

Многоуровневое моделирование композиционных материалов и изделий на их основе

Демкович Н. А., ведущий инженер, ООО "Би Питрон СП"

Композиционные материалы в военных и гражданских отраслях промышленности



Оборонная
промышленность



Космос



Гражданская авиация



Авиационные
двигатели



Автомобилестроение



Судостроение



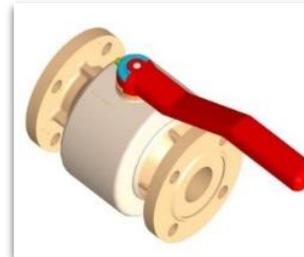
Железные дороги



Энергетика



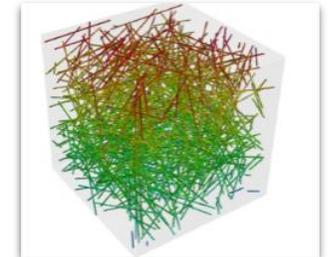
Медицина



Трубопроводная
арматура



Гражданское
строительство

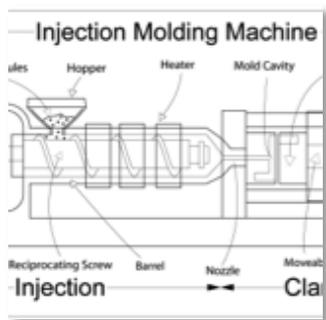


Новые материалы

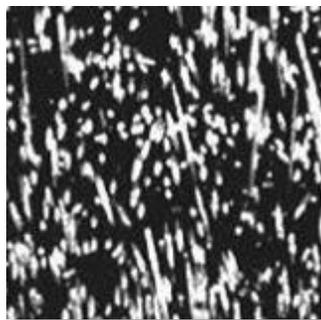
Задачи при разработке изделия из КМ

- Как **выбрать** наиболее подходящий материал?
- Как **про моделировать** многокомпонентные материалы?
- Как **спроектировать** оптимальную конструкцию из КМ?
- Как **сократить время** разработки КМ и изделий из него?
- Как **обеспечить максимальный эффект** от применения КМ?

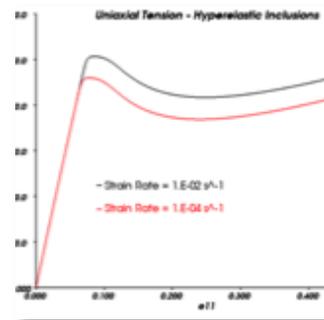
Комплексное применение систем моделирования при разработке изделий из КМ



Выбор технологии изготовления



Анализ микроструктуры материала



Расчет свойств материала



Расчет конструкции на прочность

Моделирование технологического процесса

Moldex3D
MOLDING INNOVATION

Построение модели материала

Digimat

Прочностные и тепловые расчеты

MSC Software

BEE PITRON
СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Stream
ENGINEERING
MSC Software Company

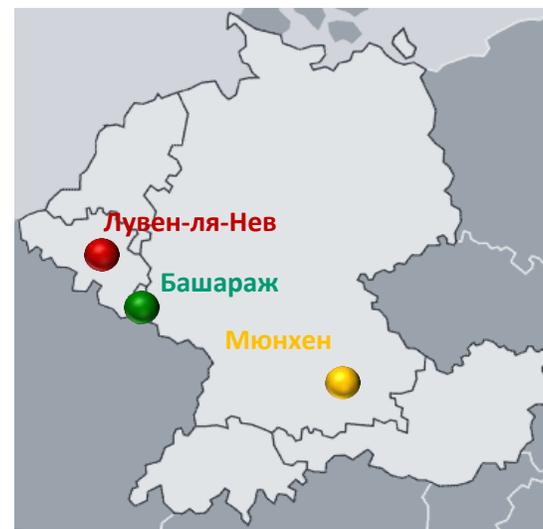
MSC Software



Обзор возможностей программного комплекса Digimat

Компания e-Xstream engineering

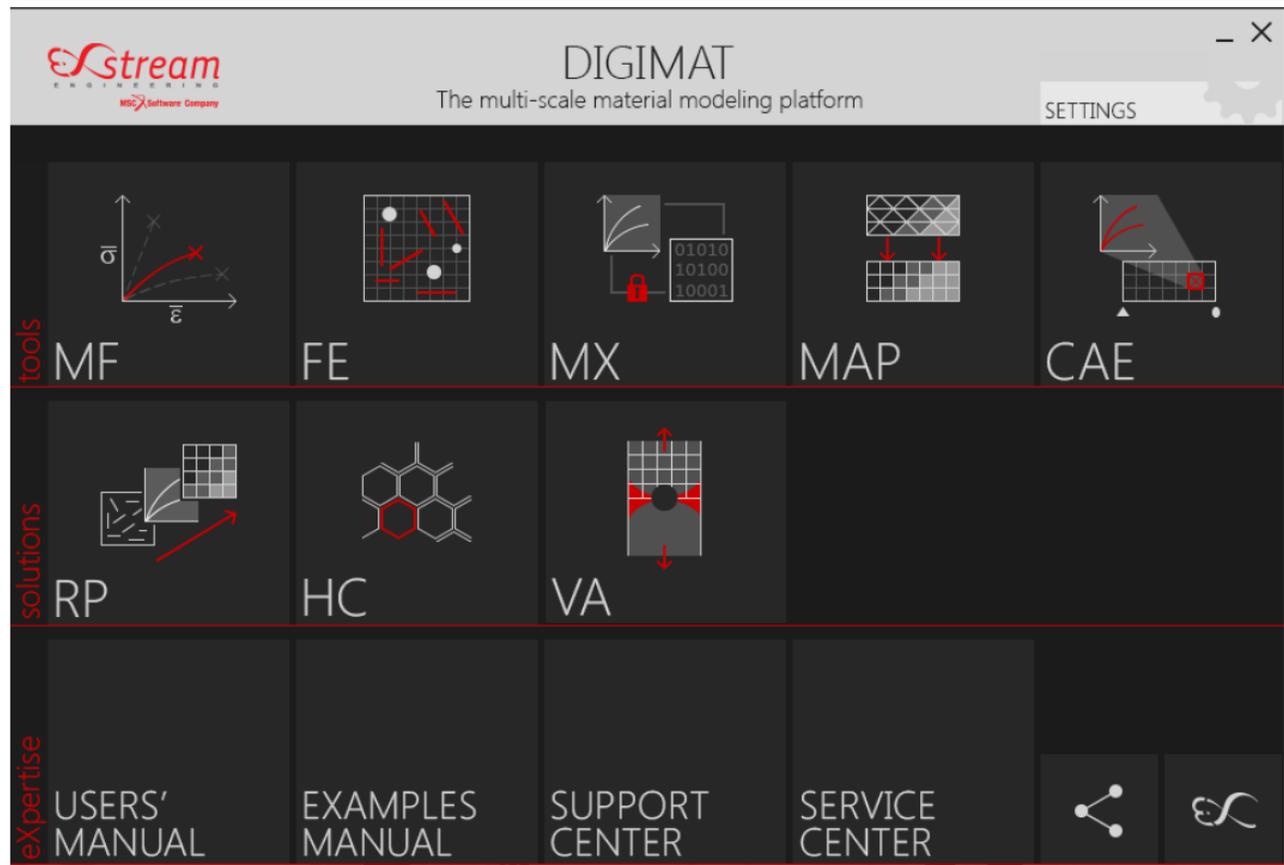
- Компания основана в 2003г.
- В сентябре 2012 вошла в состав корпорации MSC Software
- Направление деятельности:
 - Разработка, поставка и поддержка программного обеспечения - **Digmat**
 - Консультационные услуги и сервисные работы с ведущими предприятиями по всему миру
 - 100% сфокусировано на моделировании композиционных материалов и композитных конструкций
- Команда из более чем 50-ти высококвалифицированных специалистов:
 - 65% кандидаты технических наук;
 - 25% MS & BS Engineering
 - 10% маркетинг, финансы и администраторы



