

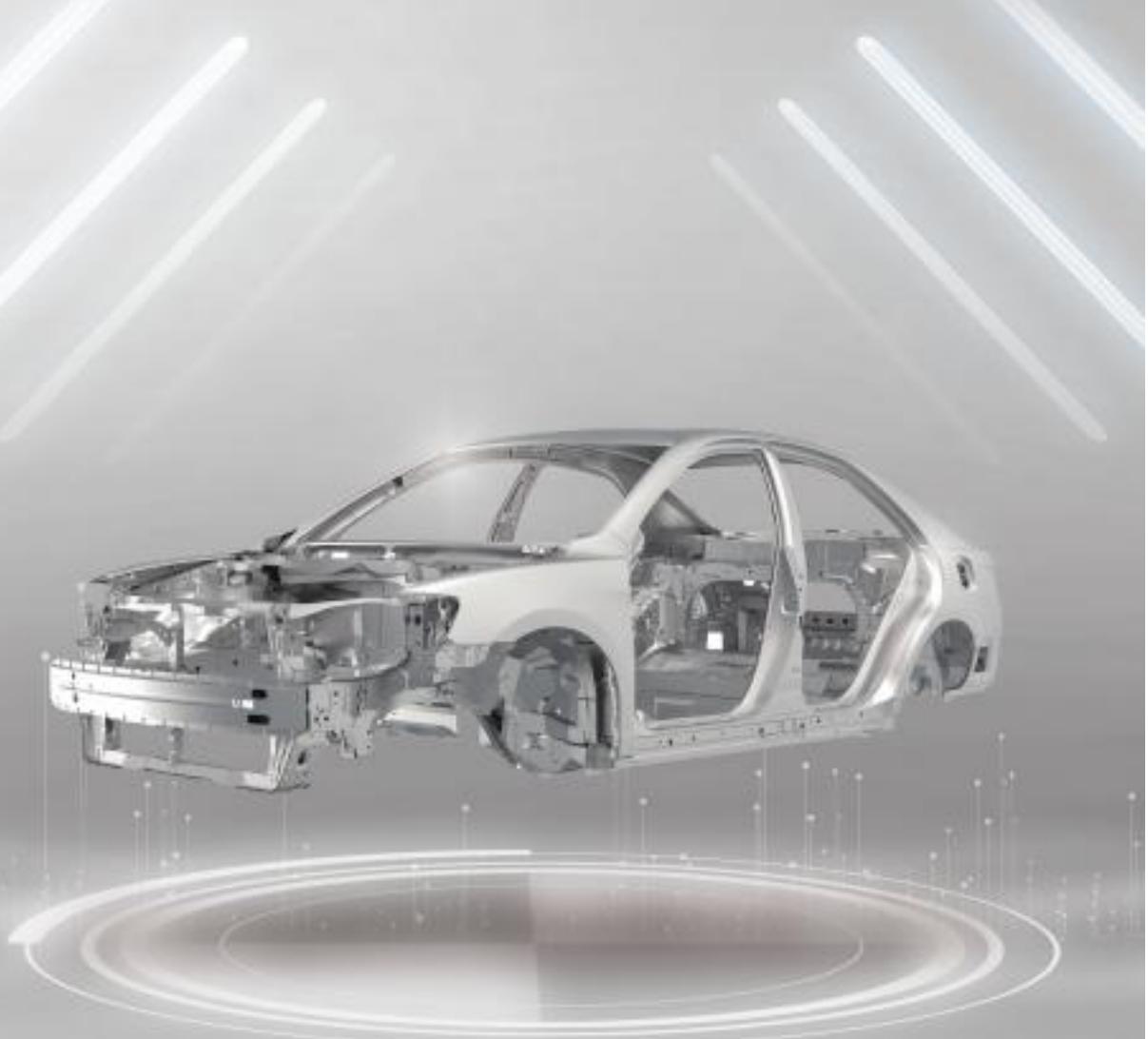
COVER STORY

새로운 제조 패러다임, 초대형 디이캐스팅과 소재 혁신

산업 리뷰 탄소중립과 자율주행 시대, 미래 자동차 소재가 나아가야 할 방향

테크 리뷰 ① 중국 전기차 메이커를 중심으로 본 초대형 디이캐스팅의 최신 기술 동향

테크 리뷰 ② 인공지능 기반 제조: 대규모 AI 모델과 응용





COVER STORY

새로운 제조 패러다임, 초대형 다이캐스팅과 소재 혁신



산업 리뷰
정선경
한국자동차연구원 소재연구본부장



테크 리뷰 ①
박정규
KAIST 기술경영전문대학원 겸직교수



테크 리뷰 ②
엄재홍
(주)DN솔루션즈 상무

CONTENTS

- 08 초대형 다이캐스팅의 부상, 그 배경과 의미는 무엇인가?
- 14 초대형 다이캐스팅에서 소재 기술은 왜 중요한가?
- 19 새로운 제조 패러다임, 한국 제조 산업의 방향과 전략은 무엇인가?

- | | |
|---|--|
| <p>24
산업 리뷰
탄소중립과 자율주행 시대,
미래 자동차 소재가 나아가야 할 방향
정선경 한국자동차연구원 소재연구본부장</p> <p>32
테크 리뷰 ①
중국 전기차 메이커를 중심으로 본
초대형 다이캐스팅의 최신 기술 동향
박정규 KAIST 기술경영전문대학원 겸직교수</p> <p>38
테크 리뷰 ②
인공지능 기반 제조: 대규모 AI 모델과 응용
엄재홍 (주)DN솔루션즈 상무</p> <p>46
생생 인터뷰 ①
초대형 다이캐스팅 시대,
제조 혁신을 견인하는 굿 파트너
김치환 (주)삼기 대표이사</p> <p>54
생생 인터뷰 ②
정밀 제어가 곧 품질,
우리는 미래 제조의 표준을 꿈꾼다!
김중일 (주)오성테크 대표이사</p> <p>62
산업분석 ①
트렌드에 역행하는 기업, Slate Auto
임현진·이호중 한국자동차연구원 산업조사실 책임연구원</p> | <p>66
산업분석 ②
중국 자동차산업의 역설, 내권(內卷)
김한솔 한국자동차연구원 산업조사실 선임연구원</p> <p>70
산업분석 ③
전고체 리튬이온 배터리의 가능성
맹진규 한국자동차연구원 기술정책실 연구원</p> <p>74
우수기술
- 고강도/고압출성 알루미늄 전신재 합금
- 이종소재 빌렛의 제조장치</p> <p>76
이슈 & 키워드
새로운 제조 패러다임, 초대형 다이캐스팅과 소재 혁신</p> <p>78
모빌리티 인사이트 10월호 리뷰</p> <p>80
독자 코너
모빌리티 인사이트 설문 및 독자 후기</p> |
|---|--|

새로운 제조 패러다임, 초대형 다이캐스팅과 소재 혁신

일시 2025년 12월 1일 오후 2:00~4:00

장소 비즈하브 서울센터

대상 자동차 분야 산학연 전문가 총 6명

Q.1

초대형 다이캐스팅의 부상, 그 배경과 의미는 무엇인가?

Q.2

초대형 다이캐스팅에서 소재 기술은 왜 중요한가?

Q.3

새로운 제조 패러다임, 한국 제조 산업의 방향과 전략은 무엇인가?



이지운
작장

공주대학교
신소재공학부 교수



김세훈

한국자동차연구원
첨단구조소재연구센터장



김한상

(주)SH Solution
대표



윤상일

(주)삼기
소재개발팀 책임



윤종묵

(주)애니캐스팅소프트웨어
국내컨설팅부 상무



정윤성

(주)성우하이텍
스마트제조기술팀장

자동차 제조, 판이 '확' 바뀐다

“
테슬라를 비롯한 글로벌 완성차들이 일체형 차체를 앞세워 제조 혁신을 가속화하자,
초대형 장비 업체들의 주도권 경쟁도 치열해지고 있다.
이에 발맞춰 우리 정부도 2025년부터 초대형 다이캐스팅 기반 구축에 나서며,
산업 생태계 변화를 주도하고 있다.”



자동차 제조의 오랜 공식이 깨지고 있다. 프레스와 용접으로 수백 개 부품을 이어 붙이는 방식은 전기차 등장으로 비용과 효율에서 한계를 드러내며, 그 자리를 차체 통째로 성형하는 초대형 다이캐스팅이 빠르게 대체하고 있다.

특히 고강도·저변형 알루미늄 합금과 정밀 열관리 기술의 발전이 맞물리면서, 기존에는 상상하기 어려웠던 대형 일체형 주조가 실현 가능해졌다. 테슬라가 모델 Y에 이 공정을 적용해 171개 부품을 2개의 대형 구조로 통합한 순간, 자동차 제조는 완전히 새로운 국면에 접어들었다.

글로벌 완성차들도 기다렸다는 듯 제조 혁신 경쟁에 뛰어들고 있다. 중국은 테슬라와 같이 전기차 플랫폼을 기반으로 생산 방식을 재구성하며, 대형 프레스를 대거 도입해 중형 이하 전기차까지 일체형 차체 구조로 확장하고 있다. 도요타·혼다 역시 2026년 적용을 목표로 플랫폼 설계와 공정 검증을 병행하고 있다. 현대차는 미국 조지아주 메타플랜트의 자동화 기술을 기반으로, 초대형 다이캐스팅 도입 가능성을 검토 중이다.

글로벌 설비 시장에서도 변화의 바람은 거세다. 이탈리아의 이드라와 중국 LK Machinery는 6,000~9,000톤급 장비를 앞세워 기술 우위 경쟁을 벌이며 글로벌 시장의 중심으로 부상

하고 있다. 두 회사는 대형 프레스의 안정성, 사출 속도, 금형 호환성 등에서 서로 다른 강점을 내세우며 공급 범위를 넓혀가고 있으며, 완성차 업체들은 차세대 생산라인 구축을 앞두고 이들의 기술 로드맵을 면밀히 주시하고 있다.

한국 정부도 초대형 다이캐스팅 기반 마련에 속도를 내고 있다. 산업통상자원부가 추진하는 2025년 신규 기반 조성사업 '자이언트 캐스팅 공용센터 기반구축사업'이 본격화되면서 국내 생태계 역시 윤곽을 드러내고 있다. 이 사업은 한국자동차연구원이 주관하고 한국기계연구원이 공동 참여하는 국가 프로젝트로, 부산시에 2029년까지 총 290억 원을 투입해 6,000톤급 이상 초대형 미래차 부품 생산설비와 분석·평가 장비를 갖춘 공용기술 지원센터를 구축할 계획이다. 기술개발, 시험평가, 시제품 제작 지원은 물론 기업 간 기술 확산과 전문인력 양성까지 연계해 미래차 산업 생태계를 고도화하는 것이 목표다. 이에 자동차 업계의 기대감도 크다. 그동안 해외 장비와 기술 의존도가 높았던 초대형 다이캐스팅과 소재 혁신 분야에서 국내 경쟁력을 확보할 전환점이 될 것으로 내다보고 있다.

이에 따라 이번 호에서는 새로운 제조 패러다임으로 부상한 초대형 다이캐스팅과 소재 혁신을 주제로, 국내 산학계 전문가들과 함께 글로벌 전략과 기술 흐름을 살펴보고, 이러한 변화가 한국 자동차 제조 산업에 요구하는 경쟁력과 향후 과제를 논의해본다.

Section 1

초대형 다이캐스팅의 부상, 그 배경과 의미는 무엇인가?

초대형 다이캐스팅은 자동차 차체 생산 방식을 근본적으로 혁신하는 핵심 제조 기술로, 전기차 전환 흐름 속에서 그 중요성이 더욱 부각되고 있다.

초대형 다이캐스팅의 개념과 기존 방식과의 차이, 기술이 부상하게 된 산업적 배경, 도입 시 필수적으로 고려해야 할 기술적 요소, 그리고 글로벌 주요 기업들의 적용 전략과 최신 트렌드를 종합적으로 짚어본다.

초대형 다이캐스팅이 여는 자동차 제조 혁신의 방향

(좌장) 이지운 공주대학교 신소재공학부 교수

초대형 다이캐스팅 관점에서 자동차산업의 제조 비용과 생산성이 중요한 경제 요소로 떠오르면서 하드웨어 제조 혁신의 필요성이 그 어느 때보다 커지고 있다. 이러한 흐름 속에서 초대형 다이캐스팅 기술이 주목받는 이유는, 장비의 규모 자체가 곧 생산성·원가경쟁력과 직결되기 때문이다.

초대형 다이캐스팅은 기본적으로 다이캐스팅 장비의 클램핑 포스(Clamping Force) 규모를 기준으로 구분된다. 기존 국내 장비가 3,000~4,000톤급이었다면, 테슬라가 6,000톤급 장비를 처음 도입하며 시장의 관심이 촉발되었다. 현재는 9,000톤에서 1만 2,000톤급 장비까지 개발·적용이 논의되고 있으며, 이러한 초고압

주조 기술은 대개 '초대형 다이캐스팅'으로 알려져 있으며, 테슬라는 '기기캐스팅(Giga Casting)', 현대자동차는 '하이퍼캐스팅(Hyper Casting)'이라고 부른다.

테슬라는 2020년 9월 배터리데이에서 4680 배터리, Cell-to-Body 구조와 함께 '기기프레스(Giga Press)'를 적용한 차체 구성 계획을 공개했다. 이 기술은 전·후방 프레임과 중앙 배터리 케이스를 각각 대형 다이캐스팅으로 생산하여 3피스(3-piece) 구조로 차체 하부를 구성하는 방식이다. 기존에 수십 개 패널을 프레스·용접해 조립하던 차체 구조를 단일 주조 공정으로 대체함으로써 생산성을 크게 향상 시킨 것이 특징이다.

초대형 다이캐스팅이 도입된 배경에는 전기차 구조의 특성이 자리 한다. 전기차는 배터리팩을 중앙에 배치한 스케이트보드 플랫폼을 기반으로 하기 때문에, 전·후방 프레임과 배터리 하우징을 대형 단일 부품으로 제작하면 생산 효율을 높일 수 있다. 또한 용접 부위가 줄어들면서 NVH(소음·진동·마찰) 성능이 개선되고 품질 안정성도



이드라가 공개한 8,000톤급 차세대 기기프레스(왼쪽)와 테슬라 공급용 조립 현장(오른쪽). 출처: 이드라



현대차가 도입한 9,000톤급 '하이퍼캐스팅' 설비. 출처: 현대차그룹

강화되는 장점이 있다.

테슬라를 시작으로 주요 글로벌 기업들도 이 기술을 적극적으로 도입하고 있다. 테슬라는 자율주행 전용 생산라인에도 이를 적용해 제조 효율을 한층 높이고 있다. 또 볼보는 슬로바키아 신공장에 9,000톤급 다이캐스팅 설비 구축을 추진하고 있다. 국내에서도 현대차가 정부 기반 구축 과제를 통해 초대형 다이캐스팅 기술 적용을 검토하며 경쟁력 확보에 나서고 있다.

초대형 다이캐스팅은 단순한 기술이 아니라, 자동차 생산 체계 전반을 재편할 잠재력을 지닌 제조 혁신으로 평가된다. 따라서 산업 전반은 기술 도입 시 구조 설계, 금형·합금 기술, 품질 안정화 체계, 후공정 자동화 등 복합 요소를 함께 고려해야 한다.

전기차 시대가 불러온 초대형 다이캐스팅 확장과 기술적 도전

윤중묵 (주)애니캐스팅소프트웨어 국내컨설팅부 상무

2020년 테슬라가 배터리데이에서 '기기캐스팅'이라는 용어를 공개하면서 초대형 다이캐스팅이 급격히 주목받기 시작했다. 다이캐스팅 분야를 오래 연구해 온 입장에서 보면 기존의 다이캐스팅 장비는 약 4,000톤급이 사실상 최대였는데, 이는 그보다 큰 장비를 만들지 못

해서가 아니라 필요성이 없었기 때문이었다. 내연기관차나 하이브리드차에서는 파워트레인과 모터 부품 중심으로 다이캐스팅이 적용되어 왔고, 차체 하부처럼 대형 부품을 사출할 이유가 없었기 때문에 초대형 장비는 필요하지 않았다.

그러나 테슬라가 전기차 전용 플랫폼을 기반으로 차체 경량화를 추구하면서 상황이 달라졌다. 배터리 무게를 보완하기 위해 차체 하부—리어 언더바디(Rear Underbody), 프런트 언더바디(Front Underbody), 배터리 케이스—등 기존에 다이캐스팅을 사용하지 않았던 영역에서 대형 알루미늄 부품을 일체화하려 하자, 자연스럽게 더 큰 장비가 필요해졌다. 이 과정에서 6,000톤, 9,000톤, 나아가 중국의 1만 2,000톤급까지 장비 규모가 확대되었고 '기기프레스'가 초대형 다이캐스팅의 대표 개념처럼 자리잡았다. 테슬라는 이를 2021년에 공식 언급했지만, 실제로는 그 이전부터 이드라(IDRA)¹⁾와 협력해 관련 기술을 개발해온 것으로 알려져 있다.

전동화가 본격화되면서 다이캐스팅 적용 범위도 기존 엔진 부품에서 차체·섀시 영역까지 확장되었다. 이에 따라 요구되는 소재 특성도 크게 달라졌다. 과거에는 ADC10 등 2~3종의 합금이 주로 사용되었지만, 지금은 내식성, 열전도도뿐 아니라 섀시용 대형 부품에 필요한 인장강도, 항복강도 및 연신율²⁾을 만족해야 한다. 테슬라가 독자 설계한 전용 합금을 적용하고, 현대차 역시 고인성·고신율 합금을 자체적으로 개발하는 이유가 여기에 있다. 제품 크기가 커진 반면 합금의

1) 이탈리아의 다이캐스팅 장비 제조업체로, 테슬라에 '기기프레스(Giga Press)'를 공급하며 초대형 다이캐스팅 기술을 선도하고 있다.

2) 인장강도(Tensile Strength)는 재료가 끊어지기 직전까지 견딜 수 있는 최대 인장 하중을 의미함. 항복강도(Yield Strength)는 재료가 외력을 받아 더 이상 원래 형태로 돌아가지 못하고, 영구적인 변형이 시작되는 지점을 뜻함. 연신율(Elongation)은 재료가 파단되기 전까지 얼마나 늘어날 수 있는지를 비율로 표현한 값.



이드라의 테슬라 Model Y 후방 언더바디용 6100톤급 기계_출처: 이드라

전기차 시대, 초대형 다이캐스팅 기술적 과제 해결이 중요하다

윤상일 (주)삼기 소재개발팀 책임



초대형 다이캐스팅은 기존 방식과 비교해 여러 개의 부품을 단일 공정으로 일체 성형하기 때문에 제조원가를 최대 약 40% 수준까지 절감할 수 있는 것으로 평가된다. 또한 용접·조립 공정이 줄어들면서 NVH 품질 불량 요인이 감소하여, 사용자 관점의 감성 품질을 높일 수 있는 장점도 갖고 있다. 전기차 분야에서는 중량이 항속거리와 직결되기에 차량 경량화가 경쟁력의 핵심이다. 이에 따라 배터리 자체의 무게를 줄이는 것뿐 아니라 차체 구조를 단순화하고, 조립 공정 축소를 통해 전체 중량을 낮추는 다양한 기술적 접근이 요구된다. 초대형 다이캐스팅은 이러한 과제를 해결할 수 있는 효과적인 방식으로 자리매김했다.

주조성은 떨어질 수 있기 때문에 금형 설계, 주조 공정, 냉각 방식 등에서 새로운 기술적 과제가 발생한다. 즉, 초대형 다이캐스팅은 단순히 장비 톤수를 키우는 문제가 아니라 합금 설계, 금형·성형 해석 기술, 주조 공정 최적화, 대형 금형 구조 설계, 품질 평가 기술 등 복합적 요소를 동시에 해결해야 하는 기술 패키지에 가깝다. 또한 여러 부품을 하나의 모듈로 통합하는 방식이기 때문에 완성차와 1차 벤더 모두 부품 설계를 근본적으로 재정립해야 한다. 이러한 설계·해석·평가 기술이 함께 확보될 때 초대형 다이캐스팅의 도입이 비로소 가능해진다. 결국, 초대형 다이캐스팅의 급부상은 전기차 시대의 구조적 요구와 제조 혁신 흐름이 맞물린 결과이며, 앞으로도 소재·설계·공정·장비 기술 전반의 발전이 필수적으로 요구될 것이다.

특히 중국은 이미 5축 가공기를 활용해 대형 일체형 부품을 한 라인



삼기의 일체형 도어 인너 프레임 개발 사례_출처: 삼기

에서 가공할 수 있는 수준에 도달한 것으로 알려져 있으며, 이러한 사례는 초대형 다이캐스팅의 성공적 도입을 위해 사전에 확보해야 할 기술적 준비도가 매우 높다는 점을 보여준다. 결국 초대형 다이캐스팅은 장비 규모만의 문제가 아니라 소재·금형·가공·검사 기술이 종합적으로 뒷받침될 때 비로소 완성될 수 있는 기술임을 확인할 수 있다.

통합기술인 초대형 다이캐스팅, 핵심기술 과제 해결이 우선돼야

정윤성 (주)성우하이텍 스마트제조기술팀장



성우하이텍은 다이캐스팅 전문 기업은 아니지만, 차체 분야에 다이캐스팅을 국내 최초로 적용한 기업으로서, 초대형 다이캐스팅이 갖는 의미를 중요하게 보고 있다. 기존 차체는 수백 개의 단품이 서브 컴플로 조립되고, 다시 10~15개의 주요 컴플을 거쳐 BIW(Body in White)가 완성되는 구조다. 이 관점에서 초대형 다이캐스팅은 언더바디 구조를 수십 개 부품의 조립 방식에서 벗어나 하나의 대형 주조물로 일체화하는 제조 패러다임의 변화라 할 수 있다. 성우하이텍이 차체 부품에 처음 다이캐스팅을 적용한 것은 2013년 현대차의 프린트 쇼크 업소버 하우징으로, 고진공 다이캐스팅 공법(High Vacuum Die Casting)을 통해 차체에도 다이캐스팅 적용 가능성을 확인했다. 당시 “차체를 한 번에 찍을 수 없을까?”라는 아이디어가 있었으나 현실적으로 어려웠고, 이후 테슬라가 이를 실제 기술로 구현한 것을 보

고 큰 변화를 실감하게 되었다. 다만, 차체 부품은 기존 다이캐스팅 제품과 본질적으로 다르다. 차체는 단품 자체가 성능을 내는 것이 아니라 BIW 전체 조립을 통해 차량의 강성·충돌·NVH 성능이 발휘되는 구조이기 때문에, 부품 간 맞침면 정밀도 및 조립 공차 관리가 품질의 핵심이다. 특히 초대형 다이캐스팅은 냉각 과정에서 뒤틀림·변형이 기하급수적으로 증가해 더욱 엄격한 공차 관리 및 변형 예측·보정 기술이 필요하다.

테슬라는 조립 공정에서 발생하는 오차를 줄이기 위해 가능한 많은 부품을 하나로 통합하는 전략을 택한 것으로 보인다. 신생 OEM으로서 차체 조립 노하우를 단기간에 확보하기 어려웠기 때문에, 구조 단순화와 공정 오차 최소화를 위한 초대형 다이캐스팅이 현실적 해법이었을 것이다.

그러나 기술적 난제는 여전히 많다. 스틸 차체는 각기 다른 부품의 특성이 조합되어 성능을 발휘하지만, 대형 다이캐스팅은 하나의 주조물에서 충돌·강성·내구·NVH를 모두 충족해야 한다. 또한 설계·해석·성형·측정·보정이 동시에 움직여야 하는 통합 기술이기 때문에 OEM, 차체 업체, 다이캐스팅 업체가 초기 단계부터 협업해야 한다. 글로벌 OEM들이 초대형 다이캐스팅 도입을 선언했지만, 실제 양산은 예상보다 더디다. 대형 금형 설계, 냉각 균일화, 품질 편차 제어, 충돌 해석 신뢰성 등 핵심 기술 과제가 완전히 해결되지 않았기 때문이다. 국내 역시 EV 전용 공장의 초대형 다이캐스팅 도입을 검토했으나, 전기차 수요 변동 등으로 일정이 조정된 상황이다. 본격 양산 적용 여부는 좀 더 지켜봐야 한다.



폭스바겐 그룹 등에 도입된 스위스 블러(Bühler)의 9,200톤급 'Carat' 초대형 다이캐스팅 설비_출처: 블러

테슬라가 연 제조 혁신의 문과 글로벌 확산 흐름에 주목하라

김한상 (주)SH Solution 대표



SH Solution은 이드라와 장기간 협업하며 초대형 다이캐스팅 기술의 초기 도입 과정을 누구보다 가까이에서 지켜봐 왔다. 이드라에 따르면, 테슬라의 기가캐스팅 발상은 일론 머스크가 사무실에 두고 있던 장난감 자동차에서 비롯됐다고 한다. 위·아래 두 개의 주조 품으로 구성된 장난감을 보면 “왜 실제 자동차도 이렇게 만들 수 없을까?”라는 의문이 생겼고, 이는 테슬라 엔지니어들의 본격적인 기술 탐색으로 이어졌다. 그들은 언더바디를 단일 부품으로 만들기 위해 최소 6,000톤 이상의 형체력이 필요하다는 계산을 내렸고, 당시에는 존재하지 않던 장비 개발을 위해 전 세계 다이캐스팅 업체들을 찾았다.

그러나 대부분의 업체는 기존 제조 스펙과 안전 기준을 이유로 테슬라의 제안을 거절했다. “충돌 시험을 어떻게 통과할 것인가, 연신율은 어떻게 확보할 것인가, 금속 내부 결함은 어떻게 해소할 것인가” 등 해결해야 할 기술 난제가 명확했고, 전통적인 OEM 기준으로는 받아들일 수 없는 수준의 스펙 미달이 예상되었기 때문이다. 그럼에도 불구하고, 이드라만이 개발 협력 의사를 밝혔고, 이 선택이 결국 세계 최초의 초대형 다이캐스팅 장비를 탄생시키는 전환점이 되었다.

초기 테슬라 차량을 실제로 뜯어본 OEM 전문가들의 평가는 가혹했다. 소재 내부 결함, 균일하지 않은 연신율, 금형 설계 미흡, 구조적 약점 등 “기준 기준으로는 절대 양산 불가”라는 의견이 지배적이었다. 그러나 테슬라는 이러한 부정적 평가를 뒤집고 충돌 테스트 최고 등급을 획득했으며 판매량도 꾸준히 증가시켰다. 이 경험은 글로벌 OEM들에게 큰 충격을 주었고, “기존 스펙에 얹매이지 않아도 충분히 새로운 제조 방식이 가능하다”는 인식을 확산시키는 계기가 되었다.

특히 중국 OEM들이 가장 빠르게 기술을 모방·확대할 수 있었던 이유도 이러한 사고방식의 차이에 있다. 유럽·한국·일본 OEM들이 수십 년간 정립해 온 기술 스펙과 규격을 엄격하게 고수했던 반면, 중국 기업들은 상대적으로 유연한 기준을 적용해 과감하게 초대형 다이캐스팅을 시도했다. 현재 전 세계에서 초대형 다이캐스팅 설비를 가장 많이 구축한 곳도 중국이며, 이는 시장의 속도와 사고방식의 차이를 보여주는 사례이기도 하다.

이후 기가캐스팅 흐름은 볼보, 현대차, 혼다, 도요타 등 주요 OEM들

로 확산되기 시작했다. 다만 실제 양산 적용은 예상보다 느린데, 그 이유는 기술적 난제가 여전히 크기 때문이다. 초대형 주조물은 2m 이상 길이의 3T³대 얇은 두께 구조가 많아 냉각 시 뒤틀림·변형이 심하게 발생하고, 강성·충돌·NVH 성능을 한 부품 안에서 모두 만족해야 한다. 이를 해결하려면 고강도·고신율·비열처리 합금 개발, 균일 냉각 금형 기술, 정밀 치수 측정·보정 기술 등이 동시에 확보되어야 한다.

또한 초대형 다이캐스팅은 설계·해석·성형·측정·품질·보정이 모두 실시간 통합적으로 연동되는 시스템을 요구한다. 하나의 회사가 단독으로 해결할 수 있는 기술이 아니라, OEM·차체 전문업체·금형업체·다이캐스팅 업체가 초기 단계부터 데이터를 공유하고 공동 개발해야 하는 ‘플랫폼 기술’에 가깝다.

그럼에도 불구하고 초대형 다이캐스팅의 매력은 여전히 크다. 수십 개의 부품과 웰딩 로봇을 줄일 수 있어 공장 규모와 조립 라인을 획기적으로 단순화할 수 있으며, 생산 시간(사이클 타임)도 크게 단축된다. OEM 관점에서는 제조비 절감, 경량화 효과, NVH 품질 개선 등 여러 이점을 동시에 확보할 수 있다. 단, 기존처럼 모든 스펙을 완벽히 충족시키려는 접근이 아니라, 설계·소재·성능 목표를 ‘새로운 기준’으로 재설정하는 전략이 필요하다.

결론적으로, 초대형 다이캐스팅은 쉽지 않은 기술이지만, 적절한 수준의 성능 목표와 설계 전략을 설정한다면 OEM에게 매우 큰 제조 혁신 효과를 제공할 수 있는 솔루션으로 평가된다.

한자연, 2025년부터 6,000톤급 초대형 다이캐스팅 장비 구축에 착수

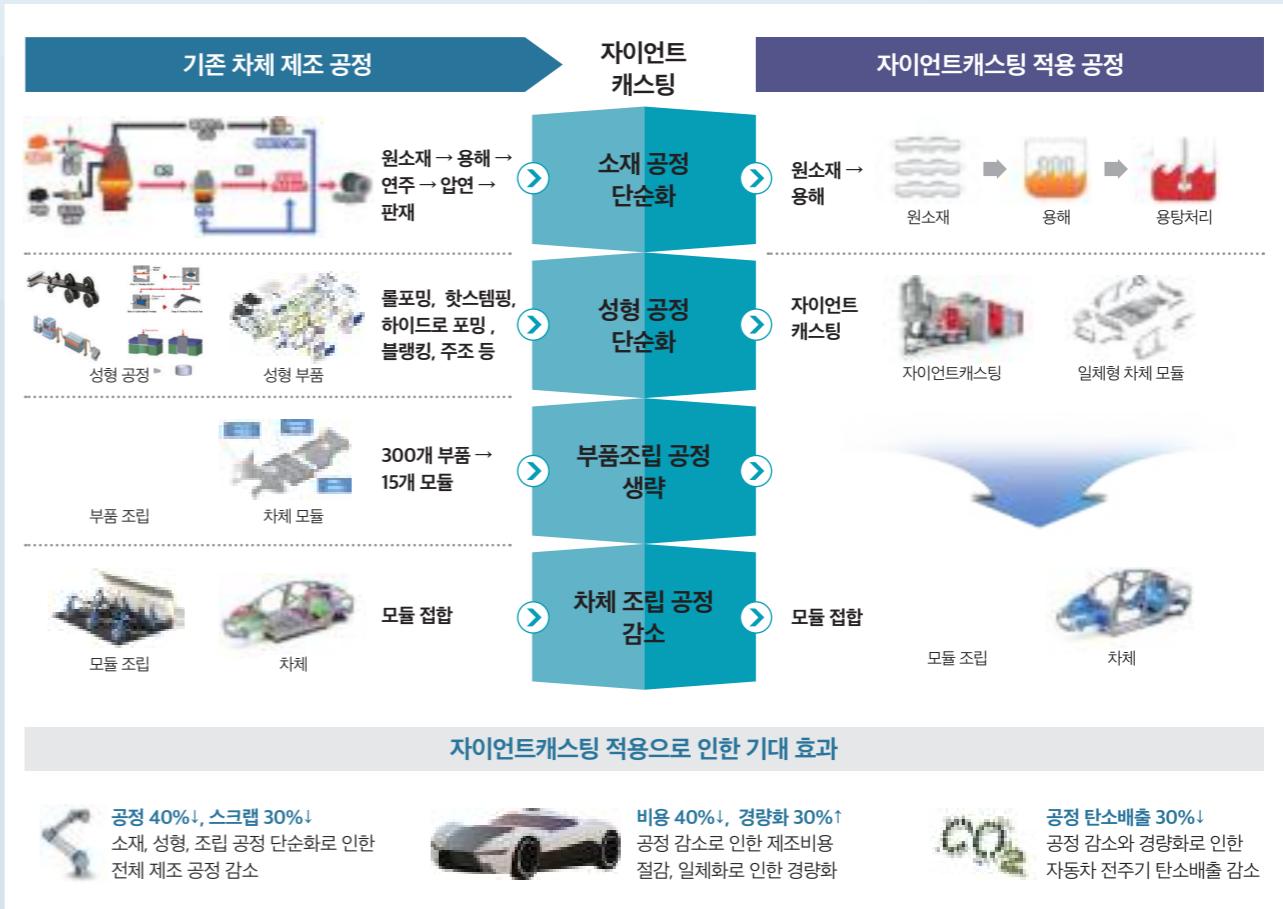
김세훈 한국자동차연구원 첨단구조소재연구센터장



한국자동차연구원은 2025년부터 초대형 다이캐스팅 장비 구축 사업을 추진하고 있으며, 이를 위해 6,000톤급 이상의 설비 도입이 필수적이다. 그러나 제한된 예산으로는 최근 환율 상승에 따른 장비 가격 급등을 감당하기 어려워 도입 부담이 커진 상황이다. 이에 이드라를 비롯해 중국·일본 등 해외의 생산 가능 업체들을 폭넓게 검토하고, 지속적으로 협의하며 최적의 도입 방안을 마련하고 있다.

초대형 다이캐스팅은 테슬라가 지난 2020년 미국 프리몬트 공장에서 생산되는 모델 Y의 리어 언더바디에 처음 적용하며, ‘기가캐스팅’이라는 이름으로 널리 알려지기 시작했다. 국내에서는 현대차가 ‘하이퍼캐스팅’, 산업부는 ‘자이언트캐스팅’이라는 용어를 사용하고 있다. 정부 차원에서 공식 기술 명칭을 부여하고 전략 기술로 관리하는

자이언트캐스팅 차체 플랫폼



출처: 한국자동차연구원

사례는 매우 드물며, 우리나라의 정책적 특징 중 하나로 볼 수 있다. 산업부는 이를 초격차 핵심기술로 지정하고 세계 최고 수준 도약을 목표로 범정부 차원의 지원을 지속하고 있다. 기술적으로는 초대형 다이캐스팅은 기존 설비와 본질적으로 다르다. 대형 주조에서는 합금의 유동성·응고 거동, 형상에 따른 유동거리 제한, 냉각에 따른 뒤틀림·변형 등으로 치수 정밀도와 구조적 신뢰성을 확보하기가 어렵다. 특히 기준 4,000톤급 이상의 설비로는 합금의 유동거리나 형상 제한 때문에 일체형 대형 차체를 생산하기 어렵고, 부품이 커질수록 뒤틀림·변형과 그에 따른 품질 확보 문제가 심화된다. 테슬라는 초기 기가캐스팅 도입 과정에서 6,000톤급 기가프레스를 활용한 리어 언더바디 단일 주조 부품을 발표했다. 테슬라의 초기 양산 단계에서는, 대형 주조물의 변형·치수 안정성 문제를 보완하기 위해 리어 언더바디를 2개의 주조 파트로 구성한 사례도 확인된 바 있다. 때문에 후발 기업은 여전히 변형·품질 문제를 면밀히 점검해야 한다. 국내의 경우 초대형 다이캐스팅 기술 도입이 더 어려운 이유가 있다.

산업 규모가 작아 대형 설비 운영 역량이나 수요 기반이 충분하지 않고, 무엇보다 6,000~9,000톤급 다이캐스팅용 금형을 제작할 수 있는 국내 인프라가 없다. 해당 금형은 100~150톤에 달하며, 이를 지원할 크레인을 갖춘 금형 업체가 존재하지 않는다. 과거에는 초대형 다이캐스팅 장비의 국내 제작 가능성을 검토했으나 기술적 가능성보다는 시장 규모와 경제성, 산업 수요 측면에서 현실성이 낮다는 결론에 이르렀다. 조선산업과 같은 초대형 중량 구조물 제작 역량을 보유한 일부 산업군을 제외하면, 실제 사업화로 이어지기에는 산업적 유인이 부족한 상황이다.

