

2025 **MAGMA** KOREA USER MEETING

주조의 경제적 가치와 지속 가능성

최적화를 활용한 다이캐스팅 신공법 양산 주조 조건 컨트롤 가이드 검토

현대자동차

전동화선행생기2팀

민은기 매니저

'25. 11. 11

신공법 양산 금형 제작 간 품확기간 단축 및 불량률 감소를 위한 초기 공정 조건 정립

주요 신공법 적용 시 MAGMA Approach 제안



✓ 주요 **방안** 디자인 [최적화 1차]

- In Gate 선정
- MAGMA 함수 활용

• 직경 [x D]

• 높이 [x H]

• 개수 [x N]

60case 중 **Best Design** 선정

✓ 온도 조건 디자인 [최적화 2-1차]

- 용탕 온도
- 인서트 온도

✓ 속도 조건 디자인 [최적화 2-2차]

Best Design 및 **경향성** 분석

✓ **불량 유형** 별 주요 조건 **컨트롤 가이드** 제시

- Main Effect Matrix - 영향 인자/결함 경향 분석
- **조건 별 결함 경향성/상관관계** 분석

불량유형	컨트롤 가이드				
	저속속도	고속속도	고속 전환	코어온도	용탕 온도
상 앤드링 탕경					
게이트미충진					
상 앤드링 수축					
충진율 미흡					
슬롯 미충진					
상앤드링 미충진					
스퀴즈핀 미작동					

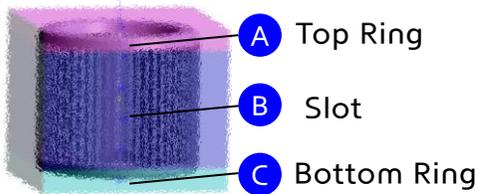
불량 대응 **주요 조건 컨트롤** → **품확 기간 단축** [3M → 1.5M]

금형 제작

품질 확보

온도 조건 최적화 [※ 주조 방안 1차 최적화 기반 확정]

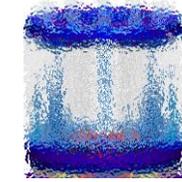
평가영역 [Evaluation Area : 3prt]



변수 [Design Variables : 12case]

구분	최소	최대	구간	CASE
인서트 온도(°C)	a	b	100	4
용탕 온도(°C)	c	d	60	3
금형 온도(°C)	(온조기 스펙 고정)			12

평가항목 [Objectives : Pore Vol/Air Ent]



수축 결함 (응고)

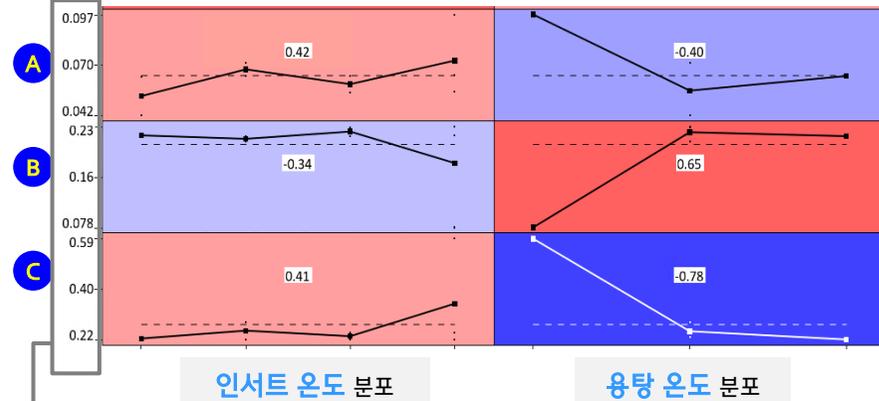


기포 결함 (충진)

결과 분석 [Main Effect Matrix]