- Бельгия
- Люксембург
- Германия
- США



Структура комплекса Digimat

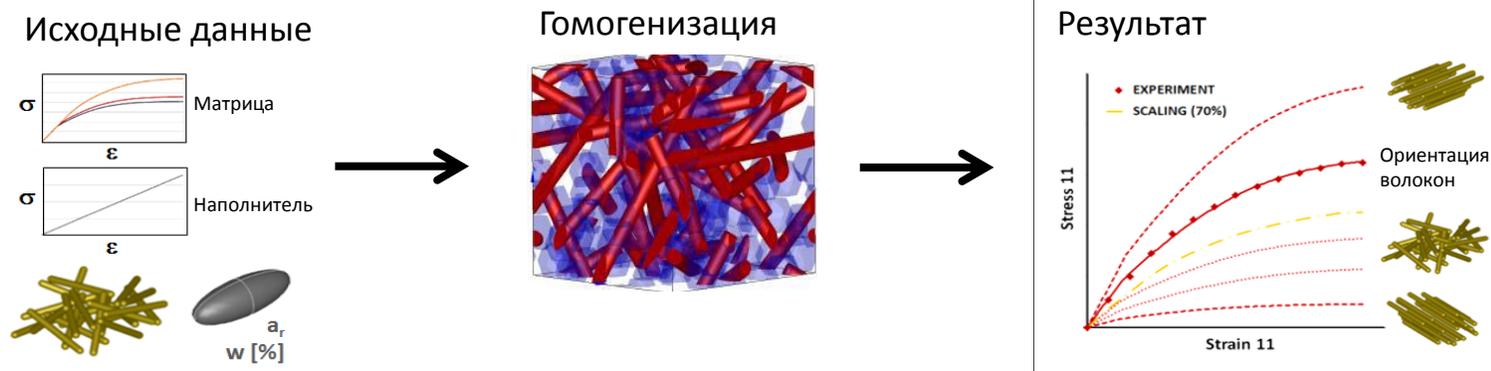


Пользователи:

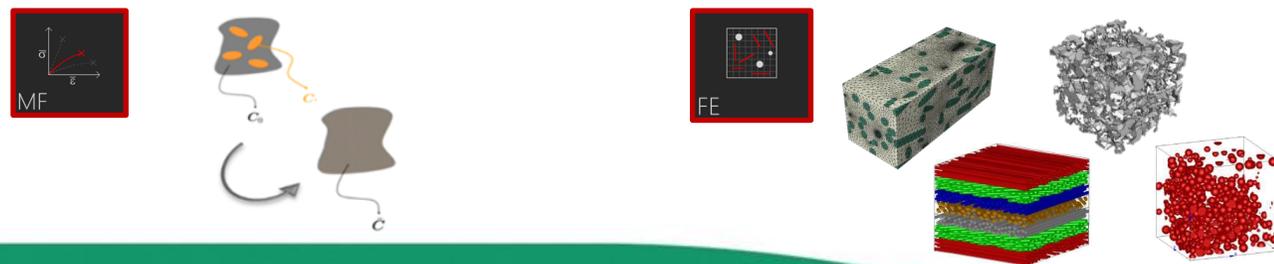
- разработчики композиционных материалов
- специалисты-расчетчики
- специалистов, связанные с проведением испытаний композиционных материалов и конструкций из них

Digmat-MF, Digmat-FE

- Расчет нелинейных анизотропных макроскопических свойств на основе данных о свойствах отдельных компонентов материала и его микроструктуры.



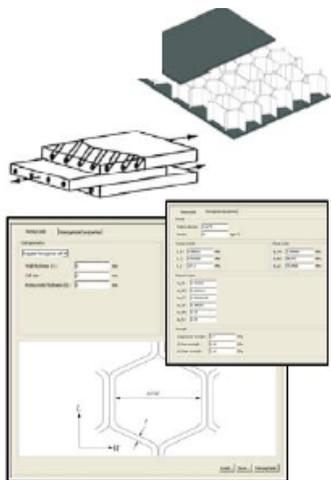
- Аналитический метод
- Расчет с помощью МКЭ



Digmat-NC

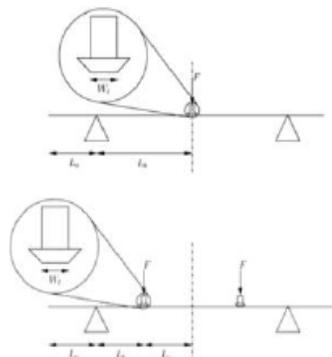
■ Моделирование композитных сотовых панелей

Исходные данные



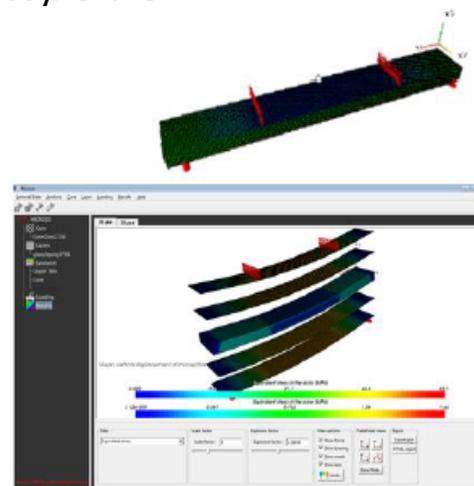
Характеристики материала внешних слоев и сотового наполнителя

Гомогенизация и расчет отклика конструкции на нагружение



Методы гомогенизации (усреднения свойств) и расчет встроенным конечно-элементным решателем

Результаты

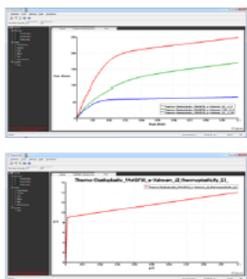


Визуализация результатов конечно-элементного расчета на модели сотовой панели

Digmat-MX

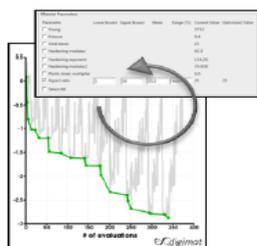
- База данных материалов для хранения, поиска и безопасного обмена экспериментальными данными и моделями материалов Digmat и проведения обратного инжиниринга