이러한 이유로 현재 국내에서 추진하는 방향은 직접 장비를 제작하기보다 우선 해외 제품을 도입한 뒤, 그 위에서 공정·소재·설계·금형기술 등 핵심 요소 기술을 선제적으로 연구해 산업계에 이전하는 방식이다. 금형 기술을 포함해 국내 인프라가 전반적으로 부족한 만큼, 산업계 의견과 수요를 기반으로 후속 기반 구축 사업을 확대하고 기술 격차를 줄여나가는 것이 중요한 과제라 할 수 있다.

3) T는 Thickness의 약자. 주로 두께를 나타낼 때 사용하며, 1T=1mm=0.1cm를 의미함

Section 2

초대형 다이캐스팅에서 소재 기술은 왜 중요한가?

초대형 다이캐스팅에서 소재 기술은 제품 품질과 공정 안정성을 좌우하는 핵심 역량이며, 대형 구조물을 가능하게 하는 제조 혁신의 전략적 기반이다. 이에 따라 초대형 구조물이 요구하는 소재 성능을 충족할 수 있는지 점검하고, 현행 알루미늄 합금의 기술적 한계와 향후 개선 방향을 세밀하게 살펴볼 필요가 있다. 또한 소재-공정-설계가 유기적으로 맞물려야 하는 통합 최적화 관점에서, 이를 구현하기 위해 고려해야 할 핵심 요소들도 함께 짚어보자 한다.



초대형 다이캐스팅 기술 발전을 위한 소재 기술의 본질적 과제

김세훈 한국자동차연구원 첨단구조소재연구센터장

초대형 다이캐스팅 공정을 수행하다보면, 무엇보다 소재의 유동 경로가 길어지는 특성 때문에 유동성이 결정적인 요소로 떠오른다. 또

차체 언더바디 박육주조를 위한 사이언트캐스팅 기술 개발

수행 기관 세부 주관 삼기 참여 한국생산기술연구원, 한국자동차연구원

수행 기간 총 57 개월 [1단계 : 26개월] '24. 04. 01 ~ '26. 05. 31, [2단계 : 31개월] '26. 06. 01 ~ '28. 12. 31

일체화 주조 성형 기술 확보를 통한 초대형 차체 언더바디 부품 및 공정 혁신 기술개발



출처: 한국자동차연구원

한, 제품의 크기가 커질수록 금형과 소재 간의 미세한 수축률 차이가 문제를 일으키며 이는 금형 내에서 제품이 빠지지 않거나 수축으로 인해 크랙이 발생하는 등 다양한 품질 이슈로 이어진다. 이러한 문제는 설계가 조금만 잘못되어도 반복적으로 발생해온 만큼, 소재 설계 단계에서 선제적으로 해결해야 할 본질적 과제로 볼 수 있다. 또한 초대형 다이캐스팅 부품은 차체의 일부를 구성하는 큰 구조물이지만, 단일 부품만으로 차체가 완성되는 것은 아니다. 결국 다른 부품과 용

접 또는 접합이 필요하다. 그러나 다이캐스팅·주조 제품은 공정 특성상 내부 결함이 발생할 가능성이 상대적으로 높아 용접 시 불량이 쉽게 발생한다. 이를 보완하기 위해 현재는 본딩(접착)을 활용하거나 기계적 제결 방식을 선택하고 있지만, 장기적으로는 기존 용접 기술을 완전히 배제할 수 없기에 용접 가능성을 높일 수 있는 소재적 특성 확보도 중요하다.

소재 기술 측면에서 오래전부터 논의되어온 과제는 탄소중립과 재활용성 문제다. 자동차에 적용되는 소재가 다양하기 때문에 소재별 분리·분류 등의 리사이클링 과정이 지나치게 복잡하고 비용이 많이 든다. 궁극적으로는 차량 전체를 파쇄했을 때 자동으로 소재가 분류되고 이를 훈합 재활용하더라도 기계적 성능과 내구성 측면에서 신재에 준하는 품질을 확보할 수 있는 방향으로 소재 개발이 이루어져야 한다.

종합하면, 초대형 다이캐스팅에서 요구되는 소재 기술은 다음과 같은 특성을 갖춰야 한다. 긴 유동 경로를 만족시키는 우수한 유동성, 차체 구조물에 필요한 강도와 연신율 등 기계적 성능, 대형 부품 전반에서 편차 없이 유지되는 미세조직의 균일성, 극한의 온도, 습도, 진조 환경을 모두 견딜 수 있는 내환경성, 신재 수준의 품질을 확보할 수 있는 우수한 재활용성 등이다. 따라서 초대형 다이캐스팅 기술이 진전하려면, 이러한 요건을 충족하도록 새로운 소재의 개발 또는 기존 소재의 고도화가 필수적이다.

초대형 다이캐스팅은 각 요소를 종합적 고려한 개발이 필수적

김한상 (주)SH Solution 대표

새로운 소재의 개발은 필수적이다. 현대차 역시 독자 소재를 개발한 것으로 알고 있으며, 테슬라도 초대형 다이캐스팅을 시작할 때 소재 개발부터 먼저 착수했다. 비열처리 합금의 특성상 각 OEM들은 기기캐스팅을 도입하면서 자사에 특화된 특수 합금을 개발해 사용하는 것으로 알려져 있다.

공정 측면에서도 앞서 언급했듯, 초기 기기캐스팅 장비를 만든 곳은 이드라였지만, 장비만으로는 초대형 부품을 안정적으로 생산할 수 없다. 캐스팅 기계와 금형만 갖고는 해결되지 않는 수많은 요소가 존재한다. 실제로 T사 프로젝트를 대응할 당시, 유럽 주요 업체들은 Foundry Star Alliance(FSA)를 구성해 공동 개발을 진행했다. 초대형 다이캐스팅에 필요한 장비와 공정 요소들의 사이즈를 기준 대비 모두 키워야 했기 때문이다. 예전에는 4,000톤급이 최대였으나, 기기캐스팅에서는 그 이상이 요구되며, 금형 역시 대형화되었다. 또한 초대형 부품은 0.1~0.2초 내에 충진이 완료되어야 하기에 소재 특성만으로는 충진¹⁾ 안정성을 확보하기 어렵다. 이를 보완하기 위해 고진공 시스템(High Vacuum System)이 필수적으로 적용되며,

1) 충진이란 금속 용탕을 금형 내부로 밀어 넣어 금형을 가득 채우는 과정을 뜻함.

금형 역시 정교한 온도 제어가 이루어져야 한다. 냉각 속도 조절이나 소재 유동성 확보를 위해 금형이 더 뜨거워야 할 때도 있고, 반대로 균일한 조직을 만들기 위해 빠른 냉각이 필요한 경우도 있다. 결국 금형·진공장비·다이캐스팅 기계·후처리 장비가 유기적으로 조화를 이룰 때 비로소 양산 품질이 가능해지는 구조다.

트리밍 공정도 마찬가지다. 초대형 부품은 크기만큼 절단량도 커지기 때문에, 이에 맞는 대형 트리밍 설비가 필요하다. 이러한 필수 장비 업체들이 모두 참여하는 형태로 얼라이언스를 구성해 공동으로 개발을 진행했고, 그 결과 현재는 양산 단계에 이르렀다.

또 하나의 어려움은 가공 공정이다. 부품 길이가 약 2m에 달하고 두께는 3~3.5T 수준으로 얇기 때문에 뒤틀림이 매우 심하게 발생한다. 끝과 끝의 가공 치수를 맞추는 것이 쉽지 않으며, 이를 위해서는 부품을 정확한 위치에 고정할 수 있는 전용 지그 설계가 필수적이다. T사 역시 이 문제를 해결하기 위해 여러 차례 회의를 거쳐 가공 방안을 마련했고, 현재는 안정적인 방법을 확보한 상태다.

종합적으로 보면, 초대형 다이캐스팅은 소재·공정·장비·후공정이 모두 새롭게 재정의되는 분야이며, 각 요소를 종합적으로 고려한 개발이 필수적이다. 현대차도 이러한 요소를 종합적으로 검토하며 기술 개발을 진행하고 있다.

초대형 다이캐스팅, 핵심 요소는 강도와 연성의 균형

정윤성 (주)성우하이텍 스마트제조기술팀장



초대형 다이캐스팅에서 말하는 '소재'는 단순히 주조가 가능한 재료를 의미하지 않는다. 차체 관점에서 소재는 주조성(Castability)²⁾, 구조적 강성, 충돌·내구 성능, 조립 과정에서의 변형 관리, 그리고 장기 내구성까지 포함한 종합적 개념이다. 즉, 단순히 제품을 "찍어내는 것"을 넘어, 차량이라는 복합적인 시스템 안에서 기능을 안정적으로 수행할 수 있도록 전체 물성을 보장하는 역할을 담당한다.

가장 핵심적인 요소는 강도와 연성의 균형이다. 차량 구조물은 충돌 에너지 흡수, 하중 전달, 비틀림 강성 등 다양한 기능을 동시에 수행해야 하므로 일정 수준의 인장강도와 항복강도 확보는 기본 전제다. 그러나 강도만 높다고 해결되는 것은 아니다. 차체 조립 과정에서는 리벳, 볼트, 피어싱 등 여러 기계적 결합 공정이 병행되는데, 연신율이 낮은 소재는 조립 중 바로 크랙이 발생한다. 결국 강도·연성·균일

성이 함께 확보되어야 초대형 다이캐스팅 부품이 실제 차량 조립과 주행 환경에서 안정적으로 기능할 수 있다.

소재 개발이 어려운 근본적인 이유는 열처리와 변형 관리가 서로 깊게 연결되어 있기 때문이다. 열처리를 적용하면 소재 강도를 높일 수 있지만, 대형 주조물에서는 냉각 과정에서 뒤틀림과 변형이 크게 발생한다. 소형 부품은 작업자가 직접 보정할 수도 있지만, 초대형 다이캐스팅 구조물은 크기 자체가 워낙 커 수작업 수정이 사실상 불가능하다. 이 때문에 최근에는 열처리 없이도 목표 물성을 확보할 수 있는 고성능 비열처리(As-cast) 알루미늄 합금의 필요성이 높아지고 있다. 다만 이 소재는 아직 유동성·연성 확보가 충분하지 않아, 양산 현장에서 본격적으로 적용되지는 못하고 있다. 초기 개발 단계에서는 조립 과정에서 크랙이 발생한 사례도 있었다.

이러한 경험을 통해 알 수 있는 점은, 초대형 다이캐스팅용 소재는 강도와 연성을 넘어서 조립 대응성까지 포함한 차체용 종합 물성이 필수라는 것이다.

또 하나 중요한 이슈는 소재 공급 구조다. 국내 자동차산업은 다이캐스팅용 알루미늄 대부분을 해외에서 수급하고 있으며, 알루미늄은 스틸 대비 기본 단가가 높다. 따라서 부품 일체화를 통해 공정을 단축하더라도 소재 자체의 원가 부담이 크게 줄기 어려운 구조적 한계가 존재한다. 장기적으로는 국산화와 공급 안정성 확보가 중요한 과제가 될 수밖에 없다. 결국 초대형 다이캐스팅 소재는 강도, 연성, 유동성, 변형 안정성이라는 서로 상충되는 특성을 동시에 만족해야 하는 고난도 영역이다. 특히 차체에 적용하려면 구조적 강성-조립성(변형 관리)-내구성-물성 균일성의 균형이 절대적으로 요구된다.

초대형 다이캐스팅이 더욱 대형화될수록 소재 기술의 중요성은 더욱 커질 것이며, 앞으로는 소재·공정·설계가 하나의 체계로 통합된 개발 방식이 필수적인 방향이 될 것으로 보인다.

초대형 다이캐스팅의 성공적 확산 위해 꼭 필요한 것들

윤상일 (주)삼기 소재개발팀 책임



초대형 다이캐스팅을 논의할 때는 먼저 부품 특성을 박육(thin-wall)³⁾ 중심인지, 후육(thick-wall)⁴⁾ 중심인지로 구분할 필요가 있다. 이 구분에 따라 필요한 기술 요소가 크게 달라지기 때문이다. 이를 구현하기

2) 주조성(Castability)은 금속이나 합금을 녹여 거푸집에 부어 원하는 형태로 만들기 쉬운 정도를 의미하며, 재료의 주조 공정 적합성을 나타내는 핵심 지표로 복잡한 부품 생산의 효율성과 품질에 직접적인 영향을 미친다.

3) 박육(thin-wall)은 부품의 두께가 매우 얕은 구조를 의미하며, 일반적으로 강성·충전성·결합 제어가 어려워 고도의 성형·주조 기술이 요구되는 설계 조건을 말함.

4) 후육(thick-wall)은 부품 두께가 두꺼워 용융 금속의 응고 시간이 길어지는 구조를 의미하며, 수축·기공 등 내부 결합 제어가 중요해 주조 조건과 소재 설계가 품질에 큰 영향을 미치는 특성을 말함.



위에서는 첫째, 알루미늄 원소재의 개선, 둘째, 다이캐스팅 금형 소재의 개발이 핵심 과제가 된다. 박육 부품의 경우 열전달이 얼마나 효율적으로 이루어지는지가 결정적이다. 다이캐스팅 산업에는 흔히 평균 두께 3T 이하 구간은 생산이 어렵다는 불문율이 있다. 그러나 최근 개발한 도어 이너 프레임은 평균 두께 2T, 일부는 1.5T까지 구현하는데 성공했다. 이는 금형 소재의 열전달 성능을 향상시키고, 금형 코팅 기술을 병행하여 유동성을 확보했기 때문에 가능했던 사례다. 이러한 경험을 통해 박육 부품을 안정적으로 생산하려면 금형 재질과 코팅 기술의 고도화가 반드시 필요하다는 점이 확인된다.

한편, 알루미늄 합금 측면에서는 박육 부품에서 흔히 발생하는 뜯김(tear-off)과 솔더링(soldering)⁵⁾ 문제가 핵심 이슈다. 비열처리 합금은 연신율을 확보하기 위해 철(Fe) 함량을 극도로 낮춰야 한다. 그러나 철을 줄이면 금형과 반응성이 높아져 솔더링이 발생하고, 부품이 금형에 소착되는 불량을 야기한다. 따라서 연신율을 높이면서도 솔더링을 억제할 수 있는 신규 합금 개발이 시급하다고 판단된다.

또 하나 중요한 관점은 '초대형 다이캐스팅' 부품은 곧 '일체화 부품'이라는 점이다. 예를 들어, 기존 80개의 부품을 하나로 통합해 생산하는 경우, 차량 사고 시 수리 기술 및 보수 소재 개발이 필수적이다. 알루미늄 부품을 사고 이후 어떻게 복원할 것인지, 어떤 적층(additive)⁶⁾ 기술 또는 보수 공정이 필요한지에 대한 고민도 함께 이루어져야 한다. 테슬라 역시 1만 2,000톤급 장비로 하부 프레임 전체를 일체형으로 제작 완료했지만, 양산 체제는 품질·보수성 한계로 인해 전략을 수정해 단일 파트가 아닌 다수의 파트로 나누는 방향으로 전환하고 있다. 이러한 사례는 일체화 정도가 높아질수록 수리성

(repairability)이 기술 개발의 중요한 변수가 된다는 점을 보여준다. 국내 산업의 현실도 함께 고려할 필요가 있다. 한국자동차연구원에서 6,000톤급 설비를 도입하고 있고, 삼기와 같은 중견기업도 대형 주조기 도입을 검토하는 상황이다. 산업 전반에서 초대형 다이캐스팅을 확산시키기 위해서는 소재·금형·공정 전반의 기초 기술 확보가 선행되어야 한다고 판단한다. 이러한 핵심 기반 기술 없이는 대형화가 산업적으로 자리 잡기 어렵다. 이러한 요소들이 갖춰져야 초대형 다이캐스팅이 국내 자동차산업 전반에서 안정적으로 자리 잡을 수 있을 것이다.

기반 기술과 데이터 공유 체계 갖춘 허브 필요

윤종목 (주)애니캐스팅소프트웨어 국내컨설팅부 상무



기존의 다이캐스팅 산업에서는 ADC12⁷⁾, ADC6 등 소수의 정형화된 합금만 사용되면서 합금 개발이 크게 이루어지지 않았다. 그러나 쇼크 업소버가 고진공 공정으로 전환되면서 실라프트 적용, 열처리 필요성 등으로 소재 특성이 변화하기 시작했고, 기기캐스팅 시대에 들어서면서 다시 한 번 합금 개발이 중요한 이슈로 떠올랐다. 약 2년 전 다이캐스팅 학계에서 언더바디용 합금에 관한 발표가 있어 관련 자료를 조사한 적이 있다. 테슬라가 6,000톤급 설비로 생

5) 뜯김(tear-off)은 주조품에서 금형이 분리되거나 후가공 트리밍·용접 등 과정 중에 재료가 찢기듯 파손되는 현상. 솔더링(soldering)은 용융 금속이 금형 표면에 비정상적으로 달라붙는 결합.

6) 적층(additive)은 재료를 한 겹씩 쌓아(붙여) 부품을 새로 만들거나 손상부를 보수하는 기술로, 전통적인 깎아내는 방식(절삭·기공)과 반대되는 개념. 알루미늄 수리·보수(Repair) 영역에서 특히 유용함.

7) ADC는 JIS(Japanese Industrial Standards)에서 규정한 알루미늄 다이캐스팅용 표준 합금 명칭으로, 주로 ADC12, ADC10 등으로 세분화된다.

산하는 리어 언더바디에는 AA386이라는 자체 개발 비열처리(As-cast) 합금이 적용된다. 이 합금은 열처리 없이 주조 상태 그대로 사용되며, 유동성, 항복강도, 내식성, 내소착성, 기계적 특성 등 기기캐스팅이 요구하는 요소를 종합적으로 충족하도록 설계되어 있다.

금속 분야에서는 새로운 합금의 번호를 부여받거나 특허를 확보하는 일이 쉽지 않다. 이미 다양한 원천 특허가 등록되어 있기 때문이다. 그럼에도 테슬라는 합금 번호 등록과 특허 확보에 성공했으며, 스페이스X의 소재 팀이 개발에 참여했다는 이야기도 있다. 쇼크 업소버는 열처리 합금을 적용하지만, 언더바디는 열처리 시 발생하는 변형을 감당할 수 없어 비열처리 합금을 상용화해 사용하고 있다. 현대차 역시 유사한 비열처리 합금을 개발하는 중이며, 삼기도 시제품 제작을 통해 일정 수준의 특성을 확보한 것으로 알려져 있다.

다만 주조성과 기계적 특성은 본질적으로 트레이드오프(trade-off) 관계다. 주조성을 확보하기 위해 냉각 속도를 늦추면 물성이 떨어지고, 물성을 확보하기 위해 냉각 속도를 높이면 충진 불량이 발생한다. 1.5~2m 길이의 대형 부품에서는 부위별 물성 차이도 크게 나타난다. 인장강도는 비교적 균일하게 나오더라도 항복강도와 신율이 일정하게 유지되지 않는 경우가 많다. 최근에는 충전성·응고·거동·변형 예측뿐 아니라, 부위별 기계적 성질을 예측해 설계 과정에 반영할 수 있느냐는 요구가 급격히 늘고 있다.

기존에는 하나의 재료 강성값에 안전율을 적용해 구조 해석을 진행했지만, 실제 대형 주조물에서는 물성 편차가 워낙 커 이런 방식으로는 정확한 설계가 어렵다. 합금 개발은 연구소나 완성차 업체가 원천적으로 추진해야 하는 과제다. 그러나 이를 지원하기 위해서는 소재 DB를 구축하고, 이를 주조 해석과 연계해 설계단계로 전달할 수 있는 통합 인프라가 필요하다. 이러한 데이터 허브가 구축되면 국산 소재 개발도 훨씬 원활해질 것이다. 현대차가 확보한 일부 기술은 원천 특허보다 회피 특허에 가까운 성격이라, 장기적으로 전기차용 비열처리 합금을 개발하기 위해서는 산학연 협력이 필수적이다.



테슬라 모델 Y(왼쪽)의 리어 언더바디를 초대형 다이캐스팅 공법으로 일체 주조한 부품(오른쪽). 출처: 테슬라

초대형 다이캐스팅 소재 설계에는 조직 균일화, 수리성 등 통합적 접근 필요

(좌장) 이지운 공주대학교 신소재공학부 교수

•••••

초대형 다이캐스팅 소재 개발에서 가장 중요한 요소 중 하나가 주조 결함을 최소화하는 것이라고 본다. 특히 기공은 수소의 용해도 변화에 크게 영향을 받기 때문에, 수소 용해도를 낮추면서도 필요한 기계적 특성을 유지할 수 있는 합금 개발이 필요하다. 테슬라의 특허를 살펴보면 티타늄 디보라이드(TiB₂)가 포함된 합금, 스칸듐(Sc)이 첨가된 합금 등 다양한 접근이 이루어지고 있으며, 이는 기공 억제와 미세조직 제어를 위한 기술적 방향성을 보여준다.

또한 김세훈 센터장님께서 언급하신 것처럼, 성분의 균질성 역시 중요한 요건이다. 초정밀리온 등 특정 입자들이 미세하고 균일하게 분산되어야만 부위별 물성 편차를 줄일 수 있다. 이러한 균일한 미세 조직 확보는 대형 주조물에서 특히 더 어려운 과제이지만, 반드시 해결해야 할 핵심 기술이라고 생각한다.

이울러 수리성 역시 중요한 고려 요소다. 예를 들어 테슬라 차량의 경우 수리 비용이 높아, 미국 보험사들 사이에서는 차량을 수리하기보다는 전손 처리를 선택하는 경향이 있는 것으로 알려져 있다. 이를 특정 차체 구조의 문제로 단정할 수는 없지만, 초대형 다이캐스팅과 같은 일체형 부품 적용이 확대될수록 사고 이후 수리 비용이 증가할 가능성은 존재한다. 이에 따라 알루미늄 구조물을 경제적으로 복원할 수 있는 보수 기술과 이에 적합한 합금 개발의 중요성이 커지고 있다.

이러한 이유로 초대형 다이캐스팅 소재 설계에서는 기계적 성능뿐 아니라 기공 억제, 조직 균일화, 수리성까지 고려한 통합적 접근이 필요하다고 판단한다.



Section 3

새로운 제조 패러다임, 한국 제조 산업의 방향과 전략은 무엇인가?

초대형 다이캐스팅은 미래차 시대의 제조 패러다임을 재편할 핵심 기술 중 하나다.

국내 초대형 다이캐스팅과 관련 소재 기술의 현주소는 어떠하며,

한국의 소재·부품 기업이 마주한 도전과 기회는 무엇일까.

또한 정부와 연구기관이 앞으로 어떤 지원 인프라를 구축해야 하는지도 함께 살펴본다.

정부와 공공 연구기관의 역할과 지원이 절실

정윤성 (주)성우하이텍 스마트제조기술팀장

초대형 다이캐스팅은 기술 그 자체보다 산업 인프라와 생태계의 준비 수준이 훨씬 더 중요한 영역이라고 본다. 현재 국내 제조 산

한국자동차연구원 사이언트캐스팅 공용 센터 추진

초고압 6,000톤급 이상 다이캐스팅 장비 기반의
미래차 차체 플랫폼 제조 기술을 지원*하는 공용 실증 인프라
(*공정 실증·시제품 제작·물성/결합 평가 등 핵심 요소기술 확보 지원)

기반구축	공정 실증	기술 지원	기술 확산 네트워킹
공용 지원 센터 구축	주조 공정 실증 및 해석	신뢰성 평가·분석 지원	역량 강화 기술 세미나
신규 핵심 장비 도입	초대형 다이캐스팅 공정 기술 확보 (금형기술/용탕관리/충진/유지보수)	실증 기반 공정 기술 지원	기술 확산 사업화 지원
6000톤급 이상 사이언트캐스팅 머신 1종 대면적 주조품 평가 장비 2종 용탕 품질 평가 장비 1종			산·학·연 네트워크 협의체

출처: 한국자동차연구원



사이언트캐스팅 공용 센터 개요

- 위치: 부산광역시 사상구 감전동 515-2, 514-1, 518-4번지 총 6,600m²
- 규모: 공용 센터 부지면적 6,600 m², 건축면적 3,300m², 기 건축물 1,320m²
- 용도: 장비 구축 및 연구 수행을 위한 전용 공간



자이언트캐스팅 공용 센터 조감도

은 기업들이 초대형 다이캐스팅 투자를 망설이게 만드는 현실적 요인이다. 결국 초대형 다이캐스팅이 산업적으로 자리 잡기 위해서는 명확한 수요 기반을 갖춘 플랫폼 개발이 선행되어야 한다. 완성차가 초대형 다이캐스팅을 전제로 플랫폼을 설계해야 부품사·소재사·금형사·가공업체가 투자를 결정할 수 있으며, 이것이 생태계 전체의 기술적·경제적 파급력으로 이어진다. 국내에서도 전동화 전용 플랫폼을 개발한 경험은 있지만, 초대형 다이캐스팅을 적용한 신규 플랫폼을 구축하기 위해서는 상당한 시간과 대규모 실증 과정이 필요하다. 따라서 플랫폼 개발 방향성이 명확해야 산업 전체가 선순환 구조의 투자 흐름을 만들 수 있다. 다만 완성차업체 입장에서도 주요 인프라가 부족한 상황에서 플랫폼을 성급하게 확정하기 어렵다는 현실적 제약 또한 존재한다.

정부와 공공 연구기관의 역할도 매우 중요하다. 국내 기업들은 대형 주조 설비, 측정·검사 장비, 구조 시험 장비 등 고비용 인프라에 접근하기 어렵다. 이런 상황에서 한국자동차연구원을 비롯한 기관들이 대형 장비·시험 인프라·시뮬레이션 환경을 구축해 주는 것은 산업적으로 큰 의미가 있다. 특히 부산 지역에 구축 중인 초대형 다이캐스팅 인프라는 기업들이 기술을 검증하고 고도화하는데 큰 도움이 될 것이다. 그러나 장비 구축만으로는 충분하지 않다. 초대형 다이캐스팅은 금형, 소재, 가공, 시험평가, 품질 검증 등

전 공정이 함께 발전해야 하는 기술 분야다. 현재 정부가 여러 기반 구축 사업을 추진하고 있지만, 현장의 체감도는 여전히 낮은 편이다. 특히 금형·고성능 소재·치수 보정·대형 시험평가 분야는 중소·중견기업이 단독으로 구축하기 어렵기 때문에 추가적인 공공 지원과 단계적 실증 인프라가 반드시 필요하다고 본다.

결국 한국 제조 산업이 새로운 패러다임에 대응하기 위해서는 명확한 수요 기반을 확보한 플랫폼 전략, 대형 인프라에 대한 공공 지원, 금형·소재·시험평가를 아우르는 통합 기술 생태계 구축, 중소·중견기업이 참여할 수 있는 개방형 구조, 이 네 가지가 함께 움직여야 한다. 이러한 기반이 마련된다면, 국내 기업들도 초대형 다이캐스팅 기술에 더욱 적극적으로 도전할 수 있고, 한국형 제조 혁신의 새로운 기회가 열릴 것이라고 본다.

주조기 내부 데이터 측정·분석으로 품질 안정화 실현하는 기술 개발이 필요

윤상일(주)삼기 소재개발팀 책임

●●

삼기는 주조기 투자를 검토하는 과정에서 자동차 부품뿐만 아니라 다양한 산업에서 대형 주조에 대한 이슈를 확인하고 있다. 전기·전자, 산업 기계 등 다양한 산업 분야에서 수요가 발생하고 있기 때문에, 이러한 시장 기회를 고려해 설비 도입 검토를 확인하는 상황이다. 현재 산업 전반에서 진행되는 AI·인공지능 기술 적용형 공정 고도화는 중요한 산업적 이슈라고 본다. AI 기반 소재 기술 사전 검증은 반드시 필요한 영역이며, 한국자동차연구원이 추진 중인 기반 구축 사업에도 이러한 요소가 일부 포함된 것으로 알고 있다. 이러한 방향성은 매우 긍정적이라고 판단한다.

중견기업 입장에서는 AI를 활용해 주조 과정에서 발생하는 데이터를 센싱·측정·분석하고, 이를 주조 불량과 매칭, AI 학습을 통해 고도화하는 것은 품질 안정화를 실현하는 지름길이라 생각하며, 이에 따른 고도화 기술 개발이 필요하다. 다양한 형상을 가진 부품을 생산하는 다이캐스팅 산업의 특성상 금형 내 측정 센서를 활용해 데이터(온도, 압력 등)를 수집하고, 그 데이터를 기반으로 앞서 언급한 데이터 분석·제어법을 활용하여 양산 불량률을 최적화할 수 있을 것으로 사료된다. 다만, 이러한 선행 기술을 적용하기에는 주조·금형 업체나 완성차 업체 모두 AI에 대한 활용도 및 기술력이 아직 높지 않다는 점이 현실적 문제로 확인된다. 중소·중견기업 입장에서는 AI 기술 진입 장벽이 높아, 정부 차원의 연계 프로그램과 지원 체계가 마련된다면 산업 전반에서 AI 기반 품질 관리 기술이 더 빠르고 쉽게 확산될 것으로 기대한다.

초대형화 전략에는 디지털 전환 기반이 선 구축 되어야

윤중목(주)애니캐스팅소프트웨어 국내컨설팅부 상무

●●●

개인적 견해로는 초대형 다이캐스팅에 필요한 소재 기술은 한국자동차연구원, 한국재료연구원, 현대차 등 여러 기관과 기업이 이미 적극적으로 연구해 오고 있기 때문에 언젠가는 충분히 확보할 수 있는 영역이라고 본다. 그러나 보다 근본적인 문제는, 앞에서 정운성 팀장님의 언급했듯 그 소재를 어디에 적용할 것인지, 어떤 계획으로 사용할 것인지에 대한 명확한 방향이 아직 제시되지 않았다는 점이다. 요구 특성, 적용 파트, 필요한 물성 등이 구체적으로 정의되지 않으면 합금 설계나 공정 조건을 맞추는 개발 자체가 불가능하다. 또 최근 보도에 따르면, 현대차는 전기차 캐즘과 미국 관세 이슈 등의 영향으로 하이퍼캐스팅 공장의 양산 시점을 기존 2026년에서 2028년으로 조정하는 방안을 검토 중인 것으로 전해진다. 테슬라가 기기 캐스팅에 성공할 수 있었던 이유는 자동차 회사가 직접 주조기를 도입해 자동차 공장 내부에서 주조-조립을 한 라인으로 통합했기 때문이라고 본다. 반면 현대차는 기존 라인을 모두 전동화 기반으로 재편해야 하는 구조적 제약이 있다. 중국 역시 기존 완성차 산업의 경쟁력이 낮았기 때문에 오히려 전기차 중심으로 큰 폭의 전환을 단행할 수 있었고, 정부 주도의 보조금·지원책이 결합되면서 초대형 다이캐스팅 도입이 가능했다고 판단한다. 즉, 미국과 중국은 초대형 다이캐스팅을 선택할 수밖에 없는 필요성이 있었지만, 한국과 일본은 오히려 전략적 판단이 더 어려운 시점이라고 생각한다.

소재는 결국 요구 조건만 명확하면 맞출 수 있지만, 더 중요한 것은 그 소재를 어떤 장비에서, 어떤 금형과 공정으로 적용할 것이며, 후공정·변형 관리까지 포함한 전체 프로세스를 어떻게 구축할 것인지다. 초대형화는 단순히 4,000톤을 6,000톤으로 키우는 '1.5배 확장'이



도요타가 2026년 가동하는 초대형 다이캐스팅 자동차 생산라인 출처: 도요타

아니라, 10배 이상의 난이도와 비용이 드는 체계적 변화다. 따라서 한 번에 도입은 어렵고, 디지털 트윈 기반 설계·해석·검증 체계, 현장 데이터 기반 AI 품질 예측 기술 등 이른바 DX(디지털 전환) 기반을 먼저 구축해야 한다고 본다. 부산에 구축 중인 6000톤 설비도 장비 자체보다 산업 전체가 활용할 수 있는 기술 허브로 운영되는 것이 중요하며, 한자연에서 수행 중인 소재 AI 과제, 금형 개발 과제 등과도 긴밀히 연계되어야 한다. 그래야 센터의 가동률이 높아지고, 기업들이 체감할 수 있는 실질적 지원이 가능해진다.

결론적으로, 초대형 다이캐스팅 생태계가 제대로 작동하기 위해서는 완성차의 명확한 방향 제시, 이에 맞춘 국가 차원의 인프라 구축, 그리고 업체 단독이 아니라 연구소·정부가 주도하는 대규모 협력 구조가 반드시 필요하다. 이는 개별 기업이 감당할 수 있는 범위를 넘어서는 사업이기 때문에, 공공 영역의 리더십 없이는 산업 전환이 현실화 되기 어렵다고 본다.

소재·공정·시뮬레이션·AI를 연계한 통합 기술 체계 구축이 목표

김세훈 한국자동차연구원 첨단구조소재연구센터장

●●●●

한국자동차연구원에서 진행 중인 여러 사업은 오늘 논의된 관점들과 대부분 일치한다. 자이언트캐스팅 기반 구축 역시 단순히 대형 장비를 마련해 기업들이 사용하는 '공용 센터' 기능을 넘어, 실제 금형을 제작해 테스트하기 전 단계에서 가상 실증이 가능하도록 하는 체계 구축을 목표로 하고 있다. 초대형 금형을 제작해 장비에 올려 시험해 보는 것 자체가 막대한 비용을 요구하기 때문에 이를 최소화할 수 있는 가상 환경이 반드시 필요하다고 보기 때문이다. 이와 별도로, 저희는 신뢰성 있는 소재 데이터를 생산하기 위한 기반 구축 사업을 병행하고 있다.

이를 통해 인공지능 기반의 소재 개발 플랫폼을 현장에 적용·검증 할 수 있는 데이터·인프라 환경을 마련하고자 한다. 그동안 정부 과제로 다양한 소재 AI 프로젝트가 진행되어 왔지만, 특히 금속 소재 분야에서는 기대만큼 성과가 나오지 못했다. 근본적인 이유는 AI가 학습해야 할 기준에 확보된 데이터 수가 제한적일 뿐 아니라, 조성·공정·특성 간 관계가 구조적으로 반영되지 않은 상태에서 모델 학습이 이루어졌기 때문이다. 금속 소재는 조성, 공정, 특성이 매우 복잡한데 이를 무시한 채 결과 중심의 학습에 치중하면서 실제 공정·물리 조건과 괴리된 예측값이 발생하는 한계가 있었다.

최근에는 이러한 한계를 해결하기 위해 Physics-informed Neural Network(PINN), Ontology 기반 AI와 같이 물리 법칙이나 데이터

간 관계를 학습 과정에 제약 조건으로 내재화하는 방식이 주목받고 있다. 저희도 소재 데이터를 구축하는 과정에서 소재 간 상관관계를 학습 과정에 구조적으로 반영한 상태에서 결과를 예측하는 AI 체계를 준비하고 있다.

또한 연구원에서는 공정 AI, 즉 자율 제조 기술도 함께 연구 중이다. 이러한 기술들을 자이언트캐스팅 공용 센터와 융합하면, 최소한의 비용으로 소재·공정 특성을 사전에 예측하고 실패율을 줄이는 구조를 만들 수 있을 것으로 기대한다. 특히 윤중묵 상무님이 강조하셨던 시뮬레이션 문제도 중요한 지점이다. 초대형 다이캐스팅 해석은 메쉬 개수가 1억 개에 달할 정도로 매우 복잡해 시간이 많이 소요되는데, 이러한 대규모 시뮬레이션 역시 AI 기반 대체·보조 모델로 학습시켜 계산 시간을 획기적으로 단축하는 방향이 필요하다고 보고 있다. 이와 같이 소재·공정·시뮬레이션·AI를 연계한 통합 기술 체계를 구축하는 것이 향후 자이언트캐스팅 성공의 중요한 기반이 될 것으로 판단한다.



