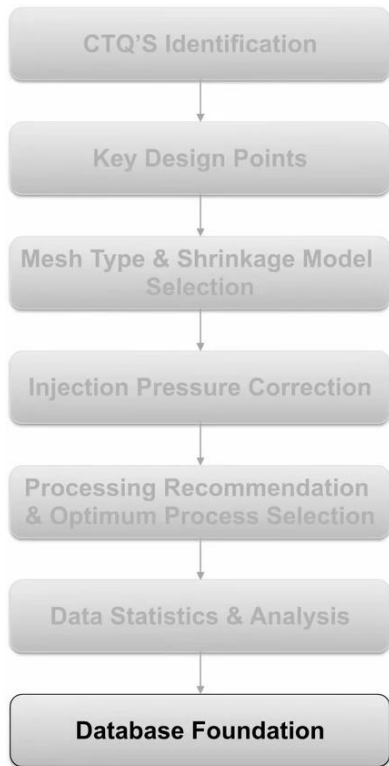
- ① 세가지 팩터가 모두 제품 품질에 민감함
- ② 사출압은 제품품질과 음의 상관관계를 가짐
- ③ 제품 품질을 만족하기 위한 조건

Wall thickness \geq 1.3 mm

Part size \leq 135 mm

Injection pressure \leq 130 MPa

Moldflow Database 구축 절차



Database Foundation

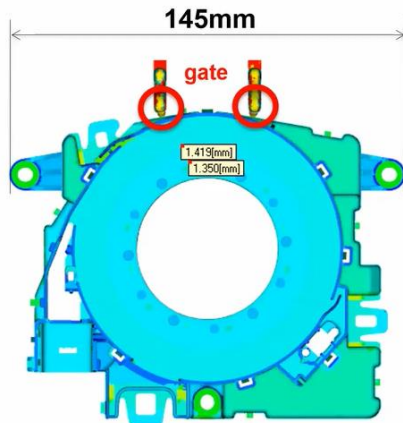
Find out the relationship between X & Y;

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots) = Y$$

Quality Estimation For Stator Housing					
	Part Size	Wall Thickness	Gate Type	Injection Pressure	Part Quality
Stator Housing	106	1.3	A	130.12	77.102
Remark: Injection Pressure_A = 142 - 129 Wall Thickness + 1.47 Part Size(mm) Injection Pressure_B = 169 - 95.8 Wall Thickness + 0.736 Part Size(mm) Part Quality_A = 40.9 - 0.333 Part Size(mm) + 55.0 Wall Thickness Part Quality_B = 48.0 - 0.344 Part Size(mm) + 54.2 Wall Thickness				Risk Rank Low (P≤135Mpa, Q≥80) Medium(135<P<165; 70<Q<80) High (P>165, Q<70)	

Case Study : 변형 제품 개선

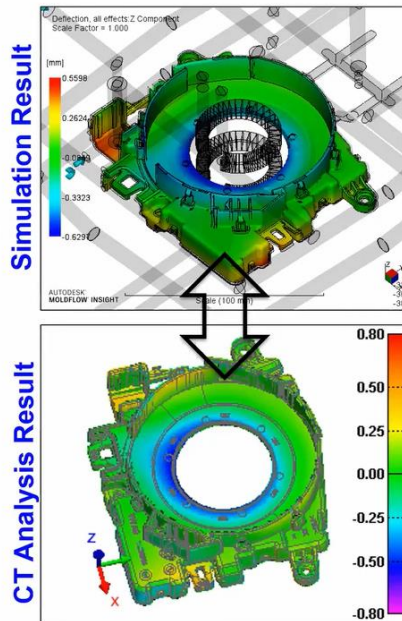
Quality Estimation



Quality Estimation For Stator Housing				
Part Size	Wall Thickness	Gate Type	Injection Pressure	Part Quality
145	1.42	A	171.97	70.71

Preliminarily Judge : **not good**

Simulation VS CT Analysis

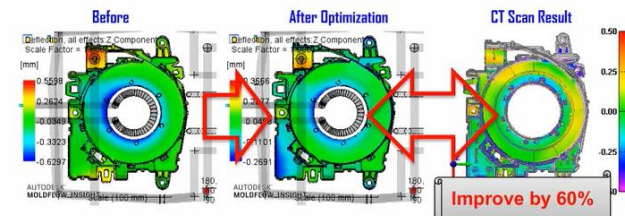


It is highly close between simulation and actual.

Improvement Measure

- Interim Solution
Process Optimization

Mold temperature: 90/60 → 110/120;
Using packing profile: 60Mpa/60Mpa-5Mpa & 3s/3s



- Long Term Solution: change gate location

Quality Estimation For Stator Housing				
Part Size	Wall Thickness	Gate Type	Injection Pressure	Part Quality
145	1.42	B	139.68	83.60



Conclusion

- Moldflow database를 사용하면
 - 부품 설계 단계에서 해석을 진행하기 전에 품질을 평가할 수 있습니다.
 - 게이트의 위치를 빠르게 정하고, 해석 시간을 감소할 수 있습니다.
 - Moldflow Database & Process 권장 사항을 기반으로 트레일 시간을 감소할 수 있습니다.
 - 개발 사이클 시간과 트레일 시간을 감소할 수 있습니다.

- 일부 제한 조건
 - 유사한 제품군에는 적합하지만 다른 제품에는 적합하지 않습니다.
 - 데이터 수집 및 분석에 많은 시간을 투자해야 합니다.

- 실제 성형과 Moldflow 해석을 매칭하여 DB를 만들면 신제품 개발에 도움을 줄 수 있습니다.
- Reverse Warp Workflows – Theory vs. Reality
 - 설계 최적화 및 성형 조건 최적화를 진행하였고, 표준화를 진행하였습니다.
 - 재료의 특징에 따라 적용 방법을 달리 진행하였습니다.
- The New Idea of Foundation for Moldflow Database
 - 실제 & 해석 결과를 종합한 회사 내 데이터베이스를 만들어 향후 개발에 적용하였습니다.
 - 데이터베이스 생성에는 시간이 들지만 제품 개발을 빠르게 진행할 수 있습니다.



본 문서는 (주)디앤씨에서 Autodesk Moldflow Summit 2021 행사를 위해 작성한 문서로 포함된 정보의 전부 또는 일부를 무단으로 제3자에게 제공, 공개, 배포, 복사 또는 사용하는 것은 금지되며, 경우에 따라 민, 형사상 책임을 질 수 있습니다.

Moldflow Summit 2021(2021.01.26)

더 스마트하게 Moldflow하기 위한 해석 자동화 METK V3 배포

(주)이디앤씨 이재훈 과장 / jh.lee@ednc.com

Autodesk Application Engineer

주최  후원  AUTODESK.

Welcome & Agenda

- 1. METK (Moldflow easy toolkit)란?
- 2. 기능 설명 & 사용방법
- 3. 사용 조건 & 다운로드 방법



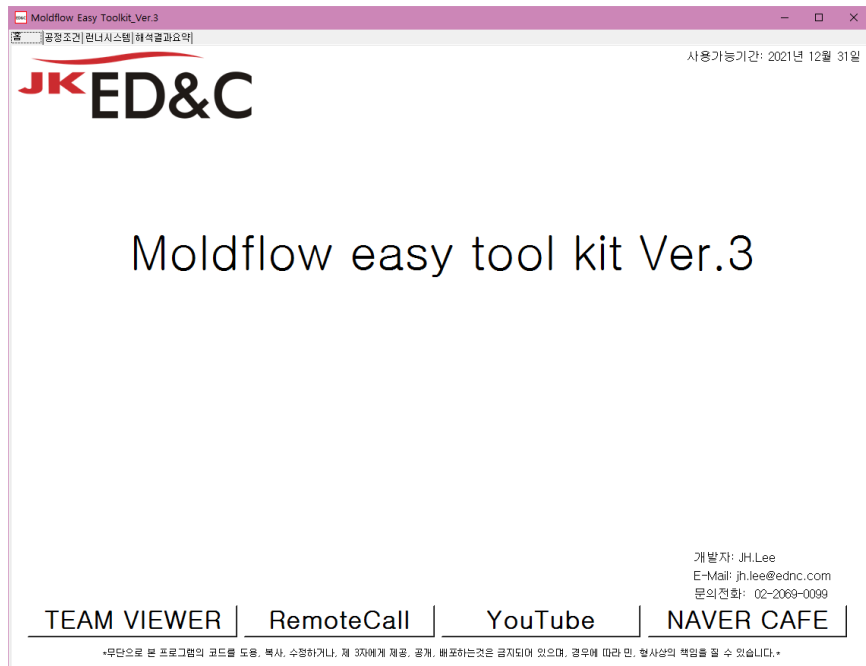
1. METK (Moldflow easy toolkit)란?

METK 개발 배경

- Moldflow 사용 User의 편의와 유지보수 고객 지원 목적
- 열가소성 수지 사출성형(Thermoplastics injection molding)해석에 맞춰 제작된 Toolkit
- 공정조건입력, Runner system 작성, 결과요약 & 비교를 좀더 쉽게
- 공정조건의 경우 일반적인 시간으로 진행하는 해석부터, 유량, 다단사출(절대값 & 상대값)입력을 좀더 쉽고 빠르게 하기위해 보다 쉬운 UI를 통해 구현
- 조건에 따른 해석을 진행 할 때 시간이 오래 걸리는 복사, 조건변경 단계의 단일화
- Runner system의 경우 3단 Pinpoint Runner system을 Cold와 Hot 모두 구현, 3단만 구현되어 있지만 유연한 사용을 통한 시간단축을 기대
- Analysis Result View기능의 경우 최대 10개의 해석결과를 주요 해석 값을 표에 표현해 줌으로서 좀더 쉽게 비교 가능

2. 기능설명 & 사용방법

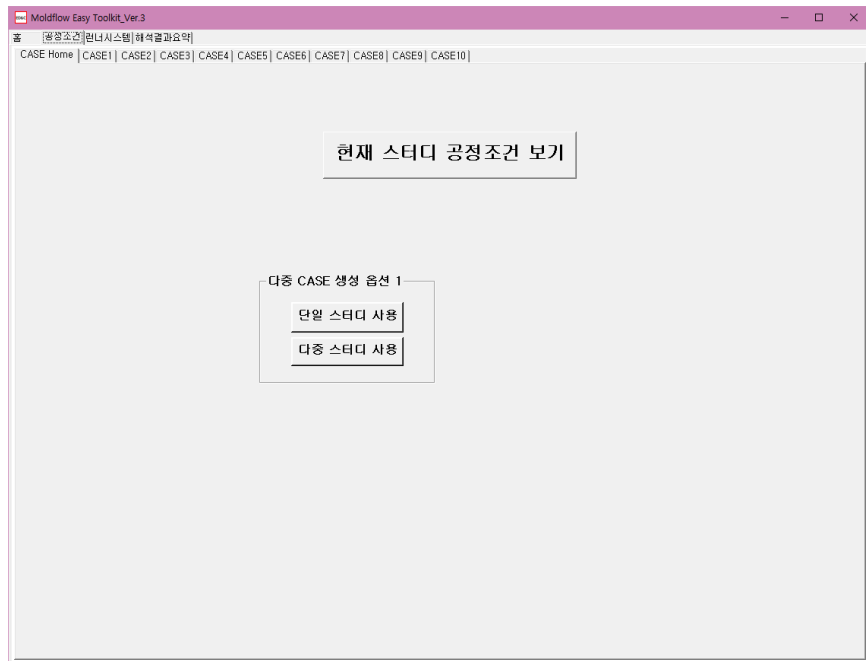
홈 탭



- 홈, 공정조건, 런너시스템, 해석결과요약, 4개의 탭으로 구성됨
- 홈 탭은 고객지원을 위한 링크버튼 위치
- 원격지원을 위한 팀뷰어와 리모트콜 링크
- ED&C 유튜브 채널과 네이버 카페 링크

2. 기능설명 & 사용방법

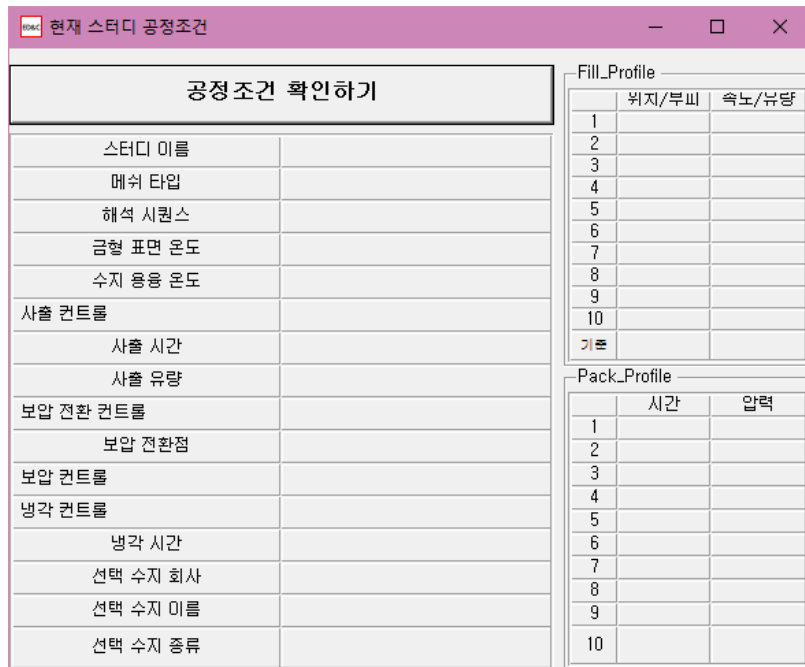
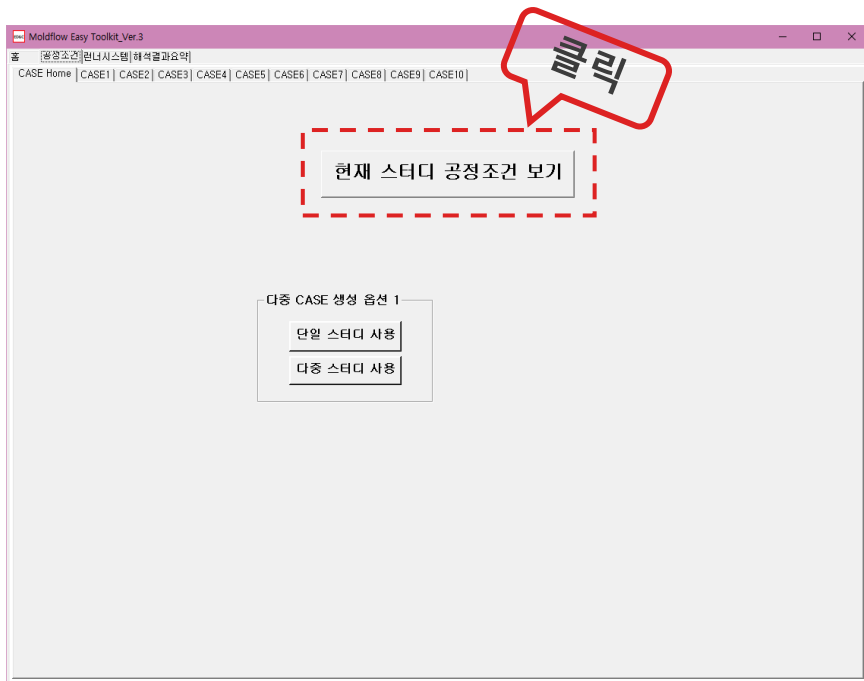
공정조건 탭



- 공정조건 탭에는 CASE Home 탭을 시작으로 CASE10 탭 까지 케이스별 탭이 존재
- 현재 Moldflow에 활성화 되어있는 Study의 공정조건 확인 가능
"현재 스터디 공정조건 보기" 클릭
- 공정조건의 CASE별 study 생성을 위한 옵션을 사용 가능

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - “현재 스터디 공정조건 보기” 기능



2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - “현재 스터디 공정조건 보기” 기능

The screenshot shows a software window titled "현재 스터디 공정조건" (Current Study Process Conditions). The main area is titled "공정조건 확인하기" (Check Process Conditions) and contains a table for inputting study details. To the right, there are two smaller tables: "Fill_Profile" and "Pack_Profile".

공정조건 확인하기	
스터디 이름	
메쉬 타입	
해석 시퀀스	
금형 표면 온도	
수지 용융 온도	
사출 컨트롤	
사출 시간	
사출 유량	
보압 전환 컨트롤	
보압 전환점	
보압 컨트롤	
냉각 컨트롤	
냉각 시간	
선택 수지 회사	
선택 수지 이름	
선택 수지 종류	

Fill_Profile		
	위치/부피	속도/유량
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
기준		

Pack_Profile		
	시간	압력
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

- CASE Home 탭의 “현재 스터디 공정조건 확인하기” 버튼을 누르면 다음과 같은 별도의 창이 팝업 됨.
- 확인하고자 하는 스터디를 Moldflow에서 활성화 한 뒤 “공정조건 확인하기” 버튼을 누르면 현재 활성화된 스터디의 공정조건이 해당 팝업창에 표시 됨.
- 일반 열가소성 수지 사출성형 공정의 공정조건만 정상적으로 표시 됨.

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - “현재 스터디 공정조건 보기” 기능 / 조건: 사출시간 사용

1_study-1

AUTODESK MOLDFLOW INSIGHT Scale (30 mm)

Ready Logs

클릭
공정조건 확인하기

스터디 이름	1_study_1.sdy
메쉬 타입	3D
해석 시퀀스	Fill + Pack + Warp
금형 표면 온도	50 °C
수지 용융 온도	220 °C
사출 컨트롤	사출시간
사출 시간	1 s
사출 유량	-
보압 전환 컨트롤	%충전부피
보압 전환점	99 %
보압 컨트롤	절대압력 vs. 시간
냉각 컨트롤	지정시간
냉각 시간	20
선택 수지 회사	Generic Default
선택 수지 이름	Generic PP
선택 수지 종류	PP

Fill_Profile

	위치/부피	속도/유량
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
기본		

Pack_Profile

	시간	압력
1	0s	20MPa
2	10s	20MPa
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

© EDNC Autodesk Moldflow Summit 2021

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - “현재 스터디 공정조건 보기” 기능 / 조건: 램 속도 vs 램 위치

Process Settings Wizard - Fill+Pack Settings - Page 1 of 2

Mold surface temperature: 60 C
Melt temperature: 235 C

Filling control: Absolute ram speed profile by Ram speed vs ram position

Velocity/pressure switch-over: By ram position at

Pack/holding control: %Filling pressure vs time

Cooling time: Specified

Pack/Holding Control Profile Settings

Duration s [0:300]	%Filling pressure % [0:200]
1	0 80
2	10 80
3	
4	

Filling Control Profile Settings

Ram speed vs ram position

	Ram position mm [0:5000]	Ram speed mm/s [0:5000]
1	100	20
2	90	20
3	90	10
4	85	10
5	85	35
6	45	35
7	45	25
8	25	25
9		

Starting ram position: 100 mm [0]
Cushion warning limit: 5 mm [0]

현재 스터디 공정조건

공정조건 확인하기

스터디 이름	dustpan_1case.sdy
메쉬 타입	3D
해석 시퀀스	Fill + Pack + Warp
금형 표면 온도	60 °C
수지 용융 온도	235 °C
사출 컨트롤	절대 속도 / 램속도 vs. 램위치
사출 시간	-
사출 유량	-
보압 전환 컨트롤	램 위치
보압 전환점	25 mm
보압 컨트롤	%출전부피 vs. 시간
냉각 컨트롤	지정시간
냉각 시간	20
선택 수지 회사	Generic Default
선택 수지 이름	Generic PP
선택 수지 종류	PP

Fill_Profile

	위치/부피	속도/유량
1	100	20
2	90	20
3	90	10
4	85	10
5	85	35
6	45	35
7	45	25
8	25	25
9		
10		
기본	계량위치	100

Pack_Profile

	시간	압력
1	0s	80%
2	10s	80%
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - “현재 스터디 공정조건 보기” 기능 / 조건: %사출유량 vs %사출볼륨

Process Settings Wizard - Fill+Pack Settings - Page 1 of 2

Mold surface temperature: 60 C
Melt temperature: 235 C

Filling control: Relative ram speed profile by %Flow rate vs %shot volume

Velocity/pressure switch-over: By %volume filled at

Pack/holding control: Packing pressure vs time

Cooling time

Pack/Holding Control Profile Settings

	Duration s [0:3600]	Packing pressure MPa [0:500]
1	0	35
2	5	35
3	0	15
4	5	15

Buttons: 확인, 취소, 도움말

Filling Control Profile Settings

%Flow rate vs %shot volume

	%Shot volume % [0:100]	%Flow rate % [0:100]
1	0	30
2	10	30
3	10	10
4	30	10
5	30	85
6	60	85
7	60	60
8	100	60
9		

Buttons: Import Profile..., Plot Profile..., 확인, 취소, 도움말

현재 스터디 공정조건

공정조건 확인하기

스터디 이름	dustpan_1case.sdy
메쉬 타입	3D
해석 시퀀스	Fill + Pack + Warp
금형 표면 온도	60 °C
수지 용융 온도	235 °C
사출 컨트롤	상대 속도 / %유량 vs. %부피
사출 시간	-
사출 유량	-
보압 전환 컨트롤	%총전부피
보압 전환점	25 %
보압 컨트롤	절대압력 vs. 시간
냉각 컨트롤	지정시간
냉각 시간	20
선택 수치 회사	Generic Default
선택 수치 이름	Generic PP
선택 수치 종류	PP

Fill_Profile

	위치/부피	속도/유량
1	0%	30%
2	10%	30%
3	10%	10%
4	30%	10%
5	30%	85%
6	60%	85%
7	60%	60%
8	100%	60%
9		
10		

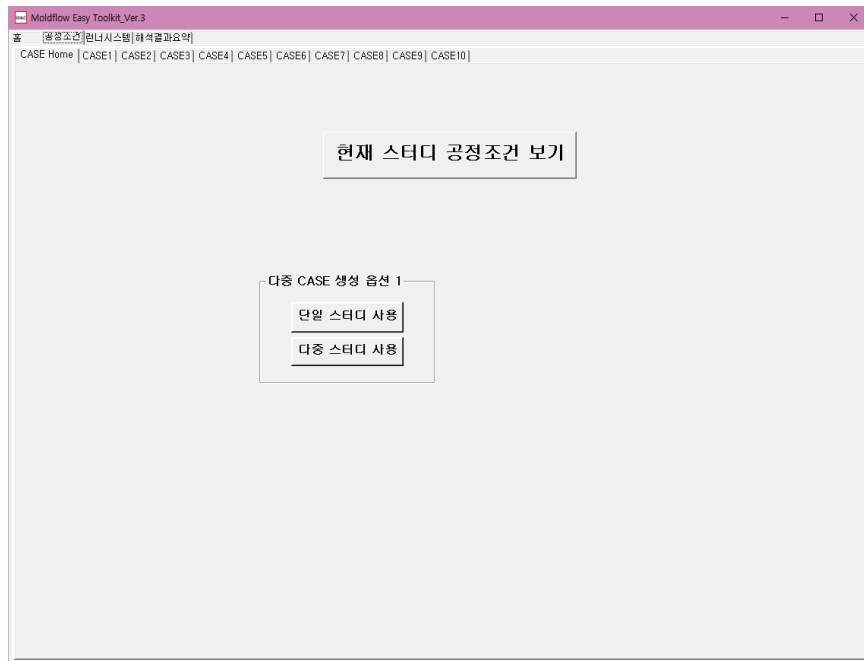
기준 사출시간: 2s

Pack_Profile

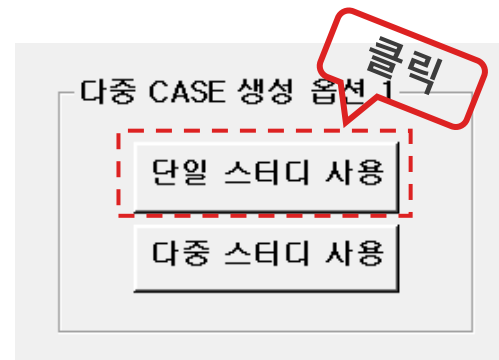
	시간	압력
1	0s	35MPa
2	5s	35MPa
3	0s	15MPa
4	5s	15MPa
5		
6		
7		
8		
9		
10		

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭



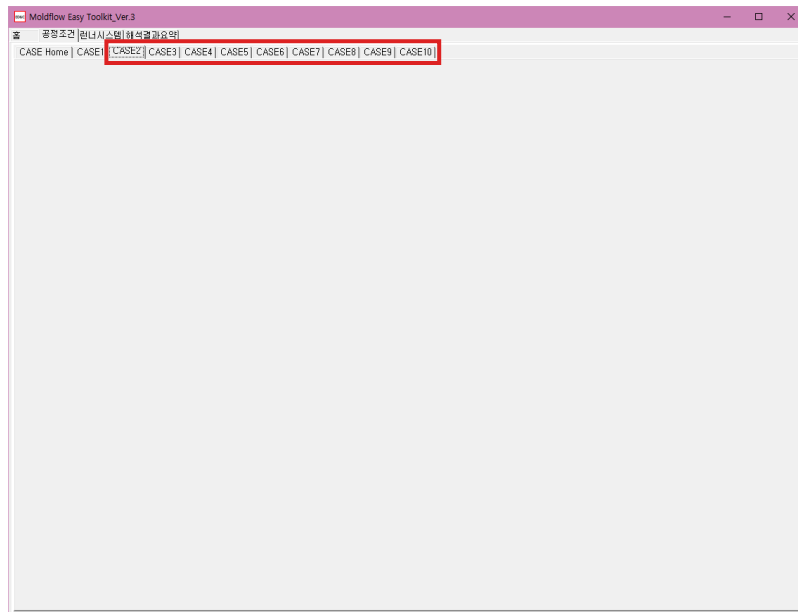
- 하나의 스터디에 대한 공정조건을 변경하고 싶은 경우 "단일 스터디 사용" 클릭



2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭

- “단일 스터디 사용” 클릭한 경우
“CASE1” 탭만 활성화 나머지는 비활성화



2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - 각 CASE 화면

- 최대 8개의 경우에 따른 화면 표시 변경(사출 & 보압 조건설정에 따름)
- 사출: 시간, 유량, 다단사출 절대, 다단사출 상대
- 보압: %최대사출압력vs시간, 보압압력vs시간

사출인도	사출시간	보압인도	보압압력vs시간			
4단	3단	2단	1단	단기	단위	사용 여부
				속도		
				위치		
계열 위치	mm	사출 시간	mm			
보압현상	Volume(%)	상대 시간				
3단	2단	1단	단기	보압 조건		전체 적용
			압력(MPa)	시간		
압력 온도	℃					
유기 분율	℃					

사출인도	사출시간	보압인도	보압 압력vs시간			
4단	3단	2단	1단	단기	단위	사용 여부
				속도		
				위치		
계열 위치	mm	사출 시간	mm			
보압현상	Volume(%)	상대 시간				
3단	2단	1단	단기	보압 조건		전체 적용
			압력(MPa)	시간		
압력 온도	℃					
유기 분율	℃					

사출인도	유량	보압인도	보압 압력vs시간			
4단	3단	2단	1단	단기	단위	사용 여부
				속도		
				위치		
계열 위치	mm	사출 압력	MPa			
보압현상	Volume(%)	상대 시간				
3단	2단	1단	단기	보압 조건		전체 적용
			압력(MPa)	시간		
압력 온도	℃					
유기 분율	℃					

사출인도	유량	보압인도	보압 압력vs시간			
4단	3단	2단	1단	단기	단위	사용 여부
				속도		
				위치		
계열 위치	mm	사출 압력	MPa			
보압현상	Volume(%)	상대 시간				
3단	2단	1단	단기	보압 조건		전체 적용
			압력(MPa)	시간		
압력 온도	℃					
유기 분율	℃					

사출인도	다단사출 / 보압 (sys용량)	보압인도	보압 압력vs시간			
4단	3단	2단	1단	단기	단위	사용 여부
				속도	mm/s	
				위치	mm	
계열 위치	mm	사출 시간	mm			
보압현상	mm	상대 시간				
3단	2단	1단	단기	보압 조건		전체 적용
			압력(MPa)	시간		
압력 온도	℃					
유기 분율	℃					

사출인도	다단사출 / 보압 (sys용량)	보압인도	보압 압력vs시간			
4단	3단	2단	1단	단기	단위	사용 여부
				속도	mm/s	
				위치	mm	
계열 위치	mm	사출 시간	mm			
보압현상	mm	상대 시간				
3단	2단	1단	단기	보압 조건		전체 적용
			압력(MPa)	시간		
압력 온도	℃					
유기 분율	℃					

사출인도	다단사출 / 보압 (sys용량)	보압인도	보압 압력vs시간			
4단	3단	2단	1단	단기	단위	사용 여부
				속도	%	
				위치	%	
계열 위치	mm	사출 시간	mm			
보압현상	Volume(%)	상대 시간				
3단	2단	1단	단기	보압 조건		전체 적용
			압력(MPa)	시간		
압력 온도	℃					
유기 분율	℃					

사출인도	다단사출 / 보압 (sys용량)	보압인도	보압 압력vs시간			
4단	3단	2단	1단	단기	단위	사용 여부
				속도	%	
				위치	%	
계열 위치	mm	사출 시간	mm			
보압현상	Volume(%)	상대 시간				
3단	2단	1단	단기	보압 조건		전체 적용
			압력(MPa)	시간		
압력 온도	℃					
유기 분율	℃					

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - 각 CASE 화면

Moldflow Easy Toolkit_Ver.3

공정조건 [번머시스템] 해석결과요역

CASE Home | CASE1 | **CASE2** | CASE3 | CASE4 | CASE5 | CASE6 | CASE7 | CASE8 | CASE9 | CASE10

사출 컨트롤: 다단사출 / 램속도 vs 램위치 | 보압 컨트롤: 보압 압력vs시간

4단	3단	2단	1단	단계	단위	사출 조건
60	85	10	30	속도	mm/s	
100	60	30	10	위치	mm	

계량 위치: 100 mm | 사출 시간: s

보압 전환점: 25 mm | 냉각 시간: 20 s

3단	2단	1단	단계	보압 조건
		45	압력(MPa)	
		10	시간(s)	

금형 온도: 60 °C | 스크류직경: 135 mm

수지 온도: 235 °C

Mesh Type 선택: Mesh Type선택

금형 열팽창 고려 | 변형 원인 구분

코너 효과 고려 | Mesh Aggregation Option

전체 적용

Process Settings Wizard - Fill+Pack Settings - Page 1 of 2

Mold surface temperature: 235 C

Melt temperature: 60 C

Filling control: Relative ram speed profile by %Flow rate vs %shot volume

Velocity/pressure switch-over: By %volume filled at 25 % [0:100]

Pack/holding control: Packing pressure vs time

Cooling time: Specified of 20

Pack/Holding Control Profile Settings

Packing pressure vs time

	Duration s [0:3600]	Packing pressure MPa [0:500]
1	0	45
2	10	45
3		
4		

Import Profile... Plot Profile...

