

다중소재(Multi-material Design) 전략의 시대가 온다

박수항 수석연구원, 산업연구센터 (spark0326@posri.re.kr)

목차

1. 다중소재 적용 사례 증가
2. 다중소재 전략의 확산 배경
3. 기반 역량 확보에 나선 기업들
4. 전망 및 시사점

Executive Summary

- 다중소재(Multi-material)는 구조물 단위에서 소재를 특성에 맞게 조합하는 것으로, 소재 단위에서 결합되는 복합소재(Composite Material)와는 구별
- 최근의 다중소재 전략은 체결 과정을 최소화하거나 체결 방식을 다변화하여 공정 간소화 및 비용 최소화 추구
 - 전통적으로 소재 다중화는 볼트, 리벳 등을 이용한 기계적 체결을 통해 이루어졌으나, 체결재 무게 및 가공비 증가가 최적화 저해 요인으로 작용
 - 최근 사례는 열접합 가공, 접착제, 복합소재 스프레이 보강 등 보다 다양한 가공 방식을 활용해 단일 소재에서는 확보할 수 없었던 최적의 성능 조합 추구
 - 역대 최다 소재를 사용하는 아우디 신형 A8 차체는 14가지 체결 방식을 활용
- 까다로워지는 수요산업의 성능 요구사항을 충족하는 한편, 심화되는 소재 공급경쟁에서 우위를 확보하기 위한 선도기업들의 기술 전략
 - 수요산업 고도화에 따른 소재의 고성능화 요구는 증가하는 반면, 이를 만족시키는 신소재 적용은 소재 가격과 가공 인프라 제약으로 여전히 쉽지 않음
 - 신규 공급자 급증에 따라 범용 소재는 물론, 고급재 시장도 수요 시장을 등에 업은 신흥국 중심으로 공급경쟁 심화 추세
 - 가공기술 개선으로 기존의 소재 다중화 제약 요건이 완화되는 한편, 데이터 축적과 컴퓨팅 기술의 발달로 요소별 최적 소재 적용이 가능해지고 있음
- 주요 기업들은 주력 소재 사업을 다변화하거나 이종소재 기업과 기술 협력을 통해 다중소재 역량 확보에 나서고 있음
 - Alcoa는 설립 이래 한 세기 넘게 유지해왔던 알루미늄 중심 사업에서 탈피, 최근 타이타늄, 니켈 등 소재 영역 확대로 항공엔진 소재 90%까지 공급 가능
 - 알루미늄 기업 노벨리스는 화학 기업 Henkel과 자동차용 알루미늄 판재 접합기술 공동 개발을 추진 중이며, 아르셀로미탈은 '철강 + CFRP 다중화' 기술 개발을 위해 美 고분자 소재 기업인 Diversitak과 기술 협력
- 주요 제조국의 소재 산업 육성 방향도 최근 '수요 기반'과 '실용성'을 강조하고 있어 빠르게 적용 가능한 다중소재 확대 노력은 당분간 계속될 전망
- 소재 기업들은 이종 소재 기업, 가공기업들과의 적극적인 전략 제휴 및 공동 기술 개발 등을 통해 핵심 가공 기술, 고부가 솔루션 등 경쟁력 확보 노력 경주

1. 다중소재 적용 사례 증가

□ 다중소재(Multi-material)는 구조물 단위에서 여러 소재를 특성에 맞게 조합하는 것으로, 복합소재(Composite Material)와는 구별

○ 소재 단위에서 완성되는 복합소재는 물리적, 화학적으로 원 소재들보다 뛰어난 성질과 기능을 보유하나, 전용 가공 기술 및 설비 적용에 따라 대중적 확산에 장기 소요

- 대표적 복합소재인 CFRP(탄소섬유강화플라스틱)는 개발된 지 수십 년이 지났지만 대량 보급 지연으로 여전히 기대 수준을 하회

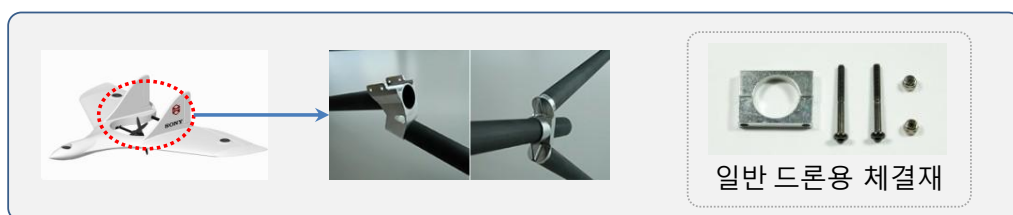
○ 구조물 단위에서 조합되는 다중소재는 전통적으로 볼트, 리벳 등을 이용한 기계적 체결을 통해 이루어졌으나, 체결재 무게 및 가공비 증가가 최적화 저해 요인으로 작용