한국자동차연구원의 데이터 허브 역할 기대

김한상 (주)SH Solution 대표



저는 기계 가격 구조를 잘 알고 있어 초대형 다이캐스팅 설비가 얼마나 큰 부담인지 잘 이해하고 있다. 완성차에서 프로젝트 발주가 확정되지 않은 상태에서는 어떤 기업도 독자적으로 투자하기 어려운 수준의 금액이기 때문에, 한국자동차연구원이 이런 프로젝트를 추진해 여러 1차·2차 협력사가 공동으로 활용할 수 있도록 하는 정책적 방향은 매우 중요하다고 본다. 저 역시 가능한 모든 방식으로 이를 지원하고 있다.

AI 분야도 비슷한 상황이라고 생각한다. 기업들은 데이터 수집의 필요성을 알고 있지만 실제로는 인력과 시간이 부족해 체계적인 데이터 축적이 쉽지 않다. 국내 기업들은 업무가 워낙 많고 속도가 빠르기 때문에 새로운 일을 위한 추가 리소스를 확보하는 것이 현실적으로 어렵다. AI 데이터 수집·정리 작업은 특히 많은 인력이 장기간 투입되어야 하는데, 개별 회사가 이를 감당하기는 쉽지 않다.



따라서 한국자동차연구원과 같은 공공기관이 중심이 되어 데이터를 모으고, 표준화하고, 공동으로 활용할 수 있는 데이터 허브 역할을 하는 것이 필요하다고 본다. AI는 데이터가 많을수록 정확도가 높아지기 때문에, 한 기업이 자체적으로 좁은 범위의 데이터를 모으는 것보다 현대차를 포함한 여러 기업이 함께 참여해 데이터 생태계를 구축하는 방식이 훨씬 효과적일 것이다. 이러한 협력 구조가 마련된다면 초대형 다이캐스팅뿐 아니라 국내 제조업 전반의 AI 활용 기반이 크게 확장될 수 있을 것이라고 생각한다.

초대형 다이캐스팅, 지속 가능한 한국 제조 생태계를 위한 과제

(좌장) 이지운 공주대학교 신소재공학부 교수



초대형 다이캐스팅은 하이퍼캐스팅, 기가캐스팅 등 다양한 이름으로 불리지만, 본질적으로는 다수의 부품을 하나의 초대형 주조로 일체화하는 제조 패러다임의 혁신이다. 이 기술이 제대로 구현되기 위해서는 설계 철학을 비롯해 소재·금형·공정 전 주기 기술이 정교하게 맞물리는 통합적 접근이 필수적이다.

현재 국내에서도 소재 기술은 여러 연구기관과 기업을 중심으로 활발히 개발되고 있어 시간이 지나면 충분한 역량 확보가 가능하다고 본다. 그러나 초대형 금형을 직접 설계·제작·양산해 본 경험이 부족하다는 점이 가장 큰 한계다. 동일한 합금이라도 금형 온도, 사출 온

도, 냉각·열관리 방식에 따라 물성이 크게 달라지기 때문에 정밀한 금형 열관리 기술은 반드시 확보해야 한다. 더불어 대형 제품의 품질을 정밀하게 확인할 수 있는 산업용 CT 등 비파괴 검사 인프라가 충분한지도 점검이 필요하다.

산업적 정착을 위해서는 완성차 제조사가 먼저 적용을 시작하고, 1·2차 협력사가 단계적으로 참여하는 구조가 마련돼야 한다. 그러나 초기 설비투자 규모가 워낙 큰 만큼 기업 입장에서 감수해야 하는 투자 리스크가 매우 크다. 이를 완화하기 위해서는 테스트베드 구축, 국내 컨소시엄 기반 공동개발, 초기 실증환경 조성이 반드시 필요하다. 또한 설계 단계부터 시행착오를 줄이기 위해 가상공장 (Virtual Factory)과 디지털 트윈 기반 공정 시뮬레이션을 적극 활용하는 체계도 구축되어야 한다.

아울러 앞으로는 소재 공급망 안정성과 리사이클링 시스템 확립도 중요한 과제가 될 것이다. 국제적으로 CBAM, CCA 등 탄소 규제가 강화되는 만큼, 재활용 기반의 소재 순환체계 구축은 산업 경쟁력의 일부가 되고 있다.

결국 초대형 다이캐스팅이 한국 제조업의 지속 가능한 성장축으로 자리잡기 위해서는 정부의 전략적 지원, 기업의 선제적 투자, 연구 기관의 기술 축적, 학계의 전문 인력 양성이 유기적으로 연결되는 생태계가 필수적이다. 오늘의 논의들은 그 방향성을 분명하게 보여주었으며, 이 기술이 한국 제조업의 새로운 도약을 이끄는 중요한 기반이 되길 기대한다.

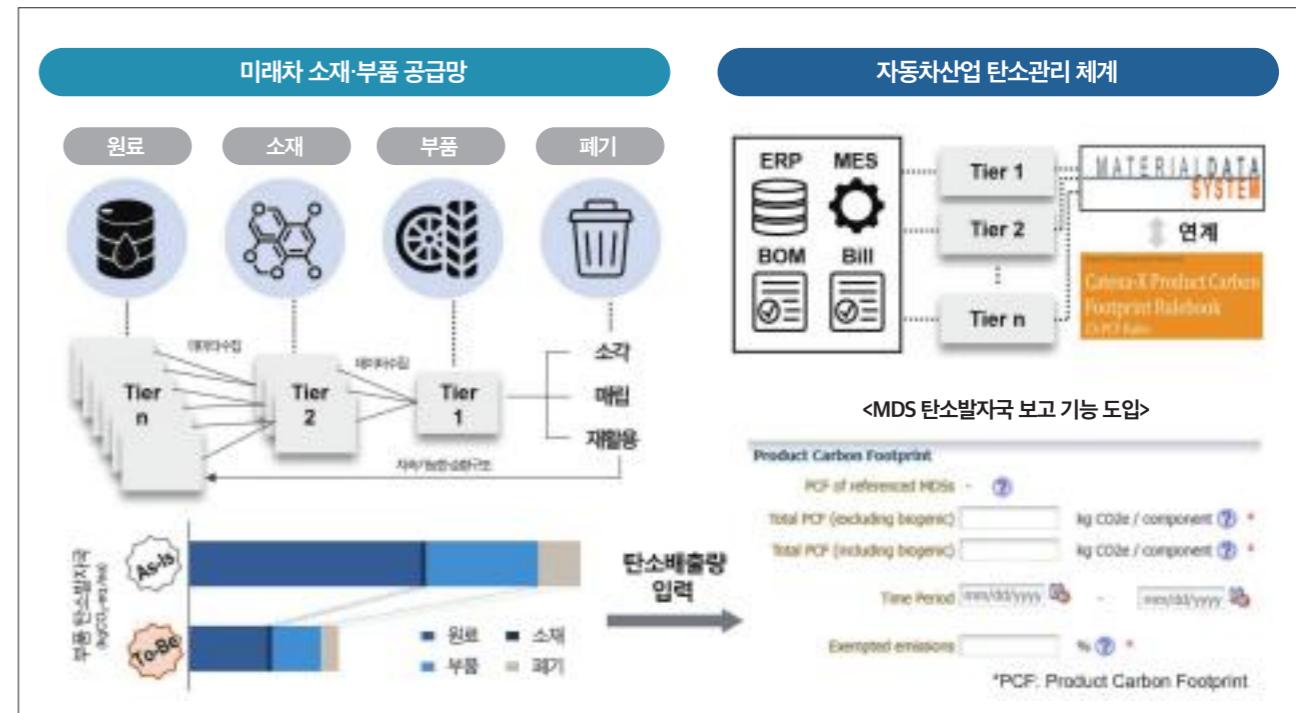
탄소중립과 자율주행 시대, 미래 자동차 소재가 나아가야 할 방향



정선경
한국자동차연구원 소재연구본부장
제39대 한국자동차공학회장
skjeoung@katech.re.kr



[그림 1] 자동차산업 탄소배출량 산정 및 보고 체계



I. 미래차 전환기에 재조명되는 소재의 전략적 위상

거대한 도전과 기회: 미래차 개발의 이중 목표

현재 자동차산업은 탄소중립(Carbon Neutrality)과 자율주행(Autonomous Driving)이라는 두 가지 혁신적 패러다임이 교차하는 결정적 전환점에 서 있다. 탄소중립은 차량의 전 생애주기(Life Cycle)를 포괄하는 친환경성, 에너지 효율성, 순환 자원성을 요구하며, 자율주행은 '바퀴 위의 고성능 컴퓨팅 플랫폼'에 걸맞은 극한 수준의 안전성, 신뢰성, 그리고 예측 가능한 물성 안정성을 요구한다. 이 두 목표는 때로는 상충되지만, 궁극적으로는 소재·부품·시스템 기술의 정교한 연결과 통합을 통해 동시에 달성해야 할 미래차 개발의 핵심 축이다. 이제 자동차산업이 어디로 나아갈 것인지를 결정하는 근본적 원천에는 소재 기술이 자리하고 있다. 동력원, 전장, 소프트웨어의 변화 역시 결국은 소재 혁신 없이는 완성될 수 없다.

소재의 재정의: 원자재에서 전략 자산으로

급변하는 기술·산업 환경 속에서 '소재'는 가장 조용하지만 결정적인 변화를 맞고 있다. 과거의 소재가 단순히 부품 생산을 위한 원자재였다면, 오늘날의 소재는 차량 성능의 한계, 안전성, 지속가능성, 공급망 구조, 나아가 산업 경쟁력의 형세까지 좌우하는 전략적 자산으로

재정의되고 있다. "탄소중립과 자율차 시대를 관통하는 자동차 소재는 무엇을 혁신해야 하는가?" 이는 단순한 미래 전망이나 형식적 예측의 문제가 아니라, 산업 전환의 한복판에서 연구소와 기업이 실제로 마주하는 기술의 간극, 규제 강화, 시장의 신호, 공급망 불확실성을 어떻게 해석하고 대응할 것인가에 대한 보다 본질적 질문이다.

II. 탄소중립 관점에서 본 에너지 효율과 순환 경제의 극대화

규제의 시대를 넘어, '정량적 탄소 관리'의 시대로

탄소중립이 본격화되는 지금, 소재 기술에 요구되는 기준은 더 이상 "가볍고 친환경적인가"라는 단편적 질문에 머물지 않는다. 앞으로의 소재는 생산-가공-사용-재활용-폐기기에 이르는 전 과정의 탄소 배출을 정밀하게 수치화하고 투명하게 제시할 수 있는 구조, 즉 정량적 탄소 관리 체계를 갖추어야 한다. '소재가 어떤 지역에서, 어떤 에너지원으로 생산되었는지, 재활용 원료의 비율은 얼마인지, 공정 단계별 탄소배출은 어떻게 측정되는지, 폐기 과정에서의 환경적 영향은 어떻게 처리되는지'까지 모든 지표가 데이터 기반으로 기록되고 검증되어야 한다. 자동차산업은 구매 단계부터 폐기까지 전 생애주

[표] 이차전지 4대 핵심 소재 기술

구성 요소	초기/기존 소재	최신/미래 기술 동향	목표 및 특징
양극재	LCO(리튬 코발트 산화물) LFP(리튬 인산철), NCM(니켈 코발트 망간) NCA(니켈 코발트 알루미늄)	High-Ni NCM/NCA, LNMO(리튬 니켈 망간 산화물), 전고체용 고체 전해질 호환 소재	에너지 밀도 향상 가격 절감(코발트 저감) 안정성 확보
음극재	흑연(천연/인조)	Si-Ox(실리콘 산화물) Si-C(실리콘-탄소 복합체) 리튬 금속(Li-metal), 금속 산화물계(Ti-based)	고용량화(특히 실리콘 기반) 급속 충전 성능 향상 고에너지 밀도
전해질	액체 전해질(LiPF6 염 + 유기 용매)	고체 전해질(황화물계, 산화물계, 고분자계) 고농도/기능성 첨가제 활용 이온성 액체	안전성 극대화(화재 위험 해소) 고성능 구현(고온/저온 안정성) 전고체 전지 구현
분리막	PE(폴리에틸렌) PP(폴리프로필렌)	세라믹 코팅 분리막(알루미나 등) Non-woven(부직포) 계열 고체 전해질(전고체 전지에서는 분리막 역할)	열적 안정성 향상 이온 전도도 향상 전지 내부 단락 방지

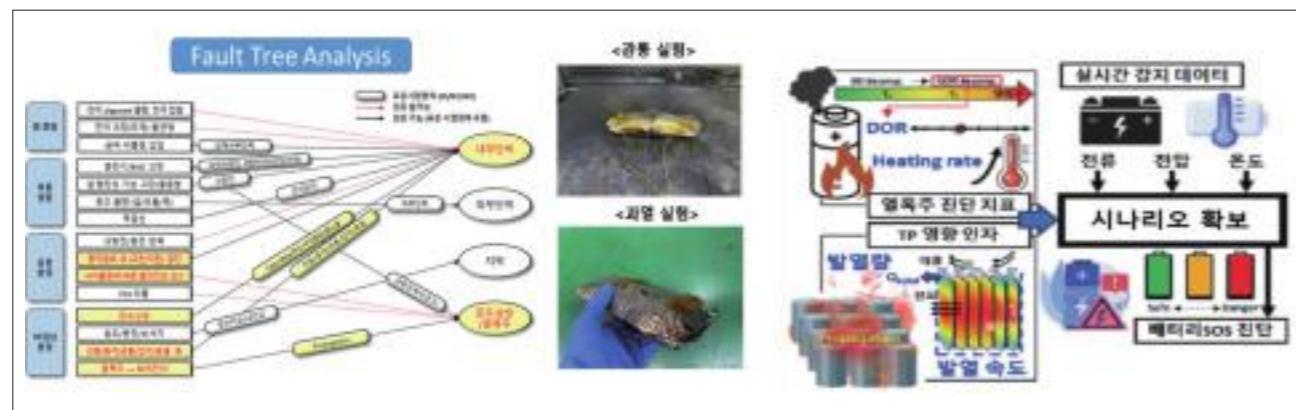
기(LCA)를 고려해야 하는 대표 산업이므로, 향후 소재는 기계적 물리적 특성 구현뿐 아니라, 탄소배출의 '투명한 수치화'라는 품질 요소 역시 관리해야만 한다.

- 배터리의 전략적 위상: '에너지 시스템'으로의 전환

전동화가 전 산업 생태계를 재편하는 시대에 배터리는 더 이상 특정 시스템을 구동하는 하나의 부품이 아니라 차량의 성능과 안전, 경제성을 결정하는 핵심 플랫폼이자 미래차 아키텍처 전반을 규정하는 출발점이다. 다시 말해, "파워트레인 중심의 자동차"에서 "에너지 시스템 중심의 모빌리티"로 전환하는 산업 패러다임의 상징이며, 소재가 단순한 원재료를 넘어 전략적 산업 자산으로 재정의되는 대표적 사례라 하겠다. 특히, 전기차의 환경적 성능은 주행 단계보다 배터리와 소재의 생산 과정에서 훨씬 큰 영향을 받는다. 이러한 이유로

배터리 소재의 효율성, 내구성, 순환 가능성은 탄소중립 구현을 위한 핵심지표로 볼 수 있다. 배터리 소재는 지속가능성과 산업경쟁력 목표를 동시에 달성해야 하는 전략적 교차점에 놓여 있다. 그리고, 이 과제를 해결하기 위한 중심에는 배터리의 4대 핵심 소재인 양극재, 음극재, 전해질 및 분리막 제조 기술의 고도화가 있다. 배터리 소재의 성능 향상은 단순한 소재 개발을 넘어, 고성능 컴퓨팅과 고전력 센서, 고부하 전장 구조로 구성될 자율주행 시대의 차량 시스템을 안정적으로 뒷받침하는 에너지 공급원의 안전성과 효율성의 향상을 의미하며 이는 자율주행 기능의 신뢰성을 담보하는 가장 근본적인 조건이다. 특히 안전성 측면에서 배터리는 차량 전체 시스템의 신뢰성과 직결된다. 고전압 양극 확대에 대응한 고성능 SEI 설계, 난연 전해액, 열폭주 차단 패드, 열확산 제어 소재 등은 자율주행 전자 시스템이 요구하는 절대적 안전의 기반이다. 배터리의

[그림 2] 배터리 화재 대응 기술: 발화 메커니즘 및 시나리오 분석



[그림 3] 사용 후 배터리 재순환 체계



안전성 향상을 위한 하나의 기술인 전고체 전지는 차세대 고안전·고에너지 기술로 부상하고 있지만, 고체-전극 계면 저항, 공정 복잡도, 대량 생산성 등 산업적 도전도 동시에 존재한다.

전기차 시장의 확대에 따른 배터리 소재의 수요 증가는 리튬·니켈·코발트 등 주요 희소금속의 공급 불확실성을 높이며 소재 공급망 전반에 구조적 변화를 요구한다. 이에 따라 자원순환 체계는 환경적 고려를 넘어 국가적 경제안보 전략으로 자리매김하고 있다. 사용 후 배터리의 회수-해체-전처리-회귀금속 회수 전과정의 효율성을 높이는 배터리 재활용 기술은 배터리 생산 비용 절감과 공급망 안정성을 동시에 확보하는 핵심 기술이며, ESS 재사용과 고순도 금속 재생을 결합한 순환 생태계는 전기차 시장 확대에 대응하는 가장 실효적·지속가능한 해법이다. 결국, 이차전지 소재 혁신과 자원순환 전략은 전기차의 성능, 경제성, 공급망 안정성, 지속가능성을 동시에 달성하기 위한 핵심 기술이며, 이 기술을 정교하게 결합하는 역량은 탄소중립과 자율주행이라는 미래차 산업의 양대 과제를 기술·산업·시스템 차원에서 연결하는 결정적 열쇠가 될 것이다.

- 경량화는 더 이상 기술의 선택지가 아니라 탄소 전략의 중심 전동화로 인해 차량 중량이 구조적으로 증가하면서, 경량화는 선택적 기술이 아니라 전기차 효율과 탄소중립 달성을 좌우하는 핵심 전략으로 자리 잡았다. 오늘날의 경량화는 세 가지 축으로 진화한다. 첫째, 고강도 금속과 저탄소 공정의 확산을 기반으로 한 경량화, 둘째, 충격 흡수성과 내열성을 대폭 향상한 고분자 복합재를 활용한 구조 경량화, 셋째, 금속과 복합재를 최적 조합으로 결합하여 구조적 성능과 생산성을 동시에 확보하는 다종소재 통합·하이브리드 설계다. 과거 경량화가 주로 '차량 성능 향상'을 위한 기술적 수단이었다면, 이제 경량화는 전기차의 에너지 효율, 주행거리, 사용 단계 배출량을 결정하는 탄소 전략의 핵심 축으로 재정의되고 있다. 즉, 경량화는 더 이상 차량 개발 과정의 부차적 요소가 아니라, 미래차의 지속가능성을 좌우하는 필수적 설계 철학으로 자리하고 있다.

- 재활용 소재: 순환경제 체계의 실질적 인프라 구축

순환경제는 이제 단순한 환경 의제가 아니라, 원자재 가격 변동성과 공급망 리스크가 상존하는 글로벌 산업 환경에서 재활용 소재를 핵심 경쟁 자산으로 격상시키는 구조적 전환을 가져왔다. 향후 자동차 산업은 부품 단위가 아닌 '소재 기반 자원 순환체계'로의 전환을 더욱 가속해야 한다. 이를 위해서는 복잡한 다종구조 소재의 구조 단순화, 재활용 공정에서의 품질 편차를 최소화하는 공정 기술, 그리고 재활용 원료의 성능을 신뢰성 있게 보증할 수 있는 규격·평가·인증 체계의 정립이 필수적이다. 특히 '재활용 전용 설계'가 적용된 소재만이 미래차 공급망에 편입되는 시대가 도래하고 있으며, 이는 향후 소재 개발 전략의 필수 기준으로 자리 잡을 것이다.

III. 자율주행 관점에서 본 고성능 컴퓨팅의 신뢰성과 안전성 확보

자율차 프레임: 자동차를 '전자 시스템'으로 재정의하다

자율차는 기존의 기계 중심 구조를 넘어, 차량 전체를 정교한 전자 시스템(Electronic System)으로 재정의한다. 센서, 프로세서(SoC), 통신 모듈 등 핵심 전장 구성 요소의 수가 기하급수적으로 증가하면서, 자동차는 더 이상 단순한 기계적 이동체가 아니라 고성능 전자기기와 고하중 기계 구조가 결합된 새로운 유형의 복합 플랫폼으로 진화하고 있다. 자율주행 시스템의 안전성은 결국 센서의 신뢰성, 연산칩의 처리 안정성, 통신 모듈의 내구성과 동일성 등 전자 시스템 전반의 고신뢰성 확보에 의해 결정된다. 이는 미래차 소재 전략이 전장화·전자기 대응·열관리 기술을 중심으로 재편되어야 함을 시사하는 중요한 지점이다.

- 극한 환경을 이겨내는 전장 소재 혁신

자율주행 시스템은 -40°C에서 150°C 이상을 오가는 극한 온도 변

화, 장시간 반복되는 진동, 고습 환경, 그리고 EMI(전자파 간섭)까지, 자동차 특유의 가혹한 물리적 조건을 단 한 번의 오류 없이 견뎌야 한다. 이러한 환경을 고려할 때, 전장 소재의 신뢰성은 선택의 문제가 아니라 시스템 안전을 규정하는 필수 기준이다. 고내열성 반도체 패키징 소재, 고속 신호 전달을 가능하게 하는 저유전율·저손실(Low Dk/Df) 기판 소재, 고전력 연산 과정에서 발생하는 열을 효율적으로 분산·제어하는 고방열 소재는 자율주행 컴퓨팅이 요구하는 성능, 안정성, 내구성을 확보하는 핵심 기술 요소다. 여기에 더해 전동화 파워트레인과 전원 계통의 핵심 전원 공급체인 전력변환 장치의 전력반도체(SiC/IGBT/GaN) 모듈은 고전압·대전류 환경에서 반복적인 열사이클에 해당하는 스트레스를 받는 환경에 있어, 고방열 세라믹 기판(AMB/DBC), 저응력·고절연 봉지재(EMC), 고신뢰성 접합(소결·클립 본딩)과 같은 패키징/절연 소재 혁신이 곧 차량 안전과 직결된다.

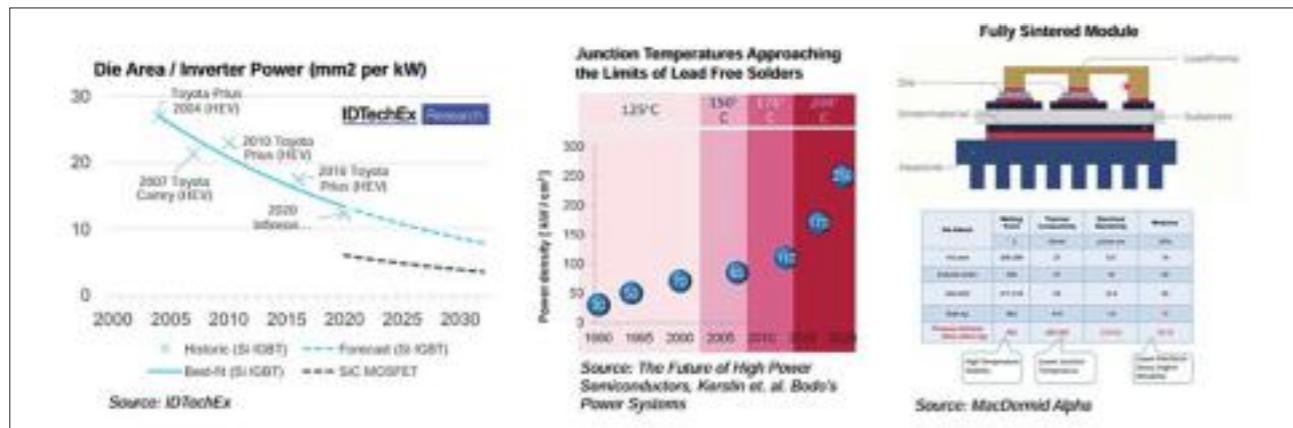
결국 전장 소재의 혁신 없이는 자율주행 기술은 물론, 전기차의 에너지 효율과 안전성 역시 근본적으로 담보될 수 없다. 전장 소재는 미래 모빌리티의 신뢰성을 구축하는 가장 근본적 토대라 할 수 있다.

- 데이터와 열 관리: SDV 시대가 직면한 구조적 난제

소프트웨어 정의 차량(SDV)으로의 전환은 차량 내 전자 아키텍처의 집적도를 기하급수적으로 높이고 있으며, 이는 곧 시스템 전력 소비와 열 발생량의 급격한 증가로 이어지고 있다. 이러한 환경에서 열을 얼마나 효율적으로 제어하느냐는 단순한 부품 성능의 문제가 아니라, 자율주행 컴퓨팅 전체의 안정성과 수명을 결정하는 구조적 요인으로 자리 잡고 있다. 다시 말해, 열 관리(Thermal Management)

소재 기술은 앞으로 전장 부품의 배치·구조 설계·패키징 전략을 규정하는 핵심기술이 될 것으로 판단된다. 특히 고성능 SoC와 대규모

[그림 4] 전력반도체 모듈의 요구 특성 변화



센서·통신 모듈이 생성하는 고열은 기존 냉각 구조만으로는 더 이상 대응하기 어려워, 고열전도성 TIM(열계면 소재), 그래핀·h-BN 기반 방열 소재, 다층 열확산 구조체 등 고기능 소재의 역할이 전자 시스템의 신뢰성 유지에 절대적 요소로 부상하고 있다.

한편, 자율주행 데이터의 고속·고정밀 처리를 위해서는 열 문제 못지않게 전자기 간섭 관리(EMI/EMC)와 신호 무결성(Signal Integrity) 확보가 필수적이다. 고속 신호 환경에서 조금의 노이즈나 지터(Jitter)도 시스템 오류로 직결되기 때문에, 차폐·흡수·전송 특성을 정교하게 제어한 고기능 소재 개발이 요구된다. 결국 데이터와 열 관리는 자율주행 기능 구현의 후방 지원 요소가 아니라, SDV 시대 전장 시스템의 성능·내구·안전성을 규정하는 핵심 요소이며, 자율주행 시스템이 고도화됨에 따라 그 중요성이 증가하고 있다.

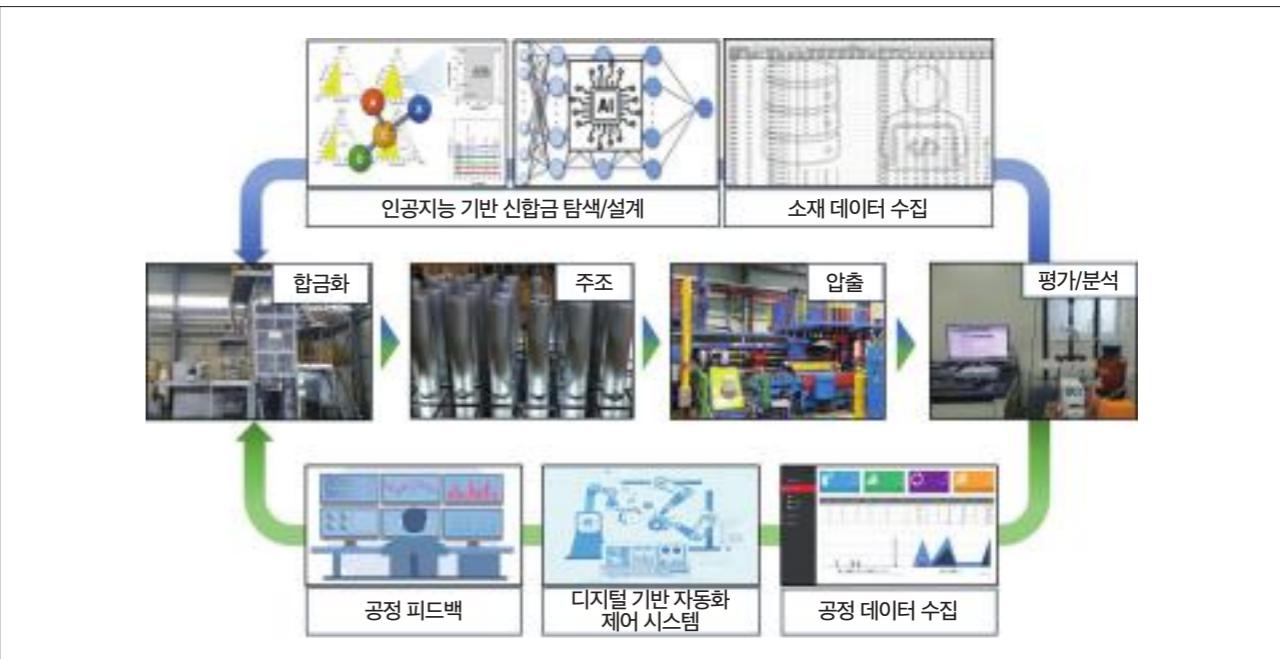
- 센서 투과·광학 소재는 자율차의 '눈'과 '피부'

자율주행차의 안전성은 곧 센서 데이터의 정확성에서 비롯된다. 이에 따라 센서 커버, 렌즈, 보호 윈도우 등 외부 광학 구성 요소에 적용되는 소재는 단순한 보호재를 넘어 시스템 신뢰성을 결정하는 핵심 요소라 할 수 있다. 이들 소재는 높은 광 투과율, 난반사 억제, 내오염성, 기계적 강도 등 여러 가지 성능을 동시에 만족해야 하며, 특히 LiDAR·레이더 장비에서는 저유전·저손실 특성을 갖춘 소재만이 안정적 신호 투과와 감지 성능을 확보할 수 있다. 결국 이러한 고기능 광학·투과 소재는 자율차가 외부 세계를 인식하고 해석하는 데 필요한 '눈'과 '피부' 역할을 수행하며, 자율주행 안전성의 본질적 토대를 이루는 기술로 평가된다.

- 자율주행 시대 내장재: '휴먼 인터페이스 소재'로의 재정립

자율주행의 궁극적 목표는 운전자가 필요 없는 공간에서 탑승자에

[그림 5] AI 기반 디지털 소재 개발 플랫폼 예시



게 새로운 경험(UX)을 제공하는 것이다. 소음, 진동, 냄새, 촉감, 빛의 반사 등 미세한 요소 하나하나가 차량의 전반적 만족도를 결정한다. 따라서 내장재는 단순한 장식적 요소를 넘어, 탑승자와 차량 간의 감각적·심리적 인터페이스를 구현하는 '휴먼 인터페이스 소재'로 재정립되고 있다. 저VOC와 항균·탈취 기능은 기본이며, 탑승자의 심리적 안정감을 향상시키는 감성 품질(촉감, 음향, 형상 안정성)까지 아우르는 소재 기술이 필수적으로 요구된다.

AI 기반 디지털 소재 설계: 개발 속도의 혁신적 가속

미래차에 요구되는 고기능 소재는 복잡한 조성 변수와 다단계 공정 조건을 함께 고려해야 하는 만큼, 설계 나이도 매우 높은 분야다. 기존의 실험 중심 접근법으로는 조성-공정-미세조직-물성 간의 비선형적 상관관계를 완벽히 해석하기 어렵고, 수년에 걸쳐서야 최적화된 소재를 도출할 수 있었다. 그러나 AI 기반 소재 개발(Materials Informatics)의 도입은 이러한 한계를 근본적으로 재편하고 있다.

- 미래차 개발을 견인하는 전략적 플랫폼

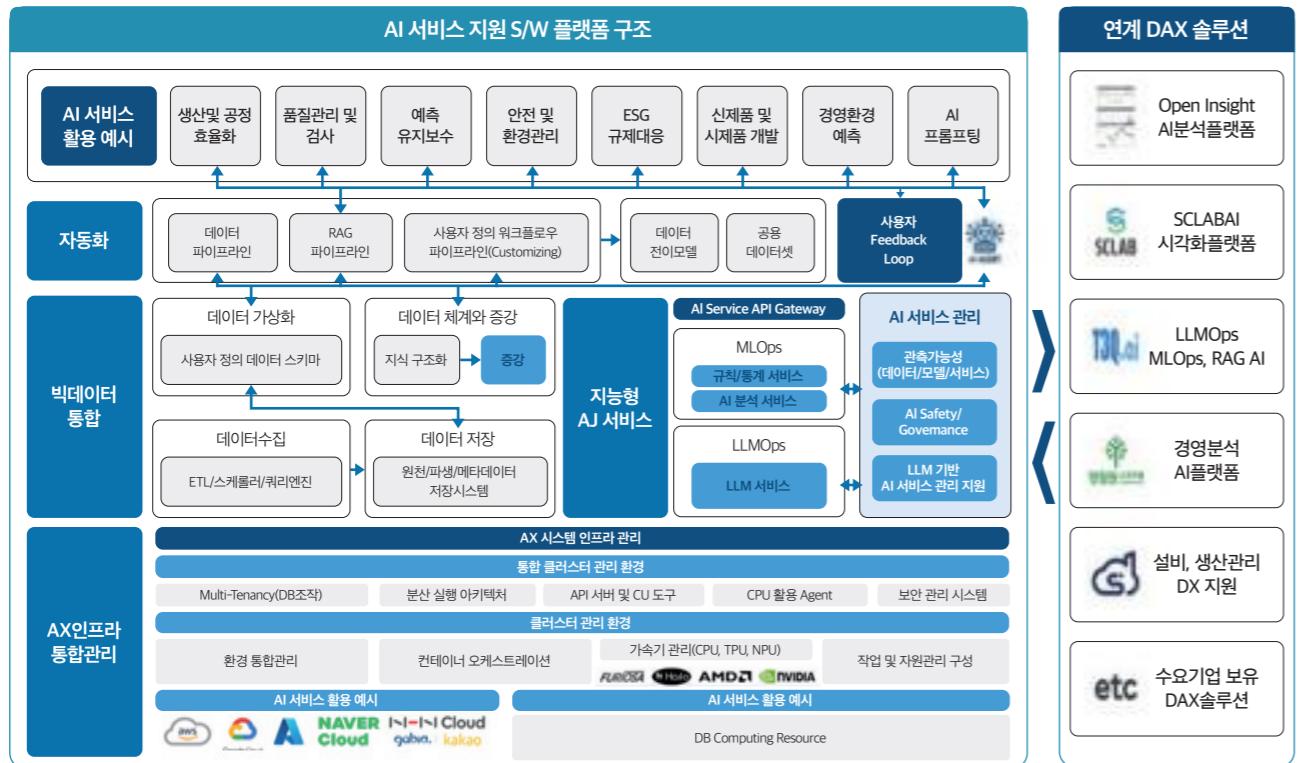
AI는 방대한 실험 데이터, 시뮬레이션 결과, 문헌 정보 등을 학습하여 조성 변화와 공정 변수에 따른 물성 변화를 정밀하게 예측한다. 이를 통해 연구자는 후보 소재를 신속하게 도출하고, 최적 공정 조건을 설계하며, 소재 성능의 잠재적 한계를 사전에 평가할 수 있다. 단순히 실험 반복을 줄이는 차원을 넘어, AI는 소재 설계 자체를 주

도하는 전략적 도구로 기능한다. 특히 이차전지, 경량 복합재, 전장 용 절연·전도 소재 등 복잡한 조성 변수가 많고 다중 성능 요구가 동시에 존재하는 분야에서 AI의 역할은 더욱 두드러진다. AI 기반 분석을 통해 소재 구조와 물성 간의 비선형적 상호작용을 정량화하고, 최적화 설계를 단기간에 수행함으로써 연구 효율과 정확성을 획기적으로 향상시킬 수 있다.