Filling Control Profile Settings

%Flow rate vs %shot volume

	%Shot volume % [0:100]	%Flow rate % [0:100]
1	0	30
2	10	30
3	10	10
4	30	10
5	30	85
6	60	85
7	60	60
8	100	60
9		

Import Profile... Plot Profile...

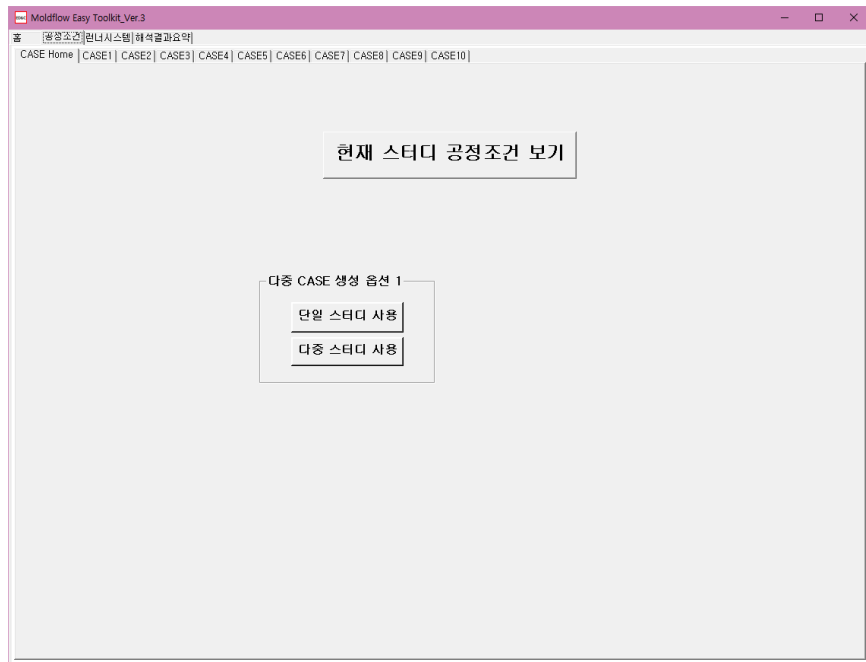
Reference: Nominal injection time of 2 s [0]

Stroke volume: Automatic

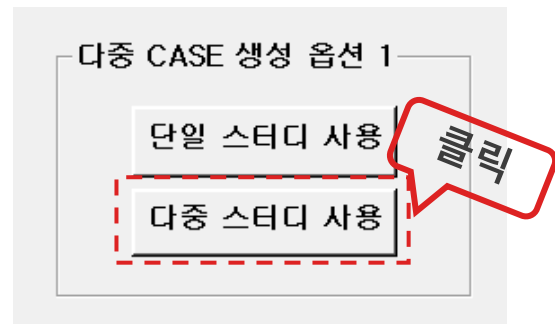
확인 취소 도움말

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - 다중 CASE 생성 옵션

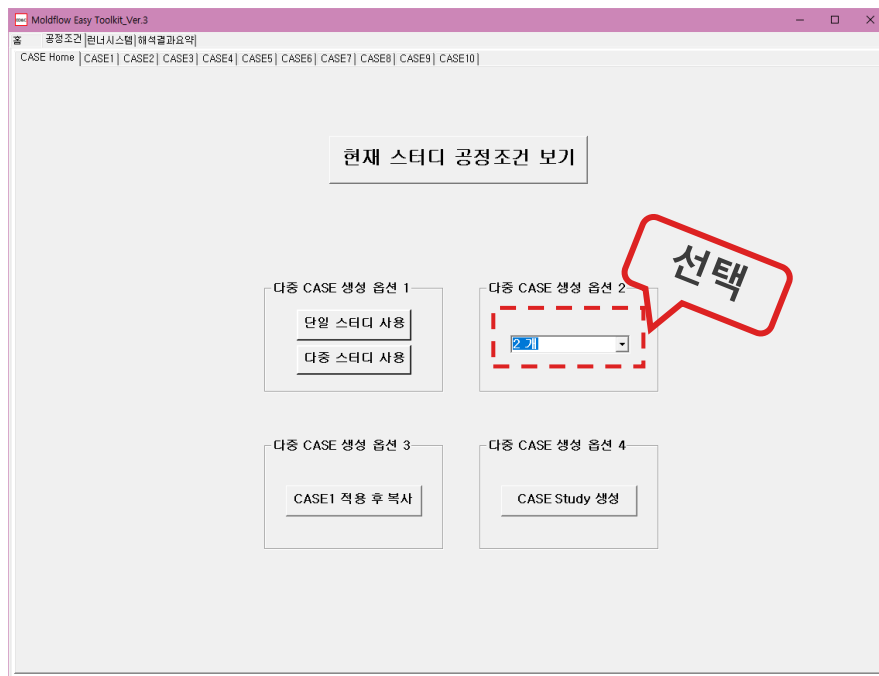


- 10개 이하의 다중 스터디에 대한 공정조건을 변경하고 복사하여 스터디를 만들고 싶은 경우 "다중 스터디 사용" 클릭



2. 기능설명 & 사용방법

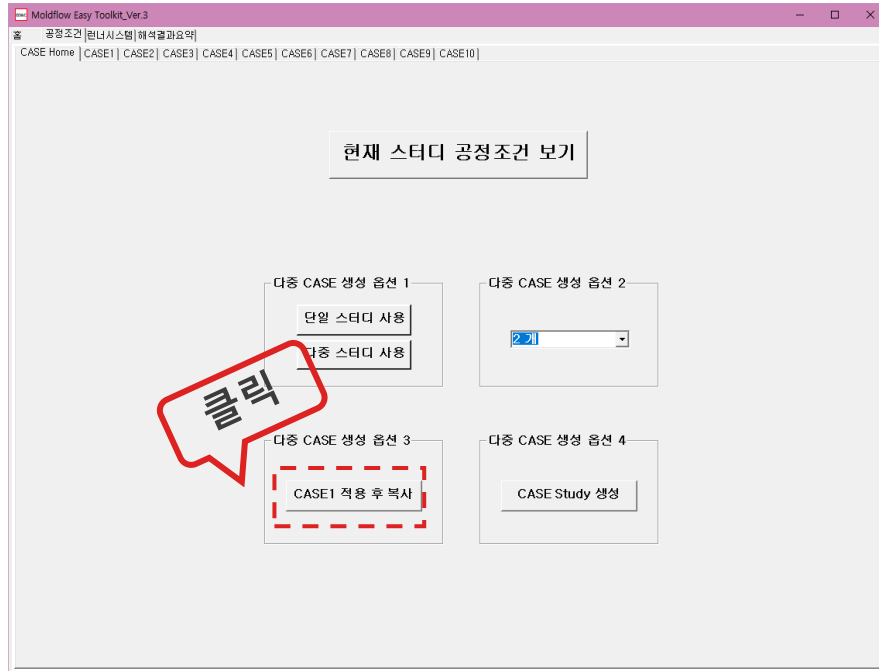
공정조건 탭 - 다중 CASE 생성 옵션



- 몇 개의 스터디를 만들 것인가?
"다중 CASE 생성 옵션 2"에서 만들고자 하는 스터디 개수 만큼 선택 (10개 이하)
- CASE1 탭에서 초기 공정조건 입력

2. 기능설명 & 사용방법

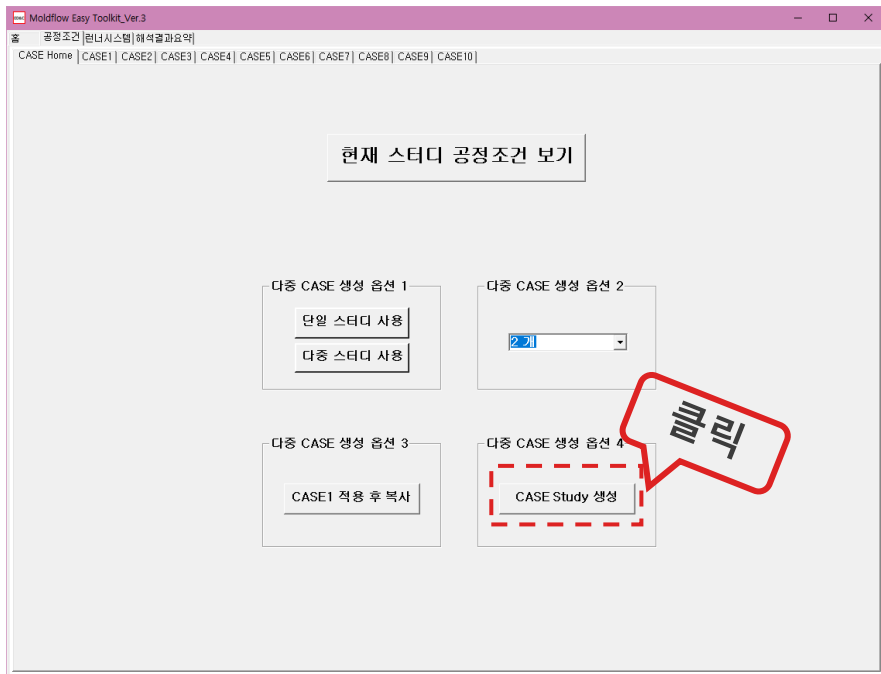
공정조건 탭 - 다중 CASE 생성 옵션



- 몇 개의 스터디를 만들 것인가?
"다중 CASE 생성 옵션 2"에서 만들고자 하는 스터디 개수 만큼 선택 (10개 이하)
- CASE1 탭에서 초기 공정조건 입력
- "다중 CASE 생성 옵션 3"에서 "CASE1 적용 후 복사" 버튼을 눌러 만들고자 하는 스터디 개수 만큼 CASE탭에 CASE1의 공정조건 복사
- CASE별 공정조건을 각 탭에서 변경 후, 예를 들면 사출시간이 서로 다른 CASE인 경우 CASE2, 3, 4등 각 탭에서 사출시간만 변경

2. 기능설명 & 사용방법

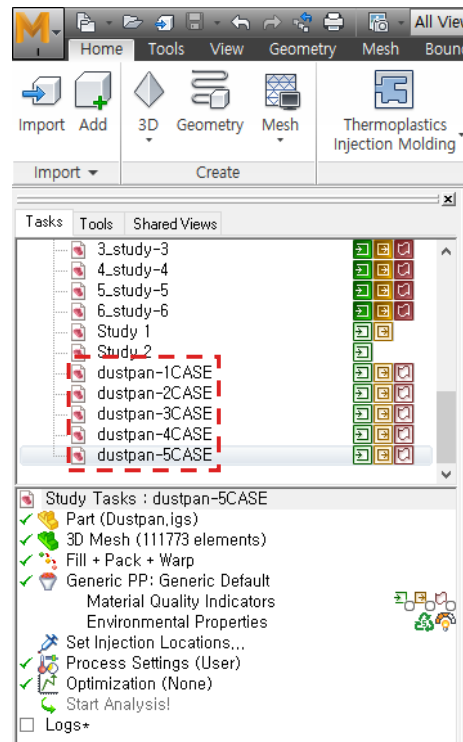
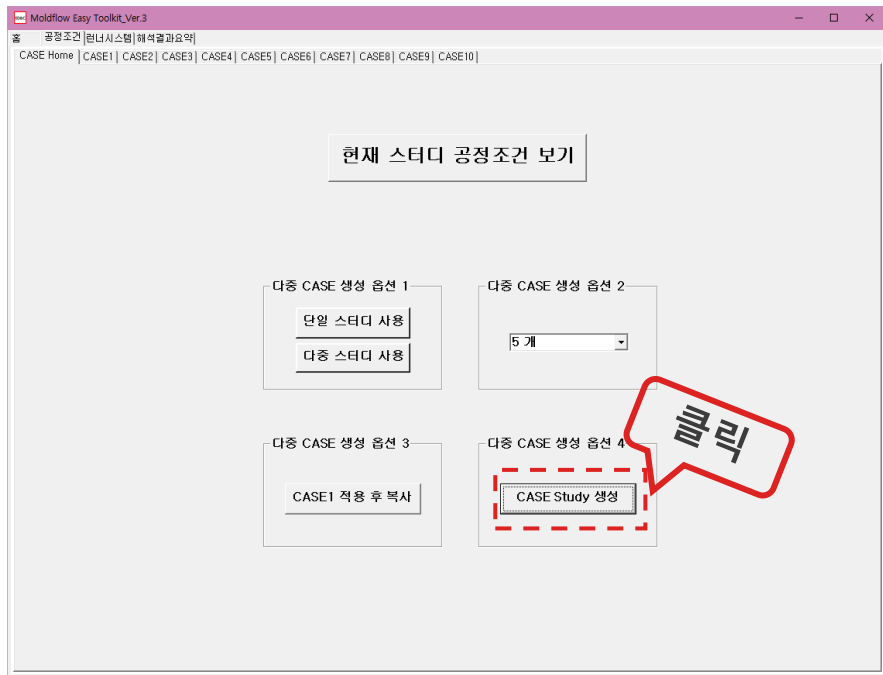
공정조건 탭 - 다중 CASE 생성 옵션



- 몇 개의 스터디를 만들 것인가?
"다중 CASE 생성 옵션 2"에서 만들고자 하는 스터디 개수 만큼 선택 (10개 이하)
- CASE1 탭에서 초기 공정조건 입력
- "다중 CASE 생성 옵션 3"에서 "CASE1 적용 후 복사" 버튼을 눌러 만들고자 하는 스터디 개수 만큼 CASE탭에 CASE1의 공정조건 복사
- CASE별 공정조건을 각 탭에서 변경 후, 예를 들면 사출시간이 서로 다른 CASE인 경우 CASE2, 3, 4등 각 탭에서 사출시간만 변경
- "다중 CASE 생성 옵션 4"에서 CASE Study 생성"버튼을 누르면 현재 Moldflow에서 활성화 되어 있는 스터디를 CASE1을 기준으로, 만들고자 한 Study 개수 만큼 Moldflow에 복사되어 만들어 짐

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - 다중 CASE 생성 옵션



2. 기능설명 & 사용방법

런너시스템 탭

Moldflow Easy ToolKit_Ver.3

공정조건 (만다치즈밀) 해석결과요약

콜드런너 - 방사형 | 핫런너 - 방사형

Manifold 사다리꼴 형상 사용 시 체크

런너 생성

스프루 위치 좌표 X: Y: Z:

A. 스프루

높이		mm
아래 직경		mm (Ø)
위 직경		mm (Ø)

B. 런너

직경		mm (Ø)
----	--	--------

C. 런너

아래 직경		mm (Ø)
위 직경		mm (Ø)

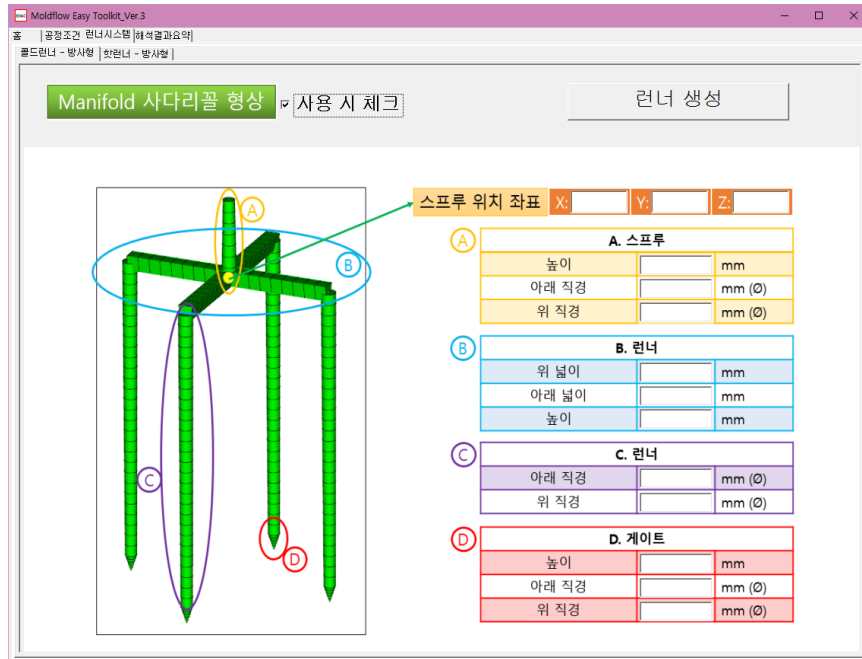
D. 게이트

높이		mm
아래 직경		mm (Ø)
위 직경		mm (Ø)

- 3단금형의 Pin Point Gate의 Runner System을 만들 수 있는 기능
- "콜드런너 - 방사형"과 "핫런너-방사형" 탭으로 나뉘져 있음

2. 기능설명 & 사용방법

런너시스템 탭



- 3단금형의 Pin Point Gate의 Runner System을 만들 수 있는 기능
- “콜드런너 – 방사형”과 “핫런너-방사형” 탭으로 나뉘져 있음
- “콜드런너 – 방사형”에서는 상단 매니폴드 부분을 사다리꼴 형상을 사용할 수 있음

2. 기능설명 & 사용방법

런너시스템 탭

Moldflow Easy ToolKit_Ver.3

공정조건 런너시스템 해석결과요약

콜드런너 - 방사형 [원형] [방사형]

Drop Runner Annular 형상 사용 시 체크

런너 생성

스프루 위치 좌표 X: Y: Z:

A. 스프루	
높이	mm
아래 직경	mm (Ø)
위 직경	mm (Ø)

B. 런너	
직경	mm (Ø)

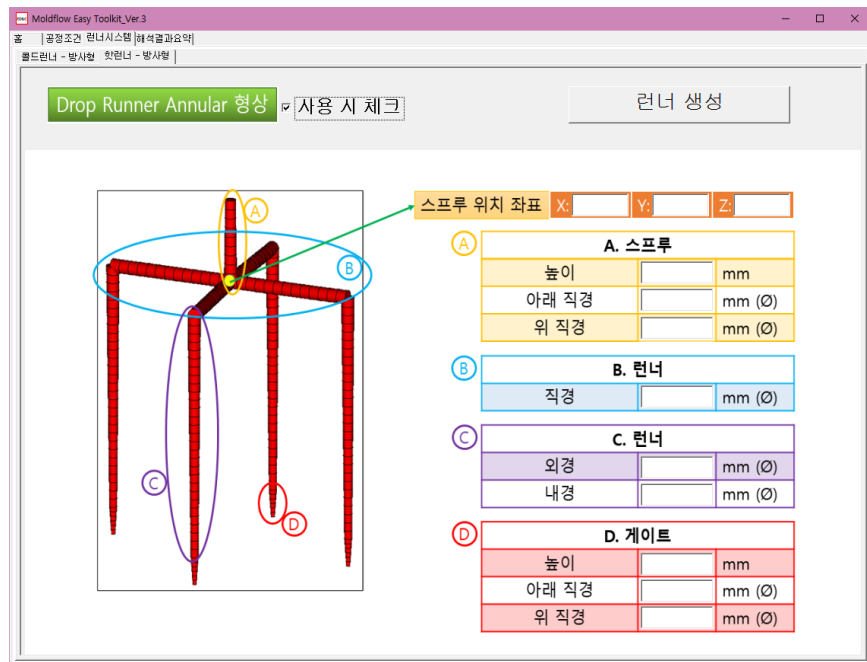
C. 런너	
아래 직경	mm (Ø)
위 직경	mm (Ø)

D. 게이트	
높이	mm
아래 직경	mm (Ø)
위 직경	mm (Ø)

- 3단금형의 Pin Point Gate의 Runner System을 만들 수 있는 기능
- "콜드런너 - 방사형"과 "핫런너-방사형" 탭으로 나뉘져 있음
- "콜드런너 - 방사형"에서는 상단 매니폴드 부분을 사다리꼴 형상을 사용할 수 있음
- "핫런너-방사형"에서는 드롭 런너 형상에서 Valve Pin 형상을 고려하는 "Annular" 타입을 사용할 수 있음

2. 기능설명 & 사용방법

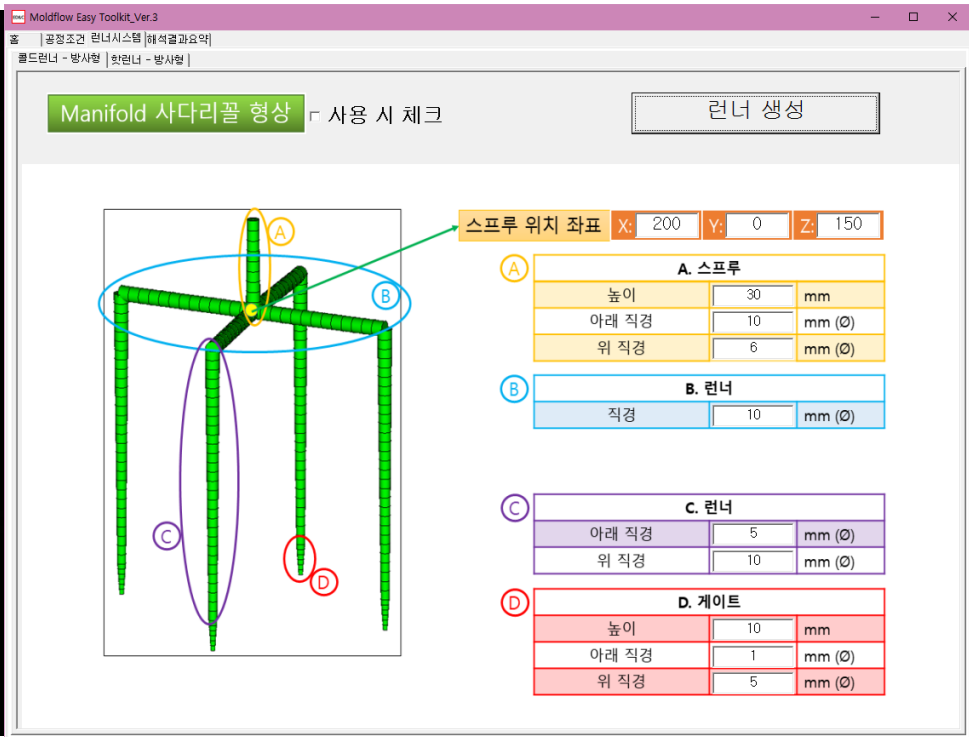
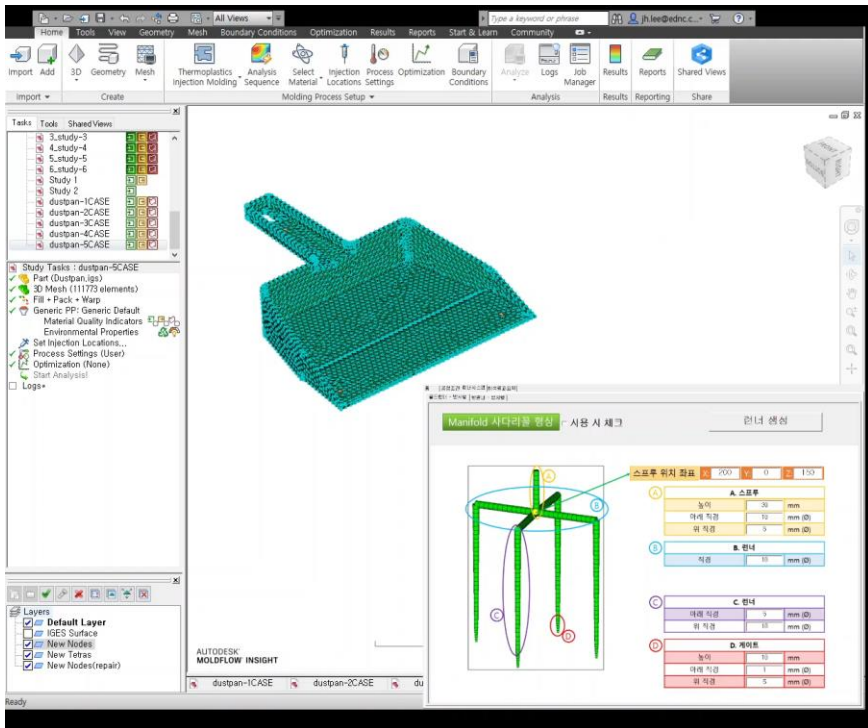
런너시스템 탭



- 3단금형의 Pin Point Gate의 Runner System을 만들 수 있는 기능
- "콜드런너 - 방사형"과 "핫런너-방사형" 탭으로 나뉘져 있음
- "콜드런너 - 방사형"에서는 상단 매니폴드 부분을 사다리꼴 형상을 사용할 수 있음
- "핫런너-방사형"에서는 드롭 런너 형상에서 Valve Pin 형상을 고려하는 "Annular" 타입을 사용할 수 있음
- Gate 개수에 제한이 없고, 스프루의 위치까지 모두 같은 높이로 그려 짐으로 각 Gate의 높낮이가 달라도 문제 없음