- 볼트 체결용 구멍 가공, 접촉 부식(Galvanic Corrosion) 등 소재 특성에 따른 제약 조건으로 추가적인 전처리 공정을 거쳐야 하거나 체결 방식 선택에 제약

□ 최근의 다중소재 전략은 체결 과정을 최소화하거나 체결 방식을 다변화하여 공정 간소화 및 비용 최소화를 추구하는 방향

○ 미쓰이화학은 드론에 사용되는 금속소재와 CFRP의 체결 방식을 접착제 방식으로 개선, 기존의 금속물림쇠 방식에 비해 50% 추가 경량화 달성

< 미쓰이화학의 접착제를 활용한 드론 >



자료: Unmanned Systems Technology, 포스코경영연구원 제작성

○ 닛신제강은 볼트, 접착제 등을 쓰지 않고도 사출성형과 열압착으로 플라스틱 접합이 가능한 특수표면개질강판 ‘프라타이트’ 개발

○ 아르셀로미탈, 철강과 탄소섬유 결합을 통한 차량 경량화 기술 개발 중

- 취약 부분을 탄소섬유 스프레이로 보강한 실험 결과에서 철강재 지붕 두께를 기존 대비 14% 감소시켜도 강성 및 덴트성 등의 요구사항 충족 확인

- 도어에만 적용 가능해도 전체 차량 중량을 약 15% 줄일 수 있을 것으로 아르셀로미탈은 자체 분석

< (좌)아르셀로미탈의 철강-탄소소재 복합기술, (우)닛신제강 플라스틱 접합 강판 >

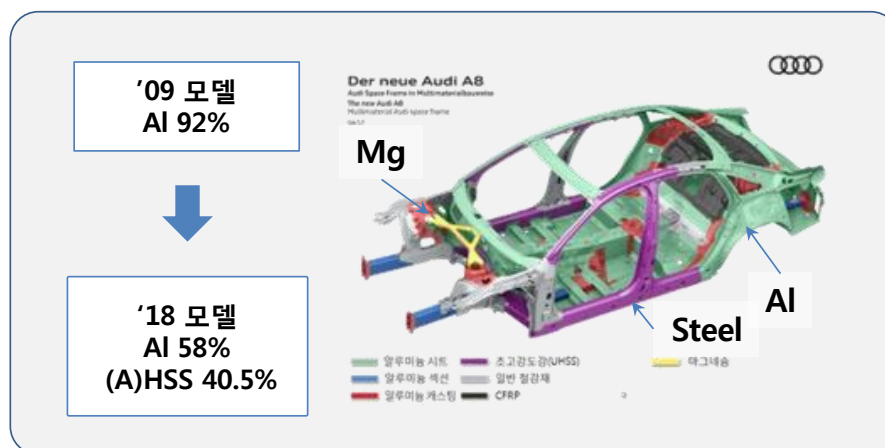


자료: Arcelormittal, 일간산업신문, 포스코경영연구원 재작성

□ ‘철강+비철금속’, ‘금속+고분자’ 등 상이한 물성의 이종소재를 결합해 단일 소재에서는 확보할 수 없었던 최적의 성능 조합 추구

- 알루미늄 차체의 대명사였던 아우디, 차세대 A8 모델에 알루미늄, 철강, 마그네슘 및 CFRP를 결합시킨 ‘Multi-material Space Frame’ 적용
 - A8 차체 소재 구성 변화: '09년 알루미늄 92% + 철강 8% → '18년 알루미늄 58% + 철강 40.5% + 기타(마그네슘, CFRP) 1.5%
 - 역대 최다 소재를 사용하는 신형 A8 차체는 소재 사용 최적화 원칙('The right material in the right place in the right amount')을 적용한 결과물이며, 다양한 소재 결합을 위해 14가지 체결 방식을 적용

< 신형 AUDI A8의 Multi-material Space Frame >



자료: Arcelormittal 홈페이지, 포스코경영연구원 재작성

- 이 밖에도 고베제강, 닛신제강, 미쓰이화학 등 다수의 글로벌 기업이 소재 다중화를 통해 경량화 등의 솔루션 역량 확보 노력
 - 철강, 비철금속, 플라스틱 등 전통 소재의 결합 통해 경량화, 절연성 등 복합솔루션 확보 가능