- 공정 최적화 및 품질 혁신: 디지털 트윈 기반의 산업 경쟁력 강화

AI는 소재 제조 공정 전반의 수십에서 수백 가지 변수들을 통합적으로 분석하여, 생산 수율을 정밀하게 예측하고 불량률을 최소화하는 전략적 도구로 기능한다. 특히 자율주행차 및 SDV용 전장 부품과 같은 고신뢰성 요구 부품의 대량 생산에서는, 공정 안정성과 품질 일관성이 산업 경쟁력의 핵심 지표로 부상하고 있으며, AI는 이를 달성하는 결정적 역할을 수행한다. 디지털 트윈(Digital Twin) 기반의 공정 모니터링과 시뮬레이션을 통해, 공정 변수 변화가 최종 제품 성능과 품질에 미치는 영향을 실시간으로 예측하고 최적화할 수 있다. 이를 통해 단순 반복 실험에 의존하던 시대를 넘어, 제조 공정 설계와 품질 관리를 데이터 기반으로 고도화할 수 있다. 또한 AI 기반 분석 체계는 품질 편차를 줄이는 동시에, 공정 안정성 확보와 생산 효율 향상을 동시에 달성할 수 있다. 불확실한 공정 조건에서도 최적화된 운영 경로를 도출하고, 설계·제조·검증 단계 간의 피드백 루프를 실시간으로 구현함으로써, 산업 전반에 걸친 품질 혁신을

[그림 6] 디지털 트윈 및 AI 기반 공정 최적화 예시



가능하게 한다. 결과적으로, AI 기반 공정 최적화는 단순한 제조 효율 향상을 넘어, SDV 시대의 고신뢰성 부품 생산과 미래차 산업 경쟁력 확보를 동시에 달성하는 전략적 기술로 자리매김하고 있다.

IV. 미래차 소재는 산업 전략이자 기술 패러다임

미래 자동차산업은 더 이상 개별 기술 단위의 경쟁에 머물지 않고, 전장, 인공지능, 친환경, 첨단 금속 및 복합 소재가 유기적으로 연결된 복합 생태계 경쟁으로 전환되고 있다. 전장 소재는 차량 전자 플랫폼을 구성하며 자율주행과 SDV의 기반을 제공하고, AI 기반 신소재 기술은 조성·공정·미세조직 등 복잡한 변수를 정밀하게 해석하여 연구개발 효율을 획기적으로 향상시킨다. 동시에 친환경·순환 소재 기술은 ESG 규제와 글로벌 환경 기준을 충족시키며 지속가능한 생산 체계를 가능하게 하고, 첨단 배터리 소재와 자원순환 기술은 전기차의 성능과 공급망 안정성을 담보하는 핵심 요소로 자리 잡고 있다.

이 네 가지 핵심 소재 기술은 독립적으로 존재하는 것이 아니라, 서

로의 한계를 보완하며 미래 모빌리티 구조를 완성하는 기반 기술이 되어야 한다. 국내 자동차 소재 산업은 이 네 분야 모두에서 연구 역량과 산업 기반을 확보하고 있으며, 특히 전장 플랫폼 기술, 배터리 제조 역량, 재활용 기술, 첨단 금속 및 복합 소재 개발 능력에서 경쟁 우위를 갖는다. 그러나 글로벌 경쟁 환경은 빠르게 기술 단위 경쟁에서 기술 생태계 간 경쟁으로 전환되고 있다.

따라서 향후 전략은 단순한 개별 기술 성능 향상을 넘어, 소재 기술 전주기(설계·개발·제조·재활용)를 통합적으로 연결하는 접근을 요구한다. 연구개발 단계에서는 AI 기반 소재 설계를 적극 활용하고, 제조 단계에서는 친환경·고신뢰성 소재 적용 범위를 확대하며, 사용 후 단계에서는 배터리·플라스틱·첨단 금속을 포함한 자원순환 체계를 고도화함으로써 지속가능한 산업 구조를 완성해야 한다.

결국, 미래 자동차산업의 주도권은 단순히 더 높은 출력의 배터리나 우수한 전장 부품을 생산하는 데서 결정되는 것이 아니라, 전장·AI·친환경·배터리 및 첨단 소재 기술의 연결성을 완성하는 순간 확보될 것이다. 소재 기술은 미래 모빌리티 산업의 기반을 구축하는 전략적 자산이며, 대한민국이 글로벌 시장에서 지속적인 경쟁 우위를 확보하기 위해 반드시 강화해야 하는 핵심 역량이다.

한국자동차산업의 경쟁력, 한국자동차연구원이 함께 합니다! 한국자동차연구원 기술이전



한국자동차연구원은

핵심기술인 소재기술, 시스템기술, 부품기술과
보완기술인 평가환경구축기술, 검증기술, 신뢰성기술을
개발 및 전수하고 있습니다.

한국자동차연구원 기술이전 홈페이지를 통해
더 많은 정보를 확인할 수 있으며,
기술이전 상담신청이나 기술이전 설명회 참가 신청 등
기술이전과 관련된 다양한 서비스를 제공하고 있습니다.

<https://tlo.katech.re.kr>

한국자동차연구원
우수기술 이전문의

담당자 : 안현정 수석 Tel_ 041-559-3192 hjahn@katech.re.kr
강효진 연구원 Tel_ 041-559-3247 hjkang1@katech.re.kr

기술이전이란 기업이 기존 사업 확장 및 신사업 창출 등을 위해 필요한 기술을 KATECH로부터 제공받아 자체 실시할 수 있도록 전수받는 것입니다.

중국 전기차 메이커를 중심으로 본 초대형 다이캐스팅의 최신 기술 동향



박정규
KAIST
기술경영전문대학원 겸직교수
jeonggyu@kaist.ac.kr



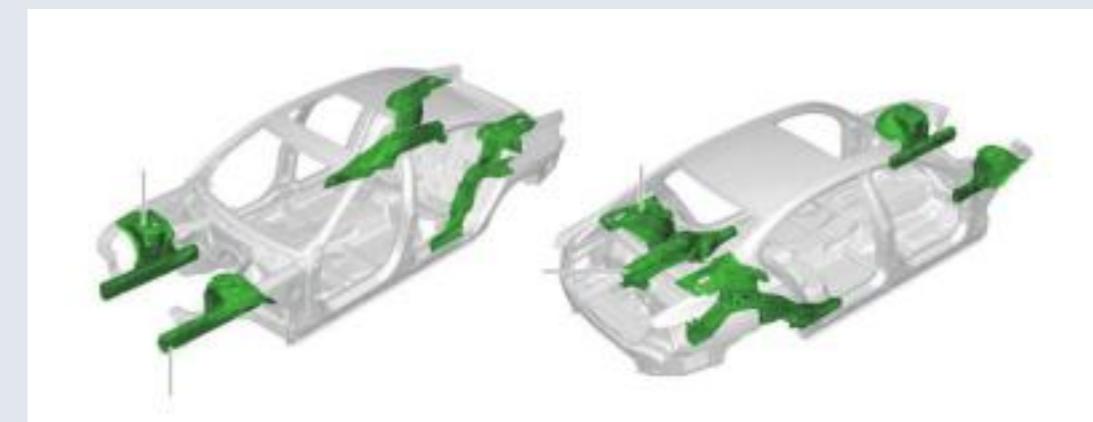
테슬라가 연 제조 패러다임의 전환점

자동차산업은 100년 만의 대변혁기를 맞이했다. 전동화(Electrification)와 SDV(Software Defined Vehicle)가 그 변화의 중심에 있지만, 제조 현장에서는 차체 구조를 단순화하고 자동화하려는 새로운 흐름이 나타나고 있다. 이것은 '초대형 다이캐스팅'으로 대표되는데, 테슬라가 이를 처음 실현한 이후 중국 메이커들을 중심으로 활발하게 도입되고 있다. 테슬라는 초대형 다이캐스팅을 '기가캐스팅(Giga Casting)'으로 명명하는데, 단어 그대로 기가캐스팅은 '거대한(Giga) 주조(Casting)' 기술을 의미한다. 이 공법의 핵심은 기가프레스(Giga Press)라 불리는 초대형 알루미늄 다이캐스팅 장비다. 이 기술은 녹인 알루미늄을 금형에 고압으로 주입하여 거대한 차체 부품을 한 번에 찍어내는 방식으로 진행된다. 이때 장비의 성능을 결정하는 가장 중요한 지표는 클램핑력이다. 클램핑력이란 고압으로 주입된 알루미늄이 금형 내부에서 벌어지지 않도록 꽉 잡아주는 힘을 뜻한다. 기존의 다이캐스팅 공법이 주로 2,000톤에서 4,000톤급 설비를 사용했던 것에 반해, 테슬라가 도입한 기가캐스팅 장비는 6,000톤에서 최대 9,000톤에 달하는 막강한 클램핑력을 활용한다.

테슬라에서 본격적으로 도입된 초대형 다이캐스팅 기술은 사실 이미 기존 완성차 업체들 사이에서 존재해 왔다. 대표적인 사례가 BMW다. BMW는 2016년에 출시한 5시리즈(G30) 모델의 차체 구조(BIW)에 이미 대형 알루미늄 주조 부품을 적용했다. <도표 1>에서 확인할 수 있듯이, 당시 BMW는 쇼크 업쇼버 마운트 등 주요 부위에 주조 공법을 도입했으나, 차체 좌우를 완전히 연결할 경우 승차감이 지나치게 딱딱해지는 등 실용성과 주행 감각에 문제가 발생할 수 있다고 판단하여 적용 범위를 제한했을 뿐이다.

도요타 역시 알루미늄 주조를 시도했으나 다품종 생산에 부적합하다는 이유로 보류한 바 있다. 닛산 또한 테슬라 도입 7~8년 전부터 '미니카처럼 차체를 일체화한다'는 구상을 가지고 있었으나, 당시 가용 설비의 클램핑력이 4,000톤급에 불과하여 대형 부품 제작에는 한계가 있었다. 즉, 기술 자체가 없었던 것이 아니라, 여러 제약으로 인해 기존 레거시 메이커들이 주저하던 이 방식을 테슬라와 같은 신흥 전기차 메이커들이 생산 혁신을 위해 전격적으로 채용하기 시작했다는 점이 결정적인 차이다.

[도표 1] 2016년 BMW의 G30형(5시리즈)에 사용된 알루미늄 주조



출처: 모티팬

테슬라가 기가캐스팅을 본격적으로 양산 차량에 적용하기 시작한 것은 2020년 '모델 Y(Model Y)'를 출시하면서부터이다. 테슬라는 이탈리아 IDRA사의 기가프레스를 도입하여, 기존에 70여 개의 개별 강판 부품을 용접해 만들던 리어 언더바디(Rear Underbody)를 단 하나의 거대한 알루미늄 주조품으로 대체했다(<도표 2> 참조). 이 획기적인 공정 단축은 수많은 용접 로봇과 생산 라인의 길이를 줄이는 결과를 가져왔고, 이후 '사이버트럭(Cybertruck)'의 차체 제조에도 적극 활용되었다. 이러한 테슬라의 과감한 시도는 중국 전기차 업계에 즉각적인 파급 효과를 가져왔다. 지리자동차(Geely), 샤오펑(Xpeng), 니오(NIO), 샤오미(Xiaomi) 등 중국의 신흥 전기차 메이커들은 테슬라의 방식을 벤치마킹하여 앞다투어 초대형 다이캐스팅 설비를 도입하며 '제조 혁신' 경쟁에 뛰어들었다.

[도표 2] 테슬라가 제안한 새로운 전기차 구조



출처: 테슬라

테슬라가 기기캐스팅을 전격적으로 도입한 배경에는 모델 3 양산 당시 겪었던 '생산 지옥(Production Hell)'이 있었던 것으로 추측된다. 당시 수천 대의 로봇이 투입된 복잡한 스팟 용접 공정은 제어가 어렵고 잦은 불량을 유발했기 때문이다. 이에 일론 머스크는 '로봇에 의한 조립'의 한계를 절감하고, 거대한 기계가 차체를 한 번에 찍어내는 '기계 자체에 의한 자동화'로 패러다임을 전환하려 했던 것으로 보인다.

이율라 전기차 원가의 30~40%를 차지하는 배터리로 인해 증가된 차량의 총중량을 줄여야 하는 문제를 해결하기 위해서였다. 특히 장거리 및 고성능을 추구하는 고급 차종일수록 대용량 배터리 탑재로 인해 차체 경량화가 필수적이며, 기기캐스팅은 이를 달성하여 주행거리를 확보하고 복잡한 부품 공급망을 단순화하여 제조 비용을 절감하려는 계산도 작용했을 것이다.

언박스드 프로세스로 재편되는 차체 생산 방식

테슬라의 혁신은 단순히 차체 부품을 크게 찍어내는 것에 그치지 않았다. 2023년 3월 1일 '인베스터 데이(Investor Day)'에서 테슬라는 '언박스드 프로세스(Unboxed Process)'라는 새로운 제조 철학을 발표하며, 공장 전체의 구조적 혁신을 선언했다. [도표 3]에 표시한 것처럼, 기존 자동차 제조가 차체 뼈대(BIW)를 먼저 만들고 작업자가 그 좁은 내부로 들어가 부품을 조립하는 비효율적인 직렬 방식이었다면, 언박스드 프로세스는 차량을 6개의 거대 모듈(프런트, 리어, 센터, 좌우 사이드 등)로 나누어 별도로 조립한 뒤 마지막에 하나로 합치는 방식이다. 이는 공장 레이아웃을 기존의

긴 직선 형태에서 '생선 뼈(Fishbone)' 모양으로 재편하는 것을 의미하며, 이를 통해 공장 면적을 40% 이상 줄이고 생산 속도를 획기적으로 단축하겠다는 구상이다. 즉, 테슬라의 기기캐스팅은 이 거대한 '제조의 언박싱'을 실현하기 위한 하나의 강력한 수단이었던 셈이다.

물론 언박스드 프로세스가 구체적으로 어떤 설계와 공정 메커니즘으로 구현될지는 아직 대외적으로 완벽하게 공개되지 않았다. 그러나 필자가 파악한 바에 따르면, 테슬라는 실제로 중국 텐진(天津)에 위치한 자동차 플랜트 설비 제작사 'AE Corp'에 관련 설비 일부를 제작 의뢰했으며, 2025년 하반기에 납품된 것으로 알고 있다. 즉, 테슬라는 언박스드 프로세스라는 혁신적인 공장 건설 프로젝트를 단순히 개념 증명 단계에 머물게 하지 않고, 실제 양산을 위한 실행 단계로 옮기고 있는 것이다.

테슬라의 기기캐스팅 도입 효과는 생산 현장의 수치로 명확하게 드러난다. 2025년 6월 낫케이 오토모티브 기사에 따르면, 모델 3의 경우 차체 언더바디 제조를 위해 약 400~500개의 금형이 필요했던 것으로 추정되나, 기기캐스팅을 도입한 모델 Y는 이를 단 2개의 금형으로 해결했다. 또한, 거대한 기기프레스 한 대가 용접 로봇 300대의 역할을 대신 함으로써 공장 면적을 획기적으로 줄이고 설비 투자 효율을 극대화했다. 이는 단순히 부품 수를 줄이는 차원을 넘어, 복잡하게 얹힌 수백 개의 부품 공급망(Supply Chain)을 제거하고 관리 비용을 획기적으로 낮추는 '제조업의 다운사이징' 혁명이었다.

테슬라가 제조 혁신의 효용성을 수치로 증명하자, 기존 레거시 메이커의 대표주자인 도요타도 이에 응답했다. 도요타는 2023년 6월 '도요타 테크니컬 워크숍'을 통해 차세대 EV 제조의 두 가지 핵심 축을 공개했다. 첫째, 차체 언더바디를 프런트, 센터, 리어의 3분할 모듈 구조로 개편하고 프런트와 리어에 초대형 다이캐스팅을 적용하는 구조 혁신이다. 이 전략은 기존 86개 부품과 33개 공정을 단 하나의 부품, 하나의 공정으로 통합하여 생산 효율을 극대화하겠다는 구상이다. 둘째, 컨베이어 벨트를 없애고 언더바디가 스스로 주행하며 공정을 이동하는 '자율주행 조립 라인(Self-propelled assembly line)'을 도입하는 공장 혁신이다. 도요타는 이러한 통합 전략을 통해 공장 설비 투자비와 생산 리드타임을 기존 대비 2분의 1로 줄이겠다는 목표를 제시했다.

도요타는 테슬라의 방식을 그대로 복제하는 데 그치지 않고, 자사의 생산 철학에 맞춰 기술을 재해석했다. 이러한 독자 노선은 소수의 모델을 대량 생산하는 테슬라와 달리, 전 세계에 수십 종의 라인업을 공급해야 하는 도요타에게 '다 품종 혼류 생산'이 포기할 수 없는 가치이기 때문이다. 거대한 금형을 교체하는 데 꼬박 하루가 걸리는 테슬라의 기기캐스팅 방식은 다양한 차종을 유연하게 생산하는 데 적합하지 않았다. 이에 도요타는 금형을 '범용 부위(General-purpose)'와 '차종별 전용 부위(Special-purpose)'로 분할하는 기술을 고안해 금형 교체 시간을 단축하는 방안을 만들었다. 또한 테슬라가 사용하는 IDRA 장비 대신 일본 UBE와 협력하여 자체 설비를 개발하는 등, 기술 내재화를 통해 초대형 다이캐스팅의 생산성과 다품종 생산의 유연성을 동시에 확보하려 했다.

[도표 3] 테슬라가 제안한 새로운 전기차 공장 이미지



중국 메이커들의 빠른 벤치마킹과 확산

테슬라가 선행한 초대형 다이캐스팅 도입을 가장 서둘러 벤치마킹한 곳은 중국의 자동차 제조사들이다. 중국의 지리홀딩 그룹(Geely Holding Group)과 샤오펑(Xpeng Motor) 등은 이미 전기차 생산 공정에 이 기술을 도입했다. 이들이 초대형 다이캐스팅 채용을 서두른 배경에는, 강판 프레스 및 용접 부품을 제조하기 위해 필요한 복잡한 공급망 구축 과정을 생략할 수 있다는 점이 크게 작용했다. 이는 후발 주자가 선진 제조 방식을 통해 단기간에 생산 경쟁력을 확보하려는 전략적 선택이다. 이들이 도입한 구체적인 사례를 살펴보자.

샤오펑(Xpeng)은 2023년 출시한 전기차 'G6'에 초대형 다이캐스팅을 적용하여 전면 및 후면 차체를 일체 성형했는데, 이는 중국 제조사로서는 첫 사례였다. 샤오펑은 여기서 멈추지 않고 2024년 1만 2,000톤급 프레스를 도입해 대형 SUV 'X9' 생산을 시작했다.

지리자동차 산하 고급 브랜드 '지커(ZEEKR)'는 2023년 7,200톤급 기기프레스를 도입했다. 지커의 프레스 사이클 타임은 분당 15회에 달하며, 복잡한 금형을 활용해 한 번의 프레스 공정으로 4개 부품을 동시에 찍어내는(4 Cavity) 고효

[도표 4] 주요 메이커의 초대형 다이캐스팅 도입 실적 및 계획

도입 제조사	도입 연도	다이캐스팅 머신 제조사	최대 클램핑력
미국 Tesla	2020년	중국 LK(IDRA)	9,000tf
중국 Geely	2023년	중국 LK	7,200tf
스웨덴 Volvo(Geely 그룹)	2026년	중국 LK(IDRA)/스위스 Bühler	8,400tf
중국·상하이 니오(NIO)	2022년	불명	불명
중국·샤오펑 자동차(Xpeng Motors)	2023년	중국 LK	7,000tf/장래에 1만 2,000tf
중국·샤오미(Xiaomi)	2024년	중국 해천(Haitian)	9,500tf
중국·화웨이 기술(Huawei)	2024년	불명	9,000tf

출처: Nikkei Automotive 2025. 6

율 생산을 실현하고 있다. 특히 2024년 출시된 고급 MPV 'ZEEKR 009' 개량형 모델의 경우, 리어 플로어 등에 합성 스틸 15%와 알루미늄 25%를 사용하여 부품 74개와 용접점 800개를 줄였다. 이를 통해 차체 강성과 비틀림 강성을 각각 11%, 9.5% 높이면서도 비용은 15% 절감하는 성과를 거뒀다.

2024년 전기차 시장에 진출한 샤오미(Xiaomi)는 9,100톤급 설비를 채용했고, BYD 역시 LK로부터 9,000톤급 설비를 도입했다. 이러한 수요 급증에 힘입어 설비 제조사 LK는 2023년 1만 6,000톤급 기가프레스를 출시했으며, 현재는 2만 톤급 장비 개발에 착수한 상태다. [도표 4]는 주요 메이커의 초대형 다이캐스팅 도입 실적 및 향후 계획을 정리한 내용이다.

초대형 설비 시장을 주도하는 중국 장비 기업들의 약진

중국 내 초대형 다이캐스팅 열풍을 주도하는 핵심 기업은 단연 'LK 테크놀로지(LK Technology)'다. 1979년 홍콩에서 창립된 LK는 본래 장난감이나 시계 부품 제조사에 소형 다이캐스팅 기계를 납품하며 성장한 기업이다. 장난감 자동차를 만들던 기술로 진짜 자동차를 만든다는 일론 머스크의 영감은, 아이러니하게도 LK의 역사와 궤를 같이한다. LK는 2008년, 글로벌 금융 위기를 터타 세계 최고의 다이캐스팅 기술력을 보유한 이탈리아의 이드라를 전격 인수했다. 이들은 이드라의 원천 기술과 중국의 제조 역량을 결합하여 테슬라에 기가프레스를 공급하는 데 성공했고, 현재는 체리자동차(Chery) 등과 협력해 클램핑력 1만 3,000톤급 이상의 초대형 장비를 개발하는 등 글로벌 시장을 주도하고 있다.

[도표 5] LK와 체리(Chery)가 시험 제작한 언더 바디



출처: Nikkei Automotive 2025.6

[도표 6] 초대형 다이캐스팅의 진화

연도	2020	2021	2022	2023	2024
대상 부품 분야	리어 플로어	프런트 플로어	D필러, 도어 프레임	언더바디	차체 전체
설비의 클램핑력	6,000톤급	6,000톤급	9,000톤급	1만 6,000톤급	2만 톤급

출처: 탕진(湯進), 2040년 중국 자동차가 세계를 석권하는 날, 2025년 일본경제신문출판사,

중국 내 설비 경쟁은 LK의 독주로 끝나지 않는다. 또 다른 거대 장비 제조사인 '하이티엔(Haitian, 海天)'이 LK와 치열한 기술 경쟁을 벌이고 있다. 하이티엔은 1966년 창업하여 플라스틱 사출 성형기 분야에서 세계 1위를 자랑하는 전통의 노포(老舗) 기업이다. 이들은 샤오미(Xiaomi)에 9,500톤급 장비를 공급하며 금속 주조 시장에 화려하게 데뷔했다. 주목할 점은 이들의 경쟁이 가리키는 지향점이다. [도표 6]은 초대형 다이캐스팅의 기술의 진화를 예측한 것으로, 2025년에 클램핑력 1만 6,000톤급 장비를 통해 차체 하부(Underbody) 전체를 한 번에 찍어내는 단계로 진입했고, 2030년에는 2만 톤급 장비로 차체 전체(Body-in-White)를 통째로 주조하는 단계에 이를 것으로 예측된다.

기술적 현실과 전략 조정: 테슬라가 마주한 한계

이처럼 클램핑력을 높여 차체를 일체화하는 기술 경쟁이 심화되는 가운데, 최근 테슬라는 일부 전략을 수정한 것으로 보인다. 2025년 4월 인도된 '모델 Y'의 부분 변경 모델에서 명확히 드러났다. 테슬라는 기존 미국 텍사스 공장 등에서 전면과 후면 차체 모두에 적용하던 기가캐스팅을 전면부(Front)는 이전과 같이 강판 프레스 부품을 조립하는 방식으로 회귀했다. 후면부(Rear)에는 여전히 기가캐스팅을 유지하고 있다. 이는 설비 투자 억제라는 경제적 이유뿐만 아니라, 성능과 실용성 측면을 고려했기 때문으로 보여진다.

가장 큰 기술적 원인은 '총돌 에너지 흡수' 능력의 부족이다. 차체 전면부는 정면충돌 시 가장 먼저 충격을 받는 부위로, 의도적으로 찌그러지며 에너지를 흡수하여 탑승자를 보호해야 한다. 그러나 알루미늄 합금 주조물은 강성은 높지만 변형에 대한 반력이 커서 강철에 비해 충돌 에너지를 효과적으로 흡수하기 어렵다는 단점이 있다. 차체 기술자들 사이에서는 이러한 소재적 특성 때문에 알루미늄 기가캐스팅이 전면부 골격으로는 부적합하다는 지적이 꾸준히 제기되어 왔다.

그리고, '수리 용이성'과 '비용' 또한 결정적인 요인이다. 기가캐스팅은 모델 Y의 부품 수를 171개에서 단 2개로 줄이는 등 생산 효율을 극대화했지만, 사고 시 부분 수리가 불가능하다는 치명적인 약점을 노출했다. 손상 부위만 잘라내고 용접할 수 있는 강판과 달리, 일체형 주조 부품은 통째로 교체해야 하므로 경미한 사고에도 수리비가 폭등하는 원인이 되었다.

이에 따라 충돌 손상 부도가 낮고 형상이 복잡한 후면 차체 등에는 알루미늄 주조가 적용되는 반면, 충돌 안전성이 요구되는 전면부나 높은 강성이 필요한 필러 부위에는 초고장력 강판이 적용되는 '적재적소(Multi-Material)'의 하이브리드 구조가 고려되고 있다. 실제로 테슬라는 자사 공장 내에 핫스탬핑(Hot Stamping) 설비를 직접 도입하여, 주조뿐만 아니라 강판 성형 기술까지 내재화하는 전략적 유연성을 보여주고 있다.

결국 미래 차체 제조 경쟁의 승패는 '누가 더 큰 프레스를 쓰느냐'에 대한 기술적 한계 둘째와 '누가 더 유연하고 효율적인 아키텍처를 구축하느냐'라는 실용적 최적화 사이에서 갈릴 것이다. 현재 중국의 신흥 메이커들은 생산 속도 확보를 위해 설비의 기가톤급 대형화를 추진하는 동시에, 도요타와 테슬라를 포함한 완성차 메이커들은 충돌 안전성과 수리 용이성을 고려하여 디자인 유연성을 높이고 주조(알루미늄)와 성형(강판)을 혼합하는 하이브리드 구조를 모색하고 있다. 이러한 상이한 전략은 결국 각 기업이 처한 생산 환경과 시장 요구에 따른 최적의 해법을 찾으려는 과정이며, 전기차 시대에 차체 구조의 생산 혁신이 다각도로 모색되고 있음을 보여준다.

인공지능 기반 제조: 대규모 AI 모델과 응용

엄재홍
(주)DN솔루션즈 상무
jaehong.eom@gmail.com



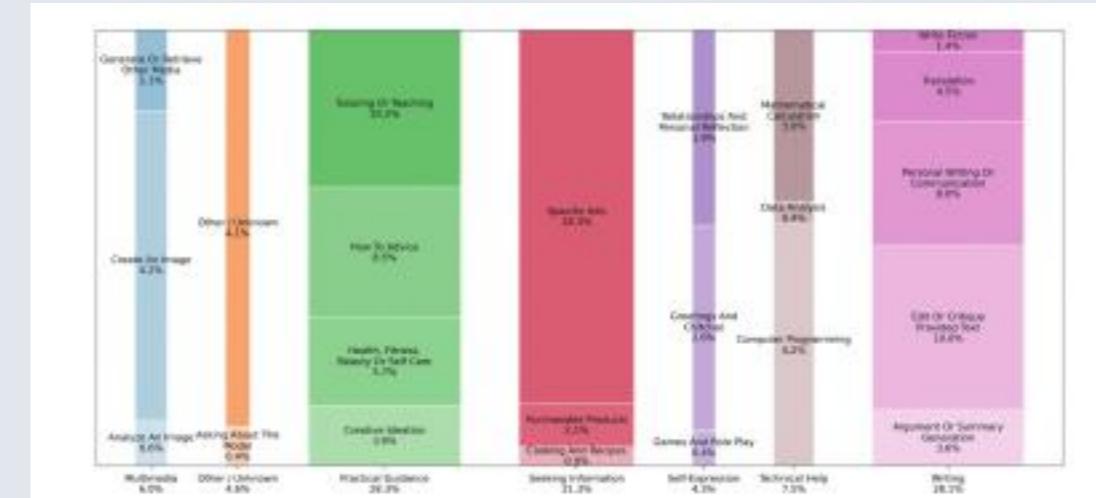
서론

인공지능: 기술에서 일상의 도구로

대규모 언어 모델(Large Language Model, 이하 LLM)은 기존의 목적별 학습 형태의 인공지능(Artificial Intelligence, 이하 AI) 모델에서 종합적 작업(Task)을 위한 복합 데이터를 다룰 수 있도록 확장된 대규모 데이터 기반 거대 다목적 모델이다.

현재 AI의 대명사와 같이 쓰이는 ChatGPT는 약 3년 전인 2022년 11월 30일에 OpenAI에 의해 공식 출시된 AI 서비스다. GPT-3.5라는 LLM 기반의 챗봇 스타일 AI 서비스 ChatGPT는 당시 출시 두 달 만에 1억 명 이상의 사용자를 확보하며 빠르게 성장했고, 3년이 조금 지난 현재 우리는 Google의 Gemini, Anthropic의 Claude, xAI의 Grok 등 여러 LLM이 등장해 AI 소프트웨어 도구를 다양한 일상의 업무에 필수적 도구로 사용하고 있다. 이런 변화는 지난 9월 ChatGPT 개발사인 OpenAI가 발간한 ChatGPT 사용성 분석 보고서 'How People Use ChatGPT'를 통해 좀 더 구체적으로 살펴볼 수 있다. 이 보고서에 따르면 AI 도구가 이제 단순 번역, 검색, 요약에서부터 복잡한 프로그래밍이나 수치계산 등의 전문 영역까지 고르게 사용되고 있음을 알 수 있다.

[그림 1] How People Use ChatGPT, OpenAI, September 15, 2025



출처: <https://openai.com/index/how-people-are-using-chatgpt/>

AI와 제조: 소프트웨어가 이끄는 패러다임 전환과 FSD 한국 배포의 시사점

AI 소프트웨어의 발전과 함께 제조 분야에서도 생산성 향상과 경쟁력 확보를 위한 패러다임 변화가 본격화되고 있다. 노동 인력 감소와 기술 기반 자동화라는 구조적 과제 속에서, 소프트웨어(SW)는 이미 제조 혁신의 중심으로 자리 잡았고 그 핵심에는 다시 AI가 있다. AI는 데이터 기반 학습을 통해 기존 업무를 자동화하고, 모델의 지속적 발전에 따라 그 자동화 수준을 점진적으로 끌어올릴 수 있다는 점에서 제조업이 직면한 문제를 해결하는 데 적합한 기술로 평가된다. 최근 제조 현장에서는 인식·분석·예측을 담당하는 소프트웨어 계층과 물리적 제어를 수행하는 하드웨어 계층이 분리된 구조를 넘어, 두 계층이 긴밀히 결합하며 함께 진화하는 흐름이 뚜렷해지고 있다.

그동안 이러한 변화는 산업 내부에서는 빠르게 진행되어 왔지만, 일반 대중에게는 다소 추상적인 개념으로 인식돼 왔다. AI가 제조업을 어떻게 변화시키는지, 그리고 그 변화가 최종 제품에 어떤 차이를 만들어내는지를 체감할 수 있는 구체적 사례가 제한적이었기 때문이다. 그러나 자율주행 기술이 적용된 차량, 특히 소프트웨어 정의 차량(SDV)과 테슬라의 FSD 실제 배포 사례는 이러한 인식을 크게 바꾸고 있다. 자동차라는 대표적 제조 제품이 소프트웨어 업데이트만으로 기능과 가치가 재정의되는 모습을 통해, 제조 혁신이 더 이상 공정 내부의 변화에 머무르지 않고 제품 경험 전반을 바꾸는 단계에 접어들었음을 명확히 보여주기 때문이다.

[그림 2] 국내 FSD 출시를 알리는 테슬라 코리아의 X 공식 계정의 발표와 OTA 업데이트 화면



이번 테슬라의 감독형 FSD의 한국 출시는, 대표적 제조업인 자동차 업계에 소프트웨어가 얼마나 빠르게 침투하고 연결되며 그 효과를 크게 발휘하는지를 단적으로 보여준다. SDV 패러다임으로 구성된 자동차에 FSD를 하룻밤 사이 배포해 적용하면서, 자동차라는 제품은 완전히 새로운 가치를 더한 형태로 거듭났고, 이는 기존의 자동차 개념에서는 쉽게 상상하기 어려운 변화다.

전통적으로 기계공학 기반의 자동차 제조에서 경쟁력을 구축해 온 주요 제조사들 역시, 소프트웨어를 중심으로 한 제조 패러다임 변화 대응에서는 여전히 어려움을 겪고 있다. ADAS와 SAE 레벨 3 사이의 기술 공백을 메우기 위한 DCAS 수준의 자율주행 차량 출시가 더디게 진행되고 있는 점은 이를 단적으로 보여준다. 문제는 자율주행과 같은 AI 응용에서 요구되는 소프트웨어 역량과 데이터 규모의 격차가 커지는 가운데, AI의 발전 속도는 그 어느 때보다 빠르게 진행되고 있다는 점이다.

본론

AI 기술의 발전(LLM 관점)

AI 기술의 핵심은 입력 데이터를 학습해 다양한 형태의 출력을 생성하는 AI 모델이다. 최근의 AI 모델은 생성형 AI 모델을 넘어 자율성이 개선된 에이전트(Agent) 형태로 진화했으며, 입력 데이터로 텍스트, 시계열 수치, 이미지, 영상, 소리 등 다양한 형태를 수용해 종학적으로 학습한다. 또한 입력과 같이 여러가지 형태로 그 결과를 출력으로 생성해낸다. 이처럼 서로 다른 종류의 데이터를 통합적으로 처리하고, 그 관계를 파악하여 판단과 생성까지 수행하는 AI 모델을 멀티모달 모델(Multimodal Model)이라 하는데, 근래의 LLM은 대부분 언어(Language) 이상의 데이터를 함께 다루고 있어 대규모 멀티모달 모델(Large Multimodal Models, 이하 LMM)로 불리기도 한다. 이처럼 추가적인 데이터 형태를 다룰 수 있는 모델은 비전-언어 모델(Vision-Language Model, 이하 VLM), 거대 행동 모델(Large Behavior Model, 이하 LBM) 등으로 확장이 진행 중이다.

이 중에서 특히 VLM이나 LBM 같은 AI 모델이 복잡한 시각(Vision), 언어(Language), 동작(Action), 행동(Behavior) 형태의 입력과 출력을 다루게 되면서 실제 물리적 환경과 입출력으로 상호작용해야 하는 자동차, 로봇 등의 응용을 위한 소프트웨어 엔진으로 자리잡고 있으며, 좀 더 넓게는 물리 AI(Physical AI)로 불리는 응용의 바탕이 되고 있다. 그리고 이 물리 AI는 제조를 혁신하는 한 축이 되었다.

최근의 LLM은 보통 LMM을 의미하며, 이 외에도 특수 응용을 위해 확장한 VLM, LBM 류의 여러 모델이 존재한다. 우리는 일반적으로 LLM 등에 대해 ChatGPT를 비롯해 몇 가지만 알고 있지만 사실 AI의 중요 엔진과 같은 LLM은 이미

[그림 3] AI Models Table: 각 AI 모델의 등장 시기와 성능 특징

출처: <https://lifearchitect.ai/models-table/>

[그림 4] 주요 최신 AI 모델의 GPQA 및 HLE 지표 기준 성능

출처: <https://lifearchitect.ai/models-table/>

그 종류가 무려 1만 개 이상이다. 이 중에서 중요하게 인식되는 주요 모델의 수도 이미 700개 이상으로, 각 모델의 특징을 참고해 목적에 맞는 AI 응용 개발을 할 수 있는 기술적 바탕이 마련되어 확장 중이다. 예컨대 지난 10월과 11월, 2개월만 살펴봐도 알려진 큰 모델이 각각 7개, 18개 총 25개 이상 등장했다.