2. 기능설명 & 사용방법

런너시스템 탭



2. 기능설명 & 사용방법

해석결과요약 탭

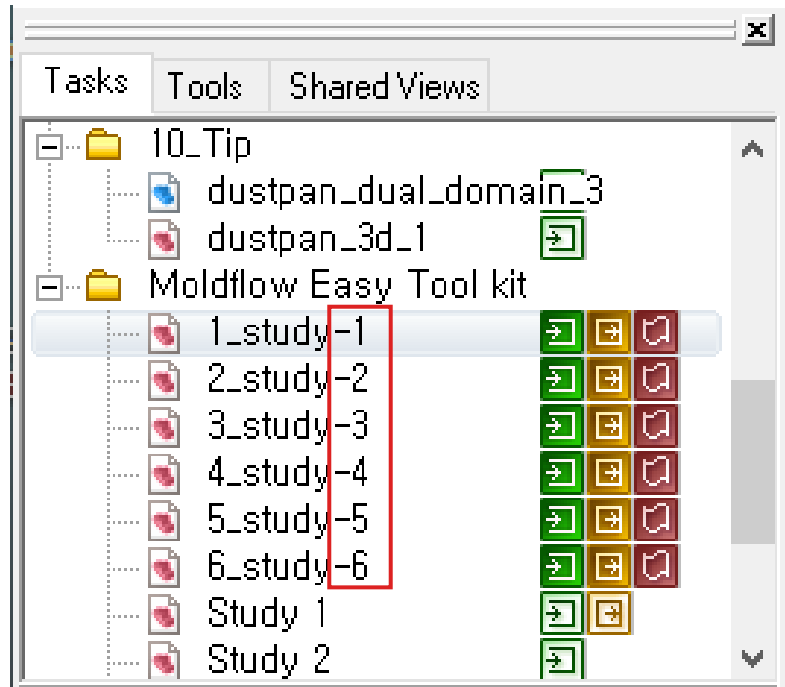
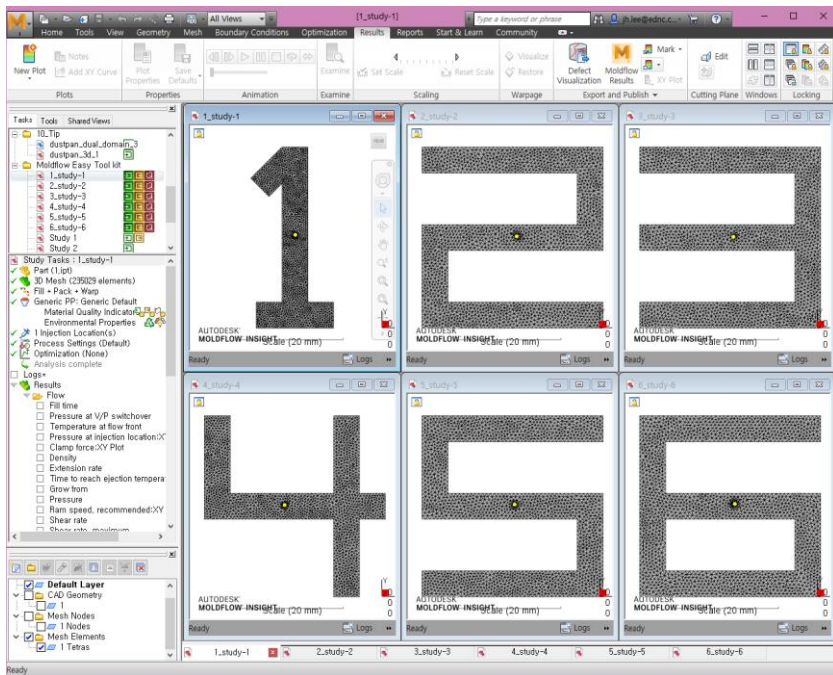
	사용시간 (s)	보압 전환 시 압력 (MPa)	유동선단 온도 (°C)	최대 사출압 (MPa)	최대 경채력 (ton)	취출 온도 도달 시간 (s)	평균 채적 수축률 (%)	최대 변형량 (mm)	X축 변형 [Max]+[Min] (mm)	V축 변형 [Max]+[Min] (mm)	Z축 변형 [Max]+[Min] (mm)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
LOW											
HIGH											

1. 스테디 이름끝에 -1, -2, -3으로 요약할 스테디에 표시를 하세요.
 2. "-" 는 스테디 이름에서 표시할 때 1번만 사용하셔야 합니다.
 3. 예) "Dustpan_1s_P80%_P10s" --> "Dustpan_1s_P80%_P10s-1"

- 10개 이하의 해석결과를 수치로만 정리하여 비교할 수 있는 탭
- 일반 가소성 수지 사출해석의 결과를 최소값, 최대값, 또는 최대 최소 절대값의 합 등의 값만 정리하여 표로 보여줌
- 각 값의 가장 높은 스테디와 가장 낮은 스테디를 정리하여 비교하기 쉽게 보여줌
- 활성화 되어 있는 Moldflow Synergy에서 뒤에 "-1, -2..."등 "- 숫자 " 로 표시 되어 있는 Study만 고려하여 결과를 보여줌

2. 기능설명 & 사용방법

해석결과요약 탭



2. 기능설명 & 사용방법

해석결과요약 탭



Moldflow Easy ToolKit_Ver.3

공정조건 | 런나시스템 | 해석결과요약

결과 비교

	사용시간 (s)	보입 전관 시 압력 (MPa)	유동선단 온도 (°C)	최대 사출압 (MPa)	최대 형체적 (ton)	취출 온도 도문 시간 (s)	평균 채적 수축률 (%)	최대 변형량 (mm)	X축 변형 [Max]+[Min] (mm)	Y축 변형 [Max]+[Min] (mm)	Z축 변형 [Max]+[Min] (mm)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
LOW											
HIGH											

- 스터디 이름끝에 -1, -2, -3으로 요약할 스텐디에 표시를 하세요.
- "-" 는 스텐디 이름에서 표시할 때 1번만 사용하셔야 합니다.
- 예) "Dustpan_1s_P80%_P10s" --> "Dustpan_1s_P80%_P10s-1"

Moldflow Easy ToolKit_Ver.3

공정조건 | 런나시스템 | 해석결과요약

결과 비교

	사용시간 (s)	보입 전관 시 압력 (MPa)	유동선단 온도 (°C)	최대 사출압 (MPa)	최대 형체적 (ton)	취출 온도 도문 시간 (s)	평균 채적 수축률 (%)	최대 변형량 (mm)	X축 변형 [Max]+[Min] (mm)	Y축 변형 [Max]+[Min] (mm)	Z축 변형 [Max]+[Min] (mm)
1	1.02	1.06	1.5	20	0.52	33.27	8.37	0.44	0.37	0.8	0.15
2	1.03	2.42	1.57	20	1.27	28.21	8.78	0.76	0.8	1.34	0.16
3	1.03	2.2	1.37	20	1.27	31.44	8.84	0.78	0.82	1.36	0.14
4	1.02	1.28	0.9	20	0.81	34.7	8.77	0.57	0.85	0.81	0.15
5	1.03	2.15	1.38	20	1.27	28.19	8.89	0.77	0.8	1.34	0.17
6	1.03	2.66	1.7	20	1.37	31.34	8.85	0.74	0.83	1.09	0.14
7											
8											
9											
10											
LOW	1	1	4	1	1	5	1	1	1	1	6
HIGH	6	6	6	6	6	4	5	3	4	3	5

- 스터디 이름끝에 -1, -2, -3으로 요약할 스텐디에 표시를 하세요.
- "-" 는 스텐디 이름에서 표시할 때 1번만 사용하셔야 합니다.
- 예) "Dustpan_1s_P80%_P10s" --> "Dustpan_1s_P80%_P10s-1"

3. 사용조건 & 다운로드 방법

사용조건 & 다운로드 방법

- ED&C Moldflow 유지보수 고객을 대상으로 제공하는 Service Tool 입니다.
- 해당 Tool Kit은 Autodesk Moldflow Insight 의 3rd Party Tool입니다.
- 해당 Tool Kit의 정식 제공 버전은 21년 12월 31일 까지 사용 가능합니다.
- 해당 Tool Kit은 ED&C 홈페이지에서 다운로드 받으실 수 있습니다.
- 압축파일 상태로 다운로드 받으실 수 있으며, 유지보수 고객에게만 사용코드가 전달 됩니다.
- 오늘 발표를 시청하신 분들 중 설문지의 데모버전 요청 문항에 신청해 주시는 분들에 한해 올해 2월말 까지 사용가능한 데모버전을 제공 해 드립니다.



본 문서는 (주)디앤씨에서 Autodesk Moldflow Summit 2021 행사를 위해 작성한 문서로 포함된 정보의 전부 또는 일부를 무단으로 제3자에게 제공, 공개, 배포, 복사 또는 사용하는 것은 금지되며, 경우에 따라 민, 형사상 책임을 질 수 있습니다.

EVENT

- 참여해주신 분들 중 추첨을 통해 스타벅스 기프티콘과 블루투스 스피커를 드립니다.
- 좋은 질문 해주신 5분께 차량용 초음파 무선 가슴기를 드립니다.



Moldflow Summit 2021(2021.01.26)

플라스틱 제품 변형 해결을 위한 Moldflow 최신 기술

(주)이디앤씨 황수진 차장 / sj.hwang@ednc.com

Autodesk Application Engineer

주최  후원  AUTODESK.

Welcome & Agenda

- 1. 사출 성형에서의 변형
- 2. Reverse Warp Workflows – Theory vs. Reality
- 3. The New Idea of Foundation for Moldflow Database



사출 성형

사출 성형이란?

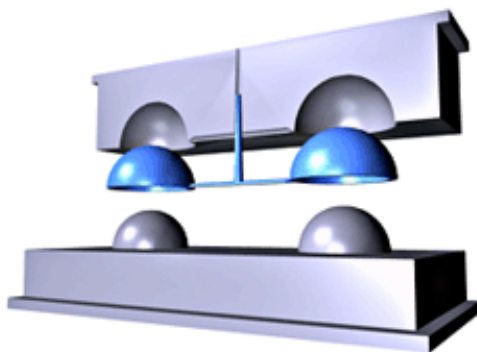
- 수지(Resin)를 가열하여 유동상태로 된 재료를 닫혀진 금형의 공동부(Cavity)에 가압 주입하여 금형 내에서 고화(Solidification)시켜 금형 공동부에 상당하는 성형품(Molded part)를 만드는 방법

* 사출성형공정과 금형, 황한섭 저, 기전연구사

- 가장 많이 사용되는 플라스틱 성형 방법 중 하나



@photology1971 - stock.adobe.com



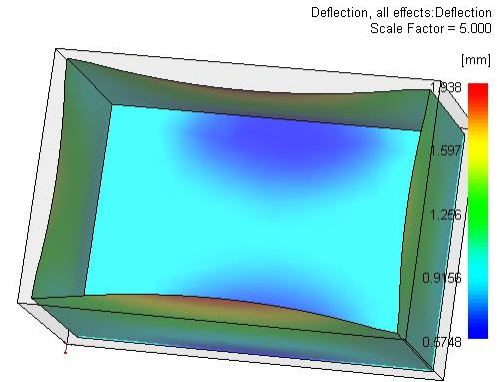
@Autodesk.com



사출품 변형

변형이란?

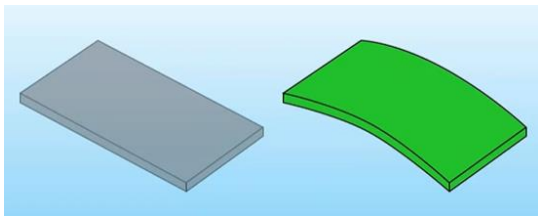
- 플라스틱 제품에서 내부 응력의 불균등 변화로 인한 치수 뒤틀림
- 평면을 벗어난 웨이프가 바뀌는 것
- 부품이 균일하게 수축하지 않아 발생



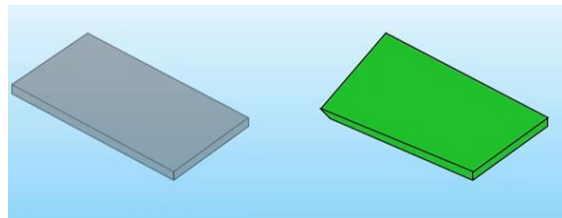
사출품 변형

변형이란

- 휨
 - 부품이 평면을 벗어나 구부러지기 시작할 때 발생
 - 원래 제품과 같은 평면이나, 직사각형은 중심을 벗어나 이동하여 휨 형상이 됨
- 뒤틀림(Twist)
 - 부품의 한 섹션이 평면을 벗어나 회전할 때 발생
 - 예를 들어, 세 모서리가 일치해도, 한 모서리가 평면을 벗어나면 비틀림으로 간주



휨



뒤틀림

변형의 원인

- Differential Shrinkage
 - 제품의 영역에 따른 불균일 수축
- Differential Cooling
 - 두께 방향 섹션에 따른 불균일 냉각
- Orientation
 - 흐름/직각 방향의 재료 배향
- Corner Effect
 - 코너 효과

변형 개선 방법

- 제품 설계
 - 제품 디자인
 - 제품의 두께 변경
 - 금형 설계
 - 게이트 위치, 수량, 크기, 형태,
 - 런너 레이아웃, 직경 등
 - 냉각 시스템의 레이아웃, 직경, 구조(베플, 버블러 등)
 - 성형 조건
 - 금형온도, 용융 온도
 - 사출 시간, 보압 시간, 크기
 - 재료
 - PvT, 결정성 여부, Filler...
 - 금형 재질
- 2019 이디앤씨 Autodesk Moldflow 최신기술 세미나
플라스틱 휨 예측 개선을 위한 다양한 접근 방법

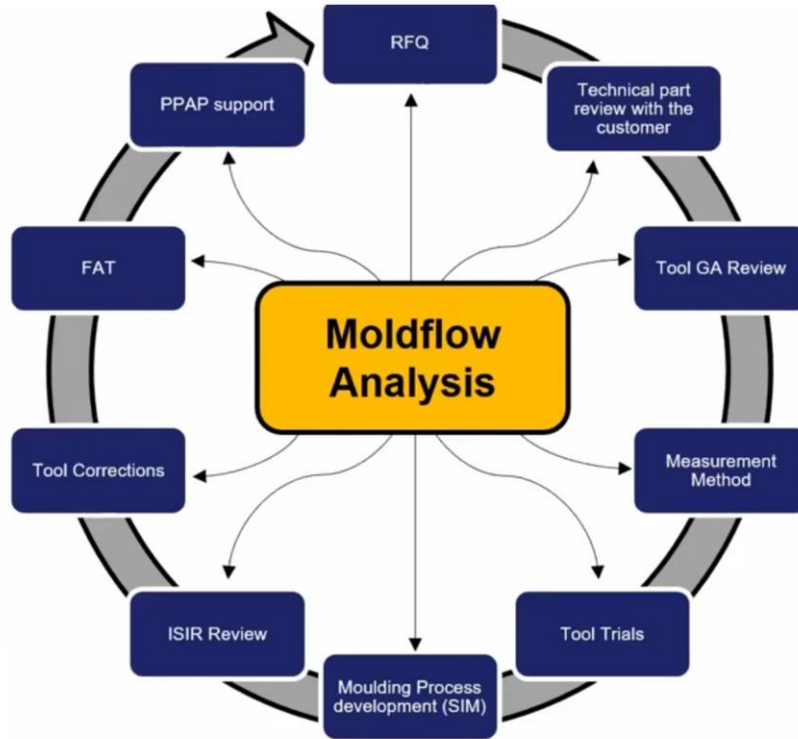
ADVANCED MFG SUMMIT 2020

- Autodesk에서 진행하는 Global Moldflow User Conference
- 2020년 이슈
- 여전히 중요한 변형의 이슈
- 해석을 활용한 제품 개발 프로세스 적용
 - Reverse Warp Workflows – Theory vs. Reality, David Lynam | Trend Technologies
 - The New Idea of Foundation for Moldflow Database, Liu Herong | KOSTAL

The background consists of abstract, layered geometric shapes in shades of light blue and white, creating a sense of depth and movement. The shapes are semi-transparent and overlap each other, with some appearing as thin, parallel lines and others as more solid, curved surfaces.

Reverse Warp Workflows – Theory vs. Reality, David Lynam | Trend Technologies

금형 개발 프로세스에 필수적인 Moldflow

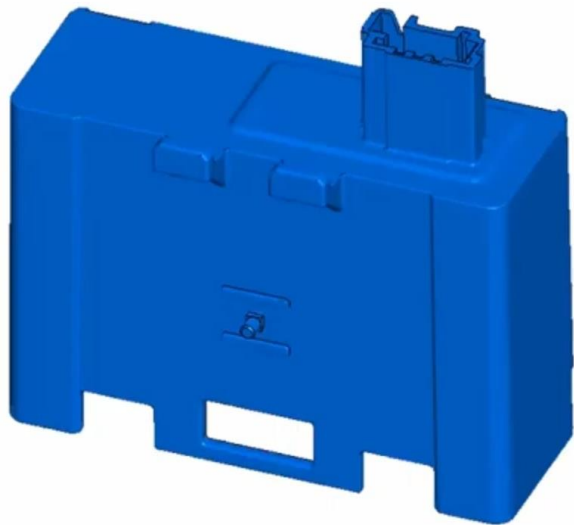


Case Study 1 – 변형 역설계 워크플로우

비결정성 폴리머

제품: Top Housing

재료 – PC/ABS Covestro Bayblend T65 XF



Filling quality indicator
 [View details...](#)

Packing quality indicator
 [View details...](#)

Warpage quality indicator
 [View details...](#)

Select a shrinkage model (Midplane and Dual Domain)
 Ex

Select a shrinkage model (3D)

Observed nominal shrinkage

Parallel	<input type="text" value="0.6772"/>	%
Perpendicular	<input type="text" value="0.7687"/>	%

Observed shrinkage

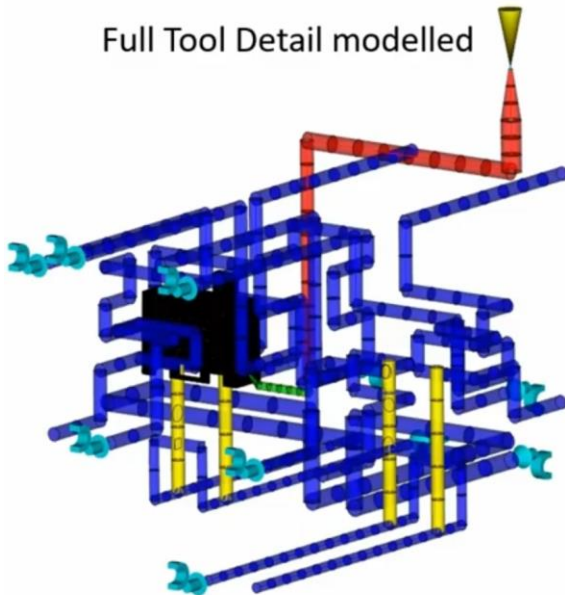
Minimum Parallel	<input type="text" value="0.5289"/>	%
Maximum Parallel	<input type="text" value="0.7544"/>	%
Minimum Perpendicular	<input type="text" value="0.5506"/>	%
Maximum Perpendicular	<input type="text" value="1.013"/>	%

Moldflow 메시 & 모델링

- Dual Domain 메시 사용
- 4 캐비티 – 1 캐비티에 Occurrence Number 적용
- Corner effect 적용

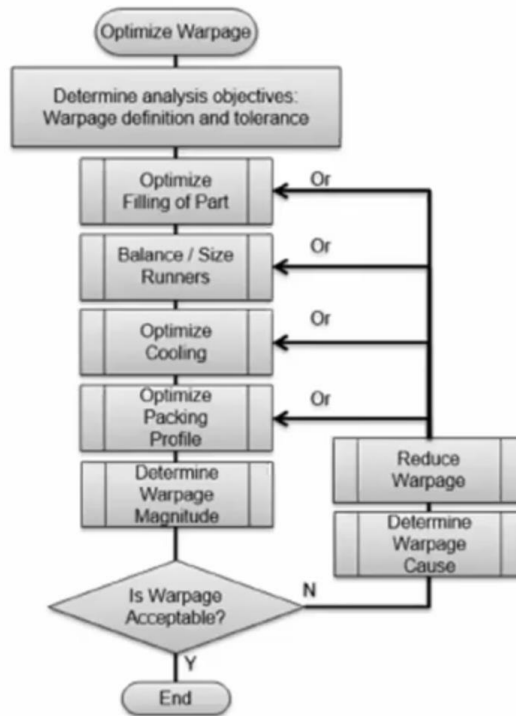
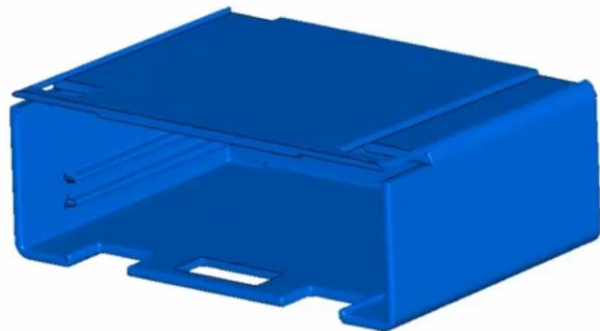