2. 다중소재 전략의 확산 배경

□ 수요산업의 고도화 및 기능 다변화에 따라 소재에 대한 기대가치 확대

- 고객 요구사항을 충족하기 위해 전통 소재는 지속 진화
 - 과거에는 대립되거나 양립할 수 없을 것 같았던 성능들이 전통 소재를 통해 충족 가능
 - 강인함과 튼튼함의 상징이었던 금속 소재는 최근 강성은 물론 경량성 및 디자인적 심미성까지 충족
 - 투명성과 내후성이 핵심 기대 가치였던 유리 소재는 스마트폰 등 수요산업의 성숙에 따라 경량성, 강성 및 항균성 등의 새로운 가치 확보

[자동차 소재 요구가치]



[이차전지 소재 요구가치]



[유리 소재 요구가치]

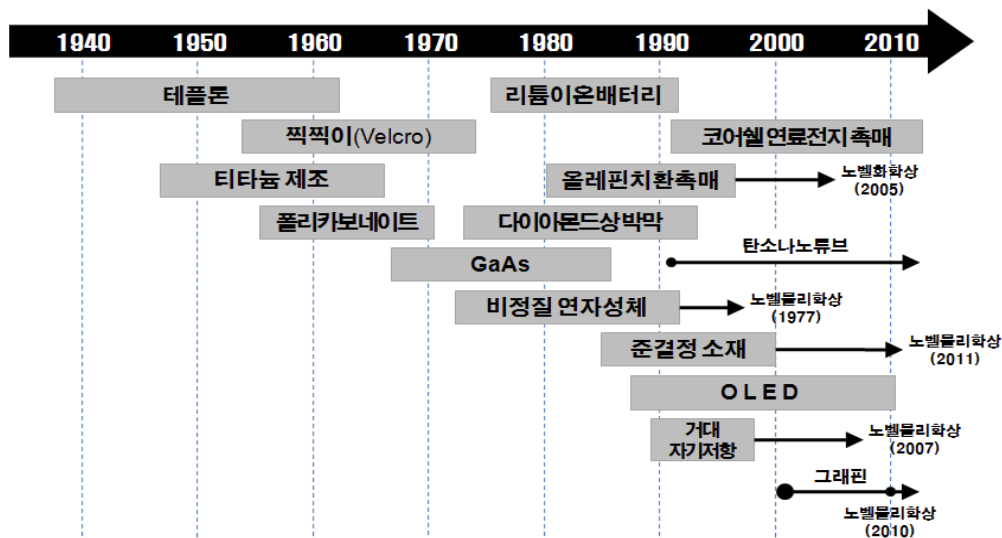


□ 반면 혁신 신소재는 개발 단계의 Risk가 크고, 대량 확산을 위해서는 가공설비 등 해당 소재에 적합한 산업 생태 조성 필요

- 혁신 신소재는 개발 성공 시 독점 이익 향유가 가능한 반면, 상용화 및 대량 소비 체제 구축에 장기간 소요
 - 신소재 등장속도가 과거 대비 저하되고 있으며, 개발에 성공해도 해당 소재에 적합한 가공설비 등 인프라 대량 신설 필요
 - 신흥국 중심으로 수요산업이 확장되는 과정에서 전통 소재를 중심으로 대규모 설비 투자가 완료됨에 따라 신소재 전환 비용 확대

- 발견 이후 20~30여 년 경과했음에도 현재까지 본격적인 산업화에 도달하지 못하거나 대량 확산되지 못한 신소재 다수 존재
 - 일부 신소재는 소재 가격, 가공 기술, 관련 Infra 한계 등의 제약으로 보급 속도가 기대치에 미치지 못하거나 High-end 중심으로 수요 제한 가능성
 - CFRP는 높은 소재 가격과 가공 비용으로 항공기, 고성능 자동차 중심의 제한적 시장 형성