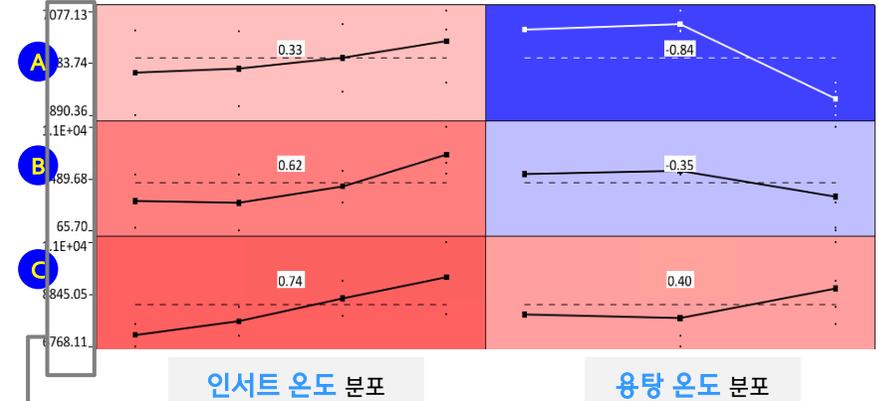
※ 영향도 (기울기) 인자 ▲ 결함 ▼ 인자 ▲ 결함 ▲
-1 | [Color Scale] | +1

온도에 따른 기포 결함 양상 [충진해석]



※ 최저 최고 편차 : 200~300% [영향성 有]

온도에 따른 수축 결함 양상 [응고해석]



※ 최저 최고 편차 : 1000~1600% [영향성 大]

☑ 부위별(A,C/B) 결함 영향인자 경향성 상이함.

☑ 인서트 온도 상승 (▲) → (B) 결함 감소(▼), (A/C) 결함 증가(▲)

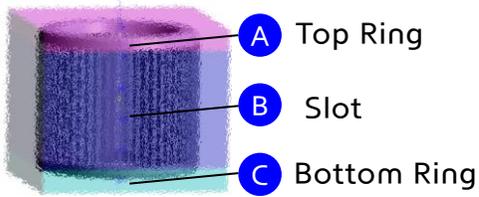
☑ 용탕 온도 상승 (▲) → (B) 결함 증가(▲), (A/C) 결함 감소(▼)

☑ 인서트 온도 상승(▲) → 전부위 수축 결함 증가 (▲)

☑ 용탕 온도 상승 (▲) → (A/B) 결함 감소(▼), (C) 결함 증가(▲)

속도 조건 최적화 [※ 온도 조건 최적 DESIGN 적용]

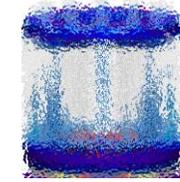
평가영역 [Evaluation Area : 3prt]



변수 [Design Variables : 20case]

구분	최소	최대	구간	CASE
저속 속도(m/s)	A	B	0.1	5
고속 속도(m/s)	C	D	0.2	4
고속 전환 위치	(Prefill 0% 기준)			20

평가항목 [Objectives : Pore Vol/Air Ent]



수축 결함 (응고)

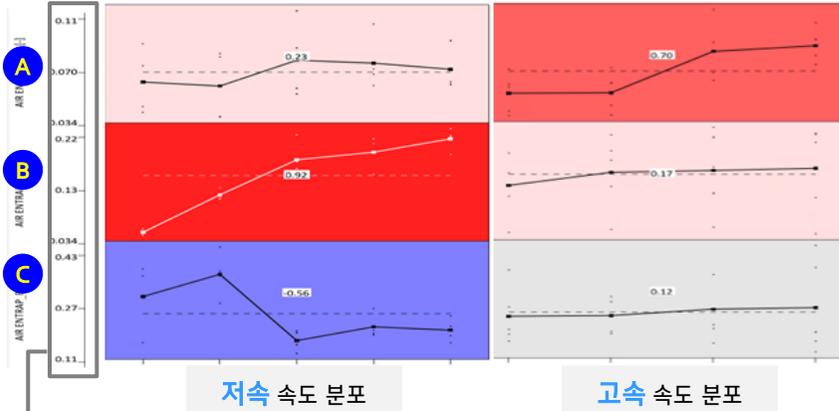


기포 결함 (충진)

결과 분석 [Main Effect Matrix]

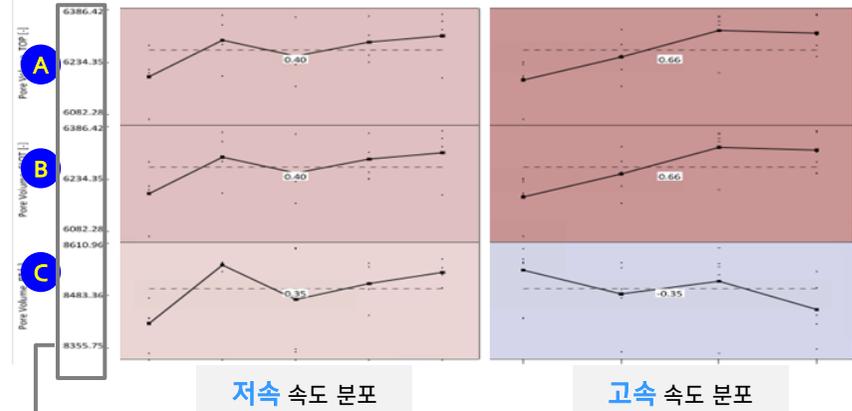
※ 영향도 (기울기) 인자 ▲ 결함 ▼ 인자 ▲ 결함 ▲
 -1 [Color Scale] +1