Full Tool Detail modelled



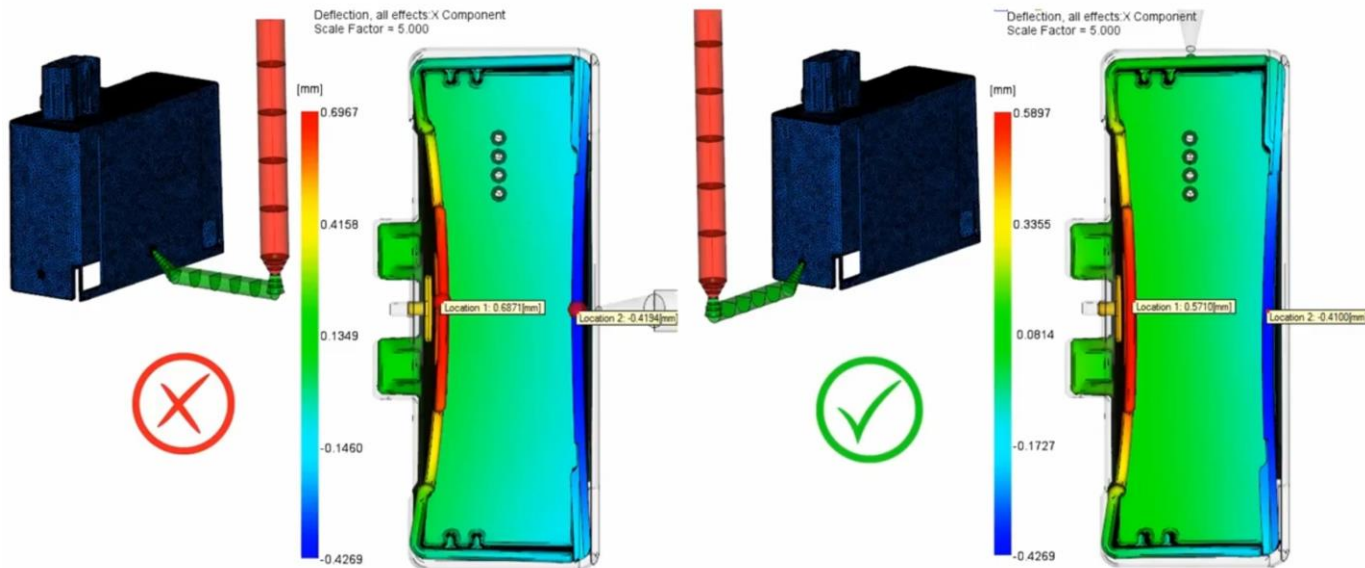
워크플로우 & 최적화

- 최적 변형을 설정하기 위한 워크플로우
 - 게이트, 충전, 냉각, 보압
- 최적화 후 미성형 이슈
- 박스형 상자의 구조 강도 부족 문제



게이트 최적화

- 2개의 허용 가능한 게이트 옵션
- 해석 결과를 기반으로 변형이 적은 게이트를 선정

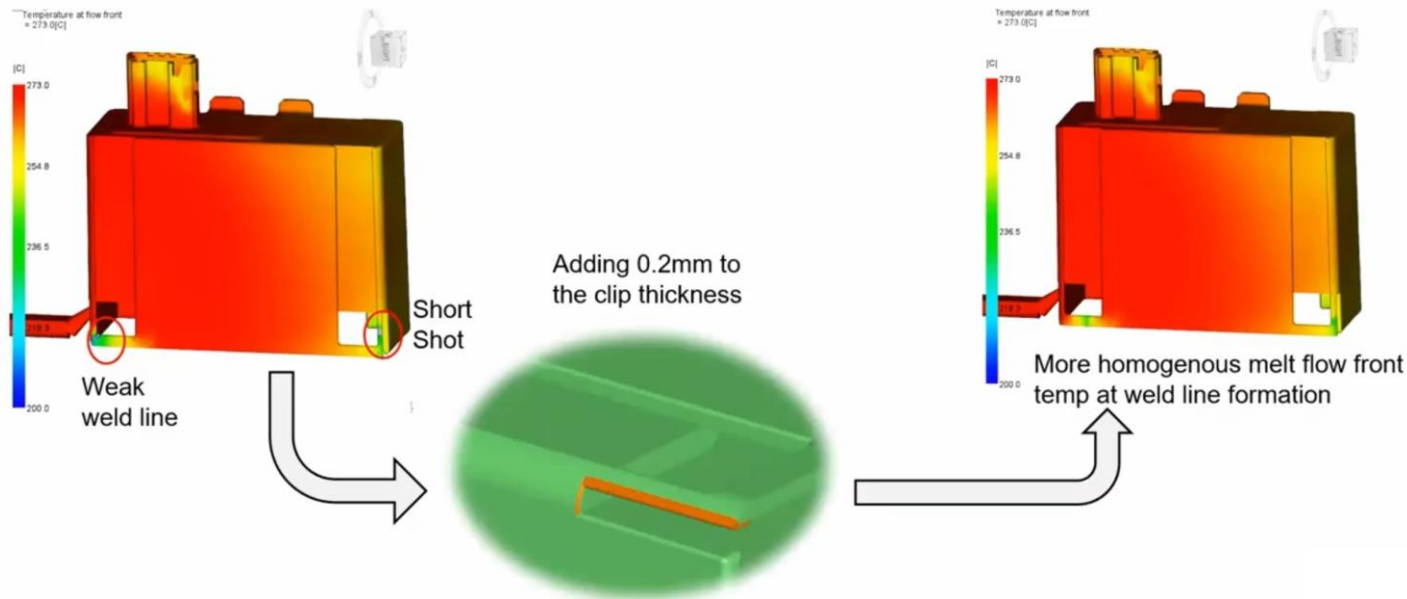


mm	Case 1	Case 2
Location 1	0.6871	0.5710
Location 2	0.4194	0.4100

0.12 mm 변형 적음

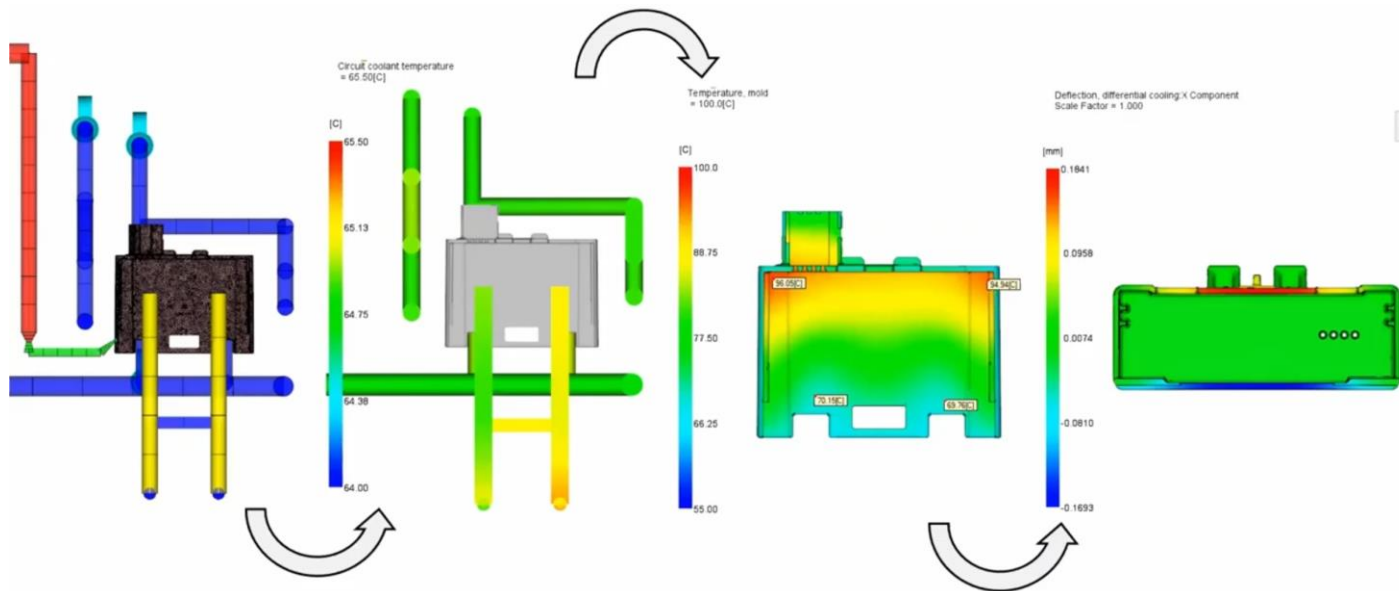
충전 최적화

- 클립 부분의 슛샷 발생, 웰드라인 부 취약
- 제품의 두께를 0.2mm 보강



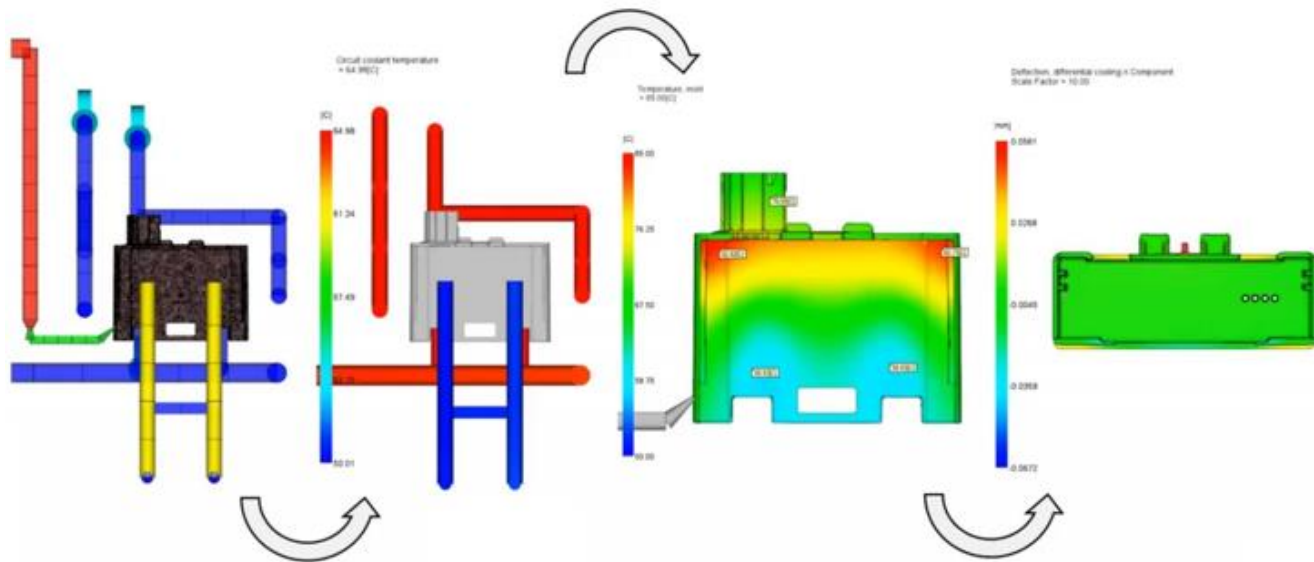
냉각 최적화

- 균등 냉각을 목표로 설계
- Fill + Pack + Cool time = 25 sec



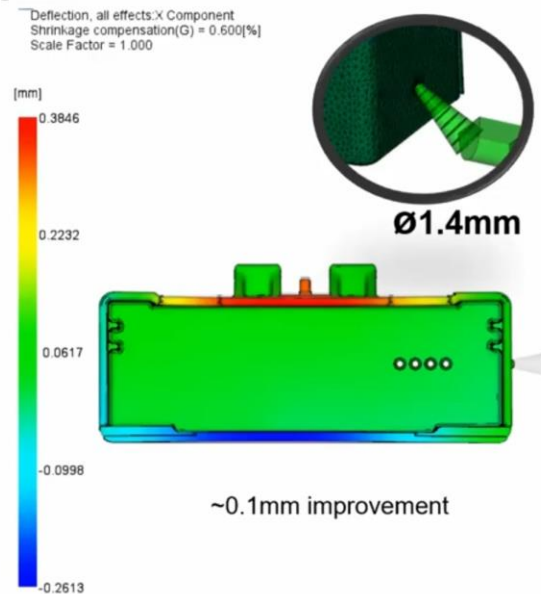
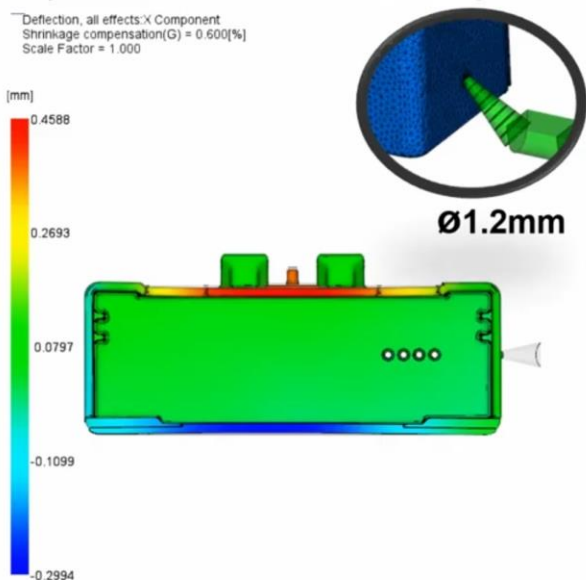
냉각 최적화

- 코어측 냉각수 온도 변경 (15°C)



보압 최적화

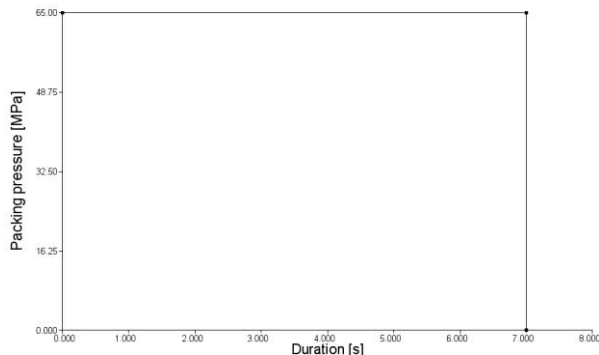
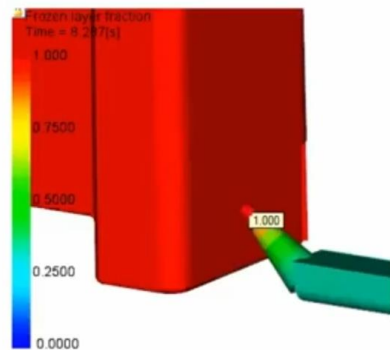
- Gate 사이즈를 1.2mm에서 1.4 mm로 증가
- 보압 추가: 65 MPa – 1초



성형 조건 최적화

성형 조건표

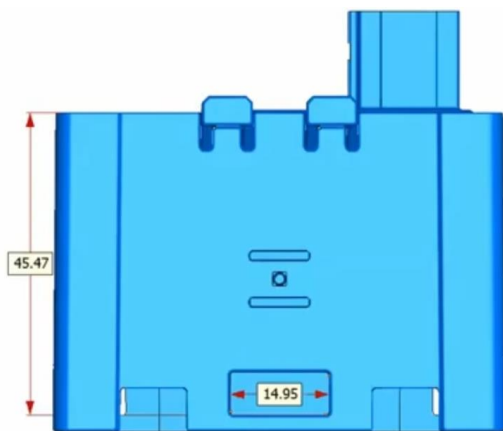
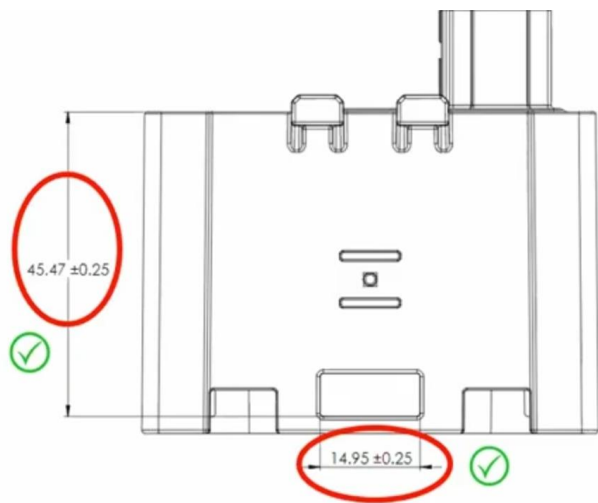
Injection Time	1.6 sec
V/P Switchover	98%
Max Packing Pressure	65 MPa
Packing Time	7 sec
Cooling Time	16 sec
Melt Temperature	270 °C
Mold Temperature	Cavity Inlet: 65 °C Core Inlet: 50°C



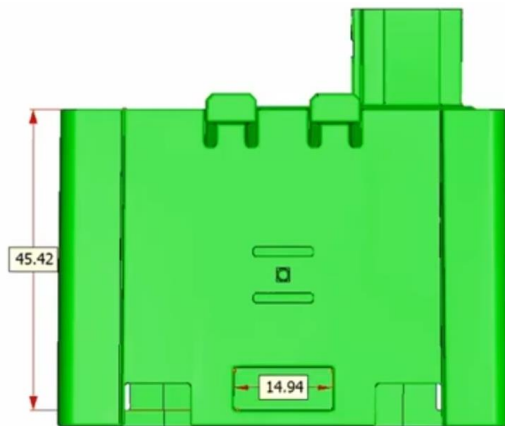
변형 파일 vs 설계 공차 리뷰

Front View

- 설계 치수와 최적화 후 변형해석 치수가 공차 범위 내임



Nominal CAD File

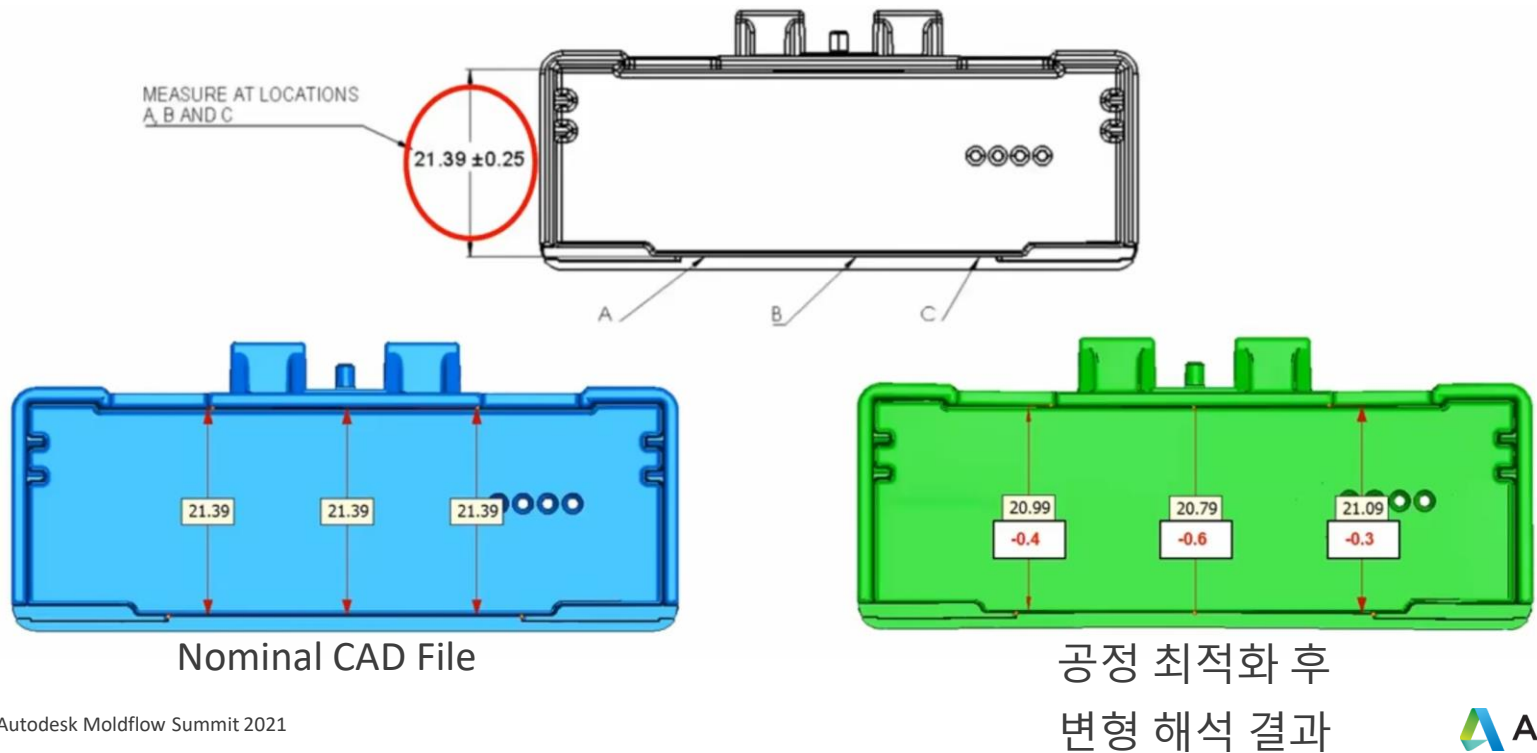


공정 최적화 후
변형 해석 결과

변형 파일 vs 설계 공차 리뷰

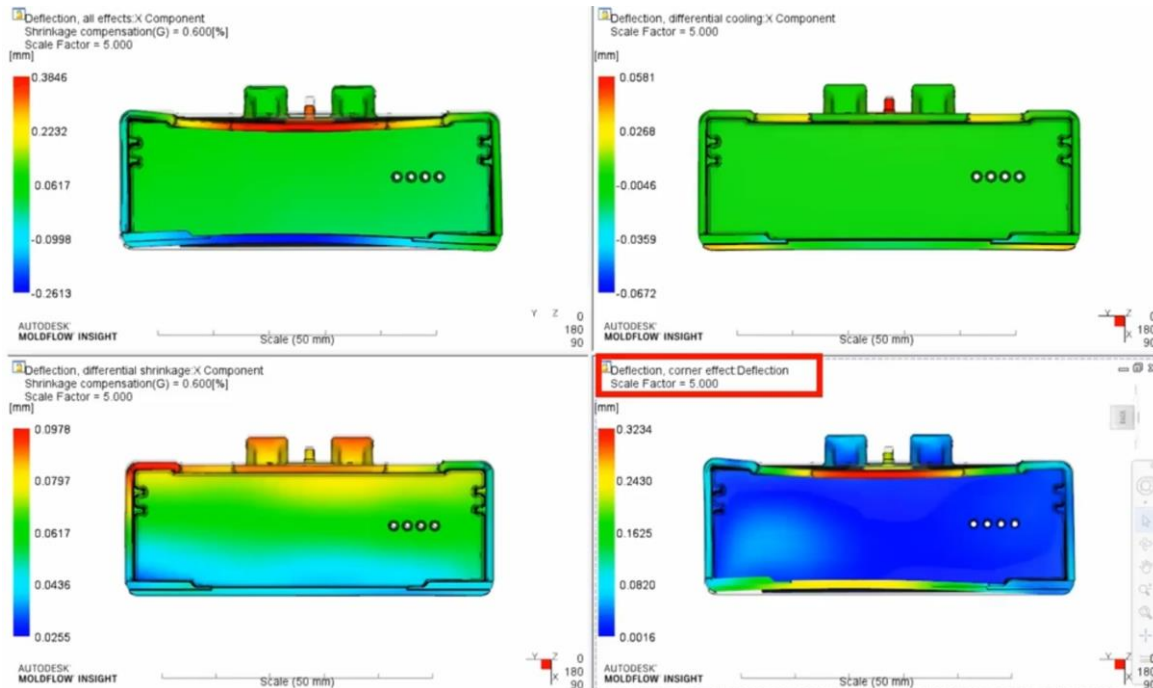
Top View

- 설계 치수와 최적화 후 변형해석 치수가 공차 범위를 벗어남



변형 원인 분석

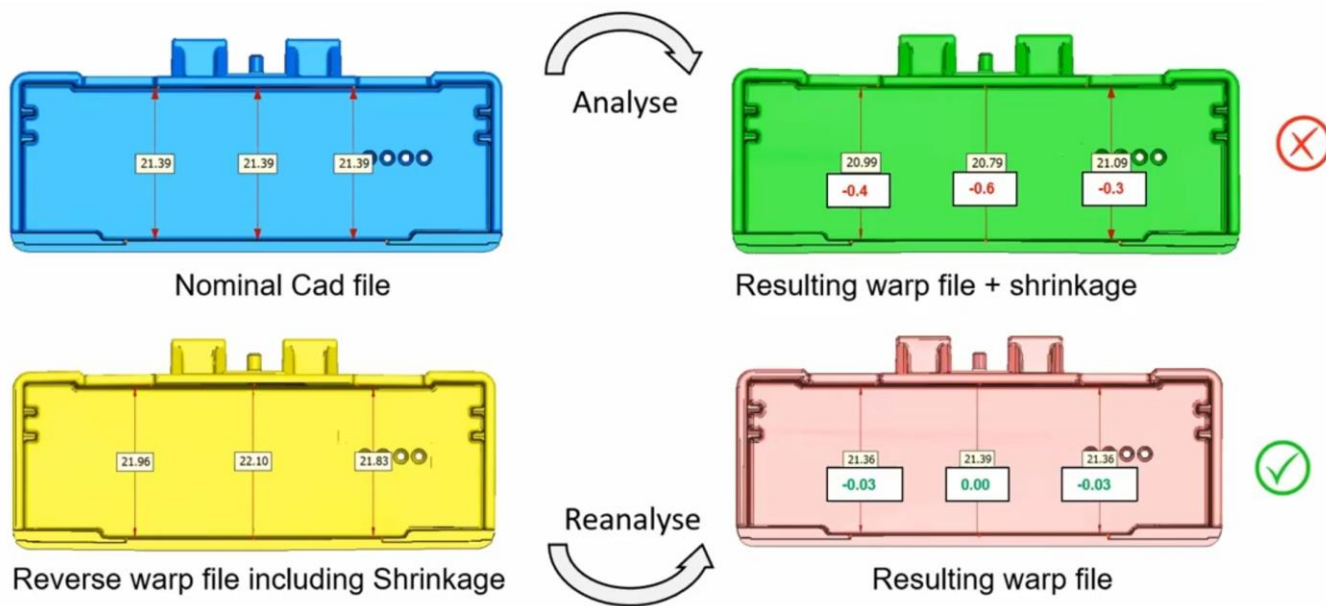
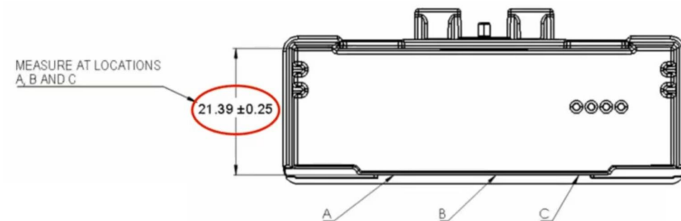
- 변형의 결정적인 요인은 코너 효과임



변형에 대한 역설계 조사

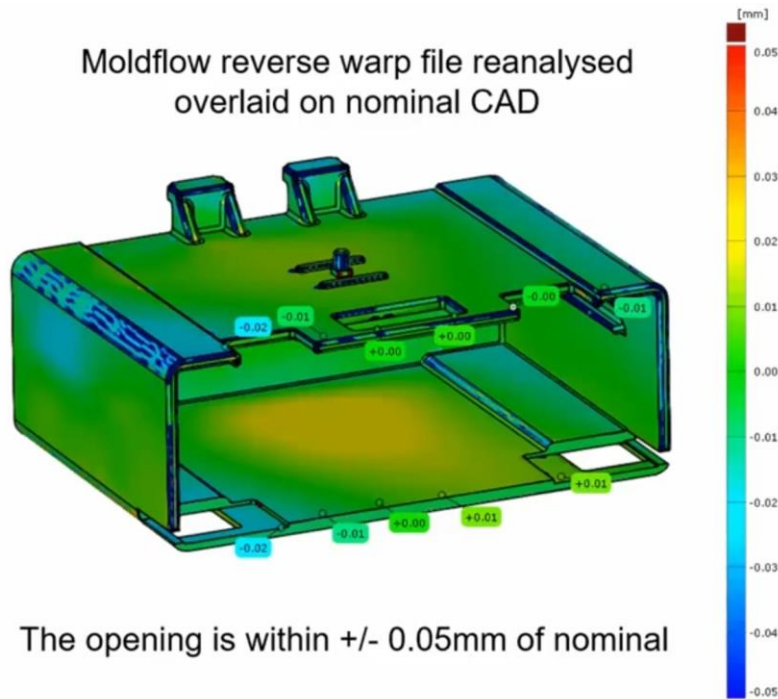
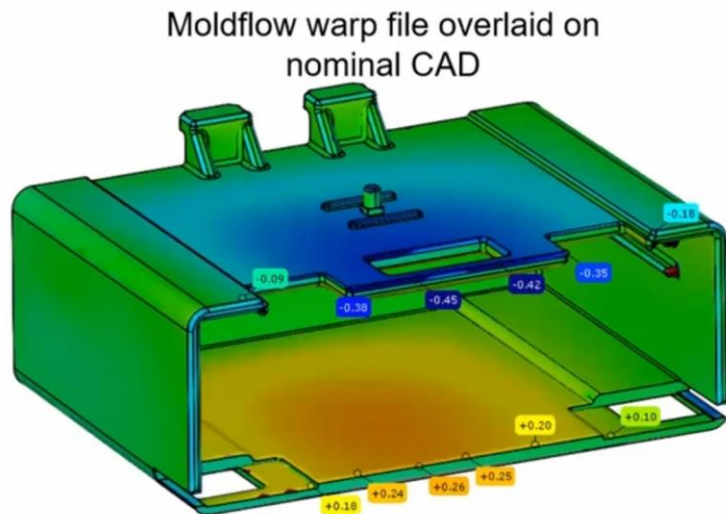
Reverse warpage investigation

- Moldflow 해석을 통해 제품 설계 최적화를 진행
- 제품 끝단 열린 쪽에 문제는 여전히 남아있음



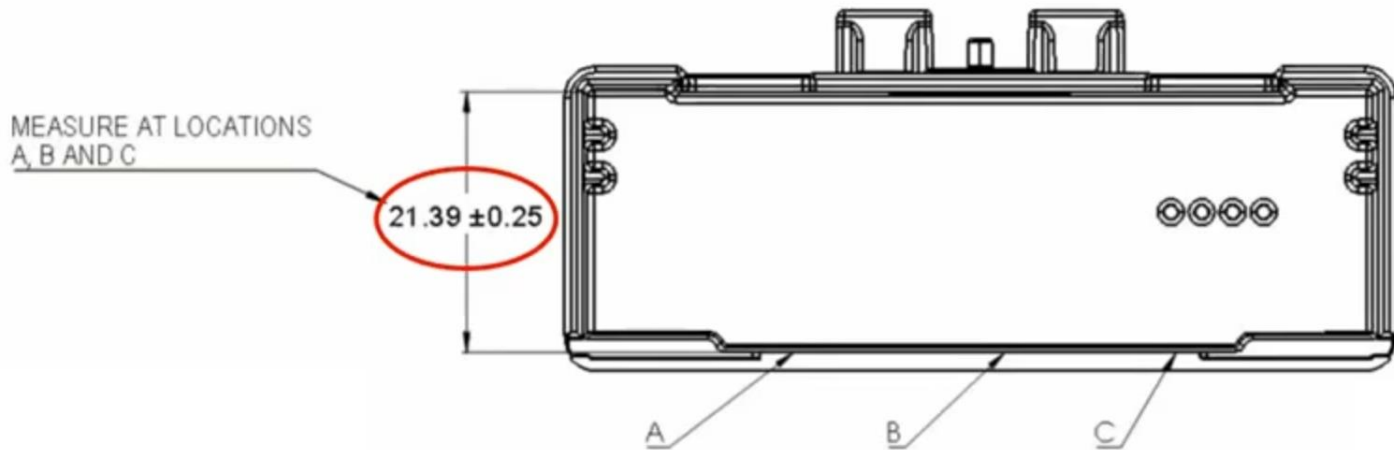
치수 비교

- CAD 파일과 해석 결과를 비교



변형 역설계 결과 사용을 결정

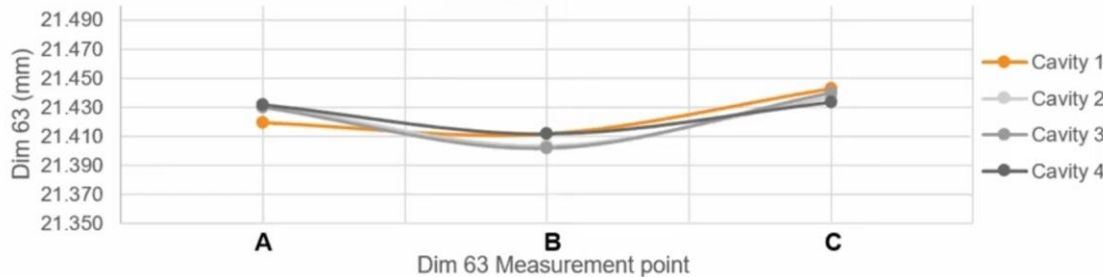
- Bayblend T65 XF : Gold, CRIMS
- Moldflow 결과를 반영한 역설계 도면을 사용하기로 결정함
 - 언더컷이 없어 바로 가공에 적용



실제 샘플 결과 비교

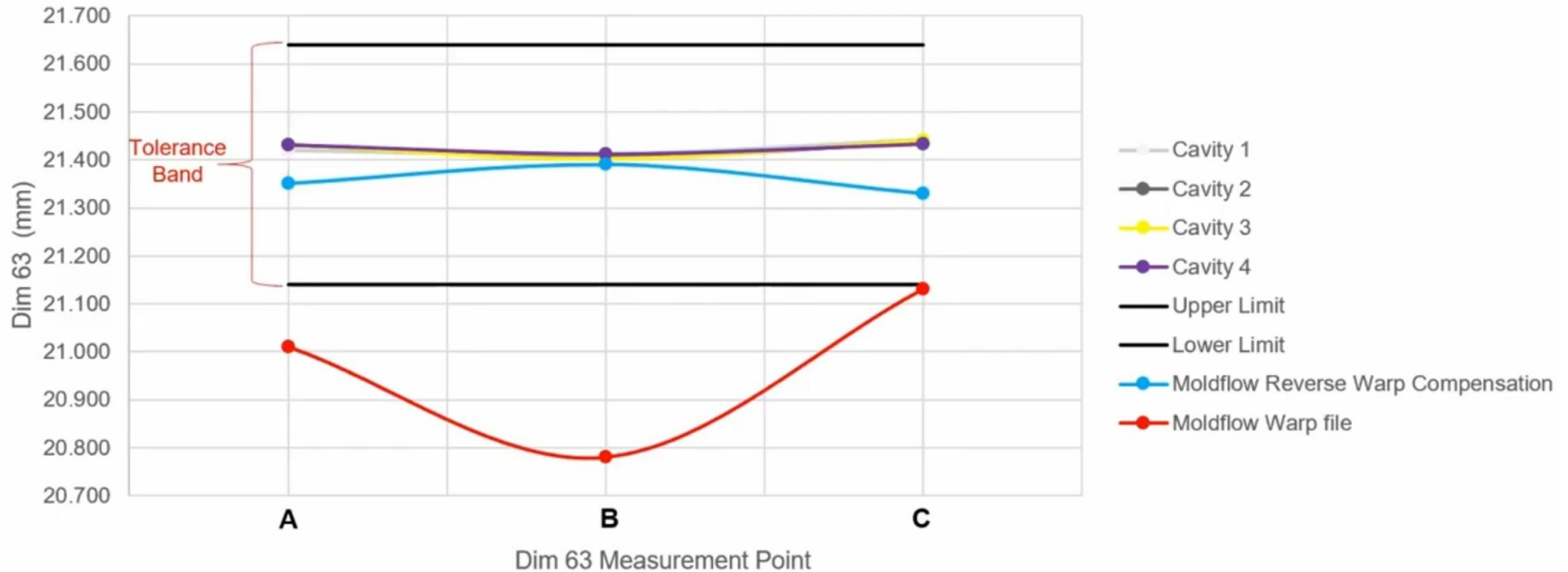
Cavity Number	DRAWING SPECIFICATIONS						Inspection Method	INSPECTION RESULTS						INSPECTION ANALYSIS							
	Part Designator No.	Dwg Loc.	No. PL	SC C _{PK} / P _{PK} req'd	Dimensions, Notes or Standards	+ Tol.		- Tol.	Sample Number			Deviation from Nominal			Mean	Range	% Tolerance		CP	Alert / Reject	
									1	2	3	1	2	3			Upper	Lower		High	Low
																				Upper	Lower
1	63-A				21.39	0.25	0.25	Projector	21.418	21.420	21.420	0.03	0.03	0.03	21.419	0.003	12%	0%	72.17		
	63-B				21.39	0.25	0.25	Projector	21.410	21.415	21.410	0.02	0.02	0.02	21.412	0.005	10%	0%	28.87		
	63-C				21.39	0.25	0.25	Projector	21.446	21.440	21.443	0.06	0.05	0.05	21.443	0.006	22%	0%	27.78		
2	63-A				21.39	0.25	0.25	Projector	21.435	21.430	21.430	0.04	0.04	0.04	21.432	0.005	18%	0%	1249.39		
	63-B				21.39	0.25	0.25	Projector	21.410	21.400	21.400	0.02	0.01	0.01	21.403	0.010	8%	0%	624.69		
	63-C				21.39	0.25	0.25	Projector	21.440	21.435	21.436	0.05	0.04	0.05	21.437	0.005	20%	0%	1363.19		
3	63-A				21.39	0.25	0.25	Projector	21.425	21.430	21.435	0.04	0.04	0.04	21.430	0.010	18%	0%	16.67		
	63-B				21.39	0.25	0.25	Projector	21.400	21.400	21.406	0.01	0.01	0.02	21.402	0.006	6%	0%	24.06		
	63-C				21.39	0.25	0.25	Projector	21.437	21.443	21.440	0.05	0.05	0.05	21.440	0.006	21%	0%	27.78		
4	63-A				21.39	0.25	0.25	Projector	21.430	21.430	21.435	0.04	0.04	0.04	21.432	0.005	18%	0%	1249.39		
	63-B				21.39	0.25	0.25	Projector	21.410	21.415	21.410	0.02	0.02	0.02	21.412	0.005	10%	0%	1249.39		
	63-C				21.39	0.25	0.25	Projector	21.440	21.430	21.431	0.05	0.04	0.04	21.434	0.010	20%	0%	654.86		

Dim 63 A,B,C Mean value



변형 결과 비교 - 실제 vs 해석

Warpage Comparision




Conclusion

변형 역설계 워크플로우 - 비결정성 폴리머

- 변형 역설계 구현은 성공적으로 작용했고, 고객 사양을 충족시켰습니다.
- 언더컷이 없어 바로 금형에 적용 가능하였습니다.
- Moldflow 해석 결과가 실제 결과와 매우 유사하였습니다.
- 이 방법을 사용하면 금형 수정 등 추가적인 시간과 비용을 절약할 수 있습니다.