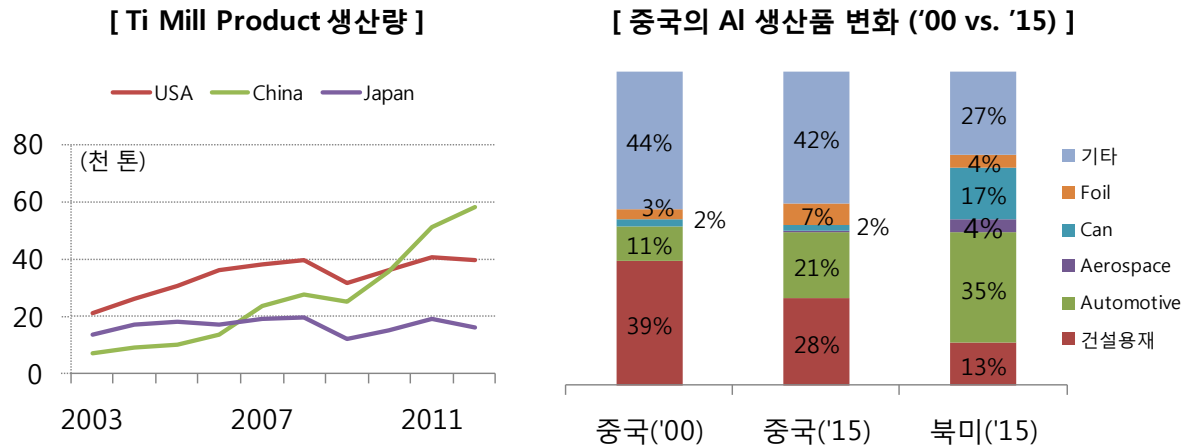
〈 주요 원천소재의 산업화 도달 시점 〉



자료: 국가과학기술자문회의('16)

□ 전통적 범용 소재는 물론, 고급재도 중국 등 수요 시장을 등에 업은 신흥국 중심으로 공급경쟁 심화 추세

- 타이타늄, CFRP 등 과거 소수 기업 중심이던 고성능 소재 공급 시장에 중국, 한국 등 신흥국 신규 기업 확대
- 글로벌 선도 기업들은 고급재 비중을 늘려 경쟁 회피를 꾀하고 있으나, 신규 진입자들도 시장과 자본력을 바탕으로 빠르게 추격 중
 - 중국 알루미늄 시장은 과거 건설용재 등 저급재 중심에서 벗어나 자동차용 판재 등 고급재 비중을 빠르게 늘려가고 있음



자료: International Aluminum Institute('16), Roskill('14), 포스코경영연구원 재작성

- 주요 소재 기업들은 다중화를 통해 개별 소재의 한계를 극복하는 한편, 최소 비용으로 기능적 요구사항을 확보해 경쟁 우위를 선점하려는 전략
- Data 축적과 컴퓨팅 기술의 발전에 따라 부품 최적 설계 및 시뮬레이션을 통한 요소별 최적 소재 적용이 가능해짐
 - 구조물의 각 요소별 특성을 분석한 최적 소재 선택, 컴퓨터 시뮬레이션 및 해석 적용을 통한 개발기간 단축
- 구조용 접착제, 이종소재 용접 등 소재 가공기술의 지속적 개선으로 기존 소재 다중화 제약요건 완화

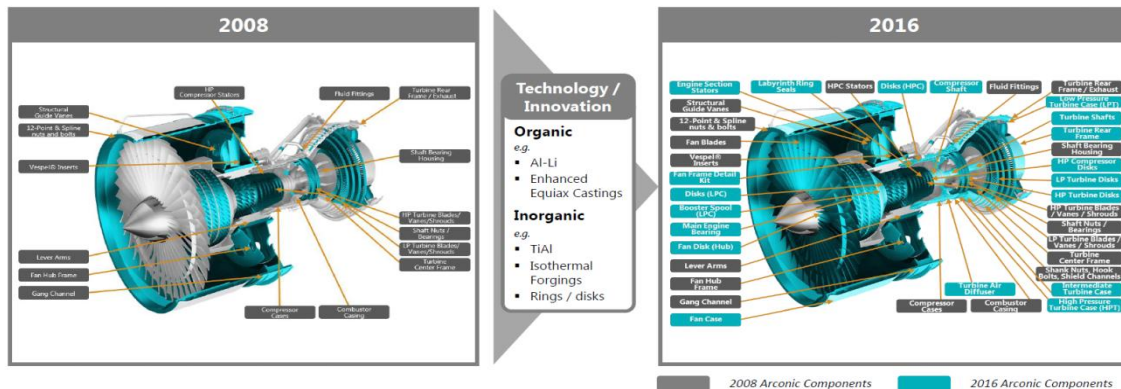
3. 기반 역량 확보에 나선 기업들

□ 주력 소재 사업의 다변화를 추구하는 기업들

- Alcoa는 설립 이래 한 세기 넘게 유지해왔던 알루미늄 중심 사업에서 탈피, 타이타늄, 니켈 등 소재 영역 확대로 Multi-material 체제 구축
 - 알루미늄 사업의 Upstream을 분리 & 독립시키고, 남겨진 Downstream 부문에 고부가 솔루션 소재 확장
 - 기업명도 '알루미늄 기업'을 상징하던 기존 Alcoa*는 분사된 기업이 사용하고, Downstream 부문은 'Arconic'으로 개명 * Aluminum Company of America
 - 기존의 알루미늄에 더해 타이타늄, 니켈 합금 등으로 소재 영역을 확대해 항공엔진 소재의 90%까지 공급 가능해짐