특히 11월에 발표된 Google의 Gemini 3 모델의 경우 AI 모델의 복잡한 과학 문제 해결 능력을 평가하는데 중점을 둔 평가 지표인 GPQA(A Graduate-Level Google-Proof Q&A Benchmark) 기준 93.8 수준의 높은 성능을 달성하기도 했다. 12월 11일에는 OpenAI가 GPQA 93.2 수준의 최고 성능을 보이는 GPT-5.2를 발표하기도 했다. 이처럼 소프트웨어, 특히 AI 모델의 발전 속도와 성능은 하드웨어의 진화 속도를 압도하고 있어, 이런 AI 기술을 이용해 제조를 재정의하고 혁신해야 하는 필요성이 커지게 된다.

IQ 지수로 살펴본 AI 성능

사람의 지능은 IQ 지수를 참고해왔는데, AI의 지능 지수도 비슷하게 AI 모델의 IQ 지수를 통해 살펴볼 수 있다. 물론 사람의 IQ와 같이 AI 모델의 IQ 수치도 절대적 성능을 나타낸다고 할 수는 없겠지만, 적어도 공통 평가 데이터에 기반해 AI 모델들의 상대적 특징을 살펴보는 데에는 도움이 된다.

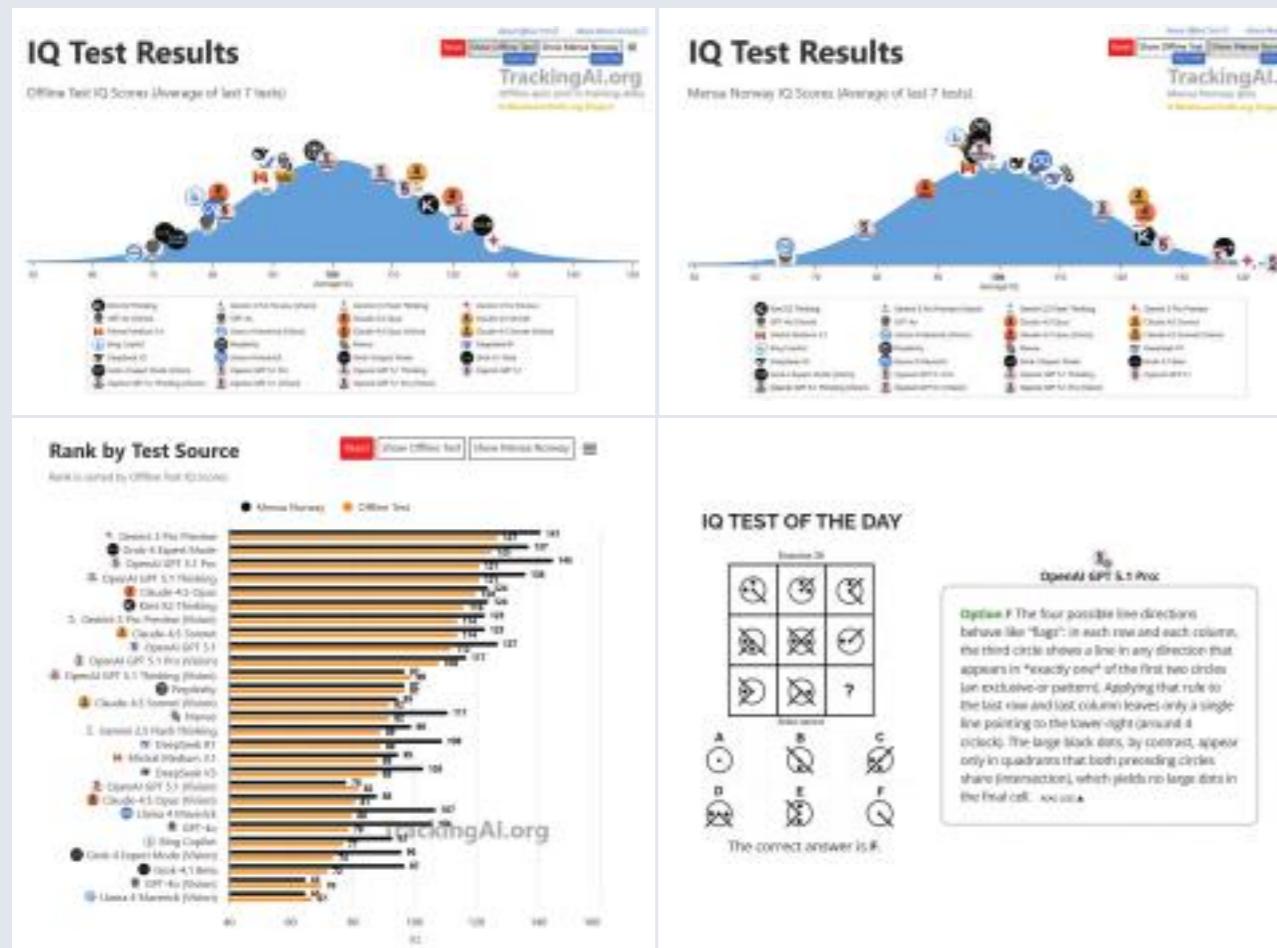
잘 알려진 AI 모델의 IQ 테스트로는 '오프라인(Offline) 테스트'와 'Mensa Norway 테스트'가 있다. 오프라인 테스트는 멘사 멤버들이 직접 제작한 문제로 구성되며, 해당 데이터가 온라인에 존재하지 않는다는 점이 특징이다. 즉, AI가 학습 과정에서 접하지 않은 문제를 기반으로 평가가 이뤄진다. 반면 Mensa Norway는 멘사(Mensa)에서 제작한 온라인 IQ 테스트로, 사전에 누구나 응시해 볼 수 있어 상대적으로 높은 점수가 관찰되는 경향이 있다.

아래는 최신 AI 모델들에 대한 오프라인 테스트와 Mensa Norway 테스트 결과인데, 주요 AI 모델은 현재 오프라인 테스트에서는 최대 IQ 127을, Mensa Norway 테스트에서는 최대 IQ 145의 지수를 달성한다. 일반 지능이 아닌 제한된 태스크에 대한 성능이지만, 이제는 무시할 수 없는 수준으로 발전하고 있는 것을 알 수 있다.

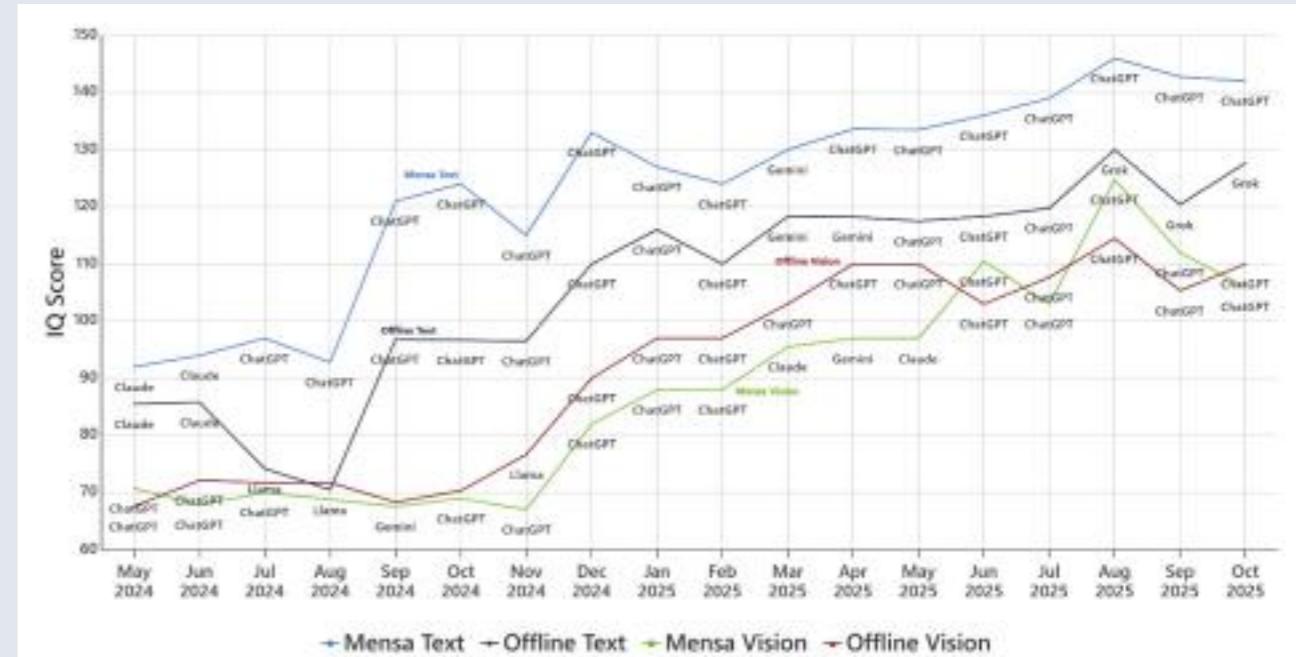
AI 모델의 성능 진화

AI 모델은 입력 데이터 종류의 확장과 모델 자체의 구조 개선, Thinking 또는 Reasoning 등으로 표현되는 추론 모델의 형태로 발전해 그 성능이 지속적으로 개선되고 있다. 앞서 살펴본 오프라인 테스트나 멘사 테스트 기준 만으로도 지난 1년 반 사이 거의 1.5배 가까이 AI 모델의 성능이 발전했고, 그 발전 속도는 더욱 빨라지고 있다.

[그림 5] 주요 AI 모델의 IQ 지수와 평가 문제 예제, 그리고 해당 문제에 대한 OpenAI GPT 5.1 Pro의 답변 예



[그림 6] AI Top IQ Scores Over Time, 4 Different Tests



출처: <https://trackingai.org/top-iq>

물리 지식을 배우는 AI

AI 발전이 고도화되면서 AI 기술 개발에서는 AI 모델이 보다 복잡한 일상의 문제를 더욱 정확하게 해결할 수 있도록, 물리적 환경에 대한 이해를 반영하는 방향으로 진화하고 있다. 이를 위해 물리학, 공학, 미분방정식과 같은 '세상의 규칙'을 AI 학습 과정에 함께 적용하는 시도가 이뤄지고 있다. Physics-Informed Neural Network(PINN)는 이러한 Physical AI 아이디어를 대표적으로 구현한 방법 중 하나로, 이처럼 물리적 지식이 반영된 AI 모델은 실제 산업 현장에서 활용하기에 적합한 몇 가지 중요한 특징을 지니고 있다.

먼저, 산업 현장은 데이터가 부족한 경우가 많은데 물리지식을 학습한 AI는 데이터가 적을 때도 쓸 수 있다. 이는 물리방정식이 강력한 규제(regularization) 역할을 해 데이터가 적어도 합리적인(물리적으로 말이 되는) 해(解)를 찾을 수 있도록 해주기 때문이다. 다음으로 시뮬레이션을 빠르게 대체 및 보완할 수 있게 해주는 데, 이는 입력 조건(경계 조건, 재료 특성 등)에 대해 신경망이 바로 근사해줌으로써 가능하다.

다음으로 가장 중요한 특징은 물리 일관성의 보장이다. 물리 지식이 반영된 AI 모델은 에너지나 질량의 보존과 같이 기본적인 물리 법칙을 자동으로 준수하도록 유도 가능해, 그 결과의 오류를 크게 줄여준다. 소재나 재료에 대한 해석을 위해서는 각 소재의 물리적 특성 지식과 이를 바탕으로 한 실험 데이터가 AI 학습에 사용되기도 한다. 최근 생성형 AI 모델을 이용한 이미지, 영상, 소리 등의 생성이 점점 자연스러워지는 것도 이런 물리적 지식이 AI 학습에 반영되어 실제와 같은 특징을 점점 더 잘 반영하고 있기 때문이다.

생각해보면, AI가 적용되는 제조 산업 현장과 그 제조물은 모두 물리적 환경과의 상호작용이 기본적 바탕이 된다. 따라서 이런 실제 환경에 대한 정보가 충분히 학습된 AI가 등장하게 되면 환경과 자율적으로 실제 상호작용하는 Physical AI 응용을 더욱 정확하게 구현할 수 있다.

[그림 7] 다이캐스팅 설계 기술의 진화 단계



초대형 다이캐스팅과 AI

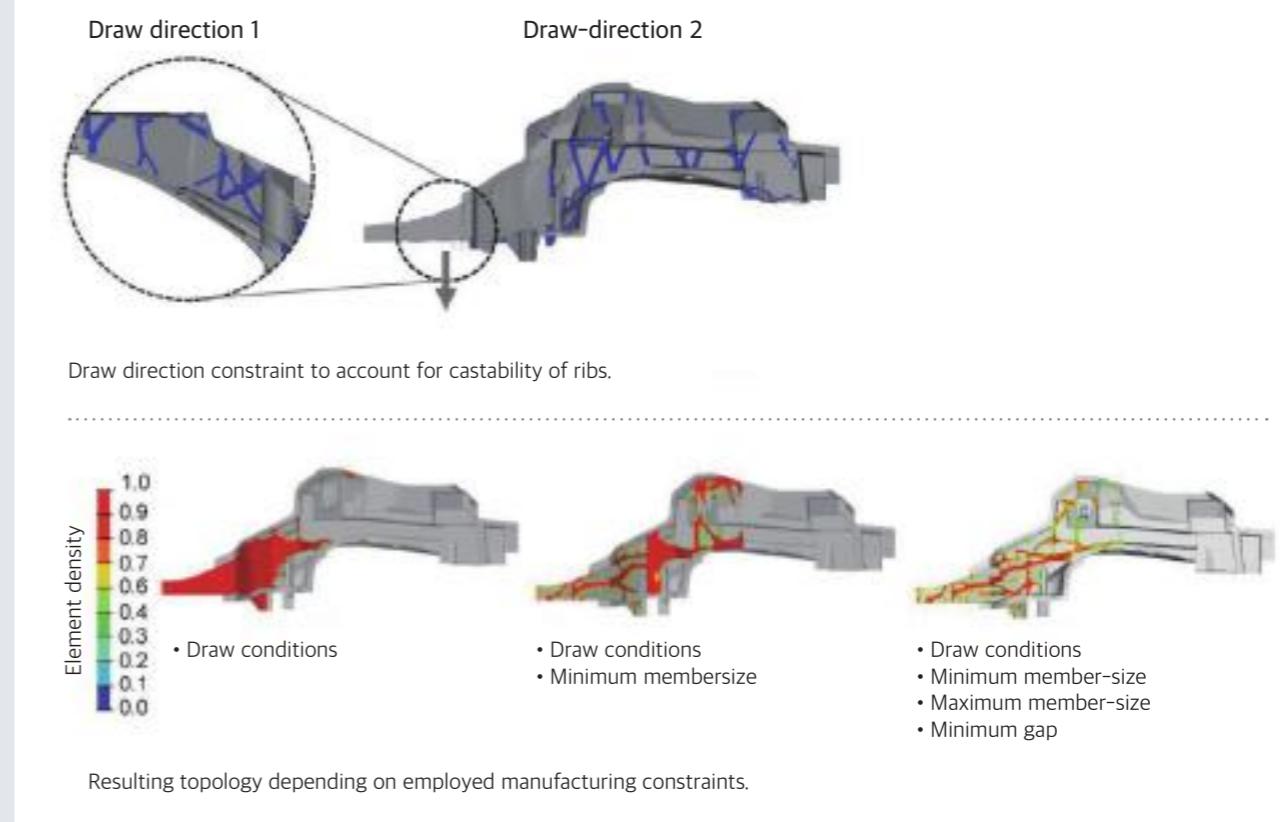
물리 지식을 학습한 AI는 중요 제조 응용에도 사용될 수 있다. 그리고 제조에서 큰 혁신이 일어나는 분야 중 하나는 바로 대형 구조물의 제작 방식 변화다. 기존에는 모듈별 제작 후 볼트 체결을 하거나 용접 등으로 구성하던 구조물을 하나의 거대한 금속 틀(Die)에 고온, 고압으로 금속을 부어 한 번에 씹어내 제작하는 방식이 확대되고 있다. 보통 초대형 다이캐스팅 기술은 기가캐스팅(Giga Casting), 하이퍼캐스팅(Hyper Casting) 등으로 불리며 자동차, 항공 등 다양한 산업에서 부품 수를 줄이고 생산성을 높이는 혁신적인 제조 방식이다. 차량 소프트웨어로 혁신을 이끄는 테슬라의 경우, 기가프레스(Gigapress)로 불리는 기가캐스팅 공법을 적용해 자동차 제조의 효율을 극대화하고 있다. 테슬라의 경우 소프트웨어 혁신과 하드웨어 제조 혁신을 병행해 추진하는 대표적 참고 사례로 살펴볼 수 있다.

이런 다이캐스팅 설계 기술의 발전은 복잡성, 성능, 주조량 증가와의 연관성에 따라 크게 네 가지 주요 시대로 구분해 살펴볼 수 있다([그림 7] 참조). 이러한 다이캐스팅 설계 기술의 역사적 발전 과정을 연대표로 정리해 보면, 현재에 이르러서는 AI가 다이캐스팅 설계 과정 전반에서도 중요한 역할을 수행하고 있음을 확인할 수 있다. 즉, 대형 구조물 제조를 위한 초대형 다이캐스팅에서는 AI가 구조물 설계와 해석 전반에 걸쳐 핵심적인 도구로 활용되고 있다. 물리 지식이 함께 학습된 AI는 기가캐스팅 등에서 구조물 설계에서부터 특성 분석, 수치 해석 등의 응용에도 적용될 수 있다. 새로운 제조 방식인 초대형 다이캐스팅 방식은 단일 주조물 크기가 복잡하고 크다. 때문에 대형 구조물을 성형함에 있어 각 단계별 평가에서 NeuralPDE와 같은 물리 지식이 반영된 AI 모델인 PINN이 활용된다.

주조성을 위한 구조물 형상 최적화

AI 기술은 캐스팅 구조물의 세부 지지 구조를 최적화하는 데도 사용된다. 일반적으로 대형 캐스팅을 통한 구조물 성형에서는 재료 특성과 함께 구조물의 용도에 따른 강성 등의 여러 요구 조건들을 함께 만족시켜야 한다. 따라서 여러 제약 조건을 만족시키면서도 구조물의 리브(Rib) 등의 주조성을 고려한 설계 방향을 복합적으로 구성하는 일은 쉽지 않다. 이런 설계 도면을 생성에 이미 기계학습 방법이 사용되었고, 근래에는 재료 특성이나 강성, 기타 물리적 제약 조건들이 지식 형태로 구성된 지식그래프(Knowledge Graph, 이하 KG) 기반 LLM 등의 기술이 구조물 설계 생성 및 최적화에 적용되고 있다.

[그림 8] 당김 방향 제약 조건과 적용된 제조 제약 조건에 따른 토플로지 생성 결과



출처: Nature Scientific Reports(2023), Multidisciplinary optimization of automotive mega-castings merging classical structural optimization with response-surface-based optimization enhanced by machine learning

결론

하드웨어와 소프트웨어의 공진화(Co-Evolution)

앞서 살펴본 것과 같이, 테슬라는 하드웨어와 소프트웨어 변화를 성공적으로 주도하고 있다. 하드웨어 관점에서는 차량 제조를 위한 기가프레스 기술이 있었다. 새로운 제조 패러다임 도입을 통해 부품 수가 줄어 생산성이 크게 향상되었다. 금속 부품의 이음새가 줄어 조립 제조 공정이 간소화되고 결과적으로 차량의 강성도 개선되었다. 그리고 소프트웨어 관점에서는 제조물의 지능을 구현한 자율주행 기술인 FSD에서부터 차량 AI 비서(Assistant)인 Grok까지 수직적 요소들이 모두 포함되어 있다. 테슬라 사례는 하드웨어와 소프트웨어 두 기술이 만나 공진화(Co-Evolution)함으로써 전통적 제조가 어떻게 새롭게 재정의될 수 있는지 미래 발전 방향의 일부를 보여줬다.

그리고 이런 혁신의 바탕이 되는 AI 기술은 하드웨어 제조 기술에도, 소프트웨어 기반 혁신에도 모두 두루 사용되고 있다. 물리 지식을 배운 AI는 제조의 설계와 해석을 가속화하고, 이를 가능케 하는 AI의 발전 속도는 이제 하루가 다르게 변하고 있음을 살펴봤다.

돌아보면, 새로운 제조 패러다임을 이끄는 하드웨어와 소프트웨어 기술 양쪽의 혁신은 서로 다른 방향이 아니라 같은 방향으로 나가면서 필요한 접점을 형성하고 있는 것으로 볼 수 있다. 따라서 하드웨어와 소프트웨어는 서로를 바라보며 동향을 읽고 미래 전략을 맞춰야 할 것이다. 근래 우리는 이런 대응을 잘 해온 기업과 그렇지 못한 기업의 차이를 보고 있다. AI와 같은 기술에 대한 관심이 필요한 이유다.

초대형 다이캐스팅은 이제 테슬라만의 선택지가 아니라, 새로운 자동차 제조 패러다임을 상징하는 핵심 기술로 부상했다. 이는 알루미늄 다이캐스팅 전문기업 (주)삼기에게도 거스를 수 없는 대세다. 1978년 설립된 삼기는 엔드투엔드 제조 역량을 기반으로 전동화·경량화 시대에 대응해 왔으며, 이제 초대형 다이캐스팅·컴팩트 가압주조·신소재·친환경 공정을 축으로 '대형 알루미늄 구조 시스템 파운드리'로의 전환을 본격화하고 있다. 대형 금형·공정·소재·자동화를 하나의 패키지로 제공하며, 차세대 플랫폼 경쟁에서 신뢰할 수 있는 파트너로 자리매김하고 있다.

초대형 다이캐스팅 시대, 제조 혁신을 견인하는 굿 파트너

Samkee

금형-공정-소재-자동화를 하나로, 삼기의 통합 제조 경쟁력

Q. 삼기는 알루미늄 다이캐스팅과 정밀 주조, 자동차 경량화

부품으로 성장한 파운드리·금형 전문기업입니다. 최근 초대형 다이캐스팅 흐름 속에서 대형 금형·냉각·소재·정밀 가공 기술로 주목받고 있는데요. 삼기가 이 분야에 본격적으로 뛰어들게 된 배경은 무엇입니까?

삼기는 1978년 알루미늄 다이캐스팅 전문기업으로 출발하여 40여년간 엔진·변속기에서 차체·전동화 부품에 이르기까지 자동차 주요 영역에 다이캐스팅 부품을 공급해 왔습니다. 설계·용탕·주조·가공·조립을 단일 체계에서 수행할 수 있는 원스톱 생산 시스템을 구축하고 있으며, 국내 생산거점과 북미 법인을 기반으로 현대·기아를 비롯한 글로벌 완성차 및 1차 협력사에 안정적으로 납품하고 있습니다. 초대형 다이캐스팅 분야로의 진출은 자동차산업의 구조적 변화에 대한 전략적 대응입니다. 내연기관 중심의 시대에는 엔진·변속기 부품이 핵심이었으나, 최근에는 전동화, 차체 경량화, 플랫폼 통합이

주요 과제로 부상하고 있습니다. 이에 따라 차체 언더바디 및 대형 구조물을 일체형 알루미늄 주조로 전환하려는 수요가 빠르게 확대되고 있으며, 이를 수행할 수 있는 대형 금형·주조 공정 파트너의 중요성이 커지고 있습니다.

삼기는 대형 하우징, 밸브바디, 구조 부품을 고압 다이캐스팅으로 양산해 온 오랜 경험을 기반으로, EV 배터리 케이스 및 엔드플레이트, 일체형 크로스멤버, 도어 인너 프레임 등 전동화 부품과 대형 일체형 차체 부품으로 포트폴리오를 확장해 왔습니다. 이러한 축적된 경험은 변화의 흐름을 수동적으로 따르기보다, 제조 패러다임 전환의 중심에서 초대형 다이캐스팅을 선도하기 위한 방향성을 마련하는 기반이 되었습니다.

Q. 그럼, 삼기만의 핵심 경쟁력은 무엇입니까?

크게 세 가지로 요약할 수 있습니다. 첫째, 엔드투엔드(End-to-End) 생산 역량입니다. 설계부터 검사까지 전 공정을 한 체계 안에서 수행할 수 있어, 단순 파운드리를 넘어 대형 금형과 제품의 통합 최적화를 구현할 수 있습니다.



김
치
환

(주) 삼기 대표이사



삼기 서산 공장 전경



삼기 평택 공장 전경

둘째, 인하우스(내부) 제조 엔지니어링 및 자동화 기술입니다. 다이캐스팅 셀의 자동화 장비와 검사 시스템을 내부에서 설계·개선해 왔으며, AI 비전 검사, 로봇 디버깅, 자동화 라인 구축 등 공장 단위의 엔지니어링 역량을 보유하고 있습니다. 이를 통해 초대형 다이캐스팅 라인의 통합 구축까지 제안할 수 있는 것이 강점입니다.

셋째, 소재·공정 통합 기술력입니다. 알루미늄 합금, 용탕 제어기술, 컴팩트 가압주조 등 핵심 공정기술을 지속적으로 연구하며, 다이캐스팅 산업 전반의 기술 고도화를 일관되게 추진하고 있습니다.

종합하면, 삼기는 전동화·경량화·플랫폼 통합이라는 산업 전환 속에서 '대형 알루미늄 구조 부품을 책임질 수 있는 파트너'로서 초대형 다이캐스팅 시장에 본격적으로 대응하고 있으며, 대형 금형·공정·소재·자동화를 하나의 패키지로 제공할 수 있는 종합 제조기업이라는 점에서 독자적인 경쟁력을 갖추고 있다고 자신합니다.

Q. 최근 자동차산업에서 제조혁신이 중요한 화두로 떠오르고 있는데, 삼기가 바라보는 제조 패러다임 변화의 본질은 무엇이며, 초대형 다이캐스팅 도입을 가속화하는 시장·기술적 요인은 무엇이라고 생각하십니까?

현재 제조 패러다임 변화의 본질은 '개별 부품의 정밀 생산'에서 '전체 시스템을 통합적으로 설계해 처음부터 최적화된 성능을 구현하는 방식'으로의 전환이라고 볼 수 있습니다. 과거에는 공차 관리와 불량 최소화가 제조 경쟁력의 중심이었지만, 이제는 차체 구조·모듈 구성·공정 흐름을 초기 단계에서 함께 설계해 부품 수와 공정을 축소하고, 리드타임·에너지 사용·원가까지 통합적으로 낮추는 능력이 핵심 경쟁 요소가 되고 있습니다.

이 변화는 전기차 확산, 배터리 비용 부담, 강화되는 탄소·ESG 규제, 그리고 글로벌 제조업 전반의 숙련 인력 부족 등 복합적 요인에서 비롯됩니다. 완성차는 더 빠르고 저비용이면서도 경량화·친환경 효과까지 확보할 수 있는 새로운 제조 체계를 요구받고 있으며, 이는 자연스럽게 초대형 다이캐스팅 도입을 서두르는 환경을 만들고 있습니다.

기존 프레스·용접 기반 차체 생산 방식은 부품 수가 많아 공정 복잡성과 품질 편차라는 구조적 한계를 안고 있습니다. 반면 초대형 다이캐스팅은 대형 알루미늄 구조물로 이를 통합하여 공정·조립 라인을 단순화하고 접합부에서 발생하는 품질 리스크를 줄일 수 있습니다. OEM 입장에서는 플랫폼 단순화, 공장 표준화, 개발 속도 향상이라는 이점을 얻을 수 있어 전동화 경쟁이 심화될수록 도입 속도는 더욱 빨라질 것입니다.

삼기 역시 이러한 제조 혁신을 기회로 보고 있습니다. 기존 내연기관 부품에서 축적한 대형 다이캐스팅·정밀 가공·품질 관리 역량을 기반으로 도어 인너 프레임, 언더바디, 배터리 케이스 등 대형·박육 구조 부품의 일체형화 개발을 선도하고 있으며, 금형·냉각·사출 조건부터 합금, 후공정 자동화까지 패키지로 제공할 수 있는 제조 체계를 구축해 초대형 다이캐스팅 시대의 경쟁력을 강화해 나가고 있습니다.

Q. 삼기는 초대형 다이캐스팅의 기술적 난제를 어떻게 해결해 왔는지, 그리고 소재·금형·공정이 연동되는 대형 단일 구조물 생산에서 확보한 핵심 경쟁력은 무엇인지요?

초대형 다이캐스팅은 단순히 금형을 키우는 차원을 넘어, 설계·공정·검사 전 과정을 하나의 시스템으로 통합해야 구현되는 제조 방식입니다. 삼기는 대형 단일 구조물에서 필연적으로 발생하는 체적 수축, 내부 기공, 뒤틀림, 잔류응력 등 품질 리스크를 설계·공정 제어·소재·후공정의 세 축에서 통합적으로 관리해 왔습니다.

우선 설계 단계에서는 유동·옹고 해석을 표준화하여 용탕 유입 순서, 옹고 지연 구간, 두께 변화 등을 면밀히 분석하고, 이를 바탕으로 러너·게이트·오버플로·진공 위치와 금형 냉각 회로를 최적화하고 있습니다. 이를 통해 양산 초기부터 기공·수축 발생 가능성을 구조적으로 낮춘 상태에서 제조를 시작할 수 있도록 했습니다.

또한 금형 온도 및 사출·가압 조건을 구역별로 정밀 제어하고 있습니다. 대형 금형 특성상 온도 구배가 크게 발생하는 만큼 금형을 여러 영역으로 나누어 냉각 회로와 온도 센서를 배치하고, 각 구역별로 예열·스프레이·냉각 조건을 차별화해 운용합니다. 사출 속도와

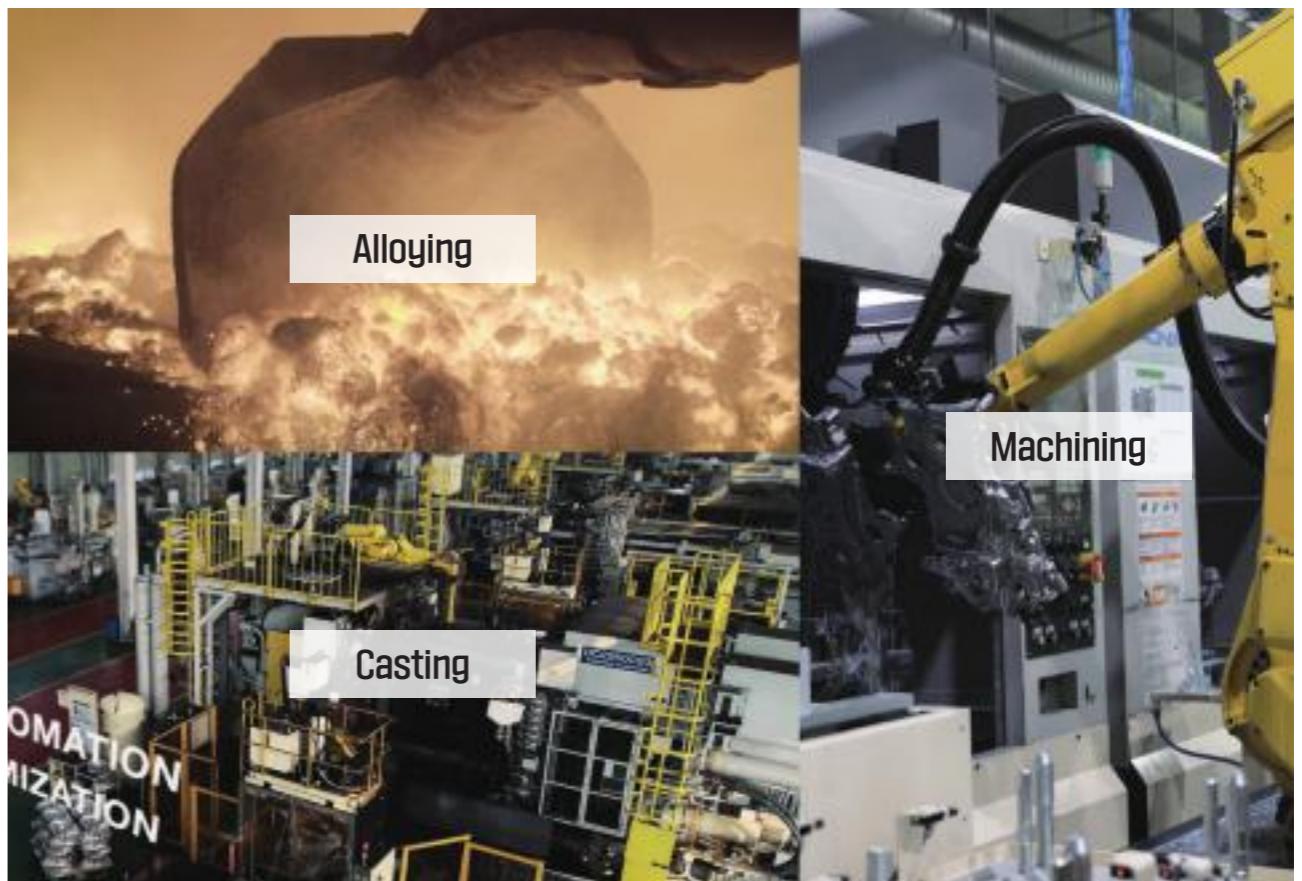
가압 프로파일은 실시간으로 관리하며 '컴팩트 가압주조' 개념을 적용해 품질 편차를 최소화하고 있습니다.

아울러 소재-후공정을 연계한 통합 설계를 통해 변형을 최소화하고 있습니다. 합금 조성·용탕 품질 관리, 열처리 조건, 가공·조립 공정 설계 등을 일괄적으로 고려하며, 주조 직후의 3D 측정·X-ray·물성 데이터를 활용해 변형 예측과 가공 보정값을 정교하게 산출합니다. 로봇 트리밍과 AI 비전 검사 도입으로 작업자 편차도 크게 줄이고 있습니다.

이와 같은 체계적 접근은 삼기가 소재·금형·공정·검사를 하나의 시스템으로 설계·운영할 수 있는 역량을 확보하고 있음을 보여준다고 자신합니다. 실제로 현대차와의 일체형 도어 프레임 개발 과정에서, 당초 6,000톤급 설비가 필요해 보였던 형상을 3,000톤대 설비에서 구현 가능하도록 재설계한 사례는 이러한 기술적 강점을 잘 입증합니다.

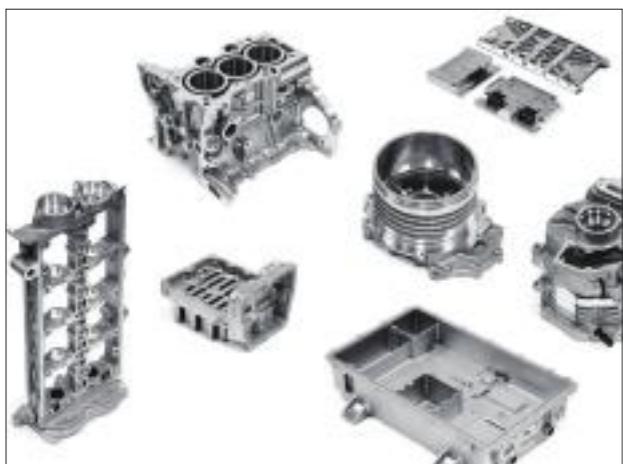
기존 프레스·용접 기반 BIW 대비 초대형 다이캐스팅은 내부 건전성 관리가 도전이지만, 설계·공정 최적화를 통해 부품 수와 접합부를 크게 줄일 수 있으며 치수 일관성, 구조 성능, 장기 신뢰성 측면에서

삼기의 핵심 제조 프로세스





삼기의 알루미늄 Melting Shop



내연기관부터 전기차까지 전 라인업을 커버하는 삼기의 알루미늄 주조 부품 포트폴리오

충분한 경쟁력을 갖출 수 있습니다. 삼기는 하중 경로와 충돌·강성에 민감한 구간의 응고·가압 조건을 강화 관리하고, 필요 시 이종재와 리브 보강을 적용해 구조 성능을 확보해왔습니다.