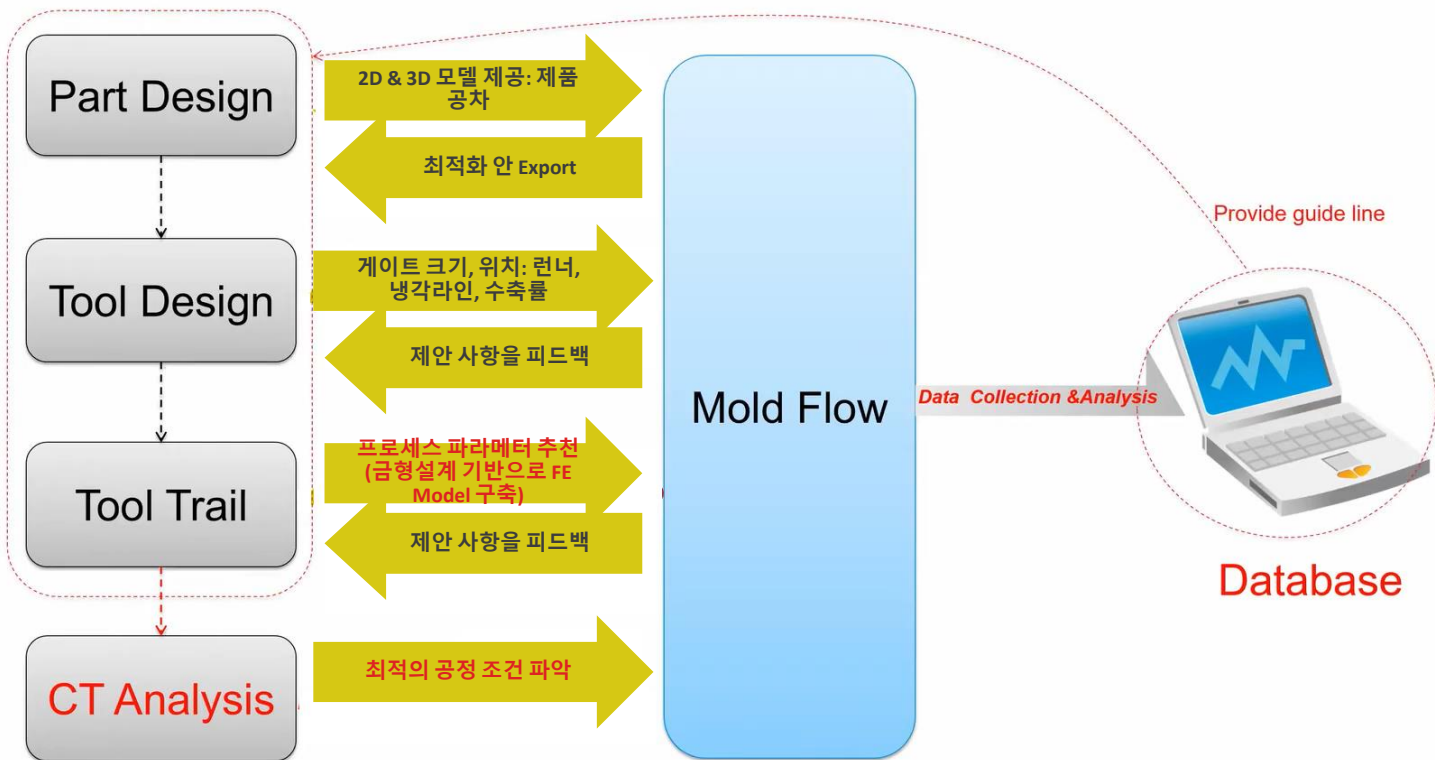
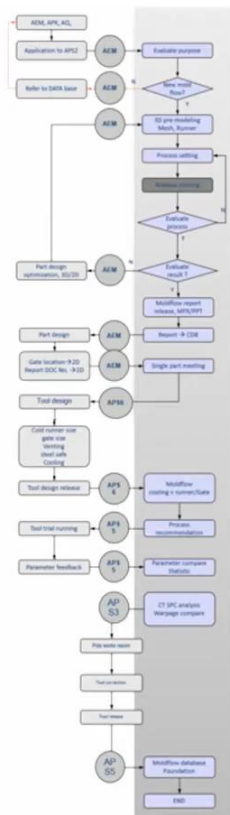
변형 역설계 고려사항

- 변형 역설계를 진행 전, 최적화 워크플로우를 진행하여야 합니다.
- 변형 역설계는 수정 솔루션이 아닌 마지막 수단으로 진행해야 합니다.
- 변형 역설계는 Moldflow DB에서 재료가 적합한 경우에만 사용해야 합니다.
- 변형 형상 및 방향에 따라 변형 역설계 후 언더컷이 발생할 수 있습니다. 이 경우 설계 공차를 맞춘 금형 가공 가능한 모델로 수정이 필요합니다.
- 이를 모두 고려하여 변형 역설계를 진행하면 좋은 결과(Great output)을 얻을 수 있습니다.
- 변형 역설계는 유리섬유를 포함한 결정성 재료에 적용할 때 더 복잡하고 까다롭습니다



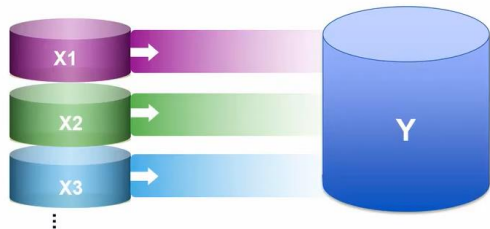
The New Idea of Foundation for Moldflow
Database, Liu Herong | KOSTAL

Moldflow 절차 (코스탈)



Moldflow 절차 (코스탈)

What is database?



$$f(x_1, x_2, x_3, \dots) = Y$$

x: 입력 변수

예: 벽두께, 게이트 위치, 냉각 온도 등

y: 반응 - 제품 품질

예: 평편도, 진원도 등

Database 구축 방법

부품 설계 최적화를 위한 일반 지침



부품 CTQ 식별



시뮬레이션의 정확성 평가



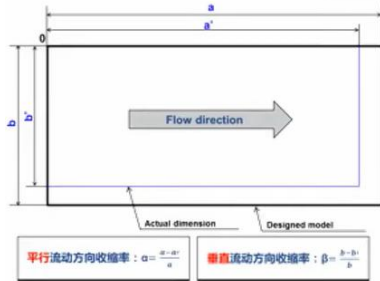
데이터 수집 및 분석, Key X 찾기



x와 y 사이의 관계 찾기

부품 설계 최적화를 위한 일반 지침

Basic Shrinkage Principle



Normally

- Amorphous : $\alpha > \beta$
- Crystalline : $\alpha \approx \beta$
- Fiber Reinforced (Amorphous or Crystalline)
 $\alpha < \beta$

Warpage Principle for Typical Structure

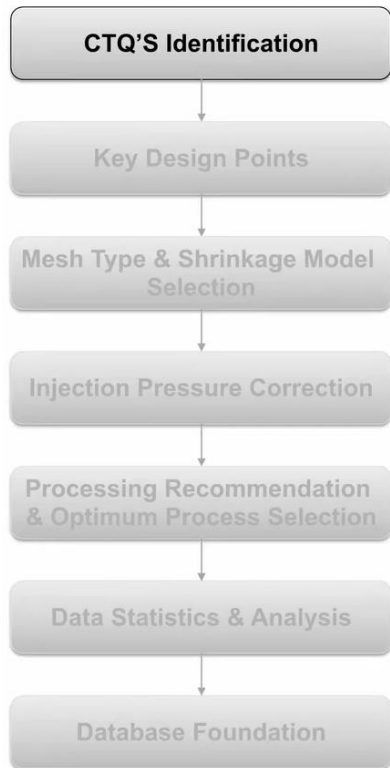
Typical Model	Warpage Trend	Root Cause Analysis	Improvement Measure	Typical Parts in Company
"L"				
"U"			1. Modify wall thickness between a and b; 2. change the section to "H"	
"H"			It's an ideal model for plastic part.	
"O"			Adjust the wall thickness between a and b according to the warpage trend.	

Moldflow Database 구축 절차

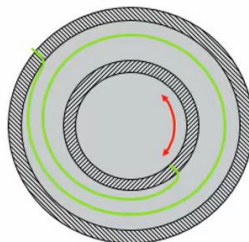
- Stator Housing 제품 예제를 통해 전체적인 절차 확인



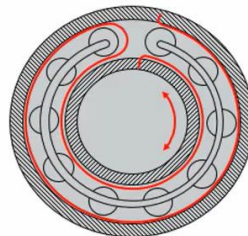
Moldflow Database 구축 절차



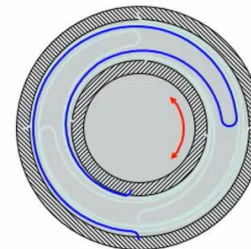
Functional Principles



Clock spring

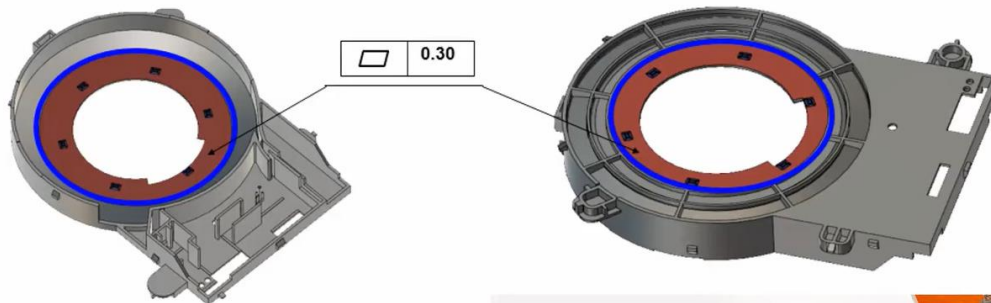


U-turn with additional rollers



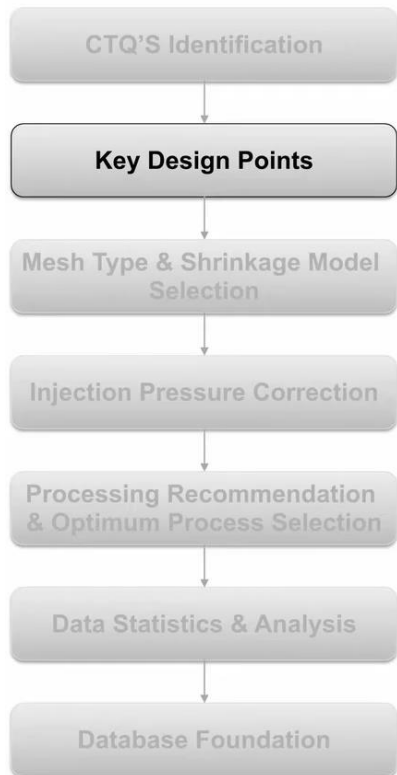
U-turn with dummy tape

Critical Characteristics

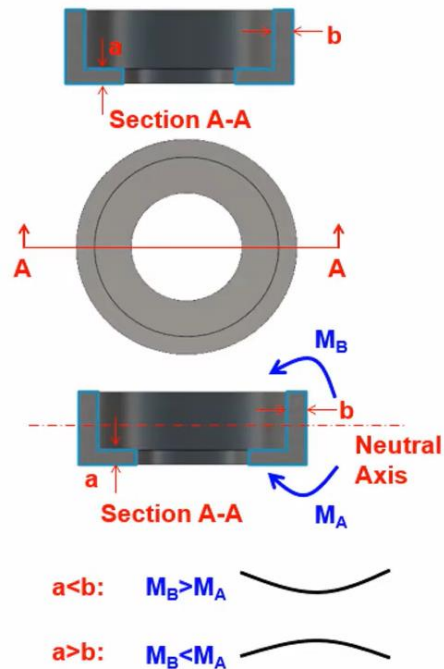


* 표시된 부분의 평편도는 이 제품에서 가장 중요한 요구 사항임

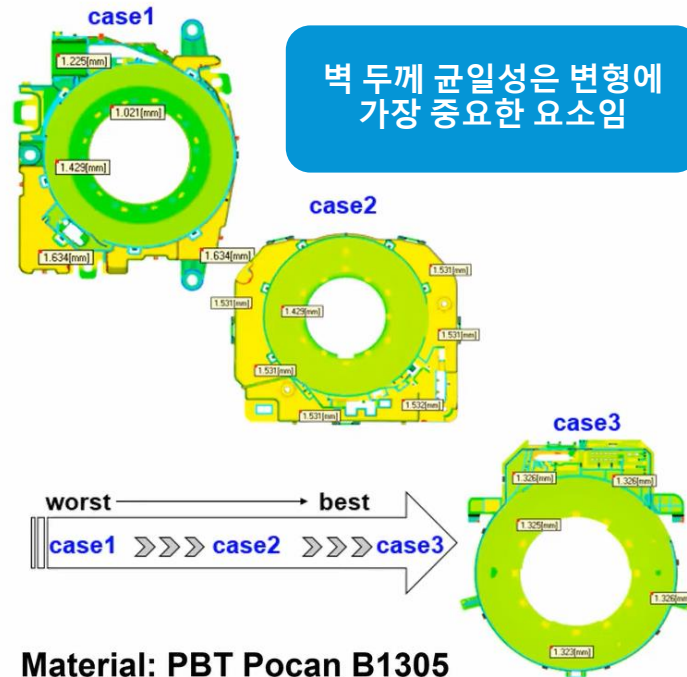
Moldflow Database 구축 절차



Typical Reference Model

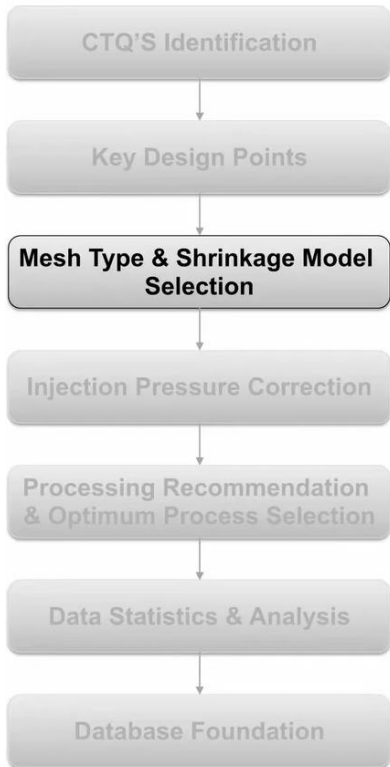


Wall thickness



벽 두께 균일성은 변형에 가장 중요한 요소임

Moldflow Database 구축 절차



Simulation Result

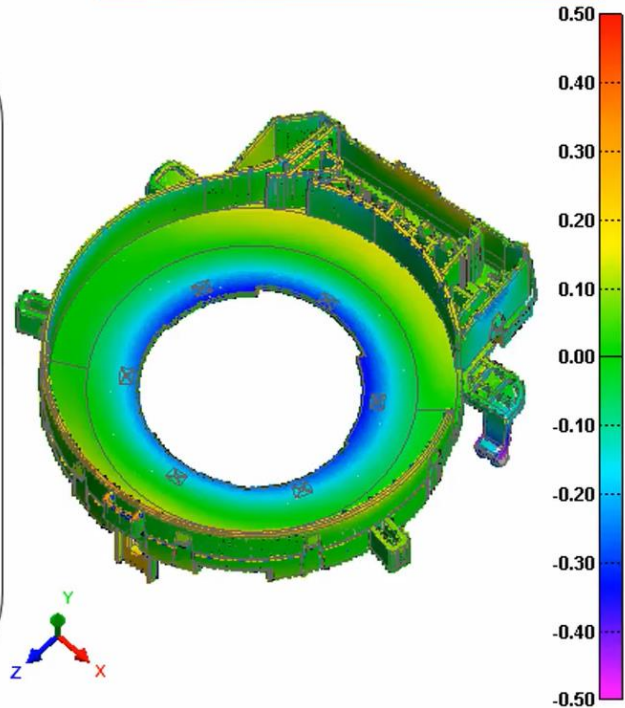
option01
 Dual Domain Mesh (261890 elements)

option02
 3D Mesh (2914842 elements)
 Select a shrinkage model (3D)

option03
 3D Mesh (2914842 elements)
 Select a shrinkage model (3D)

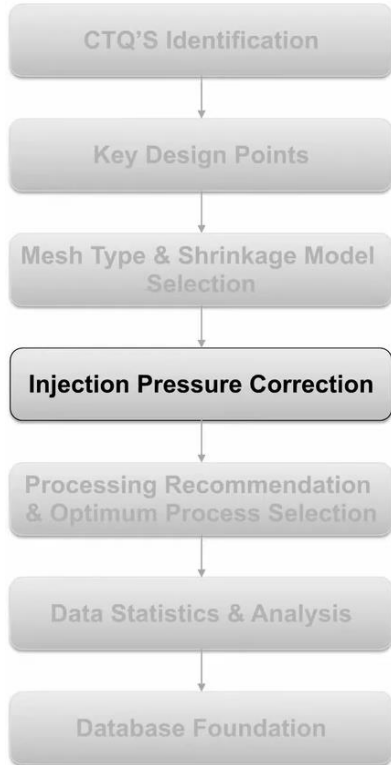
Material: PBT Pocan B 1305

CT Result with Actual Part



* 이 수지에서는 3D mesh & Generic Shrinkage Model 선택

Moldflow Database 구축 절차



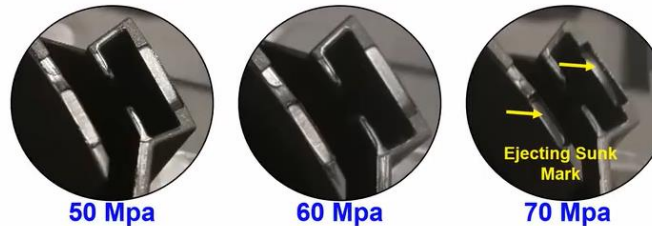
Why do we need to do that?

Some constrains in actual process

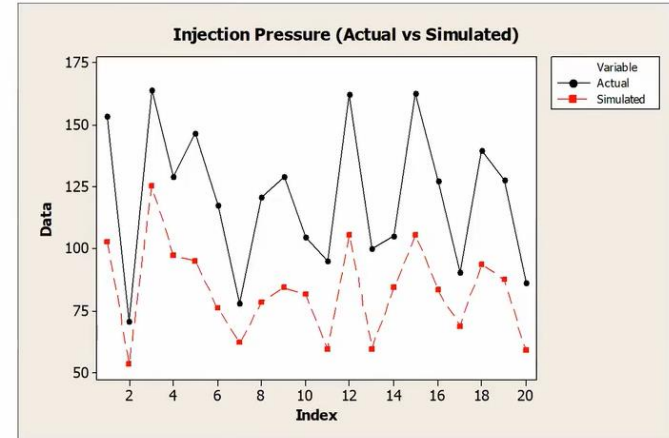
1. The Peak Pressure <180 Mpa.



2. The packing pressure <60 Mpa.



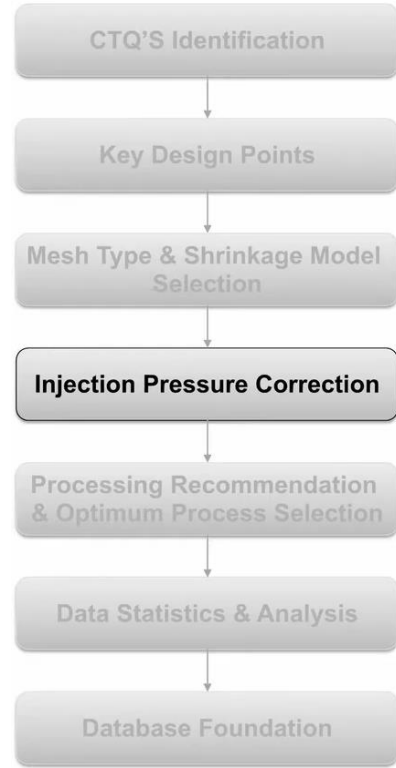
The difference between reality and simulation



따라서,

1. 설계 단계에서 실제 최대 압력을 예측해야함
2. 공정 매개 변수 권장 사항을 제공하면서 보압의 제약을 고려해야함

Moldflow Database 구축 절차



Method2: change the value of coefficient D1 in WLF Model

1. Cross-WLF viscosity model

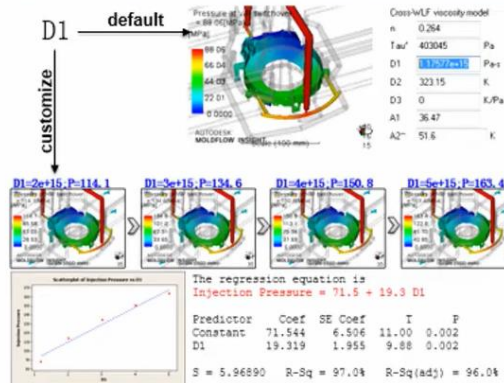
$$\eta = \frac{\eta_0}{1 + \left(\frac{\eta_0 \dot{\gamma}}{\tau^*}\right)^{1-n}} \quad \eta_0 = D_1 \exp\left[-\frac{A_1(T - T^*)}{A_2 + (T - T^*)}\right]$$

The zero shear viscosity is given by the equation:
where

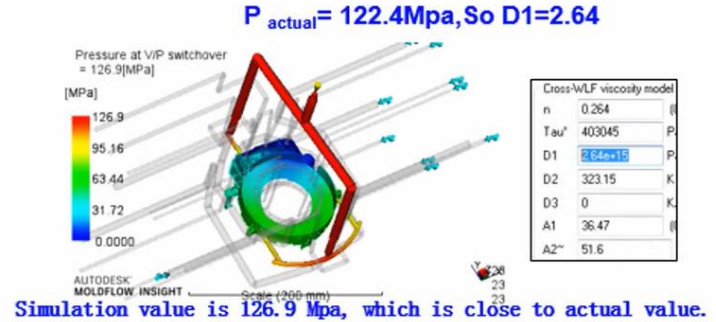
- T is the temperature (K)
- T^* is the glass transition temperature, determined by curve fitting,
- $A_2 = A_3 + D_3 p$
- p is the pressure (Pa), and where
- D_1 , A_1 , A_3 , and D_3 are data-fitted coefficients.

The glass transition temperature is given by the equation: $T^* = D_2 + D_3 p$
where D_2 is a data-fitted coefficient.

2. Find out the relationship Injection Pressure VS D1

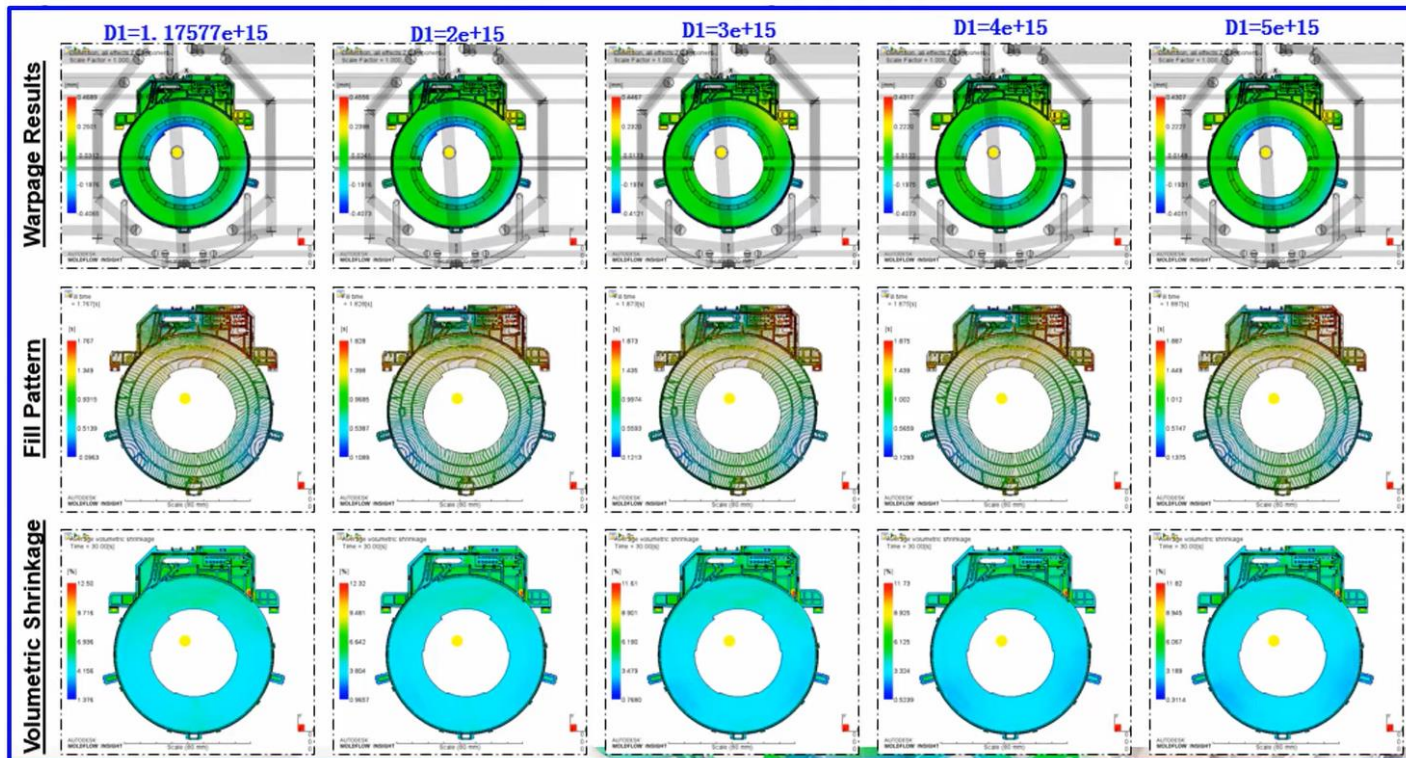
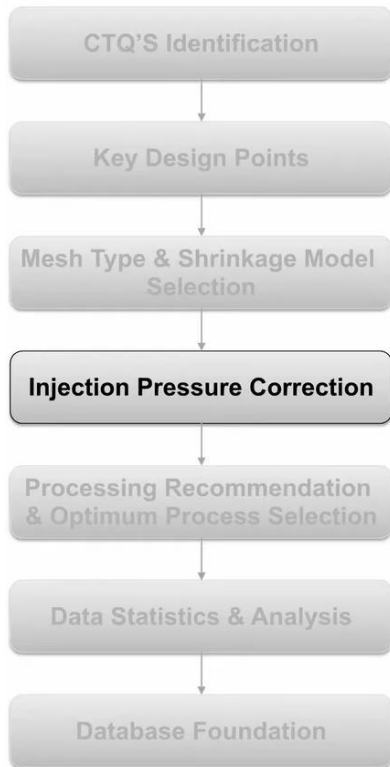


3. D1 Calculation



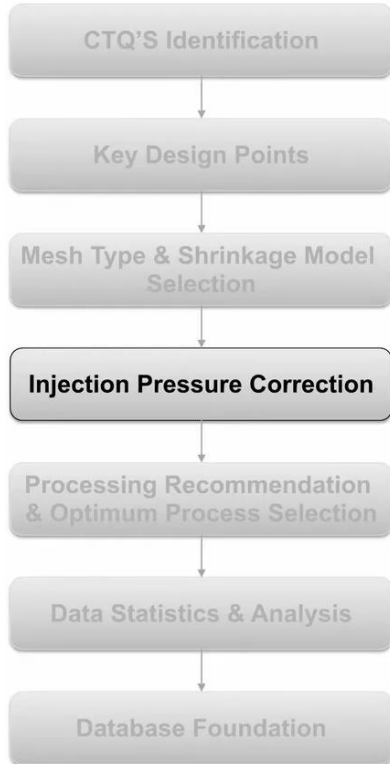
Moldflow Database 구축 절차

Method2: change the value of coefficient D1 in WLF Model



Moldflow Database 구축 절차

Method2: change the value of coefficient D1 in WLF Model



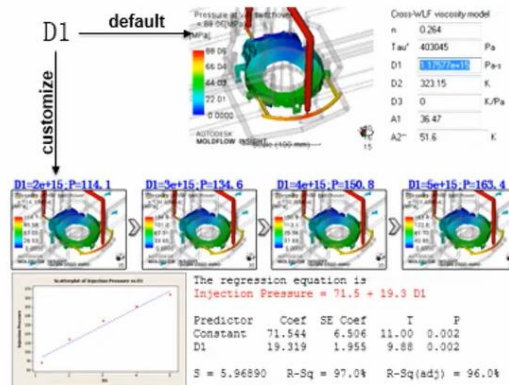
1. Cross-WLF viscosity model

$$\eta = \frac{\eta_0}{1 + \left(\frac{\eta_0 \dot{\gamma}}{\tau^*}\right)^{1-n}} \quad \eta_0 = D_1 \exp\left[-\frac{A_1(T - T^*)}{A_2 + (T - T^*)}\right]$$

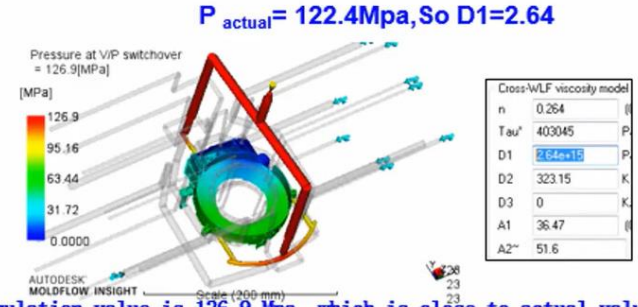
The zero shear viscosity is given by the equation:
where

- T is the temperature (K)
 - T^* is the glass transition temperature, determined by curve fitting,
 - $A_2 = A_3 + D_3 p$
 - p is the pressure (Pa), and where
 - D_1 , A_1 , A_3 , and D_3 are data-fitted coefficients.
- The glass transition temperature is given by the equation: $T^* = D_2 + D_3 p$
where D_2 is a data-fitted coefficient.

