

ICME이 재료 세상에서 살아가는 설계자를 돕는다 (ICME Helps Designers Living in a Materials World)

[글] 김병철 한국기술교육대학교 mir7942@gmail.com

경량화를 위해서는 설계 및 제조 혁신뿐만 아니라 새롭고 더 가벼운 재료를 사용하는 것이 중요하다. 그러나 현재의 접근 방식은 전체 설계보다는 국부적인 설계에만 초점을 맞추고 있기 때문에 종종 제한적이다.

구조적 요구사항을 만족시키는 더 가벼운 재료로 구성요소를 교체하거나, 구성요소의 구조적 형상을 변경하거나, 또는 효율성을 높이기 위해 재료 구성을 변경하여 경량화를 할 수 있다. 그러나 이러한 노력들은 여전히 구성요소 단위로 진행된다. 각 구성요소를 생산하는데 사용하는 설계, 재료 및 생산 방법들을 통합하는 방식은 일반적으로 고려하지 않는다.

이러한 모든 요소를 고려하고 재료 엔지니어, 설계자 및 이해당사자 간의 협업을 기반으로 하는 시스템

수준의 경량화 접근 방식은 새로운 설계 혁신을 가져올 수 있다.

“시스템 수준의 접근 방식에서는 모델링 되는 전체 시스템 안에서 각 구성요소의 구체적인 사용 상태를 예측하는 것이 가능합니다.”라고 Granta Design의 Will Marsden 박사는 말한다. “이러한 특정 조건을 이해한다면 시스템 전체의 상호 작용을 이해할 수 있게 되고, 구성요소를 개별적으로 설계하는 것에만 머무르지 않고, 전체 시스템의 성능에 영향을 주는 핵심 영역(예: 재료 선택)을 확인할 수 있게 됩니다.”

접근 방식의 통합

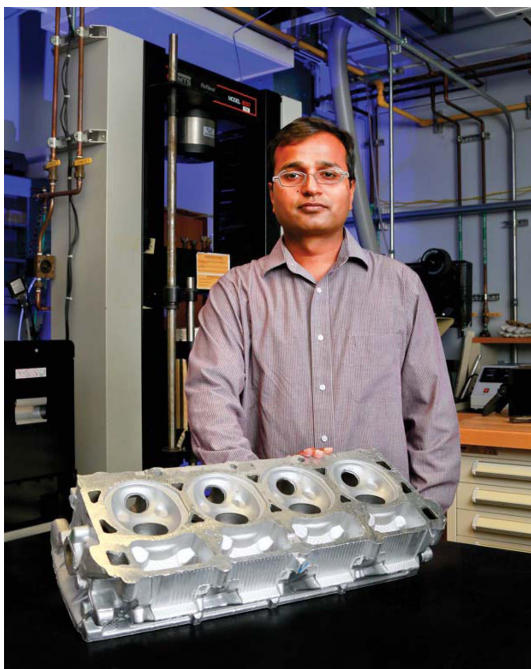
이러한 시스템 접근 방식 중 하나는 ICME (Integrated Computational Materials Engineering, 통합 전산 재료 공학)로, 주어진 구성요소에 대한 재료 사용을 최적화하는 설계, 재료 및 처리 방법을 고려하는 것이다. ICME가 성공하기 위해서는 다양한 전문 분야의 협력이 필요하다.

TMS(The Minerals, Metals & Materials Society)의 기술책임자인 George Spanos는 “서로 이야기해야 하는 것은 도구만이 아닙니다. 사람들도 서로 이야기해야 합니다.”라고 말한다. “기본적인 과학 프레임워크와는 다르게, 제품 개발주기에 익숙한 엔지니어가 관련되어 있기 때문에 실질적인 실천이 중요합니다.”

TMS는 긴 보고서(ICME: 항공우주, 자동차 및 해양 산업에서 ICME 실천)를 제작했으며, 이 보고서는 이 분야에서 ICME 실천을 위한 세부 단계를 포함하고 있다.

ICME는 전체 제품 개발주기에 걸쳐 인력, 모델, 전산 도구, 실험, 테스트, 분석, 설계 및 제조 프로세스의 통합을 포함한다. 설계자는 전통적인 실험 방법을 사용하는 것보다 훨씬 더 빠르게 설계 공간을 탐색할 수 있다.

“이 최적화 계획을 통합할 때, 고정적인 정확한 재료로 제한시키지 않고 설계에 접근합니다.”라고 Spanos는 말한다. “설계자는 더 많은 설계 범위를 가질 수 있습니다. 제한된 유형의 합금에 당신의 손을 묶어 놓지



<ORNL의 Amid Shyam이 이끄는 연구팀은 자동차 실린더 헤드 용 고온 알루미늄 합금의 개발속도를 높이기 위해 고성능 컴퓨터를 사용하고 있다. 이미지 제공: ORNL>

않습니다. 기계 세계에서 수행되는 위상 최적화는 재료의 매개변수를 조금이라도 자유롭게 만들 수 있습니다.”