결국 초대형 다이캐스팅의 핵심은 설비 톤수 확장이 아니라, 특정 합금을 특정 금형·공정 조건 속에서 재현성 있게 구현하는 시스템화된 제조 역량입니다. 삼기는 이러한 전 영역에 걸친 통합 역량을 기반으로 대형 알루미늄 단일 구조물 제조 혁신을 지속하고 있습니다.

초대형 다이캐스팅 기술 트렌드와 삼기의 차별화 전략

Q. 테슬라 등 글로벌 OEM들이 초대형 다이캐스팅을 핵심 전략으로 채택하는 가운데, 초대형 다이캐스팅 기술 트렌드는 어디로 향하고 있으며, 이에 대응해 삼기가 준비하고 있는 차별화된 전략은 무엇인가요?

글로벌 초대형 다이캐스팅은 크게 세 가지 방향으로 전개되고 있습니다. 첫째, 언더바디를 중심으로 차체와 플랫폼 통합이 가속화되고

있습니다. 테슬라와 지리(Geely), BYD 등은 리어 언더바디 일체화로 부품 수와 용접 포인트를 크게 줄이며 경량·강성·원가 절감 효과를 입증했고, 차체를 소수의 대형 구조물로 구성하는 방식이 새로운 표준으로 자리 잡고 있습니다.

둘째, 경쟁의 초점이 설비 톤수 확대에서 공정·소재·ESG 중심의 2 단계 경쟁으로 이동하고 있습니다. 열처리 없이 사용 가능한 고신율 합금, 스크랩 기반의 품질 안정화, 저탄소 주조 기술, AI·디지털 기반 전체 셀 제어 등이 차세대 경쟁력으로 부상하고 있으며, BYD의 heat-treatment-free 합금 적용이 이를 보여줍니다.

셋째, '언더바디는 OEM 온파운드리, 주변 구조물은 티어 1'이라는 분업 구조가 형성되고 있습니다. 언더바디 단일 주조는 OEM 주도 영역으로 수렴하는 반면, 도어 프레임·서브프레임 등 주변 대형 구조물은 티어 1 기업에게 여전히 큰 시장 기회를 제공하고 있습니다. 이러한 변화 속에서 삼기가 준비 중인 핵심 경쟁력은 먼저, 톤수 경쟁이 아니라 '필요 톤수를 줄여주는 기술'입니다. 현대차와의 컴팩트 가압주조 기반 일체형 도어 인너 개발처럼 6,000톤급이 필요해 보이던 형상을 3,000톤대 설비로 구현하는 기술은 OEM에게 현실적이면서 매력적인 솔루션입니다.

여기에 더해, 삼기의 도어 인너·대시 카울 등 박죽 대형 부품의 단계적 확장 로드맵입니다. 언더바디 전체를 일시에 전환하기보다 개별 모듈을 순차적으로 확보하며 금형·냉각·사출 조건과 후공정 자동화를 패키지로 성숙시키는 전략입니다.

마지막으로, 주조-트리밍·검사까지 아우르는 제조 엔지니어링 역량입니다. 로봇·AI 기반 자동화, 게이트 자동 제거, MES 품질 데이터 관리 등 인하우스 엔지니어링 능력을 기반으로 단순 설비가 아니라 '라인 전체의 엔지니어링 콘셉트'까지 제안할 수 있는 점이 강점입니다.

결국 삼기는 '기가프레스 규모 경쟁'이 아니라, 초대형 다이캐스팅 시대에 어떤 구조물을 어떤 방식으로 구현해야 하는지 함께 설계하는 기술 파트너를 지향하고 있습니다.

Q. 초대형 다이캐스팅이 부품 수 감소와 공정 단축을 통해 원가·품질 혁신을 가능하게하는데, 삼기가 실제 프로젝트에서 확인한 개선 사례는 무엇이며, 이러한 경험이 OEM과의 협력 방식과 기술·품질 요구 수준에 어떤 변화를 가져오고 있는지 말씀해 주십시오.

초대형 다이캐스팅은 이미 여러 프로젝트를 통해 생산성·원가·품질 측면에서 정량적 효과가 실증된 기술입니다. 삼기는 일체형 도어 인너 프레임 개발에서 자체 알루미늄 합금과 컴팩트 가압주조 공정을 적용해 기존 강재 구조 대비 약 60% 수준의 경량화(19.5kg→6.7kg)

를 달성했고, 프레스·용접 공정을 단일 주조로 통합함으로써 공정 수와 설비 부담을 줄여 대당 두 자릿수(%) 수준의 원가 절감 가능성을 확인하였습니다.

또한 배터리 케이스 역시 냉각수로를 포함한 구조를 일체형 주조로 전환함으로써 상·하판 조립과 반복 리크 테스트(Leak Test)가 필요 없게 되고, 라인 길이·사이클타임·검사 공수 면에서도 의미 있는 개선 효과가 확인되었습니다. 후공정에서는 로봇 디버깅과 AI 비전 기반 자동화를 적용해 불량률과 공수를 줄였으며, 향후 주조-트리밍·교정·검사를 통합한 단일 제조 셀 구축으로 확장할 계획입니다.

이러한 실증 경험은 OEM과의 협력 구조도 변화시키고 있어, 과거 양산성 검토 중심의 역할에서 벗어나 기획·선행 개발 단계부터 일체형화 가능성, 두께·리브 설계, 금형·합금·공정·후공정 패키지까지 공동 설계하는 방식으로 확대되고 있습니다.

유동·응고 해석과 실제 공정 데이터를 기반으로 한 가상 공정 시뮬레이션을 통해 설계·검증 루프를 함께 운영하는 체계가 정착되고 있으며, OEM의 기술·품질 요구 수준도 주조압력 저감, 박죽 대형 구조물의 변형·기공 허용 범위, 배터리 케이스의 전식·열·전기 성능, 리크 제로 조건 등으로 더욱 정밀·고도화되고 있습니다. 나아가 재활용 스크랩 비율, 에너지 사용량, CO₂ 배출량 등 ESG 항목까지 개발 요구사항

에 포함되며 제조 전반의 최적화가 필요해지고 있습니다.

다시 종합하면, 삼기가 확보한 초대형 다이캐스팅 경험은 경량화·공정 통합·품질 일관성·원가 절감이라는 핵심 제조 혁신을 동시에 실현해 왔으며, 이를 기반으로 완성차와 초기 구조·공정을 함께 설계하는 개발 파트너로 역할을 확대하는 중요한 변화로 이어지고 있습니다.

지속 성장과 글로벌 확장을 향한

삼기의 로드맵

Q. 삼기는 다이캐스팅·파운드리를 넘어 정밀 부품, 모듈, 최종 조립까지 기술을 확장하고 있습니다. 향후 중장기 로드맵을 대형화·자동화·스마트팩토리·신소재·친환경 공정 측면에서 어떻게 구상하고 있는지 소개해 주십시오.

삼기는 중장기적으로 부품의 대형화, 공정의 고도화, 기술 범위의 모듈·시스템 확장, 그리고 이를 뒷받침할 신소재·친환경 공정 강화를 핵심 전략으로 삼고 있습니다. 현재 추진 중인 일체형 도어 인너, 대시 카울, 언더바디 자이언트캐스팅은 이러한 로드맵을 단계적으

리 삼기의 핵심 기술을 기반으로 정밀 가공·모듈·최종 조립까지 영역을 확장해,

‘대형 알루미늄 구조물·모듈 패키지 기업’으로 도약하는 것을

중장기 비전으로 삼고 있습니다.



로 실현하는 과정이며, 박육 대형 구조물에 컴팩트 가압주조와 초대형 다이캐스팅 개념을 안정적으로 적용한 뒤 레오캐스팅 기반 대형 다시 카울, 6,000톤급 언더바디로 확장하는 순차 전략을 운영하고 있습니다.

자동화·스마트팩토리 측면에서는 공정의 주도권을 작업자가 아닌 데이터·시스템이 갖도록 전환하고 있습니다. 삼기는 주조·트리밍·디버깅·교정·치수 측정·누설 검사를 단일 자동화 셀로 통합하는 실증을 이미 완료했으며, 이를 초대형 다이캐스팅 라인으로 확장해 금형 온도·사출·가압 조건·로봇·검사 결과를 MES·SCADA와 연동하는 '스마트 모듈형 주조 셀' 구축을 목표로 하고 있습니다.

신소재 분야에서는 초대형 다이캐스팅 성공의 핵심인 합금 설계·미세조작·공정 정합성을 확보하기 위해 고유동·고강도 합금, 고방열·고기밀 하우징용 합금 등 특수 용도 소재 개발을 병행하고 있습니다. 특히 배터리 관련 부품의 경우 열·전기적 성능과 기밀성을 동시에 충족해야 하므로 대학·연구기관·소재 기업과 협력해 소재·구조·공정을 통합 최적화하는 연구를 강화하고 있습니다.

친환경 공정 역시 핵심 측으로, 전기로·세라믹 전기 용해로 등 저탄



삼기 미국 공장 주조 라인(1,250~3,500톤)



삼기 미국 공장 전경

소 설비 확대와 스크랩 재활용 체계 고도화를 추진해 재생 알루미늄 사용 비율과 CO₂ 저감 효과를 정량적으로 제시할 수 있는 수준을 지향하고 있습니다. 삼기는 이러한 대형화·자동화·스마트팩토리·신소재·친환경 기술을 기반으로 다이캐스팅을 넘어 정밀 가공·모듈·최종 조립까지 공급 범위를 확장해, "대형 알루미늄 구조물·모듈을 패키지로 제안하는 기업"으로 자리매김하는 것을 중장기 비전으로 삼고 있습니다.

Q. 초대형 다이캐스팅은 고난도 전문 인력이 필요한 기술입니다. 삼기는 인재 확보, 기술 전승, R&D 문화 측면에서 어떤 전략을 추진하고 있는지 소개해 주십시오.

초대형 다이캐스팅은 설비 규모만으로 경쟁력이 확보되는 영역이 아니라, 이를 운영·해석·개선할 전문 인력의 역량이 결정적입니다. 삼기는 인재와 조직 문화를 핵심 축으로 삼아 베테랑의 경험과 젊은 엔지니어의 데이터 기반 사고를 결합하는 방향으로 전략을 설계하고 있습니다. 핵심 직군(R&D·생산기술·품질·자동화) 채용을 확대하고 산학협력·인턴십 등을 통해 주조·가공 분야 인재를 조기에 확보해 실전 프로젝트에 참여시키는 방식으로 성장 기반을 마련하고 있습니다.

기술 전승은 공정별 '사내 마스터' 지정, 시니어-주니어 혼합 팀 운영, 사출 속도·전환점·냉각 회로 설계 등 주요 의사결정의 원리를 해석·데이터와 함께 문서화해 기술 DB로 축적하는 방식으로 체계화하고 있습니다. 이는 단순 작업 지시가 아닌 원리 기반 학습을 가능하게 합니다.

삼기의 R&D 문화는 현장 중심의 실험형 개발과 협업 기반 개발을

초대형 다이캐스팅은 한국 자동차산업의 제조 패러다임을 바꾸는 전환점입니다.
삼기는 한국자동차연구원과 함께 시험·평가·기준·기술을 고도화하며
한국형 초대형 다이캐스팅 모델 구축에 적극 힘을 보태겠습니다.



지향합니다. 설계·해석·금형·주조·가공·품질·자동화가 하나의 프로젝트 팀으로 움직이며, 외부 연구기관·대학·장비 업체와 초기 단계부터 공동 개발을 수행해 해석·시주조·평가·가선을 빠르게 반복하는 개발 체계를 구축하고 있습니다. 학회·세미나·전시회 참여를 장려해 외부 기술 동향을 지속적으로 유입하는 개방형 R&D 문화도 적극 추진 중입니다.

궁극적으로 삼기는 '구성원이 바뀌어도 라인이 안정적으로 운영되는 회사'를 목표로, 베테랑의 경험을 데이터·표준·조직 자산으로 전환하고 젊은 엔지니어의 디지털 역량과 결합함으로써 초대형 다이캐스팅 시대에 필요한 지속가능한 인재·조직 역량을 강화해 나가고 있습니다.

Q. 글로벌 OEM의 다이캐스팅 전환이 빨라지는 가운데, 삼기는 해외 거점 구축과 공동 생산, 수주 확대 등 글로벌 전략을 어떻게 추진하고 계신지 소개해 주십시오.

삼기의 글로벌 전략은 '한국에서 기술과 레퍼런스를 확립하고, 고객이 있는 시장으로 확장한다'는 원칙을 중심에 두고 있습니다. 국내에서 언더바디, 도어 인너 프레임, 배터리 케이스 등 핵심 레퍼런스를 확보한 뒤, 이를 표준화된 모듈 형태로 패키지화해 해외 생산 거점으로 복제·확장하는 구조를 지향하고 있습니다.

삼기는 한국을 기술·생산 기반, 북미를 전략 핵심 시장으로 설정하고 있으며, 이미 앨라배마 법인을 통해 현대차 미국 공장에 주요 부품을 현지 생산·공급하고 있습니다. 향후 전기차 구동계 하우징과 배터리 케이스 등으로 제품군을 확대해 "한국에서 검증된 공법과 품질"을 동일 수준으로 제공하는 것이 목표입니다.

해외 확장 전략은 △국내 자이언트캐스팅 레퍼런스 확보 △북미·유럽 OEM과 공동 생산·동반 진출 모델 검토 △장기적으로는 초대형 캐스팅 셀을 턴키 패키지로 해외 거점에 적용하는 3단계 로드맵으로 추진되고 있습니다. 이 과정에서 삼기는 핵심 기술을 제공하고, OEM과 현지 파트너는 인력·부지·로컬 공급망을 맡는 역할 분담형 협업 모델을 선호하고 있습니다.

특히 컴팩트 가압주조 기반 일체형 구조 부품, 제로리크 배터리 하우징 등 삼기의 기술은 글로벌 OEM이 공통적으로 요구하는 품질·원가·신뢰성 과제와 직결되기 때문에, 국내 OEM과의 레퍼런스를

기반으로 북미·유럽 시장으로 제안 영역을 확대해 나갈 계획입니다.

Q. 끝으로, 초대형 다이캐스팅 시대를 맞아 한국 자동차산업, 한국자동차연구원, 그리고 <모빌리티 인사이트> 독자들에게 전하고 싶은 메시지가 있다면 부탁드립니다.

초대형 다이캐스팅은 단순히 새로운 공법의 등장에 그치지 않고, 한국 자동차산업이 제조 방식 전반을 재설계해야 하는 중요한 전환점이 되고 있습니다. 전기차, SDV, 플랫폼 경쟁이 동시에 심화되면서 차체 구조·소재 선택·공장 구성·단소·원가 전략까지 통합적으로 최적화해야 하는 과제가 주어졌습니다. 이는 도전적이지만 한국 산업이 강점을 발휘할 수 있는 영역이기도 합니다.

이 과정에서 한국자동차연구원과 같은 공공 연구기관의 역할은 매우 중요합니다. 삼기 역시 공동 연구를 통해 시험·평가 인프라, 안전·신뢰성 기준, 산업 방향성 등 공공 영역의 지원이 산업 생태계 전체의 경쟁력으로 이어질 수 있음을 확인했습니다. 앞으로도 한국형 초대형 다이캐스팅 모델 구축을 위해 적극 힘을 보태겠습니다.

독자 여러분께 말씀드리고 싶은 점은, 자동차의 디자인·소프트웨어·자율주행 기술이 주목받는 시대에도 결국 모든 가치를 지탱하는 기반은 '어떻게 제조되었는가'입니다. 부품 수 감소, 경량화, 단소·자원 저감 등 제조 혁신은 품질·안전·원가 경쟁력과 직결되며, 한국 산업이 글로벌 경쟁력을 유지하는 핵심 동력이라고 생각합니다.

삼기는 이러한 변화 속에서 소재·구조·공정·공장을 아우르는 해법을 지속적으로 탐구하며, 완성차·부품사·연구기관과 함께 한국의 제조 패러다임이 한 단계 더 도약할 수 있도록 책임 있는 파트너의 역할을 충실히 수행하겠습니다.

초대형 다이캐스팅은 한국 자동차산업에 새로운 제조 표준을 요구하고 있다. 삼기는 금형·공정·소재·자동화를 통합한 엔지니어링 역량을 기반으로, 산업 현장에서 그 해법을 만들어가고 있다. 대형 알루미늄 구조물 개발과 공정 혁신을 통해 측정한 경험은, 단순한 기술 대응을 넘어 한국형 초대형 다이캐스팅 생태계를 여는 기반이 되고 있다. 삼기는 앞으로도 완성차와 연구기관, 협력사와 함께 제조 패러다임의 진화를 실질적 성과로 이어가며, 새로운 자동차 시대의 경쟁력을 뒷받침하는 파트너가 되기 위해 최선을 다할 계획이다.

김
중
일

(주)오성테크 대표이사

다이캐스팅과 금형 기술은 지금 자동차 제조 패러다임의 전환 한가운데에 있다. 전기차 시대의 도래와 함께 차체 경량화, 통합 플랫폼, 초대형 주조 기술이 빠르게 확산되며 제조 방식이 근본적인 재편을 맞고 있는 것. 그 변화의 흐름 속에서 (주)오성테크는 단순한 금형 제작 기업이 아닌, 미래 차체 구조를 설계하는 '엔지니어링 파트너'로 자리매김하고 있다. 오성테크가 어떻게 국내 다이캐스팅 혁신의 중심에 서게 되었는지 그 기술 여정과 미래 비전을 들어보았다.

정밀 제어가 곤 품질, 우리는 미래 제조의 표준을 꿈꾼다!

오성테크의 성장 기반과 핵심 기술 경쟁력

Q. (주)오성테크의 연혁과 현재 경쟁력을 소개해 주십시오.

오성테크는 2003년 설립 이후 금형·다이캐스팅 분야의 정밀 기술을 꾸준히 축적하며 성장해온 기업입니다. “정밀 금형 기술이 곤 품질 경쟁력”이라는 창립 철학 아래 금형 설계와 제조 공정 혁신에 집중해 왔으며, 2009년 울산 R&D센터 설립을 통해 고압 다이캐스팅 해석, 열응력 제어, 진공 주조 시스템 등 핵심 기술을 내재화했습니다. 2014년에는 산업통상자원부로부터 ‘Root-Technology 전문기업’으로 지정되며 기술 중심 제조 기업으로서의 기반을 강화했습니다. 2018년 NET 신기술 인증을 획득하며 폭발 이종접합 기반 냉각 채널 구현 기술을 인정받았고, 2019년에는 ICT 기반 스마트 제조 시스템을 구축해 개발 리드타임 단축과 품질 데이터 실시간 관리가 가능한 통합 생산체계를 확보했습니다. 현재 시화공단 본사와 울산공장에서 약 500여 명의 임직원이 근무하며, 3,500~6,000톤급 대형 다이캐스팅 금형을 연간 약 70세트 수준으로 제작하고 있습니다. 핫스탬핑 금형 분야에서도 국내 선도적 기술력을 보유하고 있으며, 고온 성형과 냉각이 동시에 이루어지는 공정의 온도 균일화·정밀 냉각 채널 기술을 통해 품질과 금형 수명을 향상시켰습니다. 이를 기반으로 도어링, B필러, 서브프레임 등 고강도 차체 부품 설계·제조에서 글로벌 완성차 및 1차 협력사로부터 신뢰를 얻고 있습니다. 매출

은 2021년 107억 원에서 2024년 155억 원으로 성장했으며, 2025년에도 안정적 성장이 예상됩니다. 2023년부터는 Zinc Flake 기능성 금속 소재 생산을 시작하여 전기차 체결부품과 내식 코팅 시장까지 사업 영역을 확장했습니다. 이 소재는 탁월한 내식성과 친환경성으로 글로벌 환경 규제 대응에도 기여하고 있습니다.

오성테크는 투명경영과 고객 만족을 핵심 가치로 삼고 있으며, “신뢰받는 금형 제조기업, 기능성 금속 소재의 글로벌 리더”라는 비전을 향해 나아가고 있습니다. 다이캐스팅·핫스탬핑 금형에서 금속 소재 기술까지 이어지는 기술 역량을 기반으로 미래 자동차산업의 변화 속에서 지속적인 도약을 준비하고 있습니다.



경기도 시흥시 시화공단 오성테크 본사

Q. 창업 당시 국내 금형·주조 시장은 기술·설비·전문인력의 기반이 지금보다 훨씬 취약한 환경이었습니다. 대표님께서 오성테크를 설립하게 된 배경과, 당시 시장 속에서 느끼셨던 문제의식·기회·요인을 들려주실 수 있을까요?

2000년대 초반, 오성테크를 창립하던 당시 국내 다이캐스팅 금형·주조 산업은 지금처럼 체계적인 기술 기반이 갖춰져 있지 않았습니다. 설비와 인력, 기술 역량 모두가 이제 막 출발선에 선 수준이었지요. 유럽과 일본은 3차원 금형 설계·해석, 진공 다이캐스팅, 열응력 제어 등 첨단 기술을 이미 상용화하며 고정밀·고효율 제조로 나아가고 있었지만, 국내 산업은 여전히 2D 기반의 수작업 프로세스에 머물러 있었습니다. 정밀 냉각 시스템, 용탕 온도 제어, 자동화 가공라인 같은 핵심 인프라 역시 부족한 상황이었죠. 하지만 저는 그 '기술 격차' 속에서 오히려 큰 가능성을 발견했습니다. 당시 현대·기아자동차 엔진과 미션의 독자 모델 개발을 본격화하면서, 향후 자동차 산업의 흐름이 경량화로 전환될 것이 분명해 보였기 때문입니다. 그리고 그 변화의 중심에는 반드시 다이캐스팅 기술이 자리하게 될 것이라 확신했습니다. 금속을 단순히 '형태'로 만드는 수준을 넘어, 정밀하게 제어된 공정이 제품의 품질과 구조적 성능을 결정하는 핵심 기술이 될 것이라고 믿었습니다. 그래서 오성테크는 창립 초기부터 "국산 기술로 세계 수준의 주조 부품을 만들겠다"는 목표를 세웠습니다. 처음에는 모든 과정이 도전이었지만, 금형 설계부터 주조, 가공, 품질 관리까지 하나씩 기술을 내재화하며 우리만의 역량을 키워왔습니다. 그 과정에서 촉적된 경험과 노하우는 오늘날 오성테크 기술 철학의 근간이 되었고, 지금도 변함없이 "정밀 제어가 곧 품질 경쟁력"이라는 가치로 이어지고 있습니다.

Q. 오성테크는 비교적 이른 시기부터 다이캐스팅의 잠재력을 주목해 전문역량을 구축해 왔습니다. 국내에 '다이캐스팅' 개념이 아직 생소하던 초기부터 기술적 방향성을 잡아온 기준, 그리고 현재의 주조·가공 경쟁력을 이루기까지의 기술·사업적 여정을 설명해 주십시오.

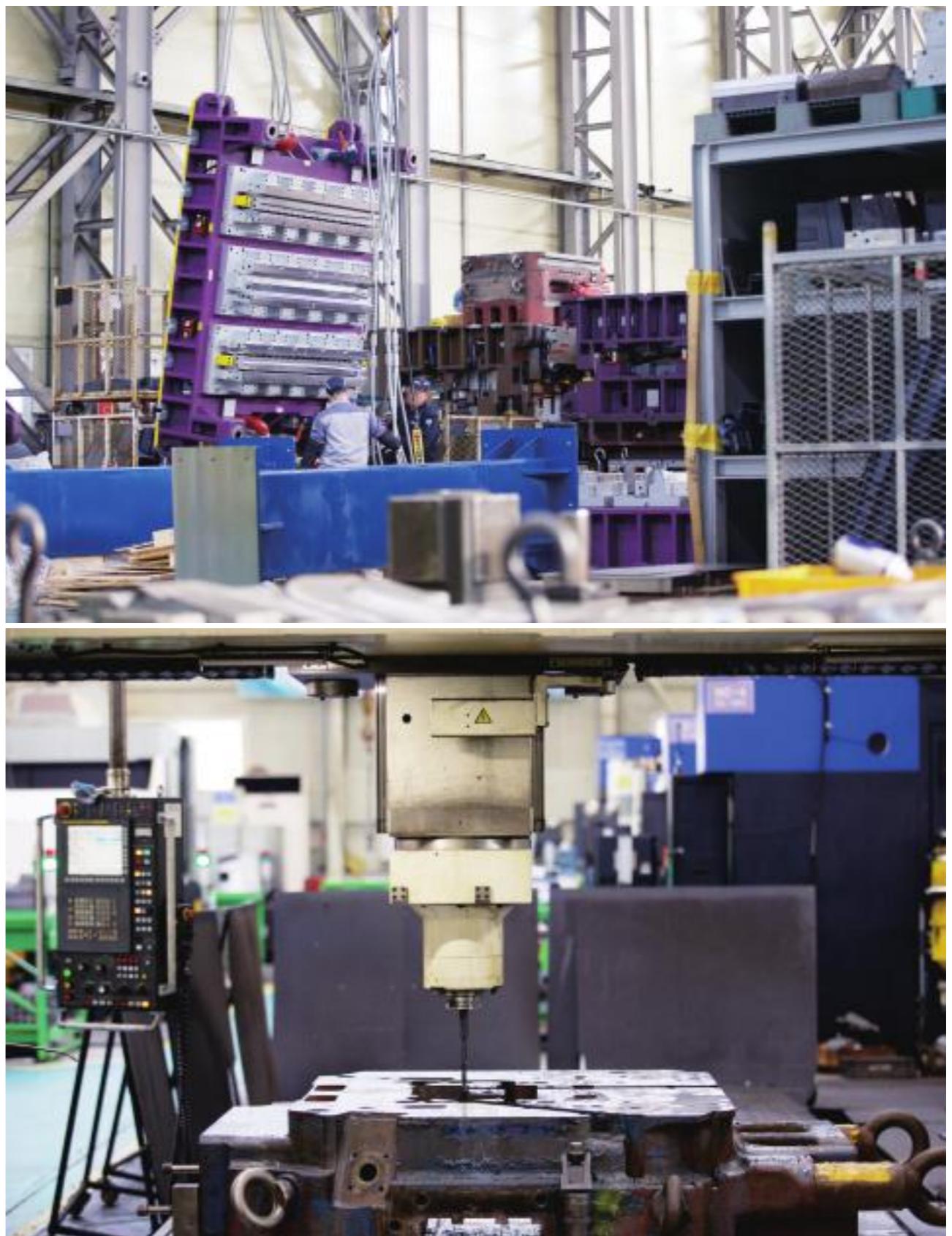
다이캐스팅은 단순히 알루미늄을 찍어내는 기술이 아니라, 소재·열·유동의 과학을 통합해 정밀 구조물을 구현하는 '종합 엔지니어링 기술'이라고 생각했습니다. 오성테크는 이 기술의 본질적인 가능성을 일찍이 주목했습니다. 국내 자동차 산업이 주로 프레스나 용접 기반 차체 제조에 집중하던 시기부터, 우리는 '금속의 흐름을 제어할 수 있어야 미래 구조 혁신이 가능하다'는 판단 아래 다이캐스팅 전문 기술 인프라를 단계적으로 구축해 왔습니다. 초기에는 공정 안정성과 치수 정밀도 확보를 최우선 과제로 두고, 금형 온도 제어, 금형 냉각 균일화·사출 압력 최적화 등 핵심 변수의 상관관계를 데이터 기

반으로 해석했습니다. 이후 촉적된 데이터를 토대로 독자적인 금형 설계 해석 기술과 열응력 시뮬레이션 시스템을 확보하면서, 복잡한 형상과 얇은 벽두께에서도 균열 없이 균일한 주조품을 생산할 수 있는 기반을 마련했어요. 가공 단계에서도 '주조와 절삭의 일체화'라는 관점에서 자동화 설비를 내재화했습니다. 단순한 금형의 틀을 공급한다는 생각이 아닌, 다이캐스팅-CNC-검사까지의 통합 공정을 구축하여 고객사에 바로 적용 가능한 완성 부품을 제공하는 체계를 완성했습니다. 이 과정에서 오성테크는 고정밀 금형 제작 역량, 유동 해석 기반 설계 기술, 그리고 스마트공장을 구축해 삼축으로 한 차별화된 경쟁력을 형성했습니다. 오늘날 당사는 이러한 기반 위에 9,000톤급 초대형 다이캐스팅 금형 제작과 일체형 전기차 부품 생산 기술까지 확장하며, 단순한 제조업이 아닌 자동차 시장에 '미래 차체 구조 혁신의 엔지니어링 파트너'로 자리매김하고 있습니다. 우리가 추구한 방향은 일관됩니다. 기술을 '따라가는' 것이 아니라, 산업의 변화를 '예측하고 선도하는' 것입니다. 그 철학이 지금의 오성테크를 만들었다고 자신 있게 말씀드릴 수 있습니다.

**초대형 다이캐스팅 시대,
기술 난제와 오성테크의 해법**

Q. 대표님께서 바라보는 초대형 다이캐스팅 기술의 본질적 의미와, 향후 시장 수요·산업 구조 측면에서의 중요성을 어떻게 전망하시는지 궁금합니다.

초대형 다이캐스팅은 단순히 대형 부품을 한 번에 찍어내는 기술을 넘어, 자동차 제조 공정의 패러다임 자체를 바꾸는 핵심 기술입니다. 기존 다이캐스팅이 부품 단위의 경량화와 생산성 향상에 초점을 맞췄다면 초대형 다이캐스팅은 차량 플랫폼 전체의 구조를 최적화하는 방식으로 진화한 기술입니다. 즉, 수십 개의 소형 부품을 프레스·용접·조립하던 기존 공정에서 벗어나 한 번의 주조로 일체형 구조를 구현함으로써 차체 강성 향상, 용접 공정 축소, 품질 편차 감소를 동시에 달성할 수 있습니다. 여기서 기술의 본질은 단순히 톤수를 키우는 데 있지 않습니다. 핵심은 고정도 용탕의 유동 제어와 응고 해석, 열응력·뒤틀림 예측, 초대형 금형의 열 균형 유지 같은 정밀 제어 기술입니다. 오성테크는 이미 9,000톤급 초대형 금형 제작 및 운영 역량을 확보하고 있으며, 금형 설계 단계에서부터 '유동 해석(Flow Simulation)'과 '열응력 예측(Stress Analysis)'을 통합 적용해 실제 주조 과정에서 발생할 수 있는 균열·기공 등 품질 문제를 최소화하는 솔루션을 구축했습니다. 특히 일체형 셀 프레임(Cell Frame) 등 전기차 핵심 차체 부품에 대해 최적 냉각·온조 채널 설계, 금형 내 이종접



합 기술, 유동 해석 기반 공기압 해소 기술, 고진공 충전 시스템 구현 등을 자체 기술력으로 확보하며 초대형 다이캐스팅 공정의 완성도를 높이고 있습니다. 앞으로 전기차 전용 플랫폼 확산, 배터리 통합 구조(BIS), 모듈러 차체 설계가 확대되면서 초대형 다이캐스팅 시장은 더욱 빠르게 성장할 전망입니다. 글로벌 OEM들이 생산 효율 + 탄소중립 목표를 동시에 충족하기 위해 초대형 다이캐스팅 전환을 서두르고 있는 만큼, 대형 금형 및 열·유동 해석 능력을 갖춘 기업만이 차세대 공급망의 핵심 파트너가 될 것입니다.

Q. 금형 설계→제작→샘플 주조→품질 검증→양산 승인으로

이어지는 전체 제조 밸류체인이 오성테크의 핵심 자산입니다. 귀사가 확보한 공정 기술·설계 역량, 생산 처리 능력(tonnage·cycle time·생산능력 등)을 중심으로 오성테크만의 강점을 설명해 주십시오.

오성테크의 가장 큰 경쟁력은 금형 설계부터 양산 승인까지 전 과정을 하나의 밸류체인으로 통합 관리하는 기술 체계에 있습니다. 당사는 초기 설계 단계에서부터 OEM과 긴밀히 협력하며, 제품의 기능 요구사항과 생산 조건을 동시에 고려한 최적의 금형·주조 솔루션을 제시합니다. 설계 단계에서는 제품의 중량, 투영면적, 체적 등 주요 데이터를 기반으로 주조 이론식을 적용해 최적 사출 압력, 게이트·런너·오버플로 구조를 정밀하게 산출합니다. 이를 통해 개발 초기부터 주조 안정성을 확보하고 불필요한 시행착오를 최소화합니다. 또한 MAGMA 기반의 3D 유동·열 시뮬레이션을 활용해 용탕 흐름, 응고 거동, 금형 온도 분포 등을 정밀 분석함으로써 금형 내구성과 제품 품질을 사전에 검증합니다. 제작 단계에서는 이러한 해석 결과를

금형 구조 설계에 직접 반영해 수명과 생산성을 동시에 높인 고정밀 금형을 구현합니다. 조립 공정의 정류화로 제작 기간을 단축하고, 샘플 주조 이후에는 실시간 품질 데이터를 기반으로 성형 조건을 미세 조정하며 사이클 타임 단축과 톤수 효율 최적화를 실현합니다. 결국 오성테크의 진정한 차별점은 단순히 금형을 제작하는 데 그치지 않고, 설계·해석·주조·가공·검증·양산 승인까지 모든 공정을 하나의 통합 시스템으로 연결해 완결적으로 수행한다는 점입니다. 이 체계적 엔지니어링 시스템 덕분에 오성테크는 고객이 요구하는 고품질 제품을 짧은 리드타임 내에, 일관된 품질로 양산까지 책임지는 독보적인 경쟁력을 보유한 기업으로 자리매김하고 있습니다.

Q. 다이캐스팅은 금형 구조 설계, 냉각·사출 조건, 소재 유동성, 잔류응력 제어 등 복합 기술이 요구되는 공정입니다. 오성테크가 해결해온 대표적인 기술 난제나, 제품 경쟁력을 끌어올린 R&D 혁신 사례가 있다면 구체적으로 소개해 주십시오.

오성테크는 지난 2023년, 기존 저압주조의 한계를 넘어서는 C.P.C (Controlled Pressure Casting) 공법 기반의 일체형 서브프레임 금형 개발에 성공했습니다. 기존 공정은 좌우(LH/RH) 제품을 별도의 캐비티(Cavity)에서 생산하는 구조로, 생산 효율이 낮고 제품 내부에 기포(Blow Hole)가 빈번히 발생해 품질 안정성이 떨어지는 문제 가 있었습니다. 이를 해결하기 위해 오성테크는 OEM 요구에 따라 양측 캐비티를 하나의 1Cavity 구조로 통합하고, 주조 압력을 정밀하게 제어할 수 있는 차압주조(C.P.C) 방식을 도입했습니다. 그 결과 제품 내부 기공 결함을 근본적으로 줄이고, 주조 사이클 단축에 따른 생산 효율 향상을 동시에 달성했습니다.



C.P.C 공법의 기술적 핵심은 금형 온도 350°C 환경에서 용탕이 균일하게 충진되도록 제어하는 것입니다. 그러나 일반 다이캐스팅 금형(약 150°C)에 비해 200°C 이상 높은 열 조건에서는 금형 변형과 형합 불량이 쉽게 발생합니다. 기존 방식처럼 고온 상태에서 수작업으로 맞춤 조정을 반복해야 하는 부담도 커집니다. 오성테크는 이러한 한계를 해결하기 위해 MAGMA 기반 3D 열·구조 해석을 적용했습니다. 금형이 350°C에 도달했을 때의 변형량을 정확히 분석하고, 이를 토대로 형합면 사전 가변설계(Adaptive Mating Design)를 수행했습니다. 해석 데이터를 반영해 NC 가공을 진행한 결과, 냉간 상태에서는 형합이 되지 않지만 실제 주조 온도에서는 약 80%의 형합이 구현되는 정밀 금형 제작에 성공했습니다.

이 기술적 성과는 현장 수작업 조정 최소화, 금형 안정성 향상, 제품 품질의 균일성 확보, 주조 불량률 대폭 감소라는 실질적 개선으로 이어졌습니다. 오성테크의 이번 성과는 차압주조 공정의 한계를 극복한 선도적 사례로 평가되며, 향후 고강도·경량 알루미늄 부품의 일체형 구조 설계 기술로 확장될 가능성 또한 매우 높습니다.