Исходные данные



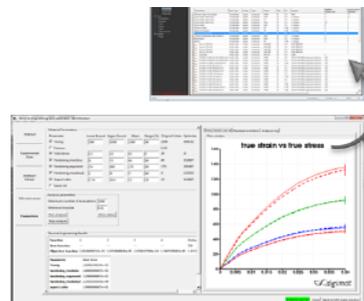
Импорт экспериментальных данных; построение модели материала Digmat-MF

Калибровка и верификация



Калибровка модели Digmat-MF на основе экспериментальных данных

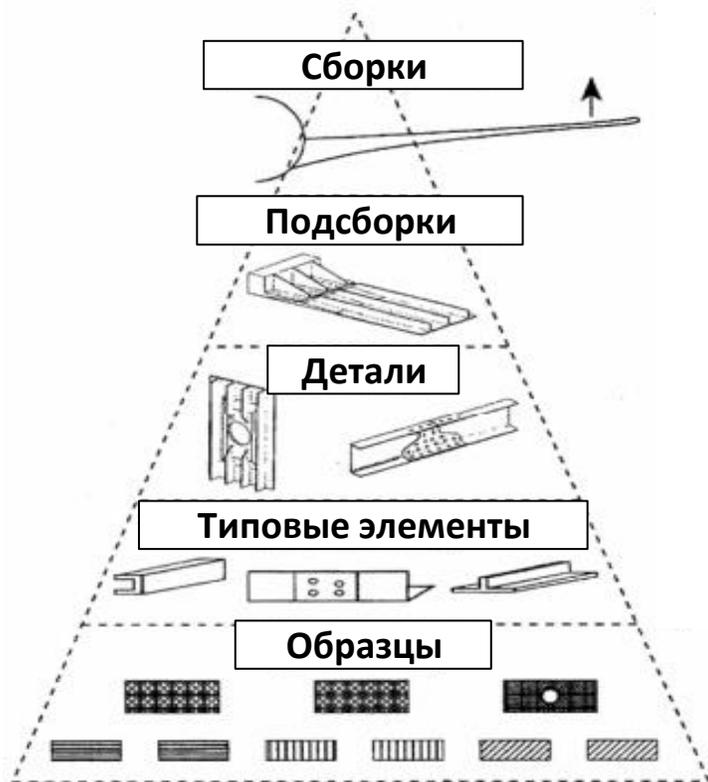
Результаты



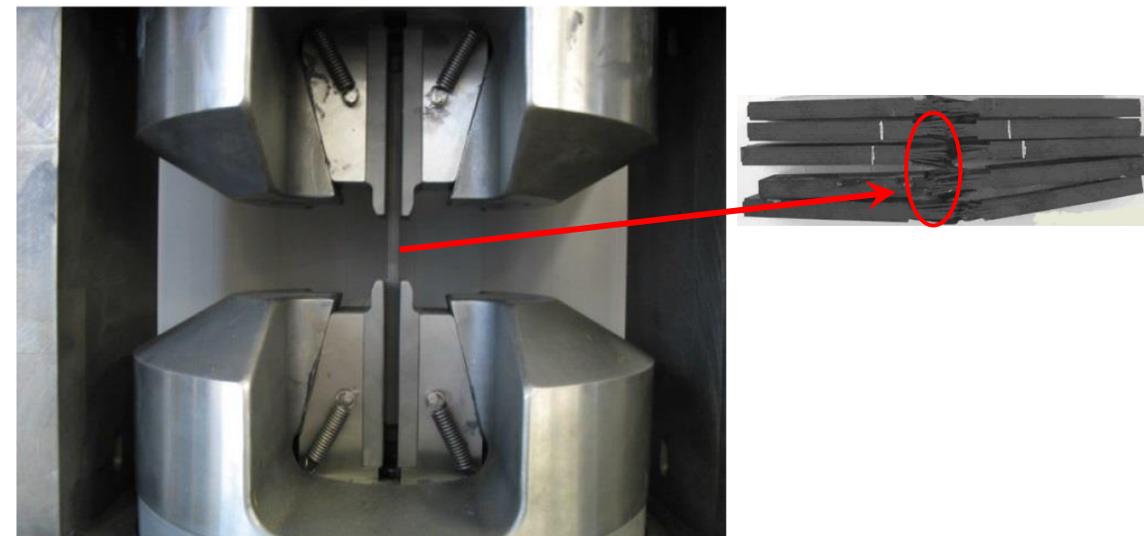
Откалиброванная модель Digmat-MF, сохраненная в базе данных и готовая к использованию в расчетах

Digmat-VA

Использование композиционных материалов в конструкции опирается на “блочную” программу испытаний для обязательной сертификации



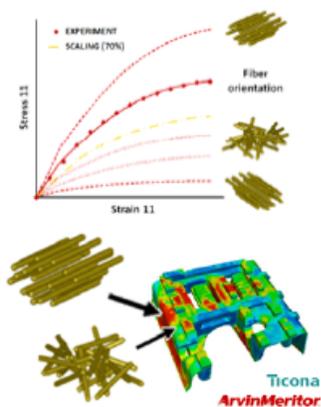
| Программа испытаний | |
|---------------------|-----------|
| 1980 | 2000 |
| 2 | 2 |
| 2 | 15 |
| 25 | 2 500 |
| 500 | 10 000 |
| 5 000 | > 100 000 |



- Виртуальные испытания образцов композиционных материалов
- Цель – уменьшить количество и стоимость натуральных испытаний

Digmat-CAE

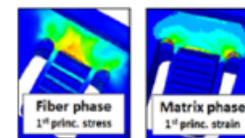
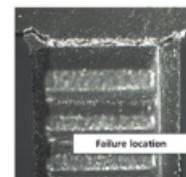
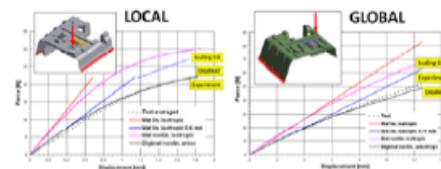
- Связанный анализ методом конечных элементов с учетом параметров микроструктуры композиционного материала и технологии его изготовления



КЭ анализ



Литье под давлением



Ticona
ArvinMeritor

Модель материала из Digmat + информация о локальной микроструктуре материала

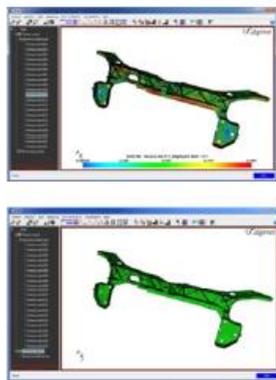
Связанный анализ с использованием конечно-элементных решателей с явной и неявной схемой интегрирования