2. Find out the relationship Injection Pressure VS D1



3. D1 Calculation

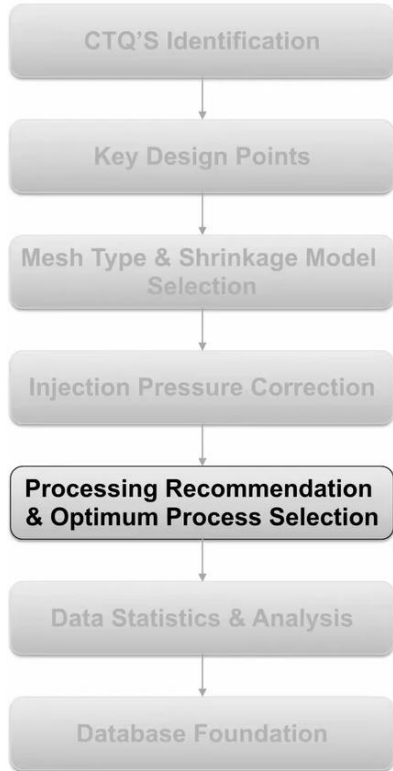


4. Define D1

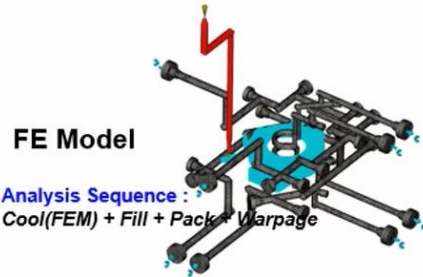
No	Part No.	Tool No.	Fill time	Cylinder diameter (mm)	Nozzle Size	Actual Peak Pressure (Mpa)	D1
1	100000015	200000015	1.35	30	3.5	153.3	2.58
2	100001125	200000015	0.76	30	3.5	146.6	2.41
3	100000000	200000000	1.75	40	3.5	117.4	2.66
4	100000000	200000000	1.86	40	3.5	120.8	2.39
5	100000003	200000000	1.34	30	3.5	128.8	2.61
6	100000004	200000000	1.39	30	3.5	95.0	2.56
7	100000002	200000000	1.01	40	3.5	162.0	2.52
8	100000001	200000000	1.16	30	3.5	162.5	2.64
9	100000000	200000000	1.14	30	3.5	126.9	2.71
10	100000006	200000000	1.07	30	3.5	139.5	2.67
11	100000005	200000000	0.81	40	3.5	127.5	2.48
12	100000008	200000000	1.44	40	3.5	86.0	2.55

$D1_{\text{average}} = 2.57$

Moldflow Database 구축 절차

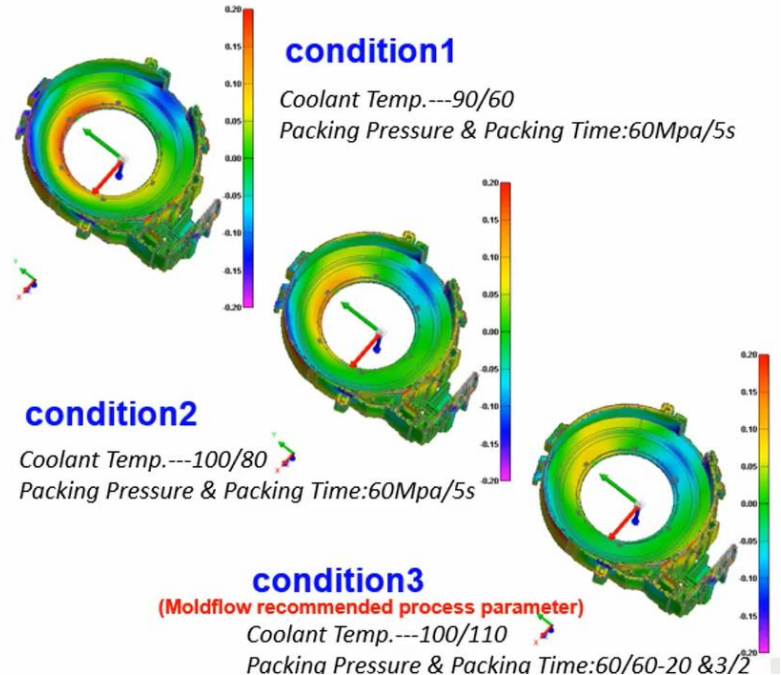


Process Parameter Recommendation

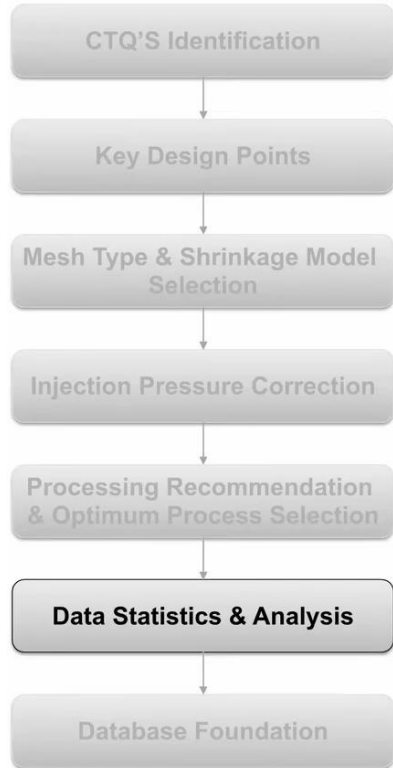


Part / Tool NO.	Material	Machine	Date	Prepared By
220511072 200051555	PBT Pocan B 1305	max. machine clamp force 150 T machine screw diameter Ø35 max. machine injection pressure 2200 Bar	2017.09.05	Liu Herong
Item	Simulation Results		Actual Application	
Filling Time(s)	0.9 (0.75~1.3)		Feedback from trial shot--- Optimum process parameter	
Injection Pressure at V/P (Mpa)	126.6			
Packing Pressure (Mpa)	60/60-20			
Packing Time (s)	3/2			
Clamp Force (ton)	66-43			
Melt Temp. (°C)	260(±10)			
Coolant Temp. (°C)	100/110(±10)			
Cooling Time (s)	12(±5)			
over view				
Cooling		Fill Pattern	warpage	

Find out the optimum process condition



Moldflow Database 구축 절차

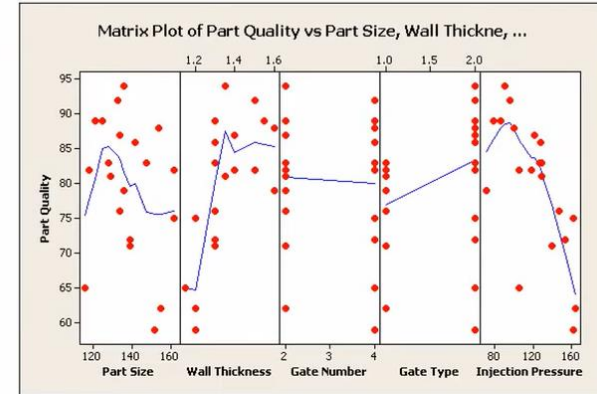


Find Out the Key Factors to Part Quality

Data Statistics

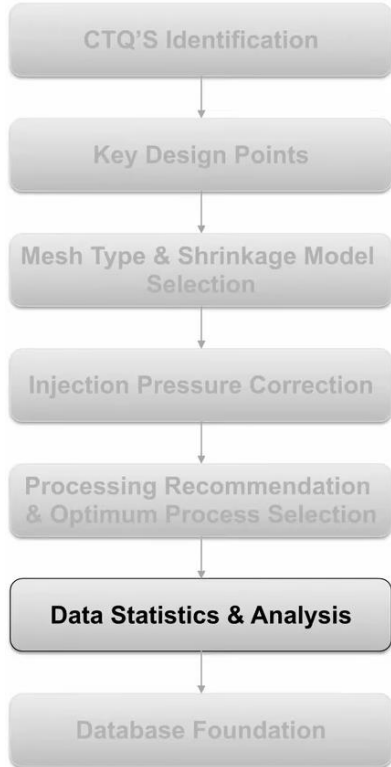
Part Size	Wall Thickness	Gate Number	Gate Type		Injection Pressure	Part Quality
			1:same side	2:different side		
139	1.30	4		2	153.3	72
136	1.60	2		1	70.6	79
155	1.20	2		1	164.1	62
148	1.30	4		2	129.1	83
134	1.30	2		1	146.6	76
162	1.40	4		2	117.4	82
121	1.30	4		2	78.8	89
134	1.40	2		2	120.8	87
129	1.35	2		1	128.8	81
116	1.15	4		2	104.7	65
133	1.50	4		2	95.2	92
162	1.20	4		2	162.0	75
154	1.60	4		2	99.8	88
118	1.50	2		1	104.9	82
152	1.20	4		2	162.5	59
128	1.30	2		1	126.9	83
136	1.35	2		2	90.3	94
139	1.30	2		1	139.5	71
142	1.30	4		2	127.5	86
125	1.55	2		2	86.3	89

Data Analysis

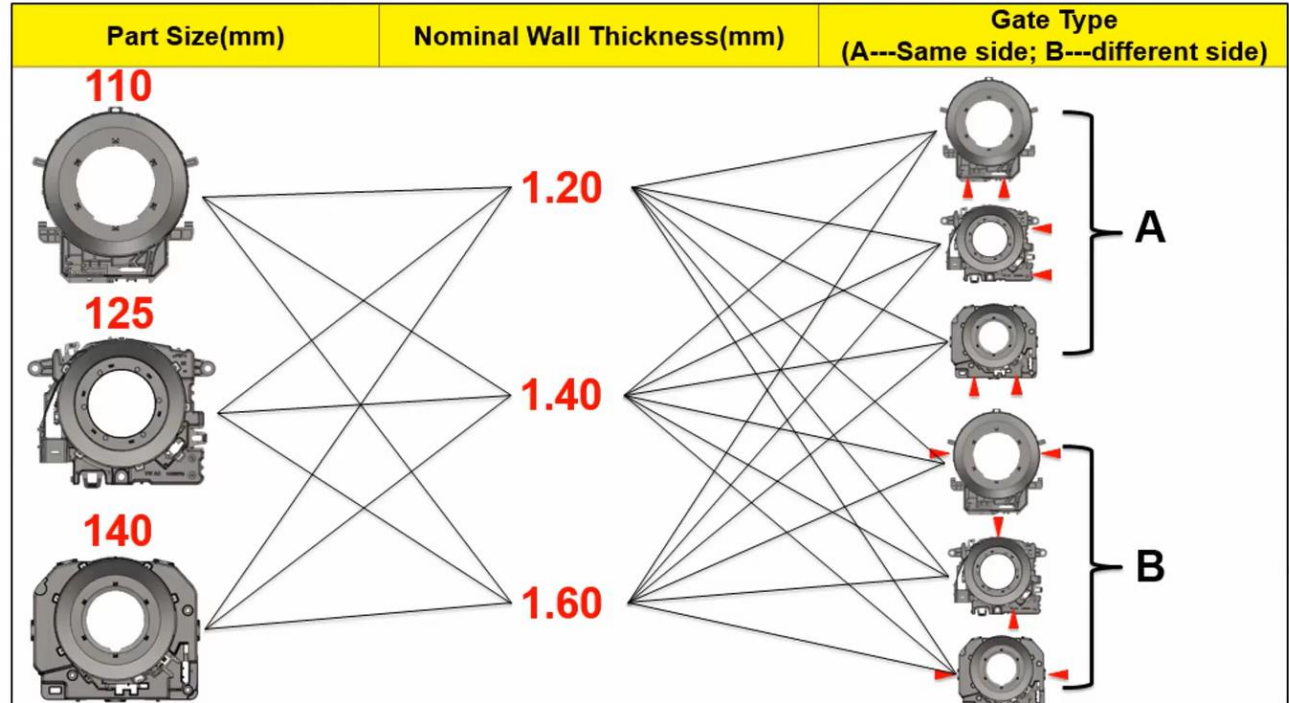


- ✓ Part Size: negative correlation with part quality.
- ✓ Wall Thickness: positive correlation with part quality.
- ✓ Gate Number: no correlation.
- ✓ Gate Type: positive correlation.
- ✓ Injection Pressure: strongly negative correlation.

Moldflow Database 구축 절차



Experiment Scheme



Moldflow Database 구축 절차

DOE Design & Response

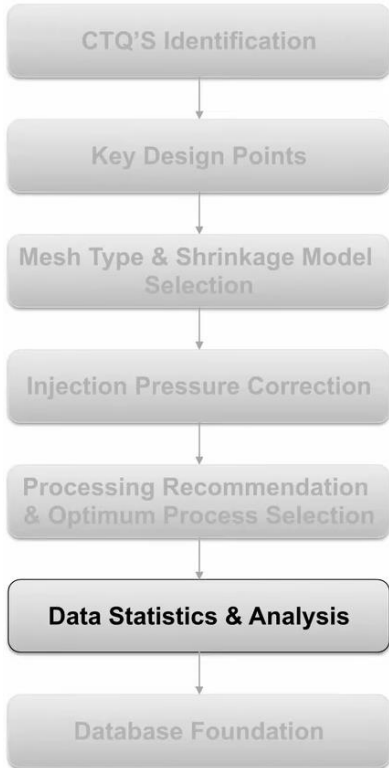
DOE Design

Factor	Name	Type	Levels	Level Values		
A	Gate Type	Text	2	A	B	
B	Part Size	Numeric	3	110	125	140
C	Wall Thickne	Numeric	3	1.2	1.4	1.6

DOE Response

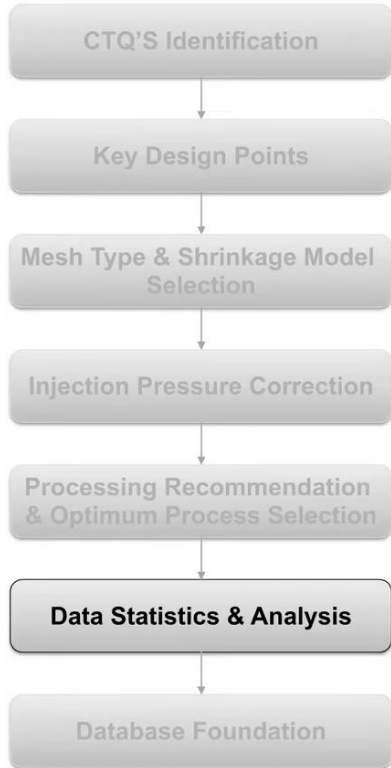
StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Gate Type	Part Size	Wall Thickness	Injection Pressure	Part Quality
5	1	1	1	A	125	1.4	131.8	78
9	2	1	1	A	140	1.6	152.4	85
12	3	1	1	B	110	1.6	105.3	92
7	4	1	1	A	140	1.2	189.8	51
11	5	1	1	B	110	1.4	116.3	86
3	6	1	1	A	110	1.6	92.6	88
15	7	1	1	B	125	1.6	101.4	91
16	8	1	1	B	140	1.2	165.8	57
6	9	1	1	A	125	1.6	121.5	84
2	10	1	1	A	110	1.4	122.4	83
18	11	1	1	B	140	1.6	120.1	88
10	12	1	1	B	110	1.2	132.8	76
1	13	1	1	A	110	1.2	159.9	72
17	14	1	1	B	140	1.4	134.7	78
4	15	1	1	A	125	1.2	172.1	68
8	16	1	1	A	140	1.4	165.2	77
14	17	1	1	B	125	1.4	120.7	86
13	18	1	1	B	125	1.2	143.2	73

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Gate Type	Part Size	Wall Thickness
5	1	1	1	A	125	1.4
9	2	1	1	A	140	1.6
12	3	1	1	B	110	1.6
7	4	1	1	A	140	1.2
11	5	1	1	B	110	1.4
3	6	1	1	A	110	1.6
15	7	1	1	B	125	1.6
16	8	1	1	B	140	1.2
6	9	1	1	A	125	1.6
2	10	1	1	A	110	1.4
18	11	1	1	B	140	1.6
10	12	1	1	B	110	1.2
1	13	1	1	A	110	1.2
17	14	1	1	B	140	1.4
4	15	1	1	A	125	1.2
8	16	1	1	A	140	1.4
14	17	1	1	B	125	1.4
13	18	1	1	B	125	1.2



Moldflow Database 구축 절차

DOE Analysis



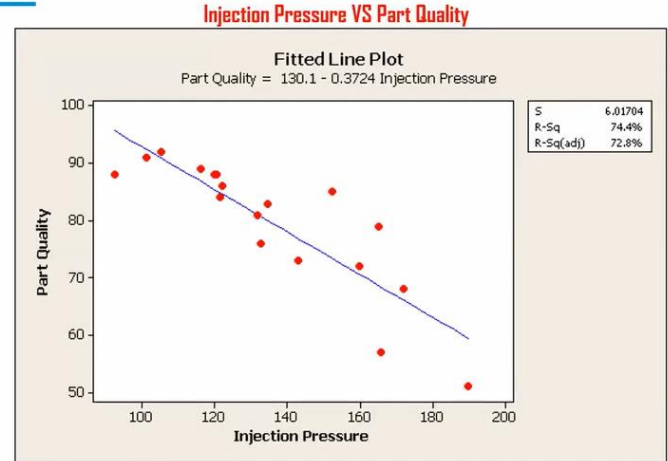
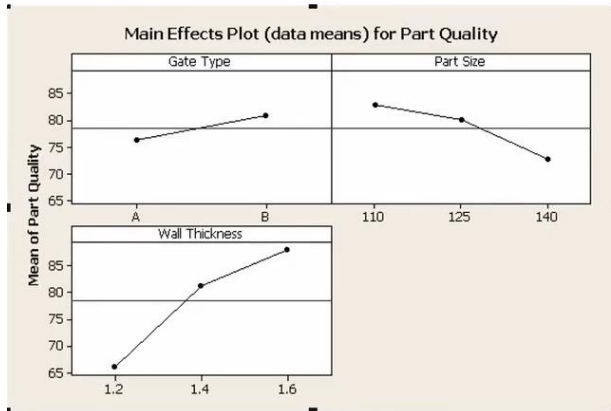
General Linear Model: Part Quality versus Gate Type, Part Size, Wall Thickness

Factor	Type	Levels	Values
Gate Type	fixed	2	A, B
Part Size	fixed	3	110, 125, 140
Wall Thickness	fixed	3	1.2, 1.4, 1.6

S = 9.25941 R-Sq = 97.18% R-Sq(adj) = 88.01%

Analysis of Variance for Part Quality, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Gate Type	1	93.39	93.39	93.39	45.43	0.003
Part Size	2	330.33	330.33	165.17	80.35	0.001
Wall Thickness	2	1502.33	1502.33	751.17	365.43	0.000
Gate Type*Part Size	2	10.11	10.11	5.06	2.46	0.201
Gate Type*Wall Thickness	2	0.78	0.78	0.39	0.19	0.835
Part Size*Wall Thickness	4	189.33	189.33	47.33	23.03	0.055
Error	4	8.22	8.22	2.06		
Total	17	2134.50				



4. 결론

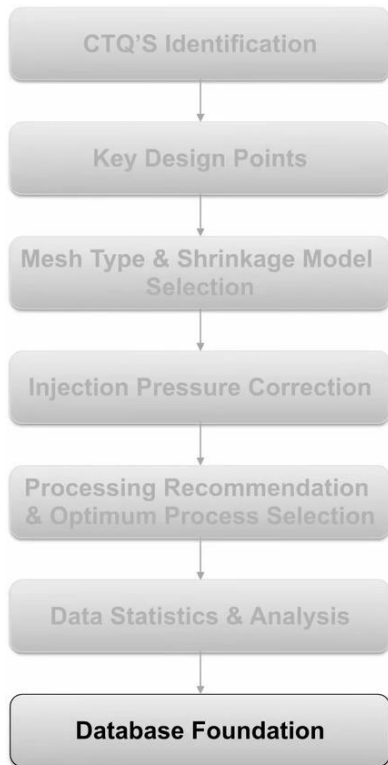
- ① 세가지 팩터가 모두 제품 품질에 민감함
- ② 사출압은 제품품질과 음의 상관관계를 가짐
- ③ 제품 품질을 만족하기 위한 조건

Wall thickness \geq 1.3 mm

Part size \leq 135 mm

Injection pressure \leq 130 MPa

Moldflow Database 구축 절차



Database Foundation

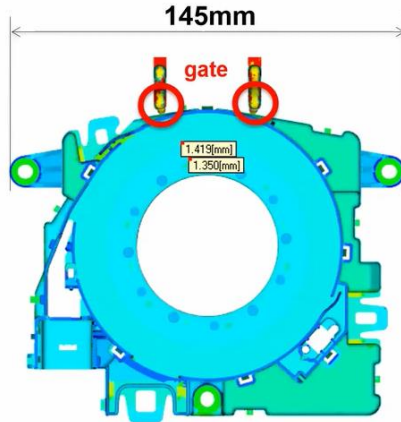
Find out the relationship between X & Y;

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots) = Y$$

Quality Estimation For Stator Housing					
	Part Size	Wall Thickness	Gate Type	Injection Pressure	Part Quality
Stator Housing	106	1.3	A	130.12	77.102
Remark: Injection Pressure_A = 142 - 129 Wall Thickness + 1.47 Part Size(mm) Injection Pressure_B = 169 - 95.8 Wall Thickness + 0.736 Part Size(mm) Part Quality_A = 40.9 - 0.333 Part Size(mm) + 55.0 Wall Thickness Part Quality_B = 48.0 - 0.344 Part Size(mm) + 54.2 Wall Thickness				Risk Rank Low (P≤135Mpa, Q≥80) Medium(135<P<165; 70<Q<80) High (P>165, Q<70)	

Case Study 1: 변형 제품 개선

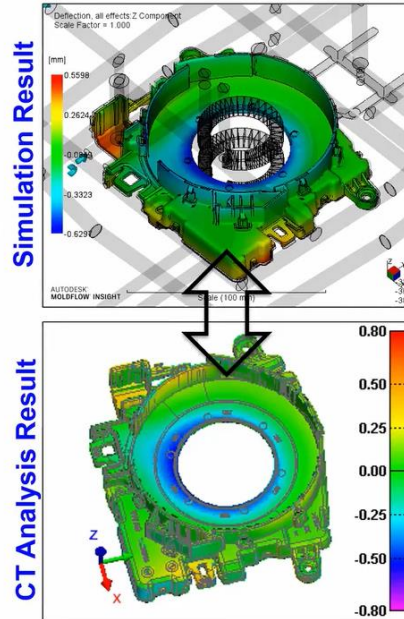
Quality Estimation



Quality Estimation For Stator Housing				
Part Size	Wall Thickness	Gate Type	Injection Pressure	Part Quality
145	1.42	A	171.97	70.71

Preliminarily Judge : **not good**

Simulation VS CT Analysis

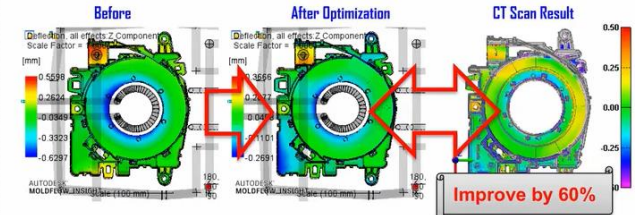


It is highly close between simulation and actual.

Improvement Measure

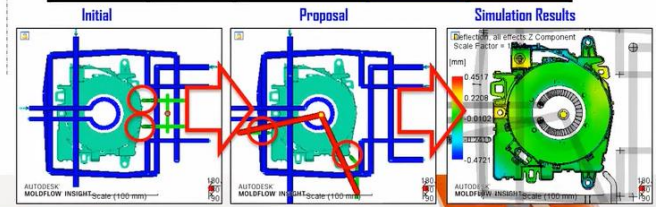
- Interim Solution
Process Optimization

Mold temperature: 90/60 → 110/120;
Using packing profile: 60Mpa/60Mpa-5Mpa & 3s/3s



- Long Term Solution: change gate location

Quality Estimation For Stator Housing				
Part Size	Wall Thickness	Gate Type	Injection Pressure	Part Quality
145	1.42	B	139.68	83.60



Conclusion

- Moldflow database를 사용하면
 - 부품 설계 단계에서 해석을 진행하기 전에 품질을 평가할 수 있습니다.
 - 게이트의 위치를 빠르게 정하고, 해석 시간을 감소할 수 있습니다.
 - Moldflow Database & Process 권장 사항을 기반으로 트레일 시간을 감소할 수 있습니다.
 - 개발 사이클 시간과 트레일 시간을 감소할 수 있습니다.

- 일부 제한 조건
 - 유사한 제품군에는 적합하지만 다른 제품에는 적합하지 않습니다.
 - 데이터 수집 및 분석에 많은 시간을 투자해야 합니다.

- 제품 변형 개선을 위해 Moldflow 해석을 이용할 수 있습니다.
- 실제 성형과 Moldflow 해석을 매칭하여 DB를 만들면 신제품 개발에 도움을 줄 수 있습니다.
- Reverse Warp Workflows – Theory vs. Reality
 - 변형 역설계 워크플로우를 통해 제품 개발 검증 단계를 효율적으로 진행하였습니다.
 - 재료의 특징에 따라 적용 방법을 달리 진행하였습니다.
 - 설계 최적화 및 성형 조건 최적화를 진행하였고, 표준화를 진행하였습니다.
 - 필요한 경우, 추가적인 설계 변경(하이브리드)를 진행하였습니다.
- The New Idea of Foundation for Moldflow Database
 - 실제 & 해석 결과를 종합한 회사 내 데이터베이스를 만들어 향후 개발에 적용하였습니다.
 - 데이터베이스 생성에는 시간이 들지만 제품 개발을 빠르게 진행할 수 있습니다.