대형화·스마트팩토리·신소재·글로벌 확장으로 준비하는 오성테크의 미래

Q. 국내·글로벌 금형 및 다이캐스팅 업체와 비교했을 때, 오성테크가 가진 차별화 포인트(설계 기술, 품질 시스템, 금형 수명 관리, 납기 대응, 특화 소재·합금 기술 등)는 무엇이며, 최근 OEM·Tier 1 고객이 요구하는 기술·품질 기준은 어떻게 변화하고 있습니까?

오성테크의 가장 큰 강점은 설계부터 해석, 금형 제작, 양산 대응 까지 모든 과정을 하나의 체계로 통합한 'Full Process Engineering' 시스템에 있습니다. 국내 많은 금형 업체들이 제작 단계에만 집중

하는 것과 달리, 오성테크는 제품 개발 초기부터 직접 관여하며 OEM·Tier 1 고객의 개발 리스크를 실질적으로 줄이고 있습니다.

이를 위해 사전 설계 검토는 물론, Moldflow 기반의 유동 해석을 통해 게이트와 런너의 최적 위치를 설계하고, 냉각 회로를 최적화한 열균형 시스템을 구축합니다. 또한 금형에 사용될 소재와 합금 조건을 분석해 성형성을 예측함으로써, 설계 단계에서부터 공정 안정성을 확보하는 프로세스를 운영하고 있습니다.

최근 2~3년간 OEM·Tier 1 고객의 요구는 더욱 명확하게 변화하고 있습니다. 먼저, 전기차 확산으로 서스펜션과 프레임류에서 내부 기공을 최소화해야 하는 수요가 증가하면서 고진공 다이캐스팅 기술에 대한 요구가 빠르게 높아지고 있습니다. 이는 진공도 향상, 내부 결함 저감, 용접·열처리가 가능한 소재 기술과 직결되어 있어 고도화된 금형 설계 능력이 필요합니다.

동시에 Giga Press로 대표되는 부품 대형화·일체화 흐름이 강화되면서, 2,500~4,000톤 이상의 대형 금형과 박육·고강성 구조 설계를 수용할 수 있는 기술적 대응 역량이 무엇보다 중요해졌습니다. 특히 OEM들은 개발 초기 단계에서부터 금형 제작자의 검증을 요구하는 경우가 크게 늘고 있습니다.

단순 제작이 아닌 "설계를 역으로 검토해 달라"는 요청이 많아지면서, 오성테크는 설계·변경과 공정 안정화, 금형 수명 확보까지 아우르는 통합 피드백 체계를 제공하며 차별화된 경쟁력을 보여주고 있습니다. 여기에 더해 회사가 보유한 이종접합 기술은 금형 내 용탕 접촉부의 열균일성을 향상시키고 침식을 줄여 금형 수명과 생산성을 높이는 데 중요한 역할을 하고 있습니다.

결국 오성테크의 진정한 경쟁력은 단순히 금형을 잘 만드는 데 있는 것이 아니라, 설계·해석·제작·양산 대응을 하나의 엔지니어링 프로세스로 완결하는 능력에 있습니다. 금형 수명, 품질 안정성, 양산성 개선을 중심으로 한 이 통합 기술 체계는 국내뿐 아니라 글로벌 경쟁사 대비 확실한 차별화를 만들어내는 핵심 기반이 되고 있습니다.

Q. 금형 인도 후 양산 단계에서의 사후관리(점검·보수·리페어·금형 수명관리 등)는 OEM과 Tier 1이 매우 중요하게 여기는 요소입니다. 오성테크의 사후관리 체계와 글로벌 고객 대응 프로세스를 설명해 주십시오. 또한 품질·공정 관련 보유 인증과 주요 인증 이력도 함께 소개해 주시면 감사하겠습니다.

오성테크는 제조 경쟁력 강화를 위해 체계적인 인증과 품질 관리 시스템을 구축해 운영하고 있습니다. 먼저 'ISO 9001(품질경영시스템)'을 기반으로 전사적인 품질 관리 체계를 유지하고 있으며, 공정 및 제품 검증 단계에서는 '3D 측정기(CMM)'와 레이저 스캐너를 활용해 정밀 치수 데이터를 확보합니다. 더불어 Moldflow 유동 해석과 열 해석을 적용해 초기 단계에서부터 품질을 예측하고 리스크를 사전에 제거하고 있습니다.

특히 금형 품질의 핵심인 'NC 가공 정밀도 확보를 위해 독일 줄러(ZOLLER)사의 고정밀 레도메틱(공구 프리셋팅 장비)'을 도입해 운영하고 있습니다. 이 장비는 공구의 길이, 직경, 편심 등 주요 치수를

고정밀로 측정한 뒤 해당 데이터를 CNC 장비로 직접 전송하는 자동화 시스템을 갖추고 있어, 휴먼에러를 최소화하고 가공 치수의 일관성과 정확도를 크게 향상시키는 데 중요한 역할을 합니다. 이러한 시스템 덕분에 복잡한 다이캐스팅 금형에서도 고난도 미세 가공 품질과 반복정밀도를 안정적으로 확보하며, 고객이 요구하는 고내구·고품질 금형을 지속적으로 제공하고 있습니다. 또한 오성테크는 고객사의 품질 기준서를 철저히 준수하고 있으며, 체계적인 문서화와 검증 대응을 통해 OEM·Tier 1 고객 요구에 신속하고 정확하게 대응 할 수 있는 관리 체계를 유지하고 있습니다.

Q. 친환경차·전기차·경량화 시장의 확대는 다이캐스팅 기술의 역할을 더욱 확장시키고 있습니다. 오성테크가 향후 5년을 바라보며 설정한 기술적·사업적 성장 목표, 중장기 로드맵(대형화 대응, 자동화·스마트팩토리, 신소재·친환경 공정, 글로벌 진출 등)을 말씀해 주십시오.

“
오성테크는 친환경차·전기차 시장 확대에 대응하기 위해 향후 5년간 금형 대형화, 공정 디지털화, 신소재·신공법 개발, 글로벌 경쟁력 강화를 핵심 축으로 한 중장기 로드맵을 추진하고 있습니다.”

“
“



오성테크는 친환경차·전기차 시장 확대에 대응하기 위해 향후 5년간 금형 대형화, 공정 디지털화, 신소재·신공법 개발, 글로벌 경쟁력 강화를 핵심 축으로 한 중장기 로드맵을 추진하고 있습니다. 우선, 초대형 금형 제작 능력 확보를 위해 수평보링 M/C 등 대형 설비 투자를 단계적으로 진행하고 있습니다. 이를 통해 외주 의존도를 낮추고 내부 생산력을 강화하여 금형 납기 단축과 원가 경쟁력 확보를 실현할 계획입니다. 둘째, 울산 공장 부지에는 초대형 다이캐스팅 전용 금형·조립 전문 공장 설립을 준비하고 있습니다. 금형 시장의 확장 흐름에 맞춰, 사이클 타임 단축이 핵심인 초대형 다이캐스팅 금형에 3D 인서트 냉각 시스템과 이종접합 기반 신기술을 적용한 상품화를 목표로 개발을 진행 중입니다. 셋째, 금형 제작 공정의 고도화를 위해 AI 기반 디지털 제조 시스템을 구축하고 있습니다. 공구 관리, 가공조건 최적화, 품질 예측 등 금형 제작 전 과정을 데이터화해 2030년까지 '스마트 금형공장'의 완전 구현을 목표로 하고 있습니다. 넷째, 일본·중국 등 해외 파트너사와의 기술 협업을 강화하고, 글로벌 고객 대응 체계를 확대함으로써 500만 불 수출 및 2030년 매출 200억 원 달성을 중장기 목표로 설정하고 있습니다. 또한 오성테크는 금형뿐 아니라 기능성 소재 사업 확장도 병행하고 있습니다. 현재 생산 중인 세 가지 Zinc Flake(아연 플레이크)를 기반

으로, 중방식용 코팅 페인트에 적용 가능한 신규 Flake 소재를 자체 개발하여 연간 300톤 판매를 목표로 하고 있습니다. 이를 통해 금형과 소재 기술을 아우르는 글로벌 기능성 소재 전문기업으로 성장하기 위한 포트폴리오를 구축하고 있습니다. 오성테크는 금형 대형화, 신기술 기반 공정 혁신, 스마트팩토리 구축, 신소재 사업 확장을 종합적으로 추진하며 전기차·경량화 시대에 필요한 글로벌 경쟁력을 지속적으로 강화해 나갈 예정입니다.

오성테크는 지난 20여 년간 금형 기술의 기반을 다지며 국내 제조 혁신을 이끌어 왔다. 초대형 다이캐스팅과 핫스탬핑, 기능성 소재로 확장된 기술력은 전기차 시대의 경쟁력을 뒷받침하는 핵심 자산이다. 설계·해석·제작·양산을 통합한 엔지니어링 역량으로 고객이 신뢰하는 기술 파트너로서의 지위를 더욱 강화하고, 축적된 제조 노하우에 공정 효율화와 품질 안정화를 목표로 한 내부 혁신 활동으로 기업의 경쟁력을 키우는 곳. “정밀 제어가 곧 품질 경쟁력”이라는 철학을 지켜온 오성테크는 앞으로도 책임 있는 제조문화를 바탕으로 글로벌 시장에서의 도약을 이어갈 것이다. 오성테크의 다음 10년이 기대되는 이유가 바로 여기에 있다.

[

]

트렌드에 역행하는 기업, Slate Auto

임현진·이호중 한국자동차연구원 산업조사실 책임연구원



KATECH Insight

- 美 Slate Auto는 부가 기능을 최소화한 전기 픽업트럭을 2만 달러 중반대에 출시할 예정이며, 그 배경에는 저비용 구조, 모듈러 설계, 개인화 가능성을 활용한 수익 창출 전략이 자리함
- 시장 여건을 종합해 볼 때 Slate Auto의 목표 달성을 여부는 다소 불투명하나, 이 기업이 시사하는 실용적 소비와 맞춤형 제조 트렌드의 도래 가능성, 차 업계가 처한 현실적 고민은 주목할 부분임

[

美 스타트업 Slate Auto는 실용성과 합리적 가격을 표방한 전기 픽업트럭 출시를 예고

- 첨단 기능 경쟁에 집중하는 기존 완성차 업계와 달리, Slate Auto는 최소 기능과 모듈형 구조를 앞세운 컴팩트 전기 픽업트럭을 2만 달러 중반대 가격으로 '26년 미국 시장에 출시할 예정
 - Slate Auto가 출시 예정인 BEV 픽업트럭인 Slate(가칭)는 고가의 인포테인먼트 시스템 등을 제외하고 일상적 범위를 주행할 수 있는 고전압 배터리와 필수적인 운전자보조시스템(ADAS)만을 장착
 - 일종의 베어본(barebone)인 기본 모델에는 대형 터치스크린이나 내장 오디오, 파워 윈도우 등이 장착되지 않으며, 구동 배터리는 SK On 생산의 52.7kWh로 EPA 기준 약 150mi(241km)를 주행 가능(※ 84.3kWh 선택 가능)
 - 또 다른 특징은 모듈형 설계로, 기본형은 2도어 2인승 픽업트럭이지만 바디 킷*을 활용해 5인승 SUV로 변형하거나 목적에 따라 다양한 액세서리를 장착할 수 있도록 설계됨
 - * 이 차량은 볼트 온 패널 방식으로 바디킷을 부착할 수 있어 SUV, Open Air, Cargo 등으로 손쉽게 개조 가능

- 아직 양산 단계에 이르지 않았지만, PBV(목적 기반 차량)와 같은 실용적 콘셉트와 합리적 가격을 갖춘 전기 픽업트럭이라는 특장점이 미국에서 상당한 주목을 받고 있음
 - '22년 회사 설립 이후 Amazon의 Jeff Bezos 외 유력 펀드사가 투자에 참여했다는 사실이 알려지고, 차량 공개 직후 온라인에서 다양한 차량 개조 아이디어가 공유되면서 10만 건 이상의 구매 예약이 누적
 - CEO인 Barman에 의하면 “실용성과 가격 대비 성능을 중시하는 평범한 미국인, 생애 첫차 구매자, EV에 관심이 있으나 복잡성을 두려워하는 시니어층 등”이 Slate에 많은 관심을 보이는 것으로 분석됨

Slate Auto 픽업트럭의 기본 형상(左), SUV 바디킷을 적용한 모습(中), 실내(右)



(제원) 전장 4.43m x 전폭 1.79m x 전고 1.76m, 최대 적재량 약 635kg, 최대 출력 150kW, 배터리 52.7kWh

저비용 구조로 잠재 수요를 공략하고 판매 이후에도 하드웨어 수익을 창출하는 것이 전략

- (시장 전략) 중·대형 픽업트럭이 주류인 미국에서 틈새 시장인 컴팩트 픽업트럭 부문에 집중하되, 신차 가격 상승세에 역행하는 가격 책정, 'Made in USA' 강조로 수요층 확대를 도모
 - 최근 미국에서 풀 사이즈 SUV·픽업트럭에 대한 소비자 선호도 감소세가 나타나고 있음에도, 전기 픽업트럭은 모두 6,000lb 이상의 중·대형급이며 소형 전기 픽업트럭 선택지는 전무한 상태
 - 이는 고가 모델로 수익성을 추구하는 완성차사의 전략과 BEV 저비용화의 어려움이 맞물린 결과로, Slate Auto의 시도는 여타 기업이 경시한 세그먼트에서 공급·수요 간극을 메우고자 하는 것
 - 한편 Slate Auto는 미국 내 설계와 생산을 강조하며 자동차산업 부흥이라는 사회적 담론에 호응해 자국산 차량을 선호하는 보수적 픽업트럭 소비층을 흡수하는 전략을 채택

- (제품 전략) 단일 모델·파워트레인을 기반으로 생산 공정을 단순화해 저비용 구조를 달성하고, 모듈러 설계로 사후 하드웨어 업데이트·개인화 가능성을 열어 수익원(revenue stream)을 확대

- Slate는 단일 파워트레인의 픽업트럭 1개 모델만 생산하는데, 차량 바디(structural body)에는 페인트 대신 전기 코팅만 적용하고, 외부에는 스텁핑·용접·도장 공정을 생략한 폴리프로필렌 패널을 장착
- 이처럼 극도로 단순한 설계·생산 방식은 초기 투자 및 공정 비용을 절감하고, 차량 형상 변경을 위한 바디킷 장착을 용이하게 하여 추가 개발 없이 차량 라인업을 확대하는 효과가 있음
- 소비자는 구매 이후 DIY(Do It Yourself) 방식으로 색상을 입히거나 부품을 신규 장착할 수 있는데, 이는 Slate Auto가 추가 수익을 창출하고 제품에 대한 고객 몰입 및 열성 지지층 확보를 가능케 함
- * Slate Auto는 온라인 플랫폼인 'Slate University'를 통해 고객들이 DIY 지식을 배우고 경험을 공유하도록 할 계획

비용 절감 및 가치 창출의 관점에서 본 Slate Auto의 전략

구분	설계	생산	판매 ~ 판매 이후
비용 절감	단일 차종, 단일 파워트레인 설계로 초기 투자비용 절감	외부 패널에 복잡한 스텁핑 프레스, 용접, 도장 공정 생략	온라인 직판 방식으로 딜러 인센티브 등 추가 비용 제거
가치 창출	모듈러 설계로 픽업/SUV/카고 등 차량 라인업을 단기에 확보	미국 내 설계·생산을 강조하여 보수적인 픽업트럭 소비자 흡수	개인화를 위한 DIY 액세서리 판매로 수익원 및 열성 고객 확대

보조금 정책 변화, 레거시 기업의 시장 진입, 양산 경험 부족 등은 Slate Auto에 큰 도전

- 美 연방 IRA 세액 공제(tax credit) 일몰로 실 구매가가 상승할 경우 전략적 이점이 약화되며, 그에 따라 Slate Auto는 향후 심화될 경쟁 속에서 고객 확보가 어려울 수 있음

- Slate Auto는 대당 최대 7,500 달러의 IRA 전기차 세액 공제를 통해 2만 달러 이하의 실구매가 달성을 목표로 했으나 '25.9월 제도 종료가 확정되면서 내연기관·HEV 모델과의 경쟁이 불가피
- * 선택 사양 및 액세서리 비용을 고려하면 Ford Maverick 등 동급 모델 대비 상품성 우위 확보 가능성이 제한적
- 최근 20억 달러를 투자하여 '27년부터 중소형 전기 픽업트럭 등 저렴한 전기차 생산을 공언한 Ford, Slate와 동급의 내연기관 픽업트럭 시장에 진입할 Toyota도 잠재적인 경쟁 상대로 부상
- * 이를 기업은 타 전기차 모델과의 플랫폼 공유화(Ford), 미국 외 시장에서의 판매 가능성(Toyota)을 활용하여 Slate Auto 대비 규모의 경제 달성이 용이하므로 보다 공격적인 가격 책정에 나설 여지가 있음

- 그간 미국 주요 전기차 스타트업 다수가 개발·양산·수익화로 이어지는 '죽음의 계곡'을 극복하지 못했다는 경험적 사실은 Slate Auto의 미래에 놓인 또 다른 부담 요인

- Slate Auto는 지금 조달, 시설 확보, 시제품 제작에서 여타 스타트업 대비 빠른 행보를 보여왔으나, 향후에도 여타 스타트업이 겪은 기술·경영상 난관에서 자유로울 것이라는 보장은 없음
- 특히 언론에서 언급된 '27년 이후 연산 15만 대 목표 달성을 양산 체제의 안정적 작동을 전제로 하나, 공급망 관리의 제약과 제한된 미국 전기차 시장 규모를 감안할 때 상당히 도전적인 과제로 평가됨
- * 현재까지 생존한 미국 전기차 스타트업 중 유일하게 흑자 전환한 Rivian도 '24년 생산량이 약 5만 대에 불과함

그럼에도, 실용성 중심 소비와 맞춤형 대량 제조라는 새로운 트렌드를 여는 의미가 있음

- 글로벌 경제 환경 변화 및 인플레이션 등으로 미국 내 차량 구매 심리가 위축되고 있는 가운데, 향후 美 자동차 시장에서 실용성(practicality)의 가치가 부각될 가능성이 있음

* 미국 차량 구매 의사 지수(VPI index, Deloitte): '22년 90.7 → '23년 83.4 → '24년 81.2 → '25.1~6월 81.1

- 공급망 재편, 금리 상승, 차량 안전·편의 기능 강화 등으로 미국 내 차량 구매·운용 부담이 커지면서 경제적 압박을 받는 소비자들은 본질에 충실하면서도 합리적 가격을 갖춘 제품에 주목하는 중

* 일례로 최근 한 조사에 따르면 신차 구매 예산이 3.5만 달러 미만인 소비자는 ADAS, HUD(헤드업 디스플레이), 디지털 클러스터, 고급 인테리어 등 고가 편의 기능에 상대적으로 낮은 관심을 보임(AutoPacific FADS)

- 한동안 미국 자동차 시장은 '더 많이, 더 크게'의 풍요(affluence) 지향을 보여왔으나, 사회적 불확실성이 지속되면 Slate Auto가 주창하는 실용성이 향후 車 구매 트렌드의 중심으로 부상할 가능성이 있음

- 자동차의 맞춤형 대량 제조(mass-customization)가 기술적으로 성숙한 가운데, Slate Auto는 기업이 소비자 요구사항을 어떻게 파악하고 활용할지를 보여주는 하나의 길잡이가 될 수 있음

- 차량 공용 플랫폼, 디지털 트윈 기반 모델링·시뮬레이션(M&S), 로보틱스 발전 등 맞춤형 대량 제조의 공급 여건은 성숙하였으나, 기업이 개별 고객의 구체적 수요를 파악하는 수단은 여전히 제한적

- Slate Auto는 생산·개조 과정에 고객을 참여시키고, 커뮤니티로 아이디어를 수렴하며, 외부(third party) 기업의 부품 생태계 유입을 촉진함으로써 맞춤형 대량 제조 트렌드의 도래를 위한 사업 모델을 제시

Slate Auto의 도전은 오늘날 자동차 업계가 공유하는 현실적 고민을 상징하고 있기도 함

- SDV 등 소프트웨어의 중요성이 강조되는 자동차산업 전환기에서, 완성차 업계는 소프트웨어 기반의 소비자 니즈 발굴과 실질적인 수익화에 어려움을 겪고 있음

- 자동차의 소프트웨어화는 연구개발, 기능 최신화, 서비스 확장 등을 위한 폭넓은 투자를 수반하지만, 단기적 관점에서 소프트웨어 기반의 수익 창출 기회가 제한적이라는 점이 업계의 고충(pain point)

* 예컨대 Stellantis 그룹은 지난 '21.12월 소프트웨어·전동화에 300억 유로 투자를 선언하며 '26년 한 해 SDV 관련 약 40억 유로의 신규 가치가 창출될 것으로 예상했으나 현재까지도 수익 모델이 부진하다는 평가가 있음

- 고도화된 소프트웨어 구동에 필요한 차량 내장 하드웨어의 진부화 해결, 탑승자의 휴대용 디바이스가 아닌 '자동차'를 통해서만 제공할 수 있는 차별화된 기능·경험의 발굴은 또 다른 과제

* Slate Auto의 CEO는 "복잡한 인포테인먼트 시스템이 가격 상승, 진부화, 잊은 고장의 원인이다"라고 지적

- Slate Auto는 소프트웨어보다 하드웨어, 복잡함보다 단순함, 압도적 기능보다 친숙함을 내세워 주류 트렌드에 역행함으로써 오늘날 자동차 업계의 고민에 대한 돌파구를 제시한 사례임



중국 자동차산업의 역설, 내권(內卷)

김한솔 한국자동차연구원 산업조사실 선임연구원

KATECH Insight

- 중국 자동차산업은 신에너지차(NEV) 중심 육성 정책을 바탕으로 괄목할 성과를 보여왔으나, 최근 공급-수요 불균형에 따른 과잉 경쟁이 수익성 악화로 이어지며 '내권(內卷)' 현상에 직면
- 중국 정부는 시장 메커니즘과 업계 질서 확보에 초점을 둔 반(反)내권 정책을 제시하고 있는데, 자동차산업을 둘러싼 상황을 고려하면 내권 해소는 장기화될 여지도 있음

중국은 세계 최대 자동차 시장으로 부상했지만, 내권(內卷)이라는 역설적인 상황에 직면

- 중국 자동차산업은 2024년 생산량 3,000만 대를 돌파하며 17년 연속 세계 1위를 유지하였으며, 특히 전기차 (BEV+PHEV) 생산량에서 전 세계 3분의 2를 점유하는 등 괄목할 성과를 보이고 있음
- 그러나 외형적 성장의 이면에서 과잉 투자와 출혈 경쟁에 따른 '내권' 현상이 부각되고 있음
 - 내권(內卷, involution)은 직역하면 '안으로 말려 들어간다'는 뜻으로, 참여자들이 경쟁적으로 노력하더라도, 구조적 요인으로 인해 산업 전반의 질적 향상이 이루어지지 않는 비합리적 상태를 의미

내권은 ①보조금 기반 산업 성장, ②의도된 시장 팽창, ③가격 경쟁 격화를 거치며 발생

- (1단계, 2009~2017) 보조금 기반의 성장기
 - 2009년 중국은 내연차比 기술 우위 확보가 유리한 전기차*를 핵심산업으로 지정, 대규모 지원 정책을 추진
 - * 염밀하게는 신에너지차(NEV)이나, 그 대부분이 BEV·PHEV이므로 본고에서는 편의상 전기차로 표기
 - 2009~2017년 사이 전기차 산업에 연평균 67억 달러의 정부 지원이 이뤄진 것으로 추정되며(美 CSIS), 「중국제조 2025」, 「자동차산업 종장기 발전계획」 등 로드맵 하에서 기술개발·보급·생산 확대가 추진됨
 - * 2015년 공개된 「중국제조 2025」에는 신에너지차를 필두로 2025년까지 연간 3,500만 대의 완성차를 생산한다는 목표가 설정되어 있는데, 이는 중국의 정책이 수요 진작보다 생산 능력 확충에 방점을 두었음을 시사함
- (2단계, 2018~2022) 의도된 시장 팽창기
 - 2018년 정부가 외자 지분 제한 및 신규 공장 승인 요건을 폐지하며 시장 팽창을 유도하였고, 같은 시기 Tesla가 외국계 기업 최초로 단독 공장을 설립함에 따라 글로벌 수준의 기술·품질 경쟁 환경이 조성됨
 - 한편 새로운 성장 동력을 찾던 중국 지방정부들은 부지 할인, 세제 감면, 생산 보조금 등 생산시설 유치 경쟁에 나섰고, 2019년 기준 약 500개 이상의 완성차 제조사가 설립되어 과잉 경쟁의 토대가 형성됨
- (3단계, 2023~현재) 가격 전쟁 격화기
 - 2023년 Tesla가 중국 시장에서 모델 3와 Y의 가격을 최대 9% 인하하자, BYD는 '油电同价(유전동가, 전기차와 내연차의 가격은 같다)' 전략으로 대응하며 주력 모델의 가격을 10~20% 인하함
 - 2024년 BYD는 '电比油低(전비유저, 전기차가 내연차보다 싸다)'라는 슬로건을 앞세워 추가적인 가격 인하를 단행했고, 주요 전기차 스타트업과 기존 합자 기업들까지 이에 동참하면서 출혈 경쟁이 확산됨
 - * 중국승용차협회(CPCA) 기준 가격 인하 모델 수는 '23년 150개, '24년 227개, '25년(~9월) 약 112개로 집계

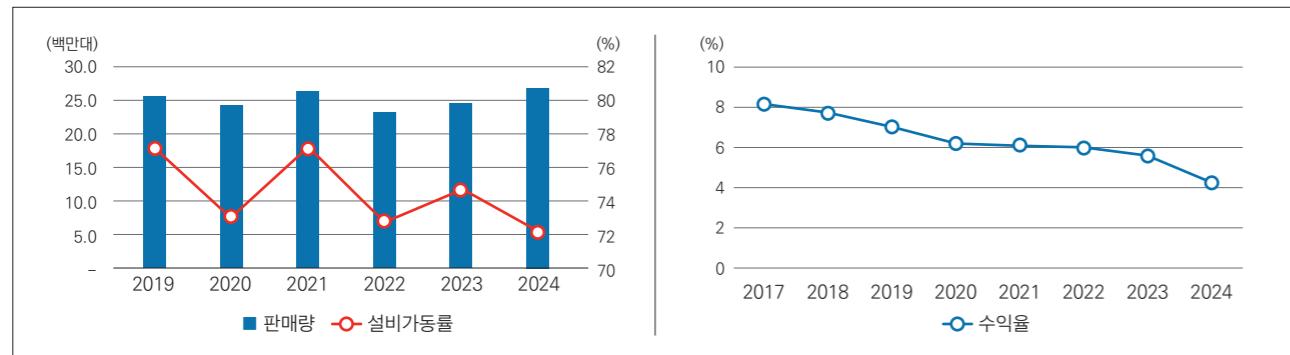
수요를 상회하는 공급은 완성차 가격 하락을 유발하였으며, 업계 전반의 수익성이 저하

- 내수 시장 규모의 약 2배에 달하는 완성차 생산 능력이 공급-수요 불균형의 근간을 형성
 - 2024년 중국의 완성차 생산능력은 연간 약 5,507만 대에 달하는 것으로 추정되나, 같은 해 내수 판매량은 승용·상용 합산 2,690만 대에 그치며, 수출 물량을 포함하더라도 2,000만 대 이상의 유휴 설비 존재
 - 중국 국가통계국이 일정 규모 이상 기업을 대상으로 산정한 車 산업 평균 가동률은 72.2%(24년)이나, 그 대상을 전체 등록 제조사로 확대할 경우 실질 가동률은 약 50% 내외로 추정됨
 - * 일반적으로 산업 가동률이 75% 이하로 지속될 경우 과잉설비로 간주됨

• 공급 과잉은 완성차의 판매 가격 하락 및 완성차 업계 전반의 수익률 저하로 이어지고 있음

- 중국 주요 전기차 제조사*의 평균 차량 판매가격은 2021년 3.1만 달러에서 2024년 2.4만 달러로 약 21% 하락하였으며, 완성차 업계의 평균 수익률은 2017년 8%에서 2024년 4.3%로 하락
- * BYD, Changan, Great Wall, Li Auto, Nio, Xpeng

중국의 연간 완성차 판매량 및 설비 가동률(左), 완성차 업계 평균 수익률(右)



* 자료원: 중국국가통계국 및 Deutsche Bank Research

**판매량: 신규등록대수 기준, 설비 가동률: 일정 규모 이상의 기업만을 대상으로 산출, 수익률: 당기순이익/매출

지방정부의 이해관계에 따른 기업 구조조정 지연이 내권 심화의 주 요인으로 지목됨

• 시장 논리상 부실 기업은 자연스럽게 퇴출되어야 하나, 지방정부의 이해관계로 구조조정이 지연됨

- 자동차산업은 지역 내 생산·고용·재정 수입에 결정적 영향을 미치는 지방정부의 핵심 산업이며 지방 금융기관의 신용공급과도 밀접히 연계되어 있어 주요 기업 파산 시 지역 경제에 대한 파급력이 높음
- 그러한 배경에서 일부 중국 지방정부는 수익성과 경쟁력이 부족한 기업에 대해 저리 대출, 세제 감면, 직접 지분 투자 등으로 지원을 투입하며 시장 퇴출을 지연시킨 것으로 평가됨

• 2024년 중국 자동차 기업은 약 130개로 추정되며, 과열 경쟁은 여전히 해소되지 않은 상태

- 시장 집중도를 나타내는 허핀달-허쉬만 지수(HHI)는 대개 1,500 이하일 경우 경쟁 과열로 간주되는데 Deutsche Bank에 따르면 중국 자동차 시장의 HHI는 2024년 기준 850으로 여전히 경쟁 강도가 높음

장기화된 내권 현상은 자동차산업 생태계에 부담을 주고 있으며 해외 시장에도 영향

• 수익성 악화에 직면한 중국 완성차 기업들은 생존을 위해 생태계 전반으로 비용 부담을 전가

- 일부 부품 공급기업은 연 10-15% 수준의 부품 단가 인하와 대금 지급 지연(약 140~180일)에 직면
- 잦은 가격 인하로 상당수 완성차 딜러는 매입 금액보다 판매 가격이 낮은 '가격 역전' 현상에 놓이기도 했으며, 그 결과 2024년 상반기 기준 딜러의 50.8%가 손실을 기록(중국자동차딜러협회 CADA)
- 완성차 가격 하락에도 불구하고, 업계의 수익 감소에 따른 서비스 품질 저하, 가격 인하를 더 기다려보자는 소비자 심리(等等党) 확산에 따른 신차 수요의 이연 등의 문제가 발생

• 일부 기업이 내수 판매가 아닌 수출을 전략적 활로로 삼으면서 가격 우위를 앞세운 중국산 전기차의 해외 진출이 가속화되고, 가격 하락 압력이 해외 시장으로 전이되는 현상도 발생

중국 정부는 시장 메커니즘과 제도적 질서 확립에 초점을 둔 반(反)내권 정책을 추진

• 중국 전기차 산업에서 약 15개 완성차 기업만이 2030년까지 재무적으로 생존가능한 것으로 평가되는 바*, 현재도 계속되는 가격 전쟁은 시장 재편의 필연성을 시사(*AlixPartners 전망)

- 2024년 중국의 약 130개 전기차 제조사 중 흑자를 기록한 곳은 BYD, Tesla China, Li Auto, Geely 등 4개 기업에 한정되며, 대부분의 기업은 상업적으로 장기 생존하기 어려운 상황

• 이에 중국 정부는 전기차 산업에 대한 전방위적 지원 축소, 업계 질서 확보, 우량 국유기업과 상위 민간기업 간의 질적 경쟁을 통해 산업 재편을 유도하기 시작

- 중국은 제15차 5개년 경제사회 발전 계획(26~'30년)에서 전기차를 전략산업 목록에서 제외했는데, 이는 막대한 보조금 정책의 종료를 의미하는 동시에 자생력을 확보한 기업 중심의 재편을 예고한 것임
- 한편 '반부정당경쟁법'('25.7월)·'자동차 안정 성장방안'('25.10월) 등의 정책은 기업 간 출혈 경쟁 규제, 기술 표준 강화 등을 통해 일정 수준에 미달하는 기업의 시장 퇴출을 유도하고 있음
- 또한 중국은 국유기업을 선별 육성해 민간기업과의 경쟁을 촉진하는 선택적 산업 재편을 추진 중으로, 2025년 7월 창안자동차(長安汽車)를 모회사로부터 분리해 별도 법인화한 것도 그 일환으로 해석됨

중국 자동차산업을 둘러싼 환경을 고려하면 내권 해소는 장기화될 여지도 있음

• 중국은 여러 제조업 분야에서 정부가 산업 재편에 강력하게 개입, 단기에 성과를 거두어 왔음

- 중국은 정부 주도 지원 투입-양적 성장 유도-선도 기업 중심 재편(shake-out)으로 요약되는 일련의 산업 육성 과정에서 정부가 산업 재편에 강력하게 개입함으로써 글로벌 수준의 산업 기반을 마련해 왔음
- 일례로 중국 정부는 '공급측 구조개혁 1.0'('15~'18년) 과정에서 강력한 행정 명령으로 국유 기업 주도의 감산·합병을 추진하고 철강, 시멘트, 석탄 등 전통 산업의 과잉 설비 축소와 수익성 개선을 달성

• 그러나 중국의 달라진 산업 재편 정책과 자동차산업을 둘러싼 상황을 고려할 필요가 있음

- 자동차산업의 반내권 정책은 과거 정책과 달리 시장 메커니즘의 원활한 작동에 방점을 두고 있으며, 세분화된 시장 구조, 첨단 산업으로서의 상징성을 고려하면 향후에도 정부의 직접 개입은 제한될 전망
- 이에 중국 자동차산업의 내권 해소는 여타 산업 대비 완만하게 전개될 것으로 예상되며, 지방정부가 다양한 정책 수단을 동원하여 관할 기업의 생존을 지원하는 가운데 기업들이 간접적 가격 경쟁, 위탁 생산, 신흥시장 수출 등의 전략으로 저수익 환경에서 생존을 도모하는 시나리오도 전개 가능성성이 있음

[

]

전고체 리튬이온 배터리의 가능성

맹진규 한국자동차연구원 기술정책실 연구원



KATECH Insight

- 고체 전해질 기반 리튬이온 배터리(전고체 배터리)는 높은 에너지 밀도·열 안정성 등을 바탕으로 현존 리튬이온 배터리의 한계를 극복할 잠재력이 있어 상용화를 위한 다양한 기술개발이 진행 중
- 수명, 제조 공정 등 해결 과제가 남아 있으나, 주요국의 투자 동력 및 업계의 로드맵을 고려할 때 수년 내로 양산이 개시될 가능성이 있고, '30년 이후에는 자동차 적용도 가시화될 것으로 예상됨

현 리튬이온 배터리의 한계를 극복하려는 흐름 속에서 전고체 배터리가 주목받고 있음

- 현존 리튬이온 배터리는 많은 강점에도 불구하고 열 안정성, 에너지 밀도 등에서 이론적 한계를 갖고 있으며, 이에 고체 기반의 전해질을 활용하는 전고체 배터리의 필요성이 부각
 - 기존 리튬이온 배터리는 높은 에너지 밀도, 낮은 자기 방전율, 긴 사이클 수명 등의 장점을 바탕으로 '90년대에 상용화된 후 많은 산업 변화를 이끌어냈으나, 액체 전해질 사용에 따른 근본적 한계가 존재
 - 액체 전해질 기반 리튬이온 배터리는 가연성 유기 용매로 구성된 전해질로 인해 각종 부반응 및 열폭주가 발생할 수 있으며, 리튬 금속 음극의 사용이 제한되므로 에너지 밀도의 극적인 향상을 기대하기 어려움
- 그간 실험적 기술에 머물렀던 전고체 배터리의 상용화 개발이 10여 년 전부터 본격화되면서, 세계 주요 기업은 차세대 산업 변화를 주도할 기술로 전고체 배터리에 주목하고 있음
 - '80년대 리튬이온 배터리 개발 열풍 속에서 고체 전해질 기반 리튬 배터리가 실험적으로 구현되었으나, 당시에는 낮은 이온전도도, 짧은 사이클 수명 등의 단점 때문에 상용화는 요원하였음
 - 이후 높은 이온전도도를 가진 고체 전해질 후보 물질의 발견, 전기차 시장의 개화 등에 따라 상용화 가능성이 재부각되었고, 주요 배터리 기업 외 도요타, 닛산, 폭스바겐 등 완성차 기업이 개발에 합류