Достоверные результаты прочностных и тепловых расчетов композитных конструкций

Digmat-MAP

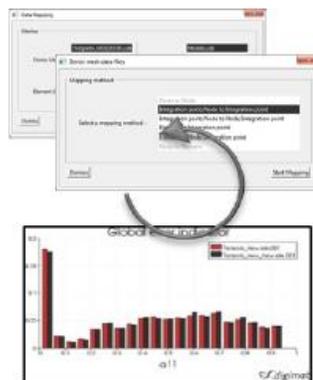
- Передача в различные системы КЭ анализа данных об ориентации волокон, остаточных напряжениях, линиях спая, полученных при моделировании процесса литья под давлением

Исходные данные



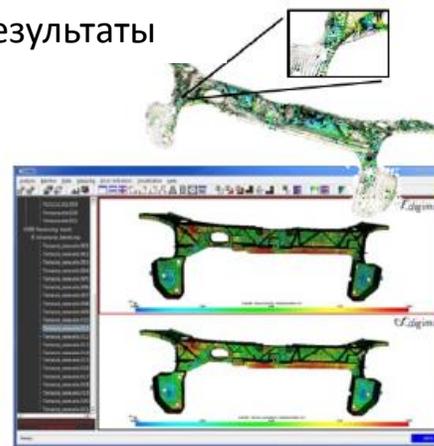
Импорт сеточных моделей из системы моделирования технологических процессов и системы КЭ моделирования

Перенос данных



Надежные методы переноса данных на 2D и 3D КЭ сетки

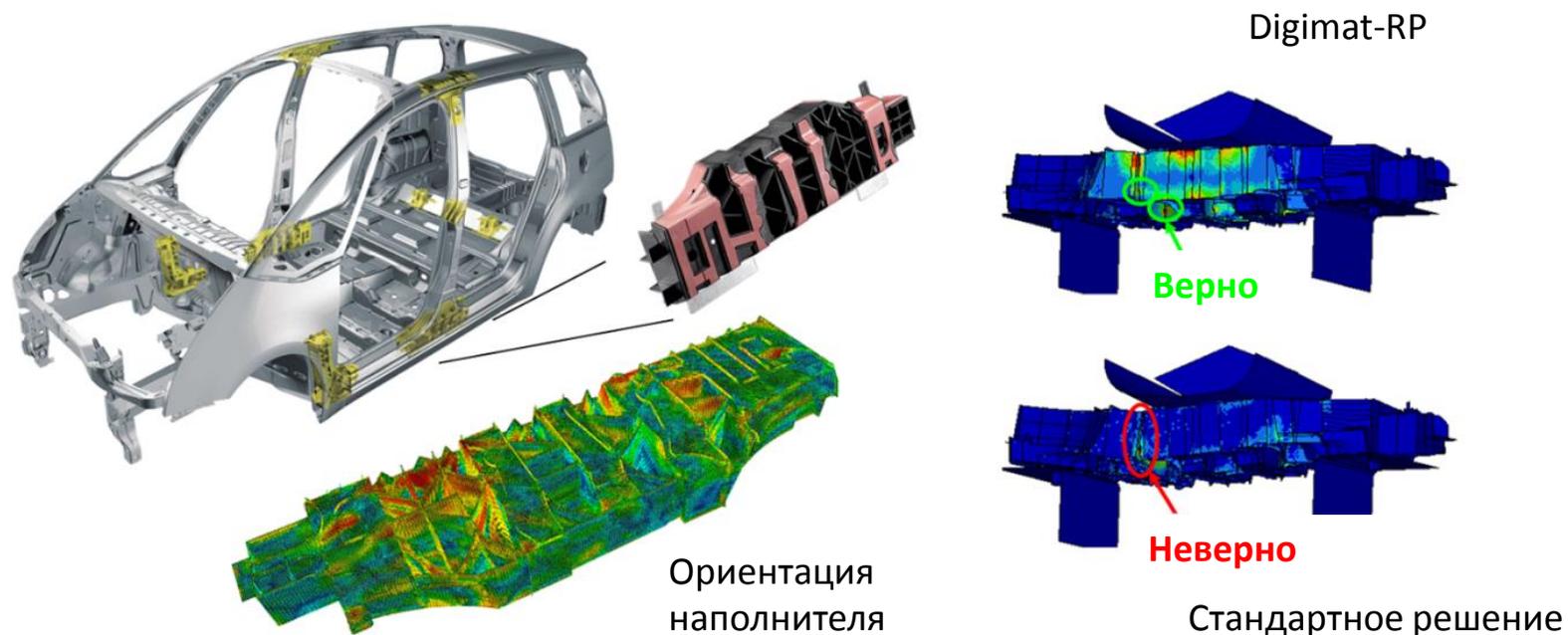
Результаты



Представление результатов, полученных при моделировании процесса литья под давлением, на КЭ сетке для расчета на прочность и теплового анализа

Digmat-RP

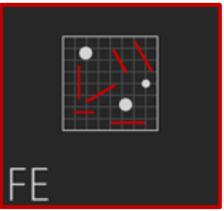
- Интегрированное решение, объединяющее несколько модулей Digmat, для проведения связанного анализа конструкций из армированных пластиков, изготавливаемых методом литья под давлением



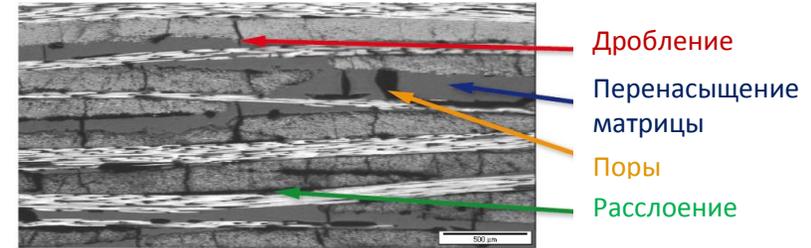


Примеры решения задач

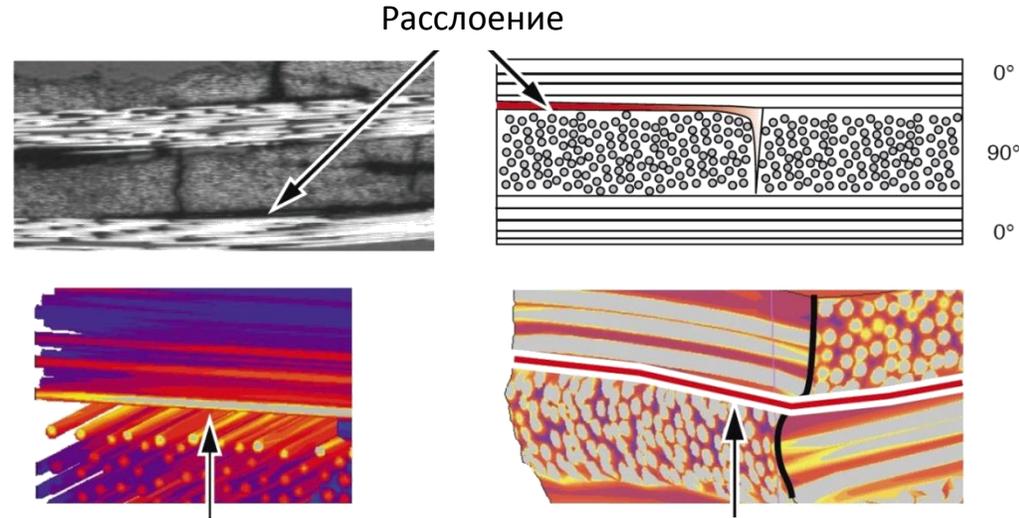
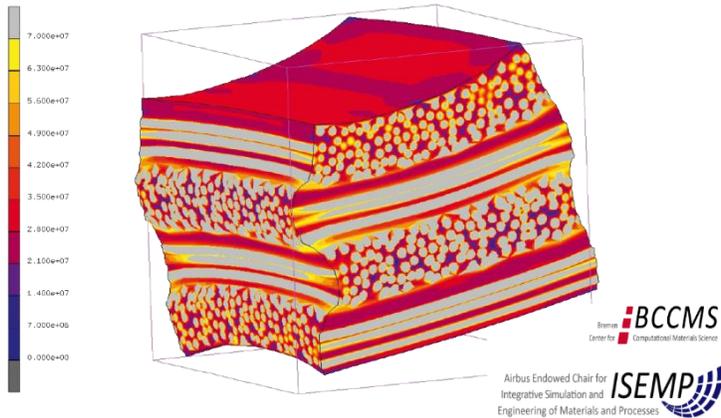
Анализ напряжений в КМ, возникающих из-за особенностей технологии изготовления



- Остаточные напряжения в материале ведут к образованию дефектов и разрушению КМ
- Цель: моделирование остаточных напряжений в пластике, армированном углеродным волокном, на микроуровне с реалистичной микроструктурой материала



Представительный элемент объема

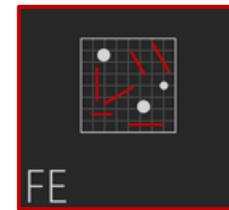


Область высоких напряжений на границе фаз между слоями

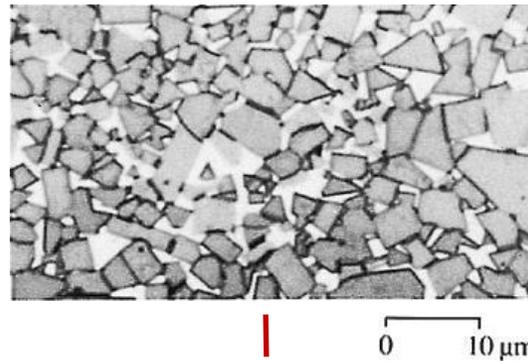
Расслоение и микрповреждения на границе слоев из-за усадки



Разработка инструментальной металлокерамики

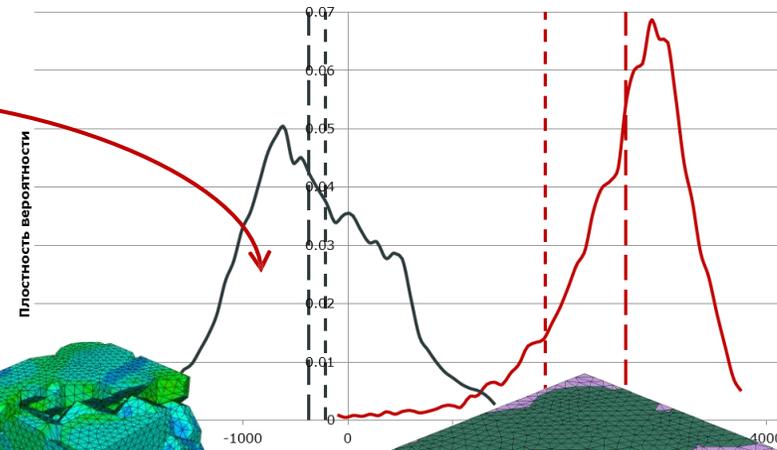


Сплав карбид вольфрама/кобальт

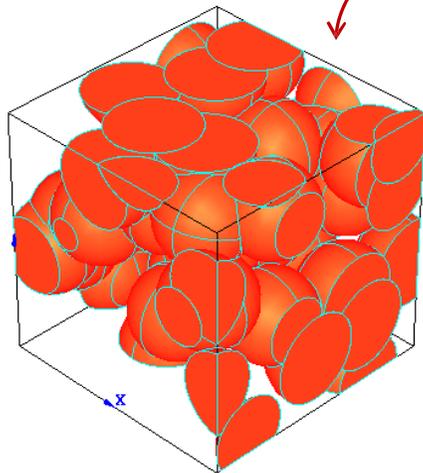


DIGIMAT-FE

Распределение напряжений по фазам



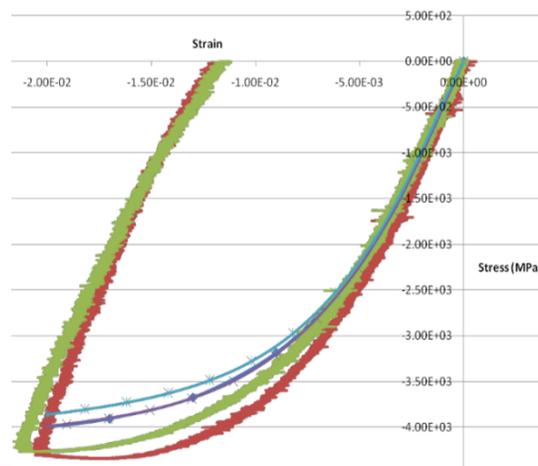
DIGIMAT-MF



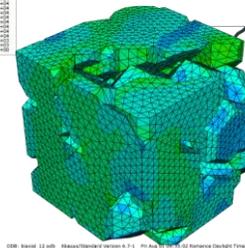
Расчет средних напряжений по ПЭО



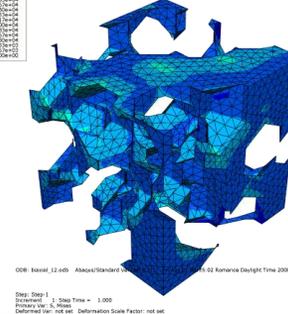
Macro Stress - Strain curves



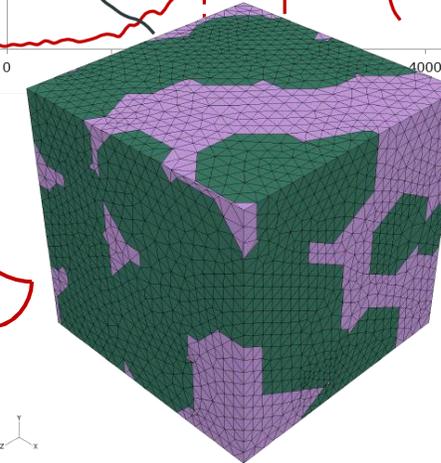
Карбид вольфрама



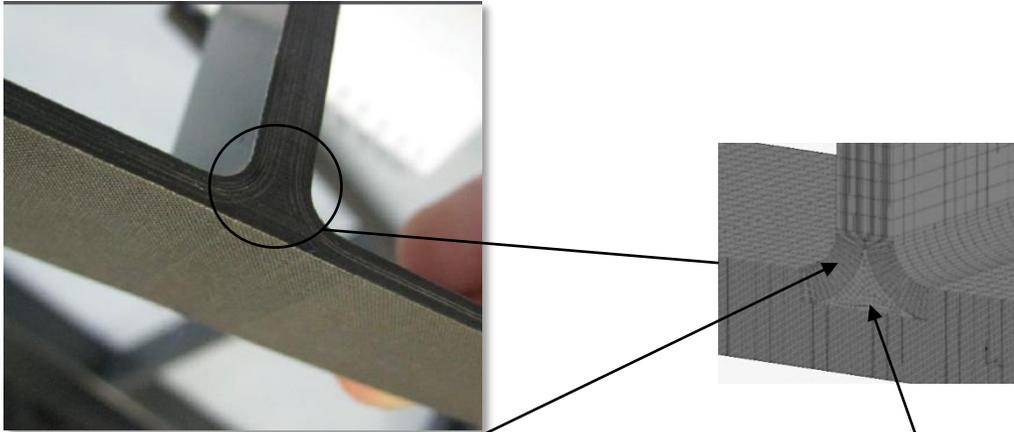
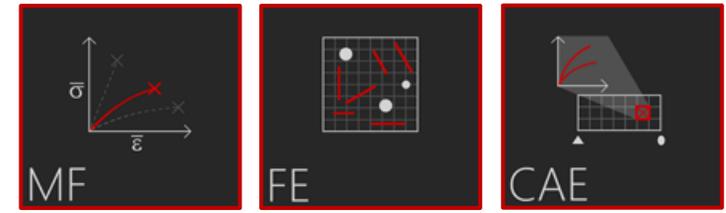
Кобальт



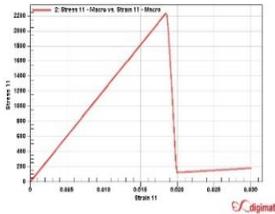
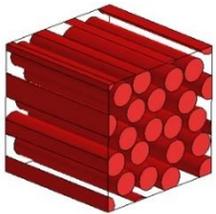
КЭ расчет:
Распределение напряжений по ПЭО



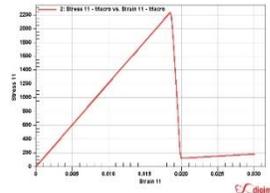
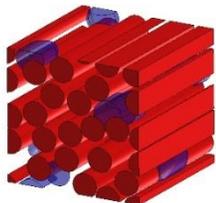
Прогрессирующее разрушение в Т-образном элементе с учетом дефектов в материале



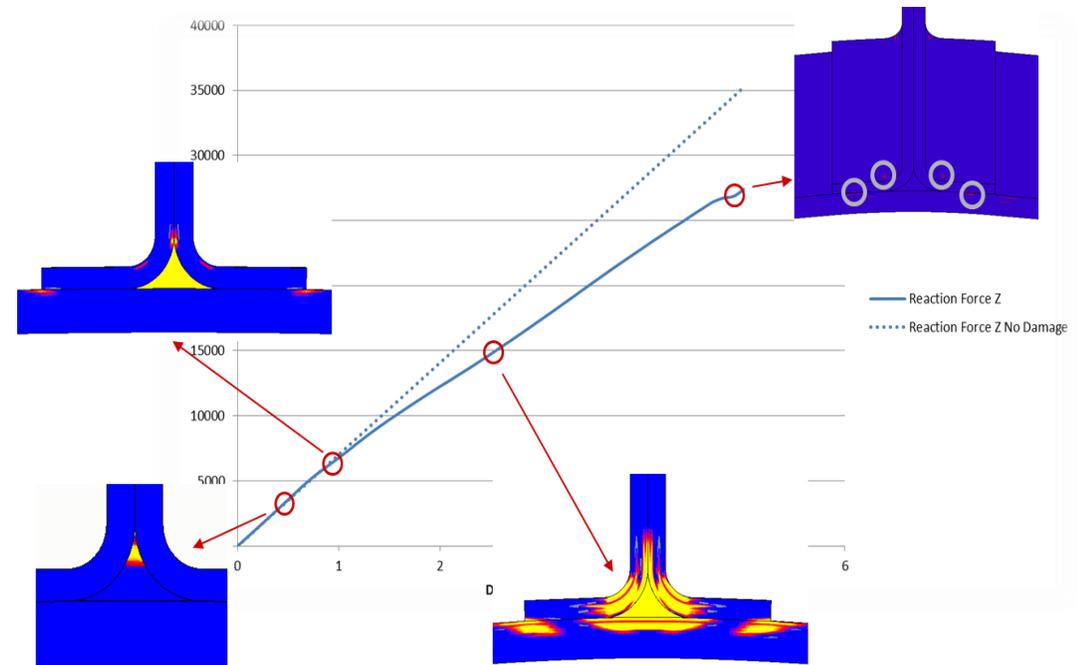
1. Квази-изотропный КМ



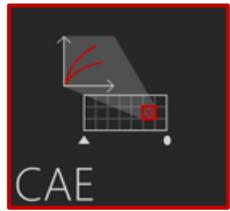
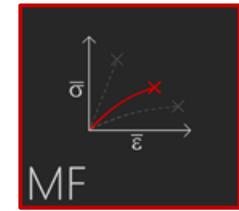
2. Центральная часть: 90°однапр. КМ



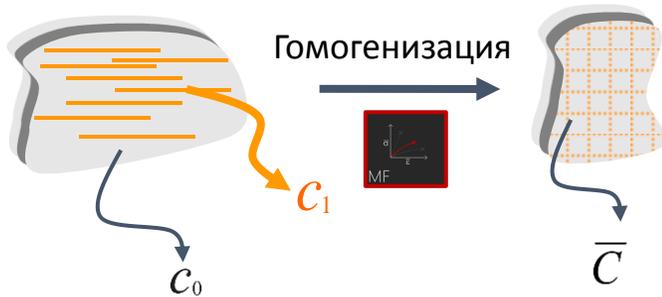
Кривая сила-перемещение с учетом прогрессирующего разрушения



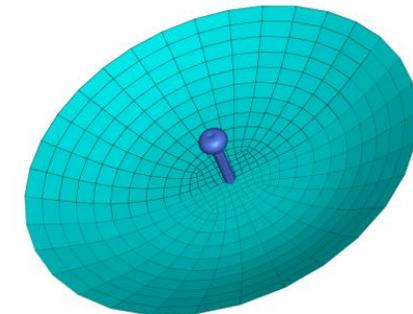
Многоуровневое моделирование спутниковой антенны



- Шаг 1: Гомогенизация в Digimat-MF материала нитей для тканого плетения

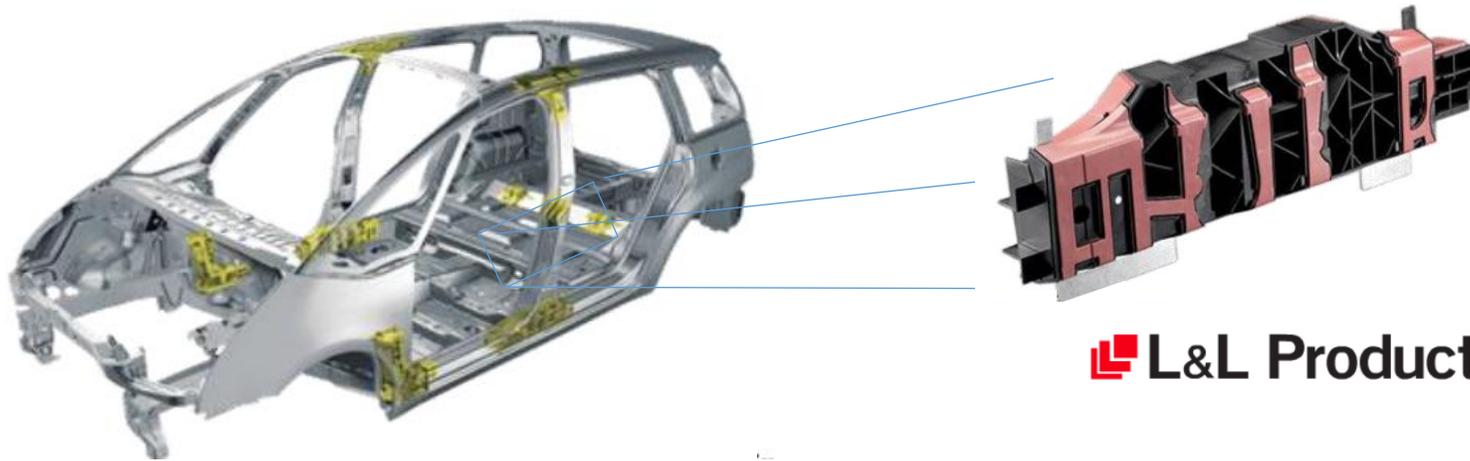
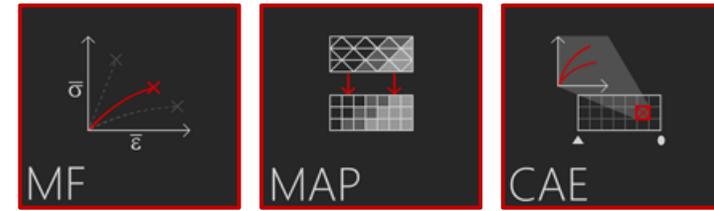


- Шаг 2: Детальный анализ представительного элемента объема тканого композитного материала с трехосным плетением (TWF)

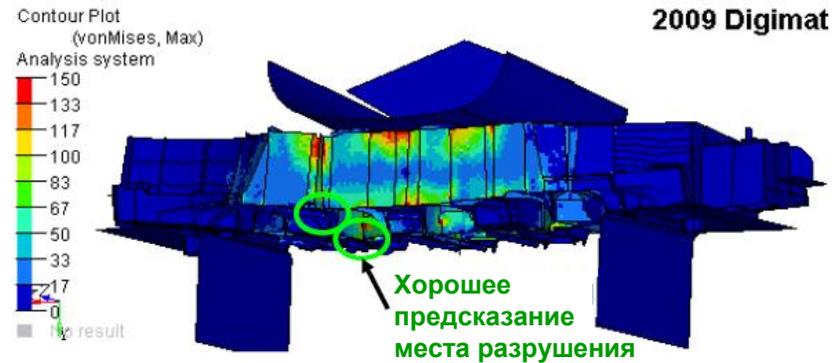
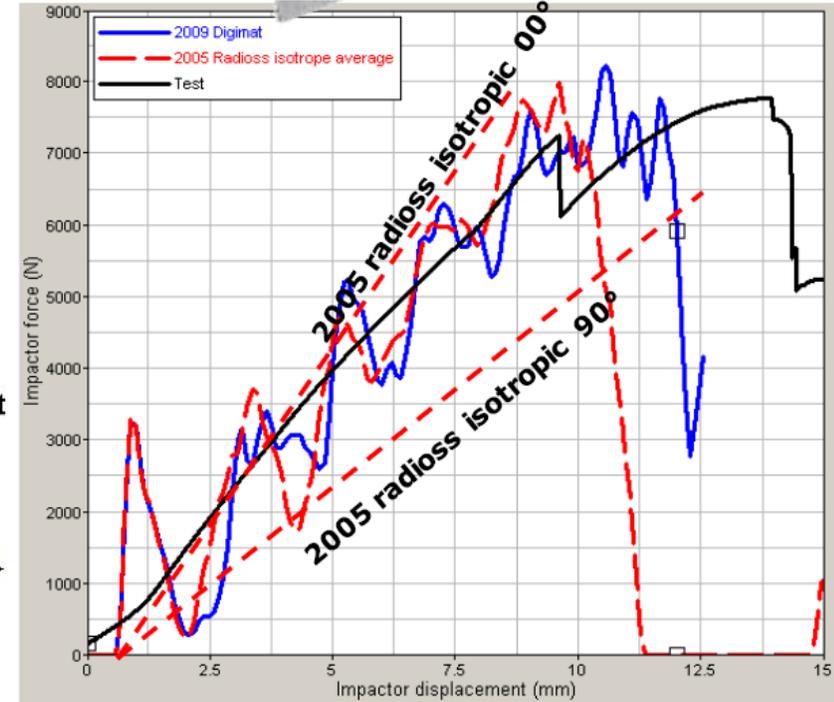


- Шаг 3: Переход от представительного элемента объема к эквивалентной многослойной оболочечной модели (макроуровень)

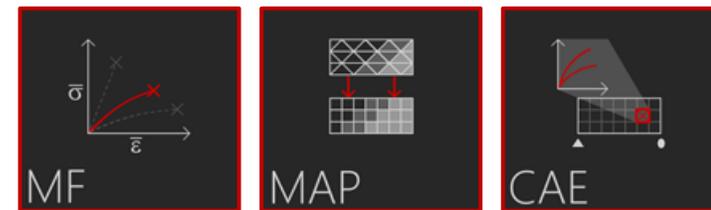
Расчет на ударное воздействие элемента усиления конструкции



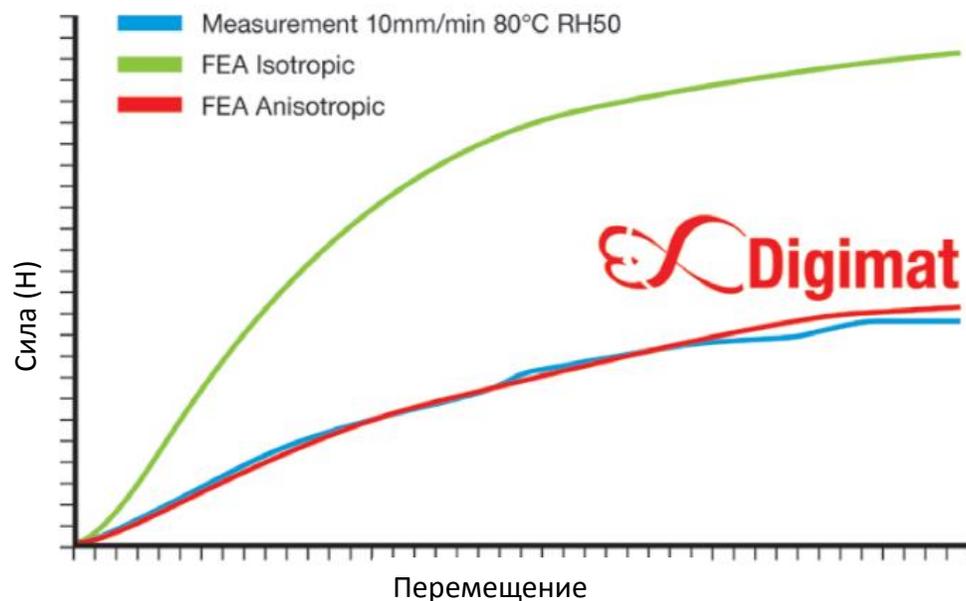
L&L Products



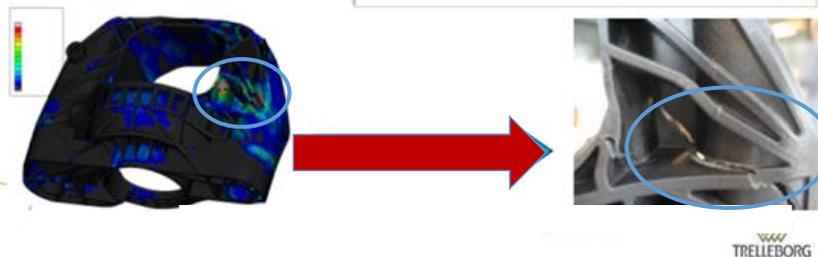
Моделирование опоры двигателя



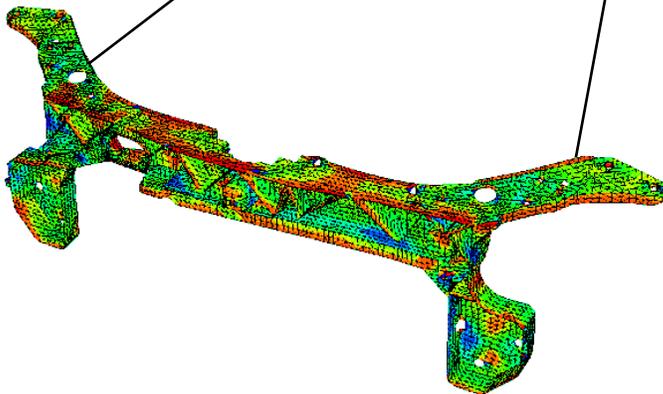
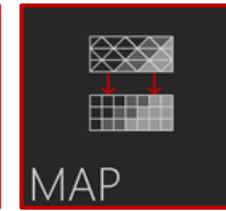
- В 2007 году запущена программа FIAPLAST по снижению массы двигателя за счет КМ
- Изготовление литьем под давлением: анизотропия свойств КМ



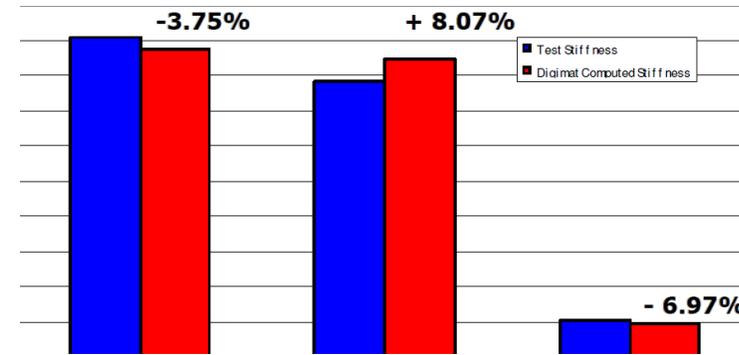
- Масса готовой детали: 710 граммов (на 40 % меньше!)
- Стоимость: -15 %
- При КЭ расчете учитывается нелинейность и анизотропия армированного материала PA6.6
- Использование Digimat позволило построить реалистичную КЭ модель и обеспечить хорошую сходимость результатов расчета и эксперимента



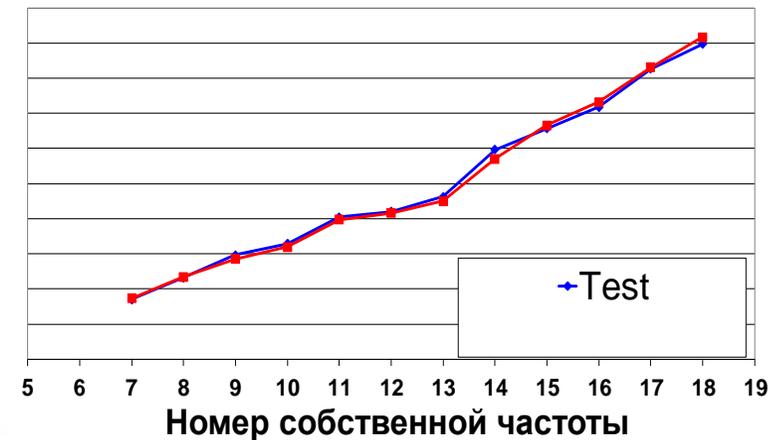
Силовой элемент – анализ жесткости и собственных частот



■ Анализ жесткости конструкции



■ Анализ собственных частот





Заключение

Digmat – платформа для моделирования многокомпонентных материалов

- Подбор/разработка/сертификация материалов
 - любые типы наполнителей: короткие волокна, непрерывные волокна, тканые композиты, сотовые структуры...
 - различные группы физических свойств: механические, термомеханические, электрические, ...
 - большая библиотека моделей материалов
 - получение виртуальных расчетных характеристик композиционного материала с помощью серии конечно-элементных расчетов, основанных на матрице испытаний
- Виртуальное моделирование деталей и узлов
 - многоуровневый нелинейный анализ, позволяющий повысить точность моделирования
 - учет параметров технологического процесса изготовления
 - специальные методы для описания прогрессирующего разрушения



Спасибо за внимание!

Контактная информация

Наталья Александровна Демкович

Ведущий инженер

ООО "Би Питрон СП"

тел.: +7 (812) 740-18-00, доб. 298

dna@beepitron.com

www.beepitron.com