

Realize Your Product Promise™

ANSYS:
Создавайте продукты,
оправдывающие ожидания Ваших клиентов™

ANSYS®

**Композиционные
материалы**

Композиционные материалы

Композиты представляют собой материалы, состоящие из двух или более компонентов с существенно различающимися свойствами. Поскольку они отличаются высокими значениями удельной прочности, жесткости, а также технологичностью, композиционные материалы нашли широкое применение при изготовлении различных конструкций, включая изделия сложной формы, такие как корпуса лодок и доски для серфинга.

Разработка изделий из композиционных материалов традиционно является сложной инженерной задачей. Для ее успешного решения необходимо рассчитать оптимальные характеристики самого материала, которые будут зависеть от числа слоев композита, направления и последовательности их укладки.

Основной задачей на этапе разработки изделия является предсказание того, насколько оно будет способно функционировать в заданных условиях эксплуатации. Это требует учета напряжений и деформаций, возникающих в конструкции, а также расчета различных критериев прочности. При этом определяются не только предельные напряжения и прогрессирующее разрушение, но и моделируются процессы, связанные с расслоением, образова-

нием и ростом трещин, а также целый ряд других физических эффектов.

Решение ANSYS для моделирования конструкций из композиционных материалов