• 속도에 따른 기포 결함 양상 [충진해석]



※ 최저 최고 편차 : 400~500% [영향성 큼]

• 속도에 따른 수축 결함 양상 [응고해석]



※ 최저 최고 편차 : 5~7% [영향성 적음]

☑ (B/C)부 저속 구간 영향, (A)부 고속 구간 영향

☑ 저속 속도 상승 (▲) ➔ (C) 결함 감소(▼), (B) 결함 증가(▲)

☑ 고속 속도 상승 (▲) ➔ (A) 결함 증가(▲)

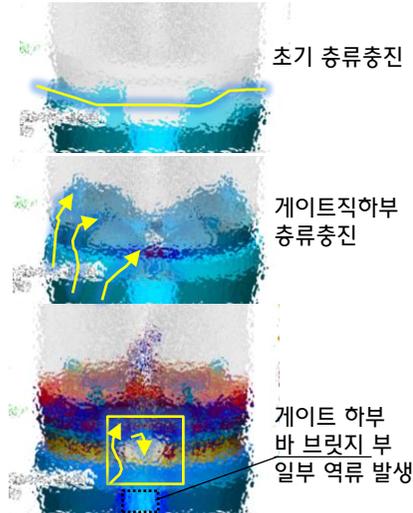
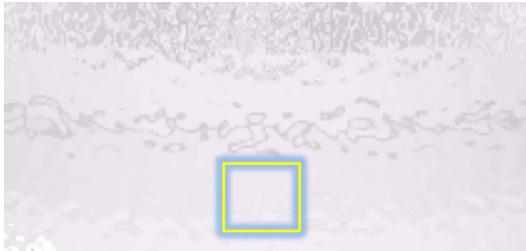
☑ 속도에 따른 수축 결함 영향성 미미함

대표CASE 별 상세 분석 [BEST/WORST DESIGN 위주]

☑ 충전 상세 흐름 분석 후 해석 결과 유효성 검증 및 대책 분석

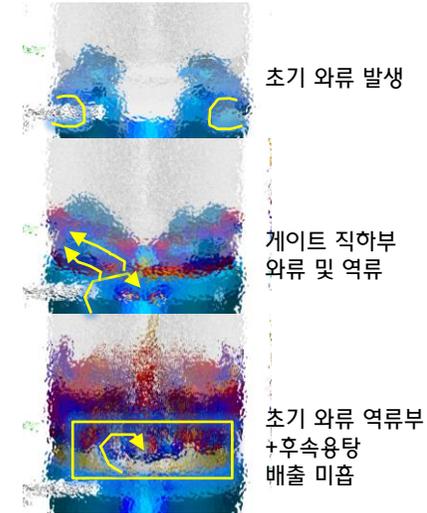
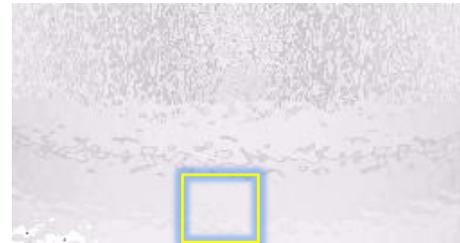
D1) 저속 : A m/s, 고속 : C m/s

B



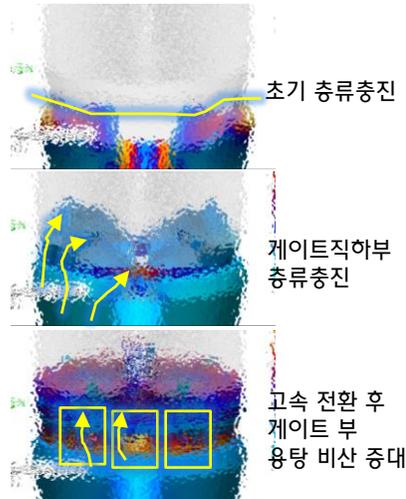
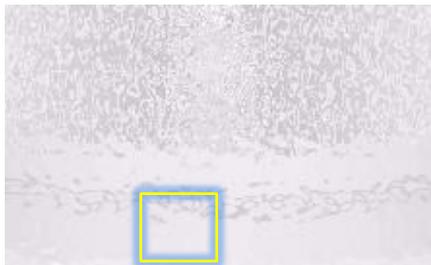
D5) 저속 : B m/s, 고속 : C m/s