- 차세대 다중소재 기술인 3D Printing 시스템 및 합금 분말 기술 투자 확대로 장기적인 시장 선점 계획

〈 Multi-material 확장에 따른 Arconic의 항공엔진 소재 공급 변화 〉



자료: Arconic 홈페이지

- 대표적인 전통 소재인 철강 기업들도 경량화 등 솔루션 역량 확보와 미래 수요 대응을 위해 소재 다중화 및 영역 다변화 추구
 - 고베제강은 자동차 경량화 솔루션에 집중하기 위해 고장력강과 알루미늄 간의 용접 기술 개발
 - 기존 생산라인을 크게 바꾸지 않고도 적용 가능한 철강-알루미늄 간 '요소 아크 스폿 용접 기술(Element Arc Spot Welding)' 개발 중
 - 티센크루프도 최근 유럽의 비철금속 가공센터를 인수하며 전기자동차 등 미래 수요산업을 염두에 둔 'Multi-material Supplier' 전략 표방

□ 관련 기술 확보를 위해 이종소재 기업 간 기술 협력 사례도 확대

- 알루미늄 판재 기업인 노벨리스는 화학 기업 Henkel과 자동차용 알루미늄 판재 접합기술 공동 개발 추진
- 아르셀로미탈의 '철강 + CFRP 다중화' 기술 개발 역시 美 고분자 소재 기업인 Diversitak과 기술 협력을 통해 진행 중

4. 전망 및 시사점

- 주요국 소재 산업 육성 정책도 최근 ‘수요 기반’과 ‘실용성’을 강조하고 있어, 빠르게 적용할 수 있는 다중소재 전략이 당분간 신소재 개발보다 우위를 차지할 전망
 - 제조업과 첨단 산업 성장에서 소재가 차지하는 비중이 증가하고 있어 산업의 주도권 확보를 위한 국가 주도의 육성 경쟁 지속
 - 주요국은 수요 실용성에 기반을 둔 소재기술 개발을 정책적으로 지원
 - 일본 ‘신원소재전략’: 신소재 발견보다는 모델링 등 분석 툴을 활용한 기술 개발에 중점
 - 독일 ‘소재에서 혁신으로’: 전통 소재의 가치를 인정하고, 수요에 기반한 소재기술과 제조가능성을 강조
- 국내 소재 기업들도 다중 소재 확대 전략을 적극적으로 고려하는 한편, 이종 소재 기업, 소재 가공기업과의 적극적인 협업을 통해 핵심 가공 기술, 고부가 솔루션 등 미래 경쟁력 확보 노력 경주
 - 특히 자동차, 조선 등 핵심 수요산업 대상의 특화 솔루션 및 이를 구현하기 위한 소재 다중화 기술 확보를 우선적으로 고려

이 자료에 나타난 내용은 포스코경영연구원의 공식 견해와는 다를 수 있습니다.

[참고자료]

[보고서/논문]

이장재, “소재분야 공공기관 역할 증대 방안”, 2017

국가과학기술자문회의, “소재기술혁신방안”, 2015

KEIT, “경량자동차용 이종소재 접합기술 개발동향”, 2017

RIST, “알루미늄 기반 Advanced Multi-Material 기술의 선진 동향”, 2016

고등기술연구원, “차체 소재 다변화에 따른 체결 및 접합기술”, 2015

Roskill, “Titanium Metal Outlook to 2015”, 2010

[홈페이지]

Arconic IR 자료 (<http://www.arconic.com>)

Arcelormittal 홍보자료 (<http://corporate.arcelormittal.com/>)

ThyssenKrupp (<http://www.thyssenkrupp-materials-services.com>)

International Aluminum Institute (<http://www.world-aluminium.org/>)

Audi Media Center (<https://www.audi-mediacenter.com>)

[언론]

Unmanned Systems Technology, “Mitsui Chemicals POLYMETAC to be used in New Lightweight UAV Frames”, 2015. 8

Light Metal Age, “Audi Introduces the Multi-Material Spaceframe of its New A8”, 2017. 4

MFG, “제조업과 소재 특집 - 더 나은 소재를 찾기 위한 여정”, 2017. 9. 1

Repairer Driven News, “Upcoming Audi A8 uses UHSS, aluminum, carbon-fiber, magnesium; joins body 14 ways”, 2017. 4. 10

일간산업신문, “日新製鋼、特殊表面改質鋼板を開発”, 2017. 2. 7