참고자료

- Reverse Warp Workflows – Theory vs. Reality, David Lynam | Trend Technologies
 - https://youtu.be/HgTtt2_Knwk
- The New Idea of Foundation for Moldflow Database, Liu Herong | KOSTAL
 - https://youtu.be/z-lkSIS_cl



본 문서는 (주)디앤씨에서 Autodesk Moldflow Summit 2021 행사를 위해 작성한 문서로 포함된 정보의 전부 또는 일부를 무단으로 제3자에게 제공, 공개, 배포, 복사 또는 사용하는 것은 금지되며, 경우에 따라 민, 형사상 책임을 질 수 있습니다.

Moldflow Summit 2021(2021.01.26)

더 스마트하게 Moldflow하기 위한 해석 자동화 METK V3 배포

(주)이디앤씨 이재훈 과장 / jh.lee@ednc.com

Autodesk Application Engineer

주최  후원  AUTODESK.

Welcome & Agenda

- 1. METK (Moldflow easy toolkit)란?
- 2. 기능 설명 & 사용방법
- 3. 사용 조건 & 다운로드 방법



1. METK (Moldflow easy toolkit)란?

METK 개발 배경

- Moldflow 사용 User의 편의와 유지보수 고객 지원 목적
- 열가소성 수지 사출성형(Thermoplastics injection molding)해석에 맞춰 제작된 Toolkit
- 공정조건입력, Runner system 작성, 결과요약 & 비교를 좀더 쉽게
- 공정조건의 경우 일반적인 시간으로 진행하는 해석부터, 유량, 다단사출(절대값 & 상대값)입력을 좀더 쉽고 빠르게 하기위해 보다 쉬운 UI를 통해 구현
- 조건에 따른 해석을 진행 할 때 시간이 오래 걸리는 복사, 조건변경 단계의 단일화
- Runner system의 경우 3단 Pinpoint Runner system을 Cold와 Hot 모두 구현, 3단만 구현되어 있지만 유연한 사용을 통한 시간단축을 기대
- Analysis Result View기능의 경우 최대 10개의 해석결과를 주요 해석 값을 표에 표현해 줌으로서 좀더 쉽게 비교 가능

2. 기능설명 & 사용방법

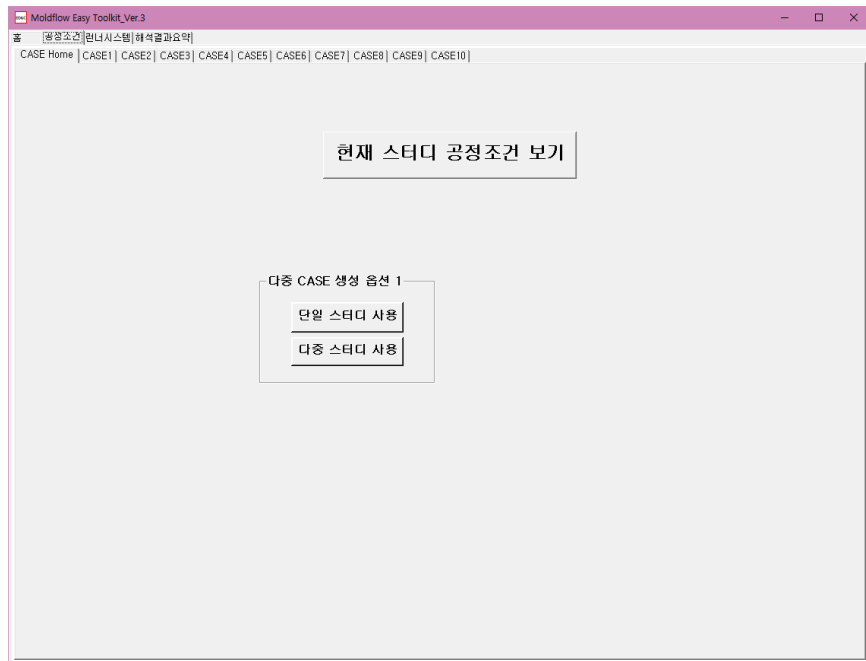
홈 탭



- 홈, 공정조건, 런너시스템, 해석결과요약, 4개의 탭으로 구성됨
- 홈 탭은 고객지원을 위한 링크버튼 위치
- 원격지원을 위한 팀뷰어와 리모트콜 링크
- ED&C 유튜브 채널과 네이버 카페 링크

2. 기능설명 & 사용방법

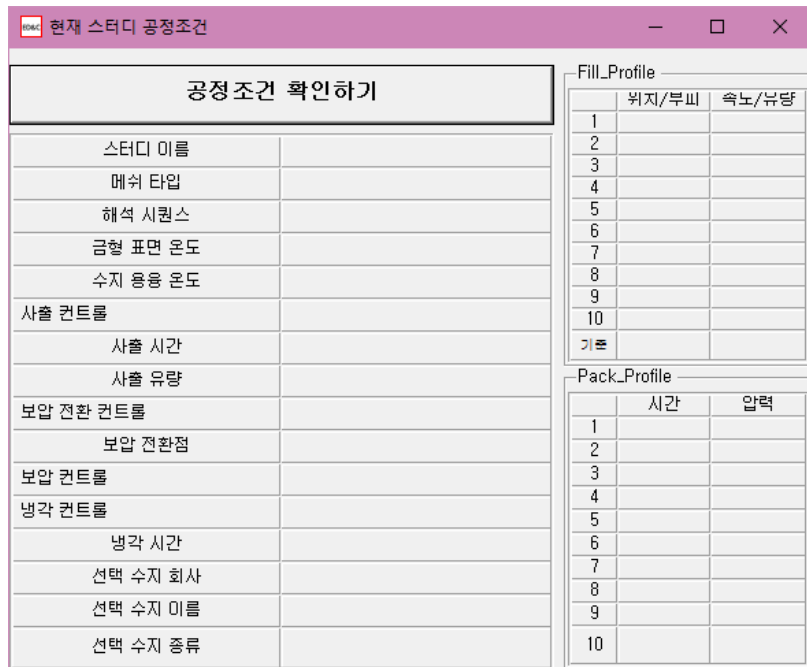
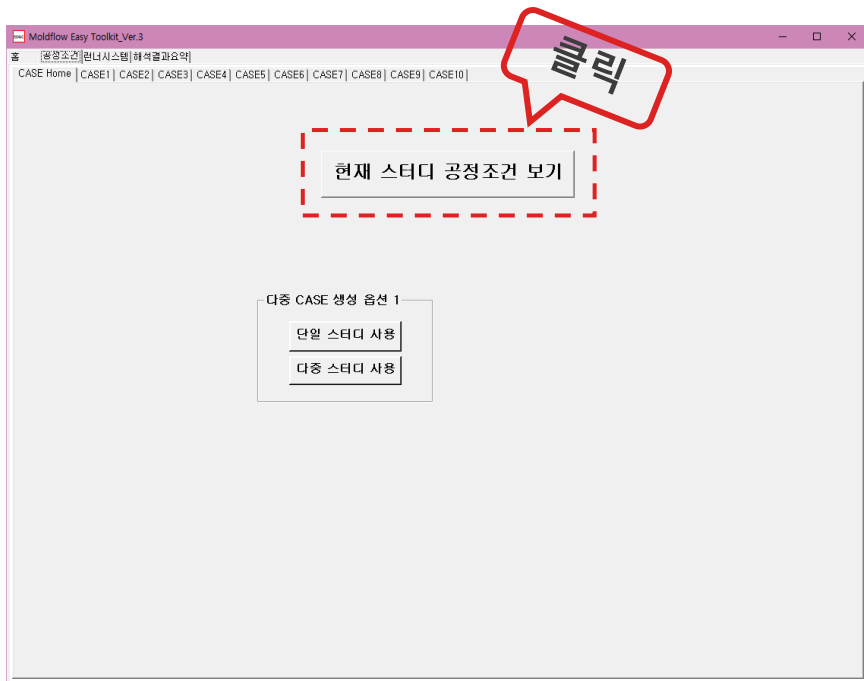
공정조건 탭



- 공정조건 탭에는 CASE Home 탭을 시작으로 CASE10 탭 까지 케이스별 탭이 존재
- 현재 Moldflow에 활성화 되어있는 Study의 공정조건 확인 가능
"현재 스터디 공정조건 보기" 클릭
- 공정조건의 CASE별 study 생성을 위한 옵션을 사용 가능

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - “현재 스터디 공정조건 보기” 기능



2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - “현재 스터디 공정조건 보기” 기능

공정조건 확인하기	
스터디 이름	
메쉬 타입	
해석 시퀀스	
금형 표면 온도	
수지 용융 온도	
사출 컨트롤	
사출 시간	
사출 유량	
보압 전환 컨트롤	
보압 전환점	
보압 컨트롤	
냉각 컨트롤	
냉각 시간	
선택 수지 회사	
선택 수지 이름	
선택 수지 종류	

Fill_Profile		
	위치/부피	속도/유량
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
기준		

Pack_Profile		
	시간	압력
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

- CASE Home 탭의 “현재 스터디 공정조건 확인하기” 버튼을 누르면 다음과 같은 별도의 창이 팝업 됨.
- 확인하고자 하는 스터디를 Moldflow에서 활성화 한 뒤 “공정조건 확인하기” 버튼을 누르면 현재 활성화된 스터디의 공정조건이 해당 팝업창에 표시 됨.
- 일반 열가소성 수지 사출성형 공정의 공정조건만 정상적으로 표시 됨.

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - “현재 스터디 공정조건 보기” 기능 / 조건: 사출시간 사용

1_study-1

AUTODESK MOLDFLOW INSIGHT Scale (30 mm)

Ready Logs

EDNC 현재 스터디 공정조건
- □ ×

공정조건 확인하기

스터디 이름	1_study_1.sdy
메쉬 타입	3D
해석 시퀀스	Fill + Pack + Warp
금형 표면 온도	50 °C
수지 용융 온도	220 °C
사출 컨트롤	사출시간
사출 시간	1 s
사출 유량	-
보압 전환 컨트롤	%충전부피
보압 전환점	99 %
보압 컨트롤	절대압력 vs. 시간
냉각 컨트롤	지정시간
냉각 시간	20
선택 수지 회사	Generic Default
선택 수지 이름	Generic PP
선택 수지 종류	PP

Fill_Profile

	위치/부피	속도/유량
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
기준		

Pack_Profile

	시간	압력
1	0s	20MPa
2	10s	20MPa
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

클릭

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - “현재 스터디 공정조건 보기” 기능 / 조건: 램 속도 vs 램 위치

Process Settings Wizard - Fill+Pack Settings - Page 1 of 2

Mold surface temperature: 60 C
Melt temperature: 235 C

Filling control: Absolute ram speed profile by Ram speed vs ram position

Velocity/pressure switch-over: By ram position at

Pack/holding control: %Filling pressure vs time

Cooling time: Specified

Pack/Holding Control Profile Settings

Duration s [0:300]	%Filling pressure % [0:200]
1	0 80
2	10 80
3	
4	

Filling Control Profile Settings

Ram speed vs ram position

	Ram position mm [0:5000]	Ram speed mm/s [0:5000]
1	100	20
2	90	20
3	90	10
4	85	10
5	85	35
6	45	35
7	45	25
8	25	25
9		

Starting ram position: 100 mm [0]
Cushion warning limit: 5 mm [0]

현재 스터디 공정조건

공정조건 확인하기

스터디 이름	dustpan_1case.sdy
메쉬 타입	3D
해석 시퀀스	Fill + Pack + Warp
금형 표면 온도	60 °C
수지 용융 온도	235 °C
사출 컨트롤	절대 속도 / 램속도 vs. 램위치
사출 시간	-
사출 유량	-
보압 전환 컨트롤	램 위치
보압 전환점	25 mm
보압 컨트롤	%출전부피 vs. 시간
냉각 컨트롤	지정시간
냉각 시간	20
선택 수지 회사	Generic Default
선택 수지 이름	Generic PP
선택 수지 종류	PP

Fill_Profile

	위치/부피	속도/유량
1	100	20
2	90	20
3	90	10
4	85	10
5	85	35
6	45	35
7	45	25
8	25	25
9		
10		
기본	계량위치	100

Pack_Profile

	시간	압력
1	0s	80%
2	10s	80%
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - “현재 스터디 공정조건 보기” 기능 / 조건: %사출유량 vs %사출볼륨

Process Settings Wizard - Fill+Pack Settings - Page 1 of 2

Mold surface temperature: 60 °C
Melt temperature: 235 °C

Filling control: Relative ram speed profile by %Flow rate vs %shot volume

Velocity/pressure switch-over: By %volume filled at

Pack/holding control: Packing pressure vs time

Cooling time

Pack/Holding Control Profile Settings

	Duration s [0:3600]	Packing pressure MPa [0:500]
1	0	35
2	5	35
3	0	15
4	5	15

Buttons: 확인, 취소, 도움말

Filling Control Profile Settings

%Flow rate vs %shot volume

	%Shot volume % [0:100]	%Flow rate % [0:100]
1	0	30
2	10	30
3	10	10
4	30	10
5	30	85
6	60	85
7	60	60
8	100	60
9		

Buttons: Import Profile..., Plot Profile...

Reference: Nominal injection time of 2 s [0:]

Stroke volume: Automatic

Buttons: 확인, 취소, 도움말

현재 스터디 공정조건

공정조건 확인하기

스터디 이름	dustpan_1case.sdy
메쉬 타입	3D
해석 시퀀스	Fill + Pack + Warp
금형 표면 온도	60 °C
수지 용융 온도	235 °C
사출 컨트롤	상대 속도 / %유량 vs. %부피
사출 시간	-
사출 유량	-
보압 전환 컨트롤	%충전부피
보압 전환점	25 %
보압 컨트롤	절대압력 vs. 시간
냉각 컨트롤	지정시간
냉각 시간	20
선택 수치 회사	Generic Default
선택 수치 이름	Generic PP
선택 수치 종류	PP

Fill_Profile

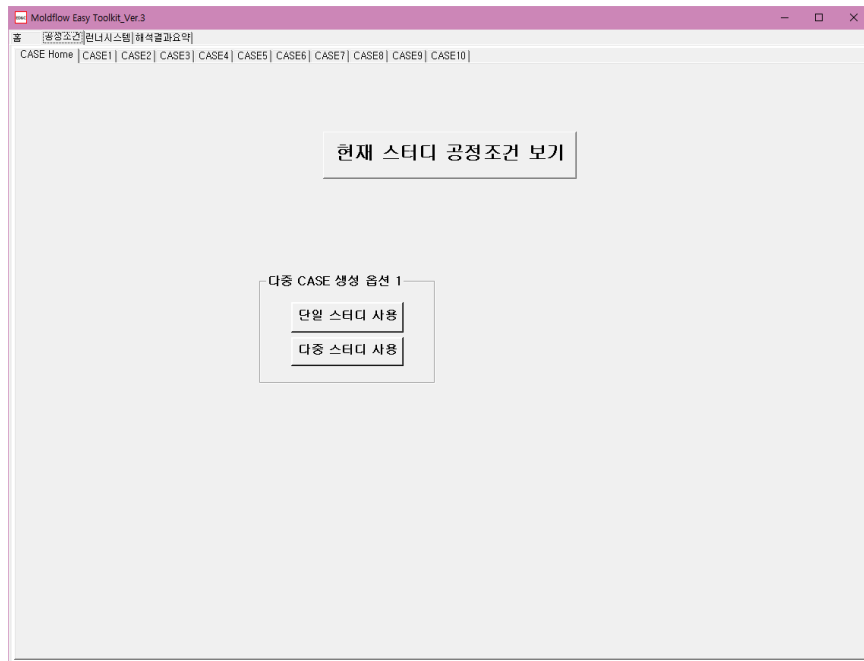
	위치/부피	속도/유량
1	0%	30%
2	10%	30%
3	10%	10%
4	30%	10%
5	30%	85%
6	60%	85%
7	60%	60%
8	100%	60%
9		
10		
기준	사출시간	2s

Pack_Profile

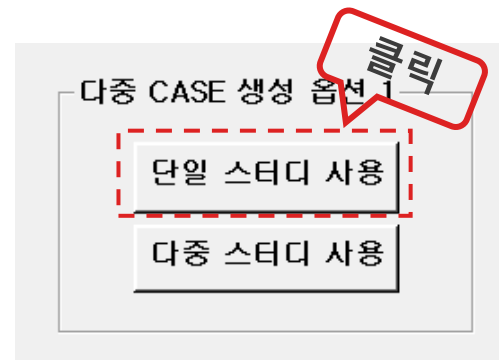
	시간	압력
1	0s	35MPa
2	5s	35MPa
3	0s	15MPa
4	5s	15MPa
5		
6		
7		
8		
9		
10		

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭



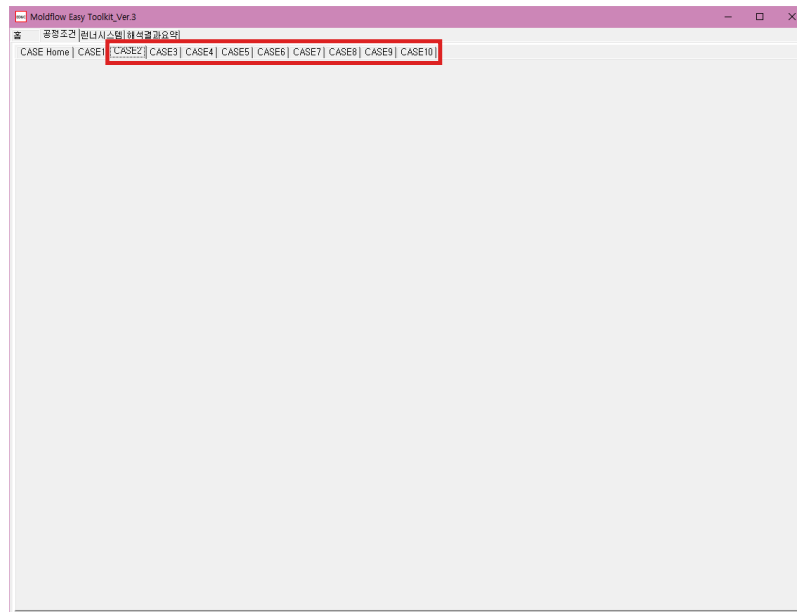
- 하나의 스터디에 대한 공정조건을 변경하고 싶은 경우 "단일 스터디 사용" 클릭



2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭

- “단일 스터디 사용” 클릭한 경우
“CASE1” 탭만 활성화 나머지는 비활성화



2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - 각 CASE 화면

- 최대 8개의 경우에 따른 화면 표시 변경(사출 & 보압 조건설정에 따름)
- 사출: 시간, 유량, 다단사출 절대, 다단사출 상대
- 보압: %최대사출압력vs시간, 보압압력vs시간

사출인도		사출시간		보압인도		보압압력vs시간	
4단	3단	2단	1단	단계	단위	속도	사용 여부
						회차	
계열 위치	mm		사출 시간			+	
보압현상위	Volume(%)		상대 시간			+	
3단	2단	1단	단계	보압 조건		전체 적용	
				시각적			
압력 온도	℃						
유기 분율	%						

사출인도		사출시간		보압인도		보압 압력vs시간	
4단	3단	2단	1단	단계	단위	속도	사용 여부
						회차	
계열 위치	mm		사출 시간			+	
보압현상위	Volume(%)		상대 시간			+	
3단	2단	1단	단계	보압 조건		전체 적용	
				시각적			
압력 온도	℃						
유기 분율	%						

사출인도		유량		보압인도		보압 압력vs시간	
4단	3단	2단	1단	단계	단위	속도	사용 여부
						회차	
계열 위치	mm		사출 유량			ml/s	
보압현상위	Volume(%)		상대 시간			+	
3단	2단	1단	단계	보압 조건		전체 적용	
				시각적			
압력 온도	℃						
유기 분율	%						

사출인도		유량		보압인도		보압 압력vs시간	
4단	3단	2단	1단	단계	단위	속도	사용 여부
						회차	
계열 위치	mm		사출 유량			ml/s	
보압현상위	Volume(%)		상대 시간			+	
3단	2단	1단	단계	보압 조건		전체 적용	
				시각적			
압력 온도	℃						
유기 분율	%						

사출인도		다단사출 / 보압(apsys)형		보압인도		보압 압력vs시간	
4단	3단	2단	1단	단계	단위	속도	사용 여부
						회차	
계열 위치	mm		사출 시간			+	
보압현상위	mm		상대 시간			+	
3단	2단	1단	단계	보압 조건		전체 적용	
				시각적			
압력 온도	℃						
유기 분율	%						

사출인도		다단사출 / 보압(apsys)형		보압인도		보압 압력vs시간	
4단	3단	2단	1단	단계	단위	속도	사용 여부
						회차	
계열 위치	mm		사출 시간			+	
보압현상위	mm		상대 시간			+	
3단	2단	1단	단계	보압 조건		전체 적용	
				시각적			
압력 온도	℃						
유기 분율	%						

사출인도		다단사출 / 보압(apsys)형		보압인도		보압 압력vs시간	
4단	3단	2단	1단	단계	단위	속도	사용 여부
						회차	
계열 위치	mm		사출 시간			+	
보압현상위	Volume(%)		상대 시간			+	
3단	2단	1단	단계	보압 조건		전체 적용	
				시각적			
압력 온도	℃						
유기 분율	%						

사출인도		다단사출 / 보압(apsys)형		보압인도		보압 압력vs시간	
4단	3단	2단	1단	단계	단위	속도	사용 여부
						회차	
계열 위치	mm		사출 시간			+	
보압현상위	Volume(%)		상대 시간			+	
3단	2단	1단	단계	보압 조건		전체 적용	
				시각적			
압력 온도	℃						
유기 분율	%						

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - 각 CASE 화면

Moldflow Easy Toolkit_Ver.3

공정조건 [번머시스템] 해석결과요역

CASE Home | CASE1 | **CASE2** | CASE3 | CASE4 | CASE5 | CASE6 | CASE7 | CASE8 | CASE9 | CASE10

사출 컨트롤: 다단사출 / 램속도 vs 램위치 | 보압 컨트롤: 보압 압력vs시간

4단	3단	2단	1단	단계	단위	사출 조건
60	85	10	30	속도	mm/s	
100	60	30	10	위치	mm	

계량 위치: 100 mm | 사출 시간: s

보압 전환점: 25 mm | 냉각 시간: 20 s

3단	2단	1단	단계	보압 조건
		45	압력(MPa)	
		10	시간(s)	

금형 온도: 60 °C | 스크류직경: 135 mm

수지 온도: 235 °C

Mesh Type 선택: Mesh Type선택

금형 열팽창 고려 | 변형 원인 구분

코너 효과 고려 | Mesh Aggregation Option

전체 적용

Process Settings Wizard - Fill+Pack Settings - Page 1 of 2

Mold surface temperature: 235 C

Melt temperature: 60 C

Filling control: Relative ram speed profile by %Flow rate vs %shot volume

Velocity/pressure switch-over: By %volume filled at 25 % [0:100]

Pack/holding control: Packing pressure vs time

Cooling time: Specified of 20

Pack/Holding Control Profile Settings

Packing pressure vs time

Duration s [0:3600]	Packing pressure MPa [0:500]
1 0	45
2 10	45
3	
4	

Import Profile... Plot Profile...

Filling Control Profile Settings

%Flow rate vs %shot volume

	%Shot volume % [0:100]	%Flow rate % [0:100]
1	0	30
2	10	30
3	10	10
4	30	10
5	30	85
6	60	85
7	60	60
8	100	60
9		

Import Profile... Plot Profile...

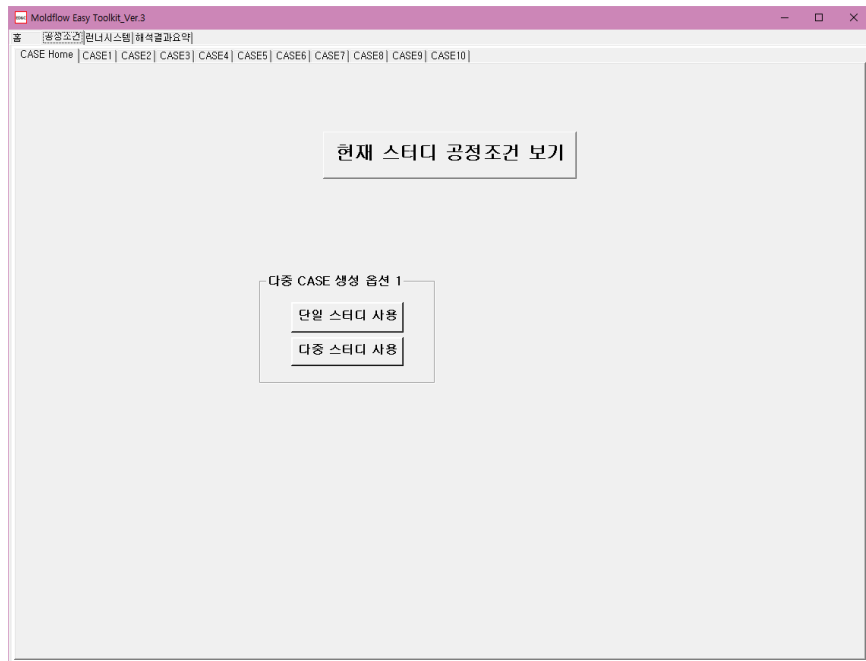
Reference: Nominal injection time of 2 s [0]

Stroke volume: Automatic

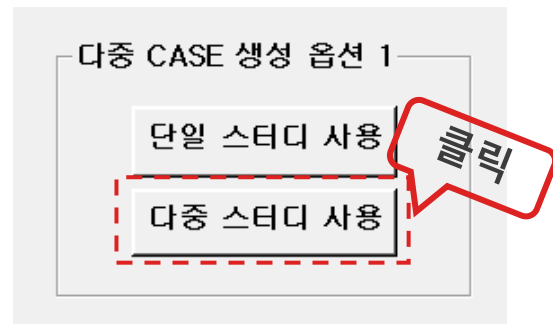
확인 취소 도움말

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - 다중 CASE 생성 옵션

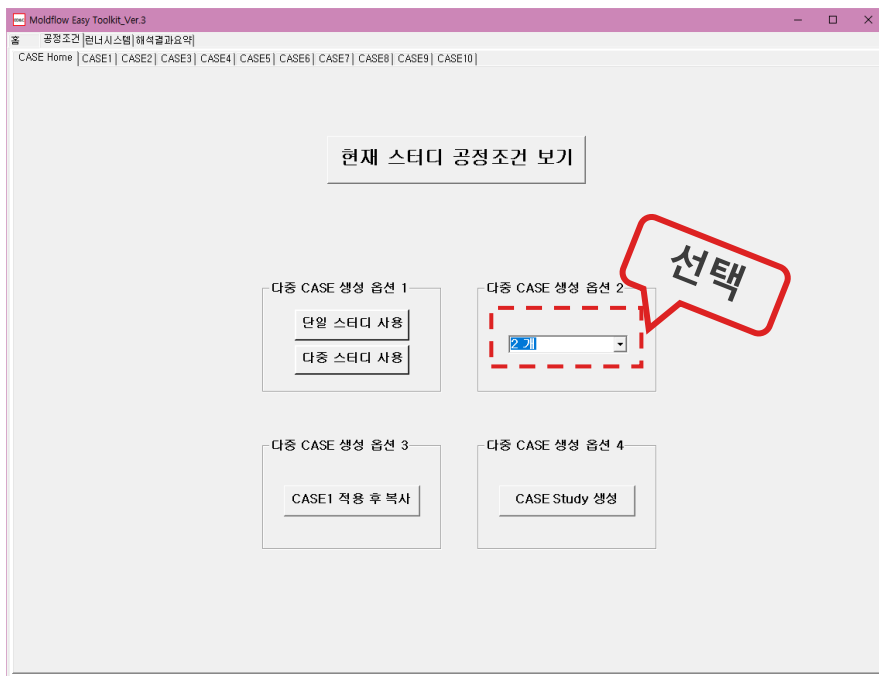


- 10개 이하의 다중 스터디에 대한 공정조건을 변경하고 복사하여 스터디를 만들고 싶은 경우 "다중 스터디 사용" 클릭



2. 기능설명 & 사용방법

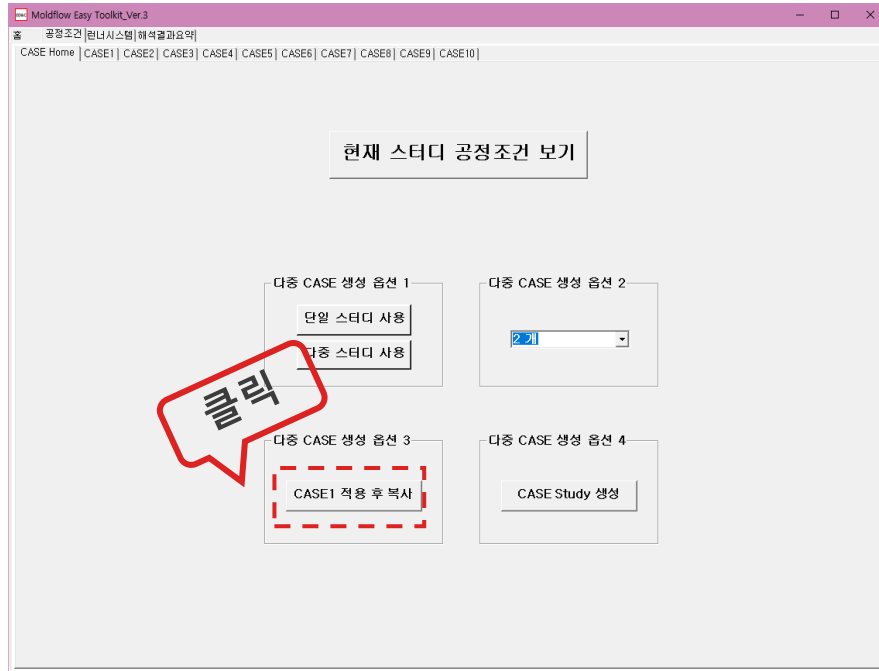
공정조건 탭 - 다중 CASE 생성 옵션



- 몇 개의 스터디를 만들 것인가?
"다중 CASE 생성 옵션 2"에서 만들하고자 하는 스터디 개수 만큼 선택 (10개 이하)
- CASE1 탭에서 초기 공정조건 입력