W(S)



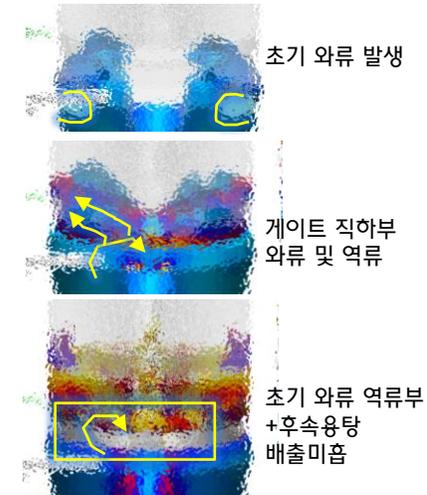
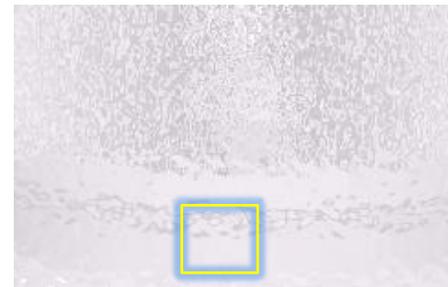
D16) 저속 : A m/s, 고속 : D m/s

B(S)



D20) 저속 : B m/s, 고속 : D m/s

W



불량 유형 대응 컨트롤 가이드 제시

Best Design 초기 조건 T/O 후 불량 유형 별 공정 컨트롤 → 실제 품확기간 단축 (3M→1.5M)

 하향 조절
 상향 조절

구분	컨트롤 가이드				
	저속속도	고속속도	고속 전환 시점	인서트 온도	용탕 온도
<ul style="list-style-type: none"> 상 엔드링 탕경 불량 충진 불균형에 의한 미충진 부 		✓ 하향조절 - 슬롯 불균형 충진부 완화	✓ 후행조절 - Prefill 증대 충류 충진		✓ 상향 조절 - 불균형 초탕 선용고 개선
<ul style="list-style-type: none"> 하부 게이트 외관 미충진/기포 	✓ 하향 조절 - 초기 게이트 역류/와류 개선		✓ 후행조절 - 게이트 부 PREFILL 증대 통한 충류 충진	✓ 금형온도와 균일하게 - 250°C 수준 유지토록 - 초기 용탕 충진 균형	
<ul style="list-style-type: none"> 상 엔드링 수축 결함 					✓ 상향 조절 - 초탕 선용고 개선, 스퀴즈 효과 적용
<ul style="list-style-type: none"> 충진율 미흡 (슬롯 미충진) - 슬롯부 수축 		✓ 상향조절 - 슬롯 선용고 및 보압 단절 개선		✓ 하향 조절 - 슬롯부 열점 개선	✓ 상향 조절 - 슬롯 충진 중 선용고 개선
<ul style="list-style-type: none"> 충진율 미흡 (슬롯 미충진) - 기포 	✓ 하향 조절 - 초기 게이트 역류/와류 개선		✓ 후행조절 - 게이트 부 PREFILL 증대 통한 충류 충진	✓ 상향 조절	✓ 하향 조절 - 협소부 충류충진
<ul style="list-style-type: none"> 상엔드링/오버플로우 미충진 - 충진 중 선용고, 충진 불균형 	✓ 하향 조절 - 초기 게이트 역류/와류 개선	✓ 상향조절 - 슬롯 선용고 및 보압 단절 개선	✓ 후행조절 - 게이트 부 PREFILL 증대 통한 충류 충진		✓ 상향 조절 - 초탕 선용고 개선, 스퀴즈 효과 적용
<ul style="list-style-type: none"> 스퀴즈핀 미작동 - 충진 중 선용고 					✓ 상향 조절 - 초탕 선용고 개선, 스퀴즈 효과 적용

MAGMA 최적화 해석 능동적 활용을 통해 경험 의존이 아닌 Digital Twin 효과와 Trial&Error 를 줄여 경제적 가치를 도모할 수 있음.