예를 들어, 엔지니어는 시스템의 성능 요구사항을 충족시키기 위해 “국부적인” 속성의 활용도를 극대화하고, 이를 위해 구성요소 전반에서 선택한 재료의 속성을 변경할 수 있다고 Marsden은 말한다.

“이로써 선택한 재료/공정 조합의 잠재력을 최대한 발휘할 수 있습니다.”라고 그는 말한다. “이는 필요한 시스템 성능을 이끌어내기 위해, 필요한 특성을 나타내는 재료(금속의 입자 구조 또는 복합재료의 섬유 분포) 내에서, 필요한 구조를 생성하는 데 필요한 처리 매개변수를 정확하게 제어할 수 있다고 가정합니다.”

그것은 반복적인 과정이다. “부품의 기본 형상 둘레를 확인하고 균일한 재료 특성을 가정하여 형상을 최적화하고자 합니다.”라고 Marsden은 말한다. “그런 다음 응력이 가장 큰 영역을 확인하고, 국부적인 재료 특성을 도입하는 것이 유리한지를 확인합니다.”

(금속의 경우) 관련된 열/변형 이력을 도출할 수 있도록 적절한 기술(예: 위상 다이어그램 계산 또는 유한요소 해석)을 사용해 부품의 각 위치에서 재료 처리를 모델링할 수 있다. 그런 다음 예측할 지역적 속성을 유도하기 위해 국부적인 처리 이력을 사용할 수 있다. 원하는 결과를 산출하는 접근 방식을 찾기 위해 모델을 테스트할 수 있다.

“또 다른 측면은 부품 제조와 관련된 여러 단계가 있을 수 있다는 것입니다.”라고 Marsden은 말한다. “각 단계를 모델링할 수 있고, 그런 다양한 모델링 접근 방식의 결과를 합리적으로 결합하면, 실제로 모델링하는 데 더욱 가까워질 것입니다.”

ICME 환경에서 서로 다른 길이 스케일의 계산 모델을 사용해, 기업은 재료 개발 및 설계 최적화를 개선하는 방법을 모델링할 수 있고, 새로운 조립 공정을 모델링할 수 있으며, 완제품 성능을 예측할 수 있다. 또한 시제품 제작 및 테스트에 대한 필요성을 줄이면서 생산 시간을 단축하고 경량화를 향상시킬 수 있다.

“당신이 해야 하는 실험 테스트 표를 줄였습니다.”라고 Spanos는 말한다. “재료를 검증하고 인증해야 하기 때문에 실험을 생략하지는 않지만, 수백 가지 테스트를 수행할 필요가 없습니다.”

재료 데이터에 대한 도전

경량화에 대한 통합된 접근 방식을 위해서는 재료

정보의 가용성을 크게 향상시켜야 할 뿐만 아니라, 관련된 모든 처리 매개변수를 기반으로 재료의 특성을 예측할 수 있는 새로운 재료 모델군을 필요로 한다.

또한 서로 다른 방법 간에 정보가 효율적으로 전송되어야 하며, 관련 정보 항목 간의 연결관계를 포착해 질의에 사용할 수 있어야 한다.

“예를 들어, 가공 매개변수, 생성한 재료 내의 구조 및 그 구조로 표시되는 결과 속성 간의 연결관계를 이해할 수 있다면, 부품의 성능을 예측하고 최적화할 수 있습니다.”라고 Marsden은 말한다. 그는 Granta가 ICME 프로세스를 위한 재료 정보 “백본(backbone)”을 제공한다는 말을 덧붙인다. 이 시스템은 시뮬레이션 코드, 해석 패키지 및 테스트 프로그램에 정보를 넣거나 가져올 수 있는 기술을 제공하며, 시뮬레이션 및 실험에서 재료 및 프로세스의 모든 데이터를 수집할 수 있는 단일 시스템이다.

그러나 현재 데이터베이스 구조를 구축하고 관리하기 위한 표준이 없으므로 재료 정보와 도구에 접근하고 교환하는 것이 쉽다. 또한, 지적 재산에 대한 우려와 데이터를 공유하는데 필요한 비용에 대한 우려가 이러한 공유 노력을 지연시킬 수 있다. 대부분의 경우, 각 공정의 모든 단계에서 부품의 각 위치에 따른 정확한 조건에 대한 불완전한 지식도 존재한다.

지식 공유를 향상시키기 위한 노력이 진행 중이다. 예를 들면, White House Materials Genome Initiative는 신소재 개발 및 배포를 가속화하기 위해 시작되었다. 현재 TMS는 기업이 신뢰성 있고 안전하게 정보를 전후로 전달할 수 있는 방식으로 자료를 저장하고 공유하는 연구를 진행하고 있다. Spanos는 “이 시스템 프레임워크에서 우리가 데이터를 공유하고 제품 개발 주기에 걸쳐 넘나드는 방식을 결정하는 것이 매우 중요하다.”라고 말한다.

유망한 접근 방식은 서로 이야기 할 수 있는 여러 커뮤니티 내의 데이터베이스 연합을 사용하는 것이다. “정부는 데이터를 공유하는 방법에 있어 큰 역할을 할 것입니다.”라고 Spanos는 말한다. “일단 산업계가 관여하면 당연히 독점적인 고려 사항이 존재합니다. 당신이 그 사전 경쟁 장소를 정의하고 나서, 그 정의 안에서 당신이 할 수 있을 만큼 많은 것을 하는 것이 아이디어입니다.”