2. 기능설명 & 사용방법

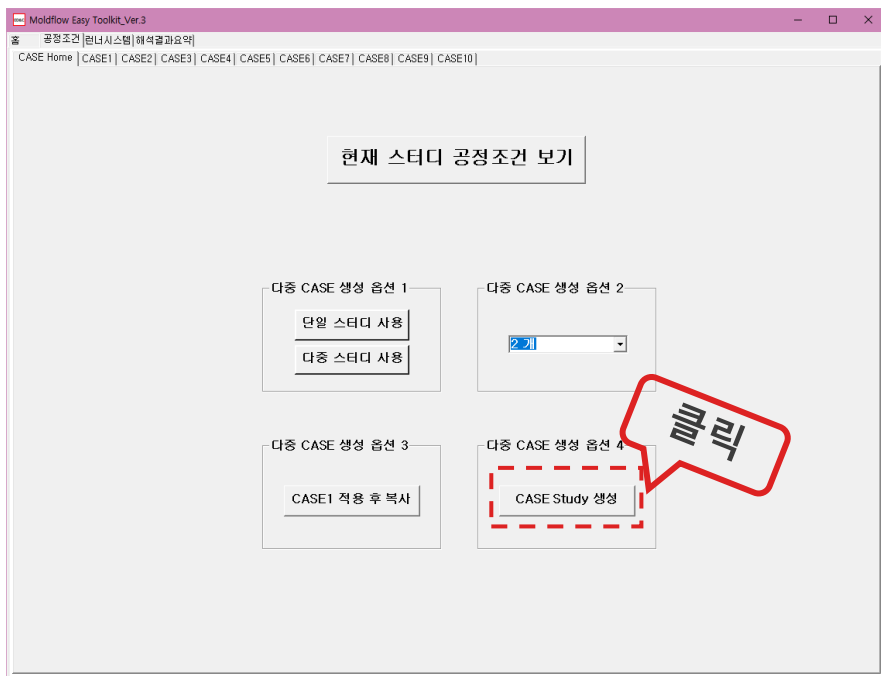
공정조건 탭 - 다중 CASE 생성 옵션



- 몇 개의 스터디를 만들 것인가?
"다중 CASE 생성 옵션 2"에서 만들고자 하는 스터디 개수 만큼 선택 (10개 이하)
- CASE1 탭에서 초기 공정조건 입력
- "다중 CASE 생성 옵션 3"에서 "CASE1 적용 후 복사" 버튼을 눌러 만들고자 하는 스터디 개수 만큼 CASE탭에 CASE1의 공정조건 복사
- CASE별 공정조건을 각 탭에서 변경 후, 예를 들면 사출시간이 서로 다른 CASE인 경우 CASE2, 3, 4등 각 탭에서 사출시간만 변경

2. 기능설명 & 사용방법

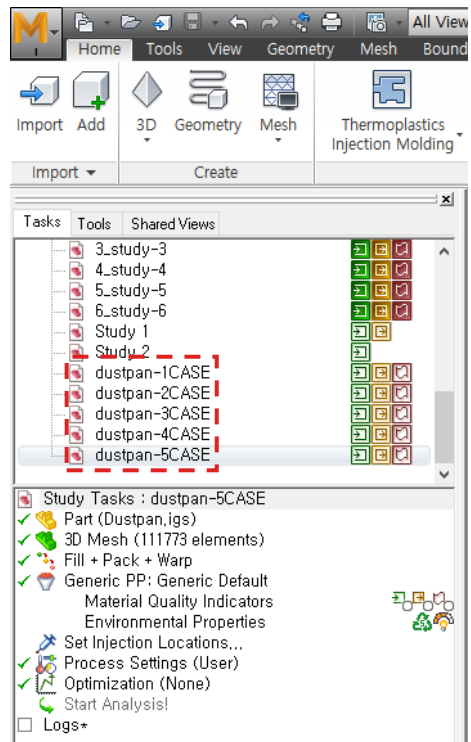
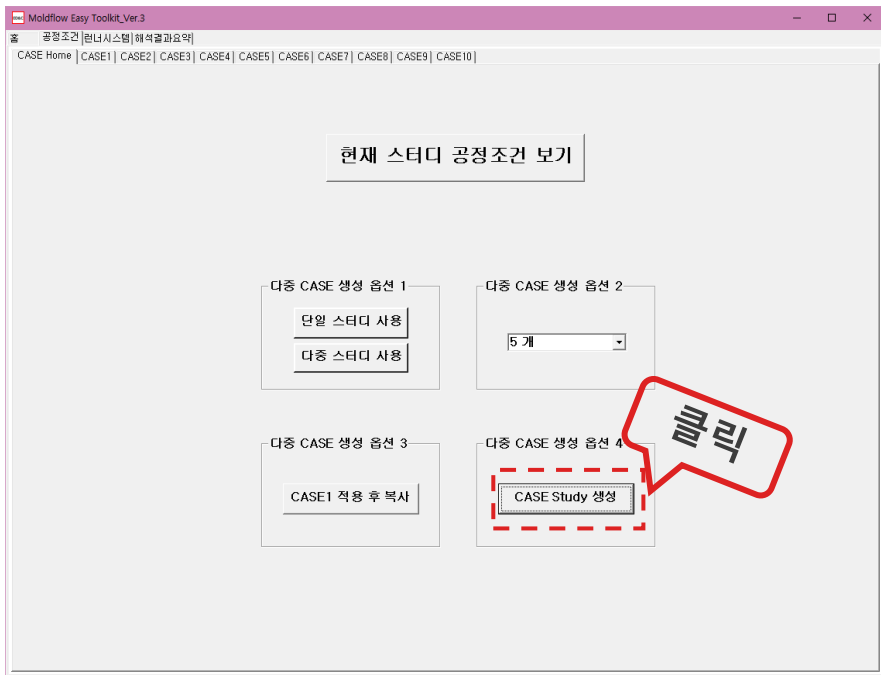
공정조건 탭 - 다중 CASE 생성 옵션



- 몇 개의 스터디를 만들 것인가?
"다중 CASE 생성 옵션 2"에서 만들고자 하는 스터디 개수 만큼 선택 (10개 이하)
- CASE1 탭에서 초기 공정조건 입력
- "다중 CASE 생성 옵션 3"에서 "CASE1 적용 후 복사" 버튼을 눌러 만들고자 하는 스터디 개수 만큼 CASE탭에 CASE1의 공정조건 복사
- CASE별 공정조건을 각 탭에서 변경 후, 예를 들면 사출시간이 서로 다른 CASE인 경우 CASE2, 3, 4등 각 탭에서 사출시간만 변경
- "다중 CASE 생성 옵션 4"에서 CASE Study 생성"버튼을 누르면 현재 Moldflow에서 활성화 되어 있는 스터디를 CASE1을 기준으로, 만들고자 한 Study 개수 만큼 Moldflow에 복사되어 만들어 짐

2. 기능설명 & 사용방법

공정조건 탭 - 다중 CASE 생성 옵션



2. 기능설명 & 사용방법

런너시스템 탭

Moldflow Easy ToolKit_Ver.3

공정조건 (만다치즈) [해석결과요약]
 콜드런너 - 방사형 | 핫런너 - 방사형

Manifold 사다리꼴 형상 [사용 시 체크] 런너 생성

스프루 위치 좌표 X: Y: Z:

A. 스프루

높이	<input type="text"/>	mm
아래 직경	<input type="text"/>	mm (Ø)
위 직경	<input type="text"/>	mm (Ø)

B. 런너

직경	<input type="text"/>	mm (Ø)
----	----------------------	--------

C. 런너

아래 직경	<input type="text"/>	mm (Ø)
위 직경	<input type="text"/>	mm (Ø)

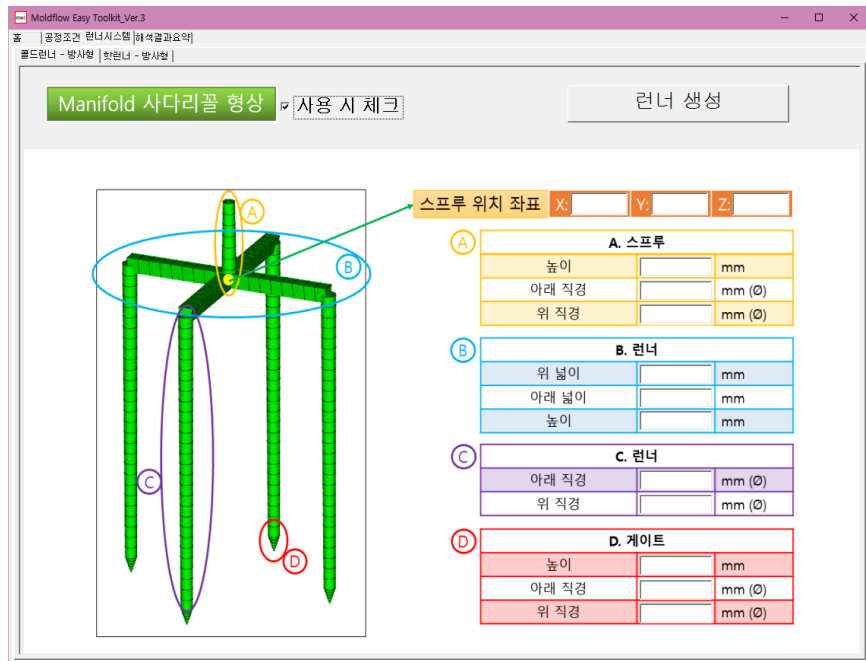
D. 게이트

높이	<input type="text"/>	mm
아래 직경	<input type="text"/>	mm (Ø)
위 직경	<input type="text"/>	mm (Ø)

- 3단금형의 Pin Point Gate의 Runner System을 만들 수 있는 기능
- "콜드런너 - 방사형"과 "핫런너-방사형" 탭으로 나뉘져 있음

2. 기능설명 & 사용방법

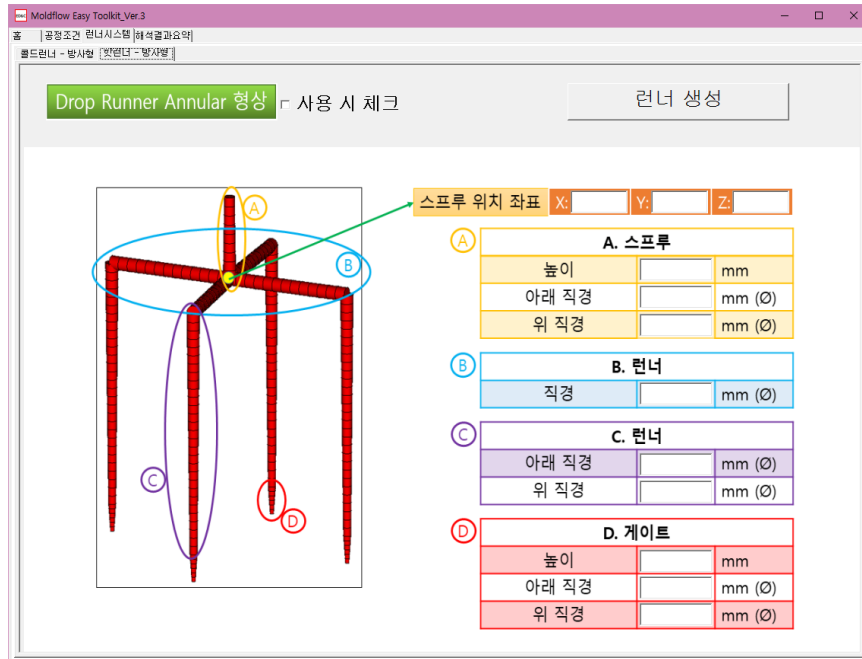
런너시스템 탭



- 3단금형의 Pin Point Gate의 Runner System을 만들 수 있는 기능
- "콜드런너 - 방사형"과 "핫런너-방사형" 탭으로 나뉘져 있음
- "콜드런너 - 방사형"에서는 상단 매니폴드 부분을 사다리꼴 형상을 사용할 수 있음

2. 기능설명 & 사용방법

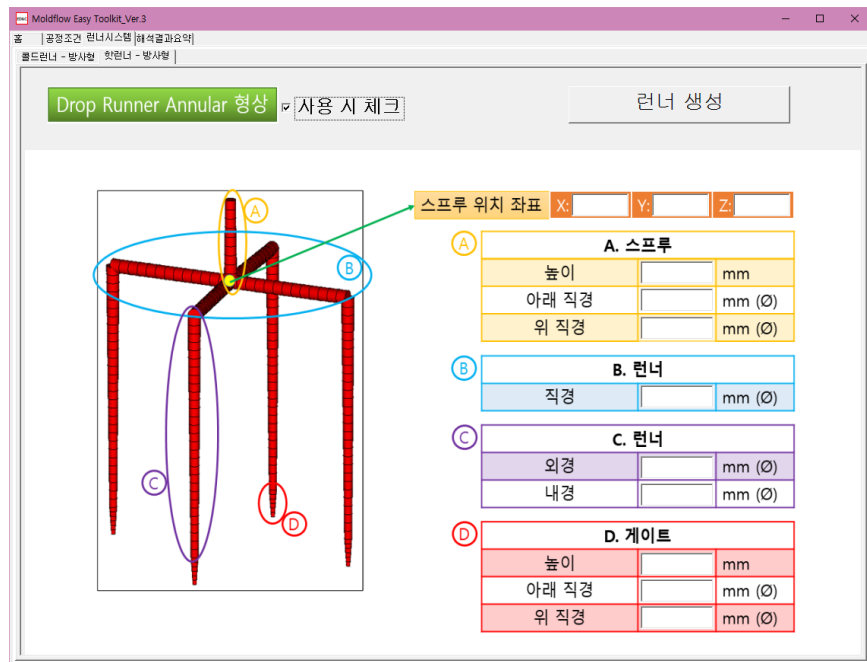
런너시스템 탭



- 3단금형의 Pin Point Gate의 Runner System을 만들 수 있는 기능
- “콜드런너 - 방사형”과 “핫런너-방사형” 탭으로 나뉘져 있음
- “콜드런너 - 방사형”에서는 상단 매니폴드 부분을 사다리꼴 형상을 사용할 수 있음
- “핫런너-방사형”에서는 드롭 런너 형상에서 Valve Pin 형상을 고려하는 “Annular” 타입을 사용할 수 있음

2. 기능설명 & 사용방법

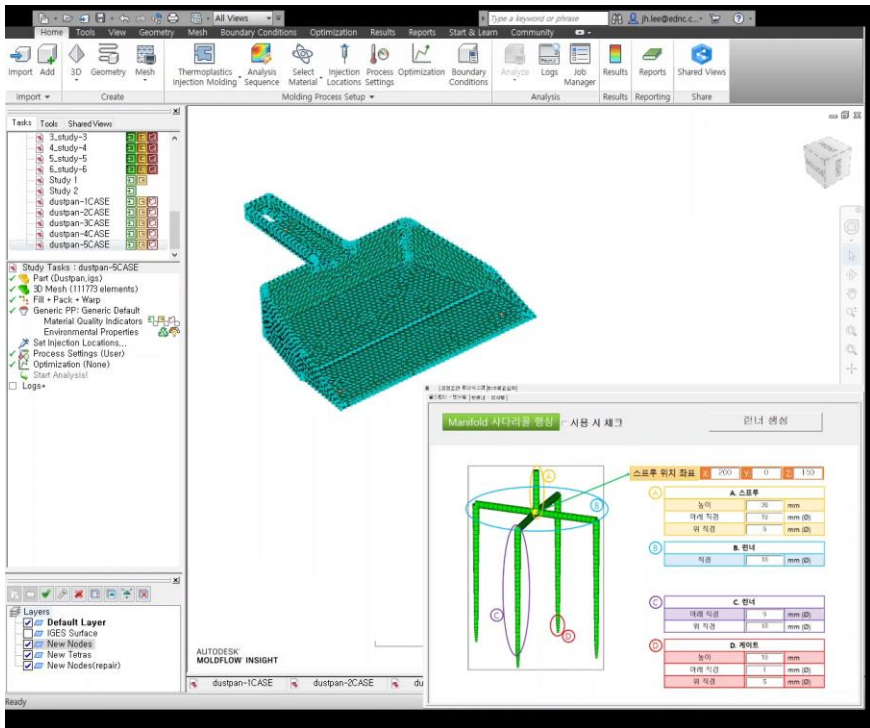
런너시스템 탭



- 3단금형의 Pin Point Gate의 Runner System을 만들 수 있는 기능
- "콜드런너 - 방사형"과 "핫런너-방사형" 탭으로 나뉘져 있음
- "콜드런너 - 방사형"에서는 상단 매니폴드 부분을 사다리꼴 형상을 사용할 수 있음
- "핫런너-방사형"에서는 드롭 런너 형상에서 Valve Pin 형상을 고려하는 "Annular" 타입을 사용할 수 있음
- Gate 개수에 제한이 없고, 스프루의 위치까지 모두 같은 높이로 그려 짐으로 각 Gate의 높낮이가 달라도 문제 없음

2. 기능설명 & 사용방법

런너시스템 탭



Moldflow Easy Toolkit_Ver.3
 홈 | 공정조건 런너시스템 해석결과요약
 로드런너 - 방사형 | 환런너 - 방사형 |

Manifold 사다리꼴 형상 사용 시 체크

런너 생성

스프루 위치 좌표 X: 200 Y: 0 Z: 150

A. 스프루		
높이	30	mm
아래 직경	10	mm (Ø)
위 직경	6	mm (Ø)

B. 런너		
직경	10	mm (Ø)

C. 런너		
아래 직경	5	mm (Ø)
위 직경	10	mm (Ø)

D. 게이트		
높이	10	mm
아래 직경	1	mm (Ø)
위 직경	5	mm (Ø)

2. 기능설명 & 사용방법

해석결과요약 탭

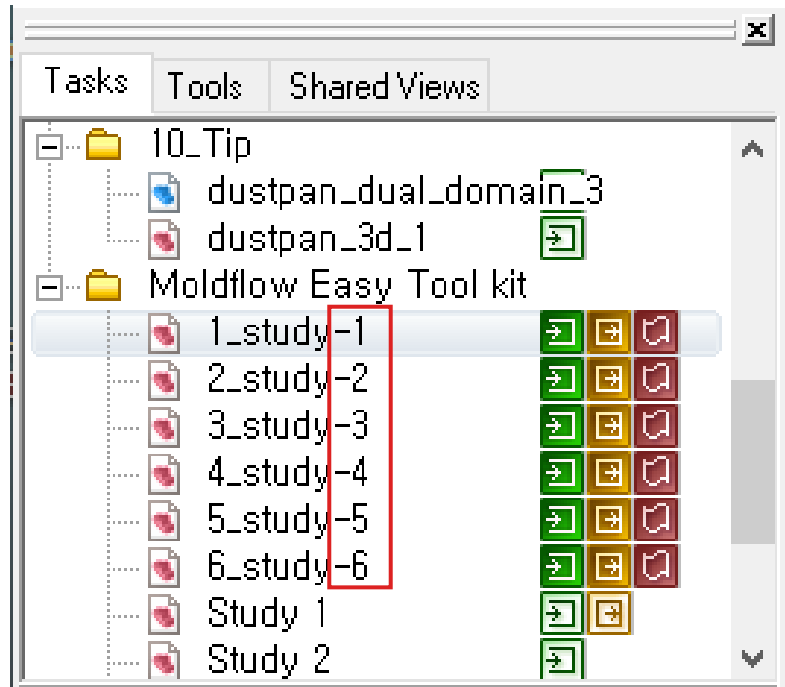
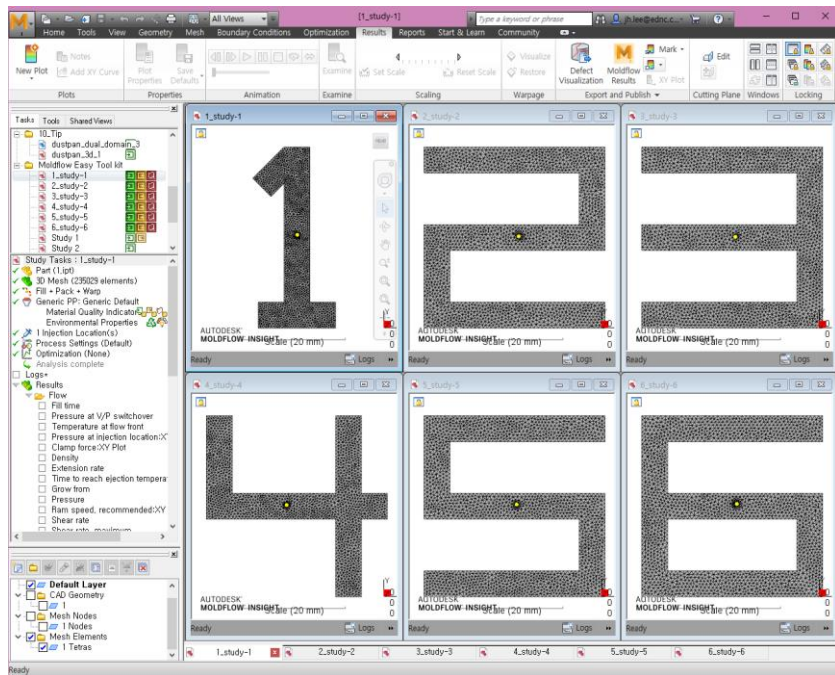
	사용시간 (s)	보압 전환 시 압력 (MPa)	유동선단 온도 (°C)	최대 사출압 (MPa)	최대 경채력 (ton)	취출 온도 도달 시간 (s)	평균 채적 수축률 (%)	최대 변형량 (mm)	X축 변형 [Max]+[Min] (mm)	V축 변형 [Max]+[Min] (mm)	Z축 변형 [Max]+[Min] (mm)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
LOW											
HIGH											

1. 스테디 이름끝에 -1, -2, -3으로 요약할 스테디에 표시를 하세요.
 2. "-" 는 스테디 이름에서 표시할 때 1번만 사용하셔야 합니다.
 3. 예) "Dustpan_1s_P80%_P10s" --> "Dustpan_1s_P80%_P10s-1"

- 10개 이하의 해석결과를 수치로만 정리하여 비교할 수 있는 탭
- 일반 가소성 수지 사출해석의 결과를 최소값, 최대값, 또는 최대 최소 절대값의 합 등의 값만 정리하여 표로 보여줌
- 각 값의 가장 높은 스테디와 가장 낮은 스테디를 정리하여 비교하기 쉽게 보여줌
- 활성화 되어 있는 Moldflow Synergy에서 뒤에 "-1, -2..."등 "- 숫자 " 로 표시 되어 있는 Study만 고려하여 결과를 보여줌

2. 기능설명 & 사용방법

해석결과요약 탭



2. 기능설명 & 사용방법

해석결과요약 탭



Moldflow Easy ToolKit_Ver.3

공정조건 | 런나시스템 | 해석결과요약

결과 비교

	사용시간 (s)	보입 전관 시 압력 (MPa)	유동선단 온도 (°C)	최대 사출압 (MPa)	최대 형체적 (ton)	취출 온도 도문 시간 (s)	평균 채적 수축률 (%)	최대 변형량 (mm)	X축 변형 [Max]+[Min] (mm)	Y축 변형 [Max]+[Min] (mm)	Z축 변형 [Max]+[Min] (mm)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
LOW											
HIGH											

1. 스테디 이름끝에 -1, -2, -3으로 요약할 스테디에 표시를 하세요.
2. "-" 는 스테디 이름에서 표시할 때 1번만 사용하셔야 합니다.
3. 예) "Dustpan_1s_P80%_P10s" --> "Dustpan_1s_P80%_P10s-1"

Moldflow Easy ToolKit_Ver.3

공정조건 | 런나시스템 | 해석결과요약

결과 비교

	사용시간 (s)	보입 전관 시 압력 (MPa)	유동선단 온도 (°C)	최대 사출압 (MPa)	최대 형체적 (ton)	취출 온도 도문 시간 (s)	평균 채적 수축률 (%)	최대 변형량 (mm)	X축 변형 [Max]+[Min] (mm)	Y축 변형 [Max]+[Min] (mm)	Z축 변형 [Max]+[Min] (mm)
1	1.02	1.06	1.5	20	0.52	33.27	8.37	0.44	0.37	0.8	0.15
2	1.03	2.42	1.57	20	1.27	28.21	8.78	0.76	0.8	1.34	0.16
3	1.03	2.2	1.37	20	1.27	31.44	8.84	0.78	0.82	1.36	0.14
4	1.02	1.28	0.9	20	0.81	34.7	8.77	0.57	0.85	0.81	0.15
5	1.03	2.15	1.38	20	1.27	28.19	8.89	0.77	0.8	1.34	0.17
6	1.03	2.66	1.7	20	1.37	31.34	8.85	0.74	0.83	1.09	0.14
7											
8											
9											
10											
LOW	1	1	4	1	1	5	1	1	1	1	6
HIGH	6	6	6	6	6	4	5	3	4	3	5

1. 스테디 이름끝에 -1, -2, -3으로 요약할 스테디에 표시를 하세요.
2. "-" 는 스테디 이름에서 표시할 때 1번만 사용하셔야 합니다.
3. 예) "Dustpan_1s_P80%_P10s" --> "Dustpan_1s_P80%_P10s-1"

3. 사용조건 & 다운로드 방법

사용조건 & 다운로드 방법

- ED&C Moldflow 유지보수 고객을 대상으로 제공하는 Service Tool 입니다.
- 해당 Tool Kit은 Autodesk Moldflow Insight 의 3rd Party Tool입니다.
- 해당 Tool Kit의 정식 제공 버전은 21년 12월 31일 까지 사용 가능합니다.
- 해당 Tool Kit은 ED&C 홈페이지에서 다운로드 받으실 수 있습니다.
- 압축파일 상태로 다운로드 받으실 수 있으며, 유지보수 고객에게만 사용코드가 전달 됩니다.
- 오늘 발표를 시청하신 분들 중 설문지의 데모버전 요청 문항에 신청해 주시는 분들에 한해 올해 2월말 까지 사용가능한 데모버전을 제공 해 드립니다.



본 문서는 (주)디앤씨에서 Autodesk Moldflow Summit 2021 행사를 위해 작성한 문서로 포함된 정보의 전부 또는 일부를 무단으로 제3자에게 제공, 공개, 배포, 복사 또는 사용하는 것은 금지되며, 경우에 따라 민, 형사상 책임을 질 수 있습니다.

EVENT

- 참여해주신 분들 중 추첨을 통해 스타벅스 기프트콘과 블루투스 스피커를 드립니다.
- 좋은 질문 해주신 5분께 차량용 초음파 무선 가슴기를 드립니다.