액체 전해질 vs 고체 전해질 기반 리튬이온 배터리 비교

구분	액체 전해질 기반(현존 리튬이온 배터리)	고체 전해질 기반(전고체 배터리)
단면도		
에너지 밀도	이론상 한계에 근접(셀 기준 300Wh/kg 이하)	높은 에너지 밀도(셀 기준 500Wh/kg 이상 가능)
사이클 수명	우수(2000회 이상 총·방전 대응)	개선 필요(1,000회 미만 총·방전 대응)
생산 단가	기술 성숙, 규모의 경제 형성으로 낮음	상용화 전으로 생산 단가 높음
열 안정성	열 안정성이 제한되어 다양한 발화 억제책 필요	열 안정성 우수, 발화 가능성 낮음
기타	각 셀을 개별적으로 밀폐	전극-전해질-전극 적층으로 바이플라 구조 가능

출처: 저자

- 고체 전해질 후보 물질에는 황화물계, 산화물계, 고분자계 등이 있으며 각기 다른 특성을 보유
 - 황화물계 기반 고체 전해질이 성능상 이점을 바탕으로 액체 전해질 기반 리튬이온 배터리를 대체할 가능성이 높게 평가되나, 양산 난이도가 높은 문제 때문에 산화물계·고분자계도 연구도 진행 중
 - 계통별 단점을 최소화하기 위해, 초기 단계지만 “황화물계+고분자계” 또는 “산화물계+고분자계” 등 두 가지 이상의 전해질 계열을 조합하여 균형 잡힌 특성을 확보하는 복합계(composite) 접근도 존재

전고체 배터리 적용 가능성이 있는 전해질 후보 물질의 계통별 특성

구분	장점	단점
황화물계 (Sulfide-based)	고체 전해질 중 가장 높은 이온전도도 확보가 가능하고, 전극과의 물리적 접촉성이 우수	수분·공기 등과의 반응성이 높고, 고전압에서 계면 안정성이 부족
산화물계 (Oxide-based)	화학적·전기화학적 안정성이 높아고전압 및 고열 대응 능력이 우수	상대적으로 이온전도도가 낮고, 전극과의 접촉성이 낮아 계면 저항 증가
고분자계 (Polymer-based)	유연성이 뛰어나 적층 설계에 유리하고, 저온·저비용 제조가 용이	황화물·산화물계 대비 이온전도도가 낮아, 고출력·고전압 요구 분야에의 적용이 제한

* 자료: KISTEP, POSCO 등의 관련 자료를 참고하여 저자 작성

장점에도 불구하고, 상용화에는 수명, 제조 공정, 대안 기술이라는 도전 요인이 존재

• 전고체 배터리 상용화를 위해 실사용 가능한 수명 확보, 양산에 적합한 제조 기술 마련이 필요

- 전기차를 예로 들면, 상용 제품은 2,000회 이상의 충·방전이 가능해야 하며, 현재 전고체 배터리 시제품은 대개 1,000회 미만의 충·방전에만 대응할 수 있는 만큼 일부 성능 우위에도 불구하고 내구성이 부족
- 또한 고체 전해질 기반의 셀을 생산하려면 원료 가공, 전극 및 셀 제조를 포함하여 불량률을 최소화하는 공정 기술과 전용 시설에 대한 투자가 필요하나, 현재는 경제적 측면에서 양산성 확보 방안이 불명확

• 여타 차세대 배터리가 조기에 상용화되면 전고체 배터리 상용화의 의미가 퇴색할 가능성도 존재

- 예컨대 액체 전해질 기반 리튬금속 배터리, 실리콘 음극 리튬이온 배터리도 에너지 밀도, 충전 속도 측면의 강점을 내세우고 있으므로, 양산성이 확보되면 전고체 배터리의 우위를 희석시킬 여지가 있음

전고체 배터리는 자동차를 포함한 모빌리티 전반에서 전동화 확산의 촉매가 될 수 있음

• 액체 전해질 기반 리튬이온 배터리는 전기차 시장 창출에 기여한 바 크지만, 소비자 입장에서 내연기관차를 대체할 만한 확고한 이점을 제공하지 못했다는 점에서 일정한 한계를 보임

- Deloitte(2025)에 의하면 소비자들은 주행거리, 충전 시간 등 배터리 관련 우려로 인해 여전히 내연기관차를 선호하며, 중국을 제외한 주요국에서 전기차(BEV) 구매 의향은 전체의 5~14%에 불과

• 모빌리티 산업에 있어 전고체 배터리의 상용화는 전기차·전동화차 시장을 확대하는 것 외에, 다양한 육상·항공 이동 수단의 전동화를 촉진할 수 있다는 의미가 있음

- 전고체 배터리는 전동화차에 대한 소비자 수용성을 제고하여 관련 시장 성장을 가속화함은 물론이고, 산업용 차량, 항공 모빌리티 등 기술적으로 현존 배터리의 적용이 제한되는 이동 수단의 전동화가 가능

주요 배터리 선도국의 경쟁적 지원을 바탕으로 전고체 배터리의 개발 동력은 지속될 전망

• [한국] 민·관 합작 체제를 바탕으로, 전기차 및 미래형 ESS 등에 적용 가능한 고출력·고안정성 전고체 배터리 셀 구현을 위한 정부 R&D 투자가 활발히 진행 중

- 정부는 차 산업의 일부로 인식하던 배터리 기술을 '23년 국가전략기술로 지정하며 단독 주력 기술로 전환하고, '30년까지 민·관 R&D 투자 및 국내 마더팩토리 구축 계획을 발표하는 등의 지원 정책 추진

• [중국] 중앙·지방 정부는 '25년 전고체 배터리 산업 지원책을 발표하고 기술 표준화 작업을 진행 중으로, 민·관 투자가 맞물리며 전고체 배터리 실증 단계에 도달한 것으로 평가

- 중국 전고체 배터리 산업은 정책, 자본, 기술이라는 요소가 유기적으로 결합하면서 성장 기반을 확보, 모터쇼 등을 통해 그간의 연구 성과가 대중에 공개되며 투자·개발 동력 지속

• [일본] 기존 민간 중심 발전 체계에서 정부가 배터리 산업에 적극 개입하는 체계로 전환한 후, 도요타, 파나소닉, NEDO 등 차세대 배터리 실증을 위한 민관 기술개발 연계 강화

- 일본 정부는 배터리 산업을 탄소중립 실현의 핵심 산업으로 규정하고, 민관 연계형 공동 플랫폼 Solid-NEXT 운영을 통해 전고체 배터리 소재에서 재활용에 이르는 전주기 실증연구 수행

업계 로드맵을 볼 때 수년 내 양산 가능성이 있으나 장기간 기존 기술과의 공존이 예상됨

• 업계의 양산 목표 시점과 개발 동향을 고려할 때 이르면 '27~'28년 소형 전고체 배터리의 소량 생산이 개시될 가능성이 있고, 전기차 등 차량 적용은 그보다 늦은 '30년 이후로 예상됨

- 통상적으로 완성차 기업이 신기술을 검증하는데 2~3년이 걸리는 점, 탑재 비용 대비 성능 이점 등을 고려하면 전고체 배터리의 전기차 적용은 소형 가전제품 대상 적용 이후가 될 것으로 판단됨

* 과거 테슬라가 배터리 셀 품팩터를 바꾼 4680 셀을 공개하고 실제 적용하기까지 2년 이상 소요되었음을 감안하면, 새로운 화학적 조성과 형태를 갖는 전고체 배터리의 전기차 탑재는 보다 오랜 시간이 소요될 가능성도 있음

• 전고체 배터리가 성능·경제성 등 총체적인 우위를 확보하려면 규모의 경제 달성이 관건이므로, 상용화 이후에도 기존 리튬이온 배터리와 장기간 공존할 가능성이 높음

- 현 전고체 배터리의 제조 비용은 액체 전해질 기반 리튬이온 배터리보다 3~5배 더 높은 것으로 분석되며, '30년대 규모의 경제 확보를 통해 현 리튬이온 배터리와 제조 비용 등가가 가능할 전망(Wards Auto)

* 한편, 현존 리튬이온 배터리의 성능·경제성이 급격히 개선될 경우, 전고체 배터리의 보편화는 보다 자연될 가능성도 존재



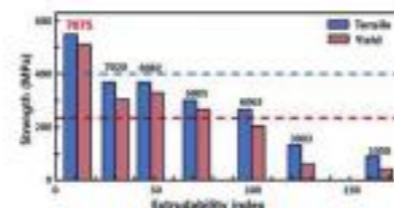
고강도/고압출성 알루미늄 전신재 합금

① 기술개요

본 기술은 대표적인 고강도 알루미늄 합금인 7xxx계 합금의 낮은 압출속도와 열처리 변형으로 인해 복잡한 형상재로 압출이 어렵고 생산성이 떨어지는 단점을 극복하여 기계적 특성은 기존 7xxx계 소재와 유사하거나 뛰어남에도 불구하고 압출속도는 수 배 이상 우수한 알루미늄 합금 조성과 그 제조 방법을 제공함

② 우수성

- 본 기술은 A7075 소재와 유사한 특성을 가지면서도 압출성이 매우 뛰어나 높은 생산성을 유지하며 형상재 압출이 가능함
- 냉각에 따른 급격한 수축이 없어 빌렛 제조 시 불량률 감소가 가능함

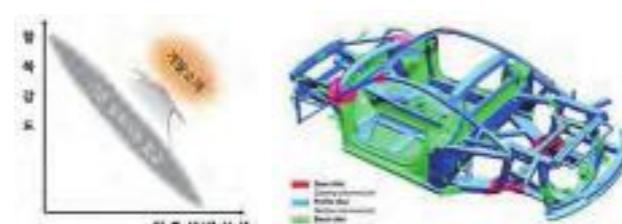


③ 시장동향

주요내용	활용분야
<ul style="list-style-type: none"> 2024년 세계 알루미늄 합금 소재 시장 규모는 1,785억 달러 수준이며 성장률은 5.9% 수준임(global market insight) 	<ul style="list-style-type: none"> 고강도 알루미늄 압출 부품 고강도/고압출성 알루미늄 합금 자동차용 레일류, 루프랙, 윈도우 프레임, 에어백 케이스, 범퍼 빔, 임팩트 빔 등

④ 개발상태

유사 환경에서의 프로토타입 개발



⑤ 기술성숙도[TRL]



⑥ 지식재산권 현황

No.	특허명	출원일	출원번호	등록번호
1	알루미늄 전신재 합금	2016-04-04	10-2016-0040972	10-1698533
2	Al-Zn 전신재 합금	2016-05-18	10-2016-0060916	10-2309319
3	알루미늄 전신재 합금	2016-10-20	10-2016-0136665	10-1760838
4	Aluminium wrought alloy(CN)	2017-04-01	201710213449.X	ZL201710213449.X
5	Aluminium wrought alloy(EP)	2017-04-03	17164614.4	3239313
6	Aluminium wrought alloy(US)	2017-04-03	15/477,347	10,557,186

이종소재 빌렛의 제조장치

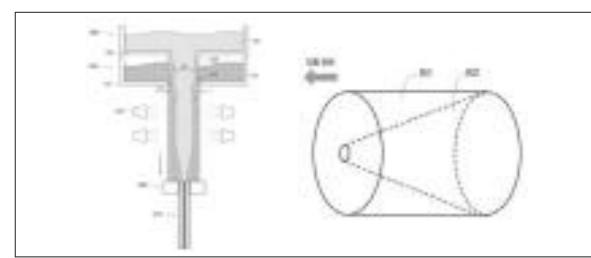
① 기술개요

본 발명은 압출재를 제조하기 위한 빌렛을 제조하는 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 서로 상이한 소재로 구성된 이종소재 빌렛의 제조장치에 관한 것임



② 우수성

- 본 발명의 수직식 연속 주조 방식에 따라 동일 금속계의 이종합금이거나 서로 다른 금속계의 소재를 폐단면을 가지는 다중 구조로 압출하기 위한 이종소재 빌렛을 제조하기 위한 것으로, 본 발명에 따른 이종소재 빌렛 제조장치는 이종소재 간 상호확산 층의 두께를 제어하거나, 금속 간 화합물의 형성량을 제어할 수 있음

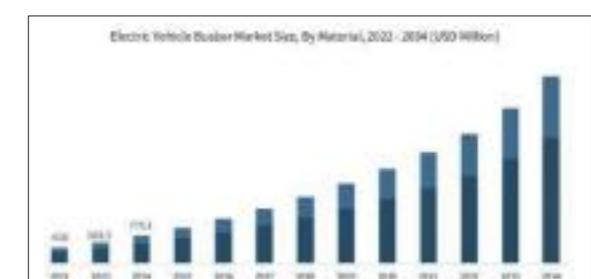


③ 시장동향

주요내용	활용분야
<ul style="list-style-type: none"> Global Market Insights의 Valuates Reports에 따르면, 전체 EV Busbar의 시장규모는 2024년 기준 7,610만 달러(약 1조 원)에서 연평균 성장률(CAGR) 20.4%로 예측하여 2034년 53억 달러(약 6조 8천억 원)에 이를 것이라고 전망됨 	<ul style="list-style-type: none"> 고전압 전선, 버스바, 우주항공, 건축, 국방, 모빌리티용 구조소재

④ 개발상태

연구실 환경에서의 Working Model 개발



⑤ 기술성숙도[TRL]



⑥ 지식재산권 현황

No.	특허명	출원일	출원번호	등록번호
1	이종소재 빌렛의 제조장치	2025-02-18	10-2025-0020587	-
2	증공형 빌렛의 제조장치	2025-02-18	10-2025-0020588	-
3	열전도도를 재단할 수 있는 코어-쉘 구조의 AI 복합재 및 그 제조 방법	2025-06-05	10-2025-0073453	-



주요 키워드



Issue & Keyword



새로운 제조 패러다임, 초대형ダイ캐스팅과 소재 혁신

초대형ダイ캐스팅(Ultra-large Die Casting)

수십~수백 개의 개별 부품을 용접·조립할 필요 없이 자동차 차체와 같은 거대한 구조물을 하나의 부품으로 성형하는 고압ダイ캐스팅 공법.

테슬라가 기기캐스팅(Giga casting)을 최초로 도입하며 주목 받았다. 통상 6,000~9,000톤급 이상의 매우 높은 클램핑력(Clamping Force)을 갖춘 초대형ダイ캐스팅 프레스, 이를 바 '기기프레스(Giga Press)'를 사용하는 것이 특징이다.

자이언트캐스팅 공용 센터

산업통상자원부가 2025년부터 추진하는 국가 기반구축 사업으로, 한국자동차연구원과 한국기계연구원이 공동 참여해 부산에 건립하는 초대형ダイ캐스팅 전용 기술 지원 센터.

정부는 2029년까지 290억 원을 투입해 6,000톤급 이상 주조 장비와 분석·평가 장비, 금형·시뮬레이션 인프라를 갖추고, 기업의 기술개발·시험평가·시제품 제작·인력 양성을 지원하는 미래차 제조 혁신 허브로 구축할 계획이다.

리어 언더바디(Rear Underbody)

차량 후방 하부 구조를 통칭하는 용어. 서스펜션 하우징, 트렁크 하부, 크래들 결합부, 충돌 하부 구조 등 주요 하중 전달 부위가 포함되는 영역을 의미한다. 테슬라가 기기캐스팅을 가장 먼저 적용한 대표적인 차체 부위로, 복잡한 패널·브래킷 구조를 하나의 대형 알루미늄 주조품으로 통합하기에 적합한 구조적 특성을 가진다.

BIW(Body-in-White)

도색 전 단계의 차체 뼈대 구조를 뜻함. 각종 패널과 프레임을 용접·접합해 만든 기본 구조로, 강성·충돌 안전성의 기반이 되는 영역이다.

언박스드 프로세스(Unboxed Process)

차체를 여러 개의 대형 모듈로 분리해 각 모듈을 병렬로 조립한 뒤 최종 단계에서 결합하는 테슬라의 새로운 차체 생산 방식.

기존 차체 내부에서 개별 부품을 순차적으로 조립하던 직렬 방식의 한계를 극복하고, 공정 전반을 모듈 중심으로 재구성하는 제조 철학을 의미한다. 최근 보도에 따르면, 테슬라는 2026년부터 시작될 자율주행 사이버캡 로보택시의 대량 생산에 이 방식을 적용할 예정이다. 한편, 언박스드 프로세스 구현을 위해, 테슬라는 기존 직선형 조립 라인을 탈피해 중심 메인 라인을 기준으로 모듈별 공정을 병렬로 분기 배치하는 피시본(Fishbone) 형태의 공장 레이아웃을 설계했다.

클램핑력(Clamping Force)

ダイ캐스팅 시 금속이 고압으로 주입될 때 금형이 벌어지지 않도록 눌러 고정하는 힘을 의미함. 주입 압력을 견디는 최소한의 힘으로, 장비 성능을 좌우하는 핵심 지표다. 초대형ダイ캐스팅에서는 6,000톤에서 2만 톤급까지 요구되는 초고압 힘을 뜻한다.

멀티 캐비티 금형(Multi-cavity mold)

하나의 금형 안에 여러 개의 캐비티(성형 공간)를 구성해 한 번의 프레스 사이클로 여러 부품을 동시에 생산하는 금형 구조를 의미함.

단일 캐비티 대비 생산성을 크게 높이고 공정 시간을 줄여 단가 절감, 공정 안정성 향상, 설비 활용 효율 극대화에 효과적이다. 초대형ダイ캐스팅에서는 대형 주조기 한 번의 사이클 비용이 매우 크기 때문에, 멀티 캐비티 설계는 장비 운영 효율을 높이고 생산 수율을 개선하는 핵심 기술 요소로 활용된다.

핫스탬핑(Hot Stamping)

가열한 초고장력 강판을 금형에 넣고 성형·급냉시켜 높은 강도를 확보하는 공정. 충돌 안전성이 중요한 필러링 구조 등에 주로 사용된다.

디지털 트윈(Digital Twin)

실제 공정·장비·소재의 동작과 특성을 가상 공간에 동일하게 복제해(트윈화) 실시간으로 시뮬레이션하고 최적 조건을 예측하는 기술.

설계·제조·검증 전 과정에서 시행착오를 줄여 개발 비용과 시간을 크게 절감하며, 물리 시험이 어려운 복잡한 공정의 사전 검증에도 활용된다. 초대형ダイ캐스팅처럼 금형 제작과 장비 가동 비용이 매우 큰 분야에서는, 디지털 트윈이 실험 실패 위험을 낮추고 공정·열·변형 거동을 사전에 최적화하는 핵심 도구로 자리한다.

PINN(Physics-informed Neural Network)

물리 법칙을 AI 학습 과정에 반영해 예측 정확성을 높이는 신경망 모델.

금속 소재처럼 물성이 복잡한 영역에 특히 효과적이며, 실험 데이터가 제한적인 환경에서도 물리적 일관성을 유지한 채 신뢰도 높은 시뮬레이션과 공정 예측이 가능하다는 점에서 제조·소재 분야 활용도가 높다.

Ontology 기반 AI

데이터 간 관계를 구조적으로 정의해 AI가 의미적 맥락 까지 학습하도록 만드는 기술.

소재·공정·특성 간 상관성 모델링에 적합하며, 도메인 지식을 명시적으로 반영함으로써 데이터 이질성과 부족 문제를 완화하고, 추론 기반 의사결정과 설명 가능한 AI 구현에 유리하다.

산업용 CT(Industrial CT/ 비파괴 검사)

대형 부품 내부 결함을 파괴 없이 확인하는 검사 기술.

주조 공정에서 발생할 수 있는 기공, 수축 결함, 균열, 용융 불량 등을 정밀하게 탐지해 부품의 구조적 신뢰성을 사전에 확보할 수 있다. 특히 초대형ダイ캐스팅 시대에는 부품이 한 번에 통째로 주조되기 때문에, 내부 결함을 전수 수준으로 확인할 수 있는 산업용 CT는 품질 보증과 공정 안정성을 뒷받침하는 핵심 인프라로 자리 잡고 있다.

2025 10월호 MOBILITY INSIGHT Review

한국자동차연구원 산업조사실

#커버스토리

AI 모빌리티의 미래,
E2E 자율주행과 SDV

자동차산업은 AI 등장으로 경쟁의 중심이 하드웨어에서 소프트웨어·데이터로 이동하고 있다. 이를 이끄는 핵심은 E2E 자율주행과 SDV 기술로, AI가 센서 입력부터 제어까지 통합 처리하고 차량은 OTA로 자동 진화한다. 미국과 중국은 자본과 데이터를 기반으로 시장을 주도하는 반면, 국내는 인력·데이터 한계로 전환 속도가 더디다. 이에 한국자동차연구원은 E2E·SDV 기술 현황과 국내 산업의 대응 전략을 산학계 전문가들과 함께 집중 분석해봤다.

정부와 산학연이 함께 만들어갈
한국형 E2E·SDV 생태계의 길

조기준(좌장) 한양대학교 미래자동차공학과 교수



E2E 자율주행은 기술 진화를 넘어 자동차산업 구조 전환의 상징이다. 하드웨어 중심에서 소프트웨어와 AI 중심의 SDV 시대로 이동하며, 자율주행은 AI가 차량의 '두뇌'가 되는 핵심 기술로 부상했다. E2E 방식은 대규모 주행 데이터와 딥러닝을 통해 센서 입력부터 제어까지를 통합 처리해 효율성과 대응력을 높인다. 이를 위해선 완성차, 반도체, 통신, 클라우드 등 산업 간 협력이 필수적이다. 기술 경쟁을 넘어, 오픈과 공유를 통한 협력적 생태계 구축이 지속 가능한 발전의 관건이다. 정부·연구기관·산업계가 함께한다면 한국형 E2E·SDV의 길도 현실이 될 것이다.

AI 인재 확보,
자동차산업의 미래를 결정한다

고봉철 현대모비스(주) 전장사업관리실 상무



AI의 확산은 자율주행을 넘어 자동차산업의 전반적인 변화를 이끌고 있다. 영상인식과 E2E 자율주행을 비롯해, 앞으로는 차량 내 AI 에이전트가 빠르게 도입되어 단순한 명령 수행을 넘어 차량 전체를 통합 제어하고 서비스 생태계로까지 확장될 것이다. 그러나 우리나라 AI의 근본 원리를 연구하는 인프라와 인재 유입이 부족하고, AI 전공 인재들이 자동차산업으로 진출하는 비율도 낮다. 이를 극복하기 위해 산업계는 하이테크 이미지를 강화하며 인재 확보에 나서고 있지만, 궁극적으로는 산업계와 교육계가 함께 명확한 비전과 환경을 제시해야 한다. AI 인재 확보는 산업의 지속가능성을 결정짓는 핵심 과제다.

AI 인프라, 효율성과 전문성 사이에서
균형 잡힌 전략이 필요하다

곽수진 한국자동차연구원 빅데이터·SDV연구본부장



정부의 AI 인프라 투자는 고무적이지만, 실제 산업 현장에서의 활용과 분배 전략은 부족하다. 현재는 전 산업을 아우르는 범용 인프라 중심으로 추진되고 있으나, 자동차산업은 실시간·안전성·대용량 데이터 처리 등 특수성이 커 전용 인프라의 필요성이 제기된다. 대기업은 자체 투자로 대응하지만, 중소기업과 대학은 공용 인프라 접근성 한계를 제감하고 있다. 자율주행과 SDV 분야에서는 전용 인프라 요구가 높지만, 효율성과 산업 간 협업 저하에 대한 우려도 공존한다. 결국 산업별 전문성과 통합형 효율성 사이에서 균형 잡힌 인프라 전략이 필요하다.

데이터 공유 및 협력이 가능한
협력 생태계(Open Ecosystem)의 중요성

이용현 KG모빌리티(주) 연구기획센터 상무



AI 모델이 본격 적용되며 E2E 자율주행 기술이 발전하고 있지만, 블랙박스화된 의사결정 구조로 인해 해석 가능성과 책임 문제가 새롭게 부각되고 있다. 자율주행의 안전을 위해선 AI 모델의 판단 근거를 설명할 수 있는 기술적·법적 기준이 필수적이다. 한편 SDV와 AI의 결합으로 산업 주도권이 빅테크 중심으로 이동하면서, 데이터 공유와 협력이 가능한 Open Ecosystem 구축이 중요해지고 있다. 정부 주도의 텁다운 방식만으로는 한계가 있으며, 민간 중심의 개방형 협력 구조 속에서 AI는 산업 패러다임을 바꾸는 핵심 동력으로 자리 잡을 것이다.

표준 기반의 AI 모빌리티 전략,
지속가능한 경쟁력의 열쇠

전홍걸 LG전자(주) VS본부 상무



EV와 CASE를 거쳐 SDV, 그리고 이제는 ADV(AI-Defined Vehicle)로의 진화가 빠르게 진행되고 있다. 결국 자동차산업의 관건은 AI를 얼마나 잘 활용해 SDV를 완성하고, 이를 실질적 비즈니스로 연결하느냐다. 이제 ADV와 SDV는 하나의 축으로 묶였으며, 돌아갈 수 없는 흐름이 되었다. 앞으로의 승부는 '표준'에 달려 있다. 표준 기반 위에서 협력 생태계를 조성하고, 글로벌 경쟁력을 갖춘 기술들을 함께 키워내야 한다. 이는 한 기업의 과제가 아니라 국가적 과제이며, 정부가 위기감과 혜안을 가지고 표준 중심의 AI 모빌리티 전략을 추진해야 한다.

AI 연구 지속을 위한 네 가지 조건은
'자금·인프라·데이터·제도'

최재범 (주)HL클레무브 테크놀로지 이노베이션 센터 상무



AI가 산업 전반의 기본 기술로 자리 잡으면서, 자동차 분야 역시 국가 차원의 지원 없이는 지속적인 연구가 어렵다. 자동차는 엣지 디바이스 기반 산업기기에 비교적 현실적인 AI 적용 여건을 갖췄지만, 여전히 인프라 구축과 데이터 확보, 법·제도 정비가 시급하다. 특히 해외에서는 일반적인 기술이 국내에서는 '국가 핵심 기술'로 뮤어 협력과 학습이 제한되는 등 제도적 한계가 크다. 이로 인해 Tier 1 기업들은 OEM의 요구 변화에 대응하면서도 해외 진출은 막혀 이중의 압박을 받고 있다. 결국 AI 연구의 지속을 위해선 자금, 인프라, 데이터, 제도적 유연성이 핵심이며, 기업·정부·연구기관이 함께 그 기반을 다져야 한다.

#테크 리뷰 ②

국내 E2E 자율주행 기술의
성공 전략

최준원 서울대학교 자유전공학부/전기·정보공학부 교수



국내 E2E 자율주행의 성공을 위해서는 국가 전략과 함께 산업계·학계·연구 기관의 긴밀한 협력이 필요하다. 지금과 인프라가 제한된 국내 현실에서는 선택과 집중, 효율적 지원 활용이 핵심이다. 정부는 자율주행 전용 클라우드와 학습 인프라를 구축하고, 산학 협력을 통해 핵심 AI 인재를 육성해야 한다. 또한 소프트웨어뿐 아니라 차량용 AI 반도체 등 하드웨어 생태계 조성도 병행돼야 한다. 기술 중심의 기업 문화 정착과 협력적 혁신 환경이 마련될 때, 한국형 E2E 자율주행 생태계가 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다.

#생생 인터뷰 ①

AI 시대에도 SW로
안전한 세상을 만든다

오승욱 슈어소프트테크(주) 부사장



"AI 시대에 소프트웨어 검증은 어떻게 변화해야 하는가?" 이 질문에 대한 답으로 우리는 'Test by AI'와 'Test of AI' 두 가지 방향을 설정했습니다. 'Test by AI'는 기존 소스코드 검증과 시험 자동화 기술을 AI 기반으로 고도화해 개발 전 과정을 지능형 자동화하는 것으로, 이를 집약한 솔루션이 'ALIRA-AI'입니다. 'Test of AI'는 AI 모델의 판단과 제어를 검증하기 위해 악의적 입력 데이터를 활용, 신뢰성과 안전성을 정량적으로 평가하는 방식이며, 이를 구현한 'VERIFAI-M'을 통해 Agentic AI 검증 기술로 발전시키고 있습니다. 이를 통해 AI 시대에도 안전하고 신뢰할 수 있는 소프트웨어 생태계 구축에 기여하겠습니다."

#테크 리뷰 ①

SDV/E2E 생태계 확보를 위한
API 표준화 동향이원석 한국자동차연구원
빅데이터·SDV연구본부 데이터플랫폼연구센터장

API(Application Programming Interface)는 시스템 간 인터페이스 표준으로, 소프트웨어 재사용성과 상호운용성을 높인다. 각국은 SDV 생태계 구축을 위해 API 표준화를 추진 중이다. 중국은 SDV 3계층 구조와 API 표준을 완료했으며, 유럽은 HAL4SDV를 중심으로 HW-SW 디커플링과 상호 호환성 확보에 나섰다. 일본은 JASPAR 등 주도로 산학연 협력을 통한 표준화를 추진 중이며, 한국은 2025년까지 SW 중심 SDV 전환 기반 마련을 목표로 표준 개발과 실증 사업을 병행하고 있다.

#산업 리뷰

SDV 개발 혁신을 위한
Digital First 전략

채승업 (주)팝콘사 대표



Digital First 전략은 SDV 시대의 핵심 혁신으로, 하드웨어 의존성을 줄이고 소프트웨어 중심의 민첩한 개발을 가능하게 한다. Shift North와 Shift Left를 통해 초기 단계부터 품질과 규제 대응력을 높이며, Agile과 SDV 소프트웨어 팩토리로 지속적 개선을 이룬다. E2E 자율주행의 성공은 빠른 피드백 루프와 안전 검증의 균형에 달려 있으며, Digital First는 이를 실현하는 최적의 접근이다. OTA와 차량 앱 스토어가 결합되면 SDV는 끊임없이 진화하는 고객 경험을 제공한다. 한국 자동차산업도 Digital First 전략을 적극 수용한다면, 글로벌 경쟁 속에서 새로운 기회를 창출할 수 있다.

#생생 인터뷰 ②

한국형 E2E 자율주행 기술로
글로벌 시장에 도전장

한지형 (주)오토노마스에이투지 대표



"A2Z는 2018년 설립된 자율주행 전문기업으로, 'AI 중심 자율주행'을 핵심 비전으로 삼고 있습니다. 현재 도심형 레벨4+ 자율주행을 목표로 서울·대전·세종 등 주요 도시에서 실증을 진행하고 있으며, 2027년까지 완전 무인 주행 상용화를 추진하고 있습니다. 또한 싱가포르 M1 라이선스 취득과 UAE 협작법인 설립을 통해 글로벌 시장에서 AI 모델의 적응력을 검증하고, 일본에서는 현지형 AI 모델 기반 자율주행 서비스를 준비 중입니다. A2Z는 수집한 도로 데이터와 AI 주행 모델을 공유 플랫폼화해, 물류·교통·모빌리티 서비스 전반에 기여할 계획입니다."

모빌리티 인사이트 독자 후기 설문에 참여해주세요!

격월간 <모빌리티 인사이트>는 미래 모빌리티 핵심기술 개발 이외에도 정책 연구와 기업 지원 등을 확대하여 우리 자동차산업이 급변하는 산업 패러다임의 변화에 선제적으로 대응할 수 있는 기반을 마련하기 위한 자동차산업 정보지입니다. <모빌리티 인사이트>는 한국자동차연구원 홈페이지(www.katech.re.kr)를 통해서도 보실 수 있습니다.

- 참여 기간 2025년 12월 19일~ 2026년 1월 10일까지
- 참여 방법 온라인 설문
- 참여 대상 <모빌리티 인사이트> 독자 누구나
- 당첨자 선정 및 발표 무작위 랜덤 추첨, 당첨자 개별 공지 예정
(경품은 2026년 1월 30일 일괄 발송 예정/ 관련문의 02-2090-6752)
- 응모 방법 1. 우측 상단의 QR코드를 이용해 <모빌리티 인사이트>
독자 설문 이벤트(<https://forms.gle/W3obg37SNQcRwJ2N8>)
2. 개인정보 수집·이용 동의
3. 설문조사 문항을 읽고 설문
4. 간단한 개인정보 입력(경품배송정보로 활용)

설문 문항

- 자동차 관련 정보나 지식을 주로 어디서 습득하십니까? (중복 선택 가능)
 - 온라인 뉴스
 - 컨퍼런스 세미나 등 행사 참석
 - 자동차 전문 매거진
 - 주변 자동차 업계 지인
 - 기타(카페/블로그 등)
- 미래모빌리티 산업으로의 패러다임 전환에 따라 본인이 평소 가장 관심을 갖는 분야를 선택 바랍니다 (중복 선택 가능)
 - 자율주행
 - 친환경 차량(전기차, 수소차 등)
 - 도심형 항공모빌리티(UAM)
 - 커넥티비티 & 인포테인먼트
 - 기타
- 한국자동차연구원이 출간하는 <모빌리티 인사이트>는 구독자에게 원내 R&D 기술에 대한 다양한 정보를 제공하고자 노력하고 있습니다. 내용 습득에 있어, 이해도 수준은 어떻게 생각하십니까?
 - 이해가 잘 된다
 - 보통이다
 - 어려운 내용이 많아 이해하기 어렵다
 - 기타
- <모빌리티 인사이트>가 자동차산업의 방향을 제시하는데 있어 유용한 정보 채널이 될 것이라고 생각하십니까?
 - 매우 그렇다
 - 그렇다
 - 보통이다
 - 아니다
 - 기타
- <모빌리티 인사이트>에 추가적으로 바라는 점을 자유롭게 작성 부탁드립니다.

독자 설문
이벤트 QR

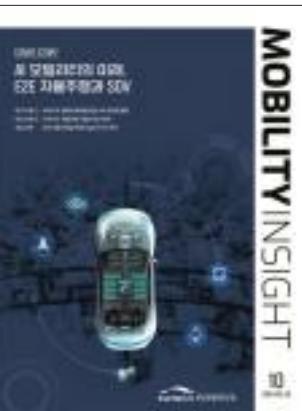
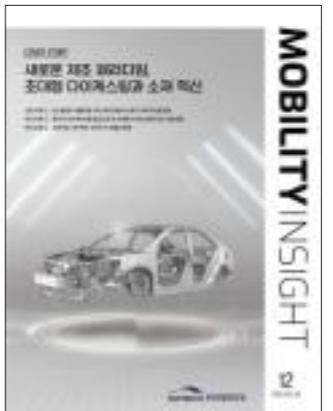
MOBILITY INSIGHT

12

2025 VOL. 40



모빌리티 인사이트
정기구독 신청



격월간 <모빌리티 인사이트>
정기구독을 희망하시면 QR코드를 접속하여
신청서 양식을 제출해 주세요.
무료로 보내드립니다.



모빌리티 인사이트 2025. 12. Vol.40

www.katech.re.kr

발행인 진종욱

발행처 한국자동차연구원(충청남도 천안시 동남구 풍세면 풍세로 303)

TEL_041.559.3114 / FAX_041.559.3068)

문의처 mobilityinsight@katech.re.kr

편집/디자인 경성문화사 TEL 02-786-2999

※ 본 <모빌리티 인사이트>에 실린 보고서는 연구진이나 집필자의 개인적인 견해이므로

한국자동차연구원의 공식적인 의견이 아님을 말씀드립니다.

Copyright(c) 2025 KATECH(Korea Automotive Technology Institute) All rights reserved.



FSC 인증 친환경 종이



(online)
ISSN 3059-1473