새로운 협업 수준 필요

시스템 수준의 접근 방식은 통합된 제품 개발팀을 구성하기 위해 설계자, 재료 전문가, 기계 엔지니어 및 제조 업체 간의 협업을 필요로 한다.

“이것은 다른 엔지니어들과 보다 긴밀하게 상호 작용하는 설계 엔지니어를 필요로 합니다. 특정 난로파이프(주: 부적당한 채널을 통해 정보를 정책 결정자들에게 전달하는 것)를 무너뜨리고 내부적으로 문화를 변화시키려면 경영진 내에서 챔피언이 있어야 합니다.”라고 Spanos는 말한다.

이를 위해서는 내부 교육 및 훈련뿐만 아니라 ICME 경험이 풍부한 직원이 필요하다.

모델링 결과의 불확실성 정량화 및 위험을 관리하고 완화하는 것과 함께 모델 및 시뮬레이션의 검증 또한 중요할 것이다.

“훌륭한 모델링 및 시뮬레이션이 많이 있지만 실험적 검증은 충분하지 않습니다.”라고 Spanos는 말한다. “모델과 시뮬레이션을 검증하는 것이 중요하며, 이는 추진해야 할 주요 활동입니다.”

추가적인 어려움이 있다. 일부 수직 시장(주: 특정 고객층을 위한 시장)에서는 재료에 대한 구조-물성 관계에 대한 데이터뿐만 아니라 좋은 정량적 모델링 도구가 부족하다. 또한 다른 코드와 모델을 효과적으로 통합하기가 어려울 수도 있다.

고급 재료 모델링 및 시뮬레이션을 ICME 원칙과 결합하면 빌드 및 테스트 기간을 연장하지 않고도 완성된 부품(예: 항공기 또는 자동차 구성요소)의 성능을 시뮬레이션 할 수 있을 것이다.

신소재 제작

ICME의 사용은 또한 신소재의 개발 및 사용을 촉진하는 데 도움이 될 수 있다. 엔지니어는 종종 새로운 재료의 특성이나 실패 경향을 이해하지 못한다. 새로운 재료들을 테스트하고 이해하기가 더 어렵기 때문에(그리고 종종 더 비싸기 때문에) 설계자들은 종종 전통적인 재료로 돌아간다.

항공우주 산업에서는 자격인증 시간과 비용으로 인

해 항공기에서 사용할 수 있는 신소재를 검증하기가 어려워지면서 특별한 문제가 생긴다. 또한, 재료는 성능을 예측하기 위해 다른 유형의 생산 방법의 맥락에서 이해되어야 한다. ICME는 이를 달성하는 데 도움을 줄 수 있다.

ICME는 또한 정보를 생성하여 수십년이 걸릴 수 있는 새로운 재료의 개발을 가속화 할 수 있다.

예를 들어, DARPA의 MDP(Materials Development for Platforms) 프로그램은 ICME를 사용하여 개발주기를 최대 75%까지 줄인다. 이 프로그램은 특정 기능과 의도된 임무를 가진 신속한 재료 개발에 초점을 둔다. 연구원들은 적용 목적을 먼저 정하고, 그리고 나서 적합한 재료를 만드는 과정으로 돌아간다.

ORNL(Oak Ridge National Laboratory), 멕시코의 Nemak 그리고 자동차 제조사인 피아트/크라이슬러는 새로운 연료 효율 목표를 달성하는 데 도움이 되도록 신소재 개발을 가속화하는데 ICME를 사용하고 있다. 이 프로젝트는 포드, GM 및 피아트/크라이슬러가 경량 전동장치 구성요소를 생산하는 데 사용할 수 있는 고강도 주조 알루미늄 합금을 개발하기 위해 앞장서고 있는 DOE(주: 미국 에너지부)의 Vehicle Technologies Office Initiative의 일부이다. 이 프로젝트 초기에는 알루미늄 실린더 헤드의 개발을 목표로 하고 있다. DOE의 타이탄 슈퍼 컴퓨터와 결합된 ICME 접근 방식은 연구원들이 원자 수준에서 새로운 합금을 맞춤화하여 원하는 재료 특성에 도달 할 수 있도록 해준다. 새로운 합금을 모델링 한 다음 그 결과를 사용하여 추가 실험을 위한 선택 범위를 좁힐 수 있다.

기업이 제품의 무게를 줄이기 위해 계속해서 노력할 때, 시스템 수준의 접근 방식은 이러한 노력을 가속화하는 동시에 추가 적용에 활용할 수 있는 새로운 재료 및 생산 방법에 대한 통찰력을 제공한다.

<<본 기사는 다음 기사를 발췌 번역한 것입니다.

Brian Albright, “ICME Helps Designers Living in a Materials World”, Desktop Engineering, January 3, 2017, <http://www.digitaleng.news/de/designers-living-in-a-materials-world/>>>