

Проектирование композитных конструкций с учетом производственной специфики

Александр Беспалов (АО "ИТС")

На сегодняшний день очевидна тенденция роста применения композитов на основе упрочненных различными волокнами пластиков – ввиду их легкости и конструктивной эффективности. Разработка композитных изделий является уникальной в том смысле, что, фактически, каждый раз под конкретное новое изделие создается новый слоистый материал – путем набора пакета, соответствующего определенным функциям изделия. Эффективность разработки композитных деталей обеспечивается за счет применения специальных программных инструментов.

На рынке программного обеспечения представлено много различных средств для цифрового описания композитного пакета и анализа динамики и прочности конструкций. Мы хотим обратить внимание читателей на продукты компании *Siemens PLM Software* – в частности, на решение для инженерного анализа *Simcenter 3D* с модулем *Laminate Composites* и на *Fibersim* для конструкторско-технологической подготовки производства композитных изделий, использование которых открывает широкие возможности прогнозирования механических характеристик сложных изделий из слоистых композитов.

Почему именно *Simcenter 3D* и *Fibersim*?

Во-первых, стоит отметить высокую степень интеграции данных решений, позволяющую осуществлять двусторонний обмен данными о композитной укладке между расчетной и конструкторско-технологической моделью. Упрощенная укладка композитного пакета, принятая согласно проектному расчету на прочность и жесткость в *Simcenter*, передается в систему *Fibersim*, имеющую широкий набор инструментов для конструкторско-технологической проработки слоёв с учетом драпироваемости материала и технологических надрезов/вырезов. Затем эта проработанная укладка передается обратно в *Simcenter 3D*, где выполняется поверочный расчет на прочность.

Во-вторых, технология конечно-элементных сборок, позволяющая создавать сложные расчетные модели из отдельных конечно-элементных моделей, входящих в сборку деталей, дает возможность параллельно работать над сложным изделием нескольким специалистам-расчетчикам одновременно. Кроме того, поддерживаются ассоциативная связь конечно-элементной сборки с родительской конструкторской сборкой и учет множественности вхождения в сборку одинаковых деталей.

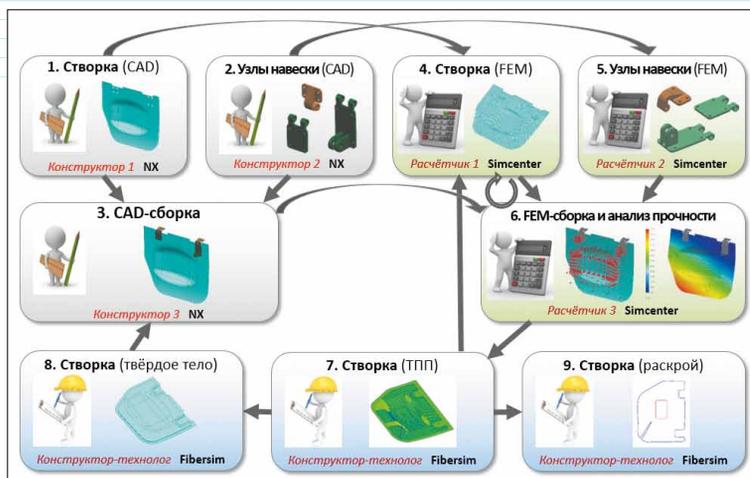


Рис. 1. Схема разработки на предприятии изделий из композиционных материалов (пример)

Всё вышесказанное иллюстрирует одна из схем организации работы предприятия по разработке изделий из композиционных материалов (рис. 1).

Кроме того, в ряде случаев имеет смысл провести испытание уже изготовленных деталей и сравнить результаты тестов с результатами численного анализа – чтобы выяснить точность математического моделирования и скорректировать модели для дальнейших подобных расчетов.

На первый взгляд кажется, что описанных выше инструментов и мероприятий достаточно для обеспечения успешного создания изделий из композитов. Однако это не так. Для выполнения всех требований к конструкции и получения изделия высокого качества необходимо учитывать специфику композитного производства.

На предприятиях по производству композитных изделий многие техпроцессы связаны с изменением фазового состояния полимерной матрицы от жидкого до твердого, зачастую при воздействии высоких температур. Это превращение (наряду с другими факторами – такими, как химическая усадка связующего и изменение его механических свойств, отклонение волокна от заданного направления при выкладке, несимметричная укладка, термическое и механическое взаимодействие детали с оснасткой, неравномерное распределение воздушных потоков в автоклаве) вызывает в материале остаточные напряжения. Эти напряжения, в свою очередь, становятся причиной деформаций композитной конструкции после изготовления, то есть приводят к отличиям полученной конструкции от той, какой она задумывалась на стадии проекта. Во время сборки рабочий вынужден с усилием приводить

композитную деталь к желаемой проектной форме с помощью её механического закрепления на базовой конструкции, что порождает дополнительное нагружение сборочной единицы и, следовательно, может снизить её эксплуатационные качества.

Становится очевидным, что следующим шагом в виртуальном моделировании композитных деталей является моделирование их производства, чтобы предсказать и компенсировать любые деформации, возникающие в производственном процессе. Так, с помощью уже упомянутого решения *Fibersim* укладка слоев композиционного материала моделируется с учетом драпируемости ткани и изменений формообразующей поверхности. Это позволяет спрогнозировать и избежать производственных дефектов, таких как образование складок. А с помощью *Simcenter 3D* с решателем *Samcef* проводится анализ полимеризации и коробления (химико-термический и химико-механический анализ), чтобы рассчитать деформации при отверждении с учетом различия температур по всей детали и соответствующего цикла отверждения (рис. 2). Натурные эксперименты на плоских монолитных тонкостенных образцах с различными вариантами укладки показывают, что погрешность вычисления перемещений в этом случае не превышает 20%; для данной конструкции это является удовлетворительным результатом. Такие расчеты

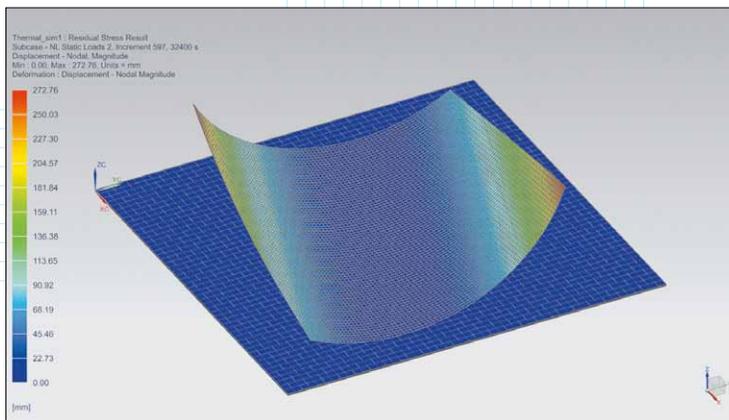


Рис. 2. Результат анализа технологического процесса полимеризации и коробления плоского многослойного образца из композитного материала

позволяют скорректировать начальную геометрию оснастки и, следовательно, изготовить композитную деталь в соответствии с проектом.

Таким образом, применение современного программного обеспечения *Simcenter 3D* с набором необходимых решателей и решения *Fibersim* помогает не только эффективно спроектировать сложную композитную конструкцию, но и избежать серьезных производственных проблем. А это, в свою очередь, способствует сокращению периода разработки и снижению конечной стоимости изделия. 🤖

Solution Partner	SIEMENS	Platinum Smart Expert
PLM		Channel

ИТБ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ
INNOVATION TECHNOLOGIES AND SOLUTIONS

Филиал
в Республике Башкортостан
Россия, г. Уфа
тел./факс: +7 (495) 789-49-39
e-mail: its@inteso.ru

Центральный офис
Россия, 129366, г. Москва
ул. Ярославская, д. 13 а, офис 5
тел./факс: +7 (495) 789-49-39
e-mail: its@inteso.ru

Филиал
в Северо-Западном округе
Россия, г. Санкт-Петербург
тел./факс: +7 (495) 789-49-39
e-mail: its@inteso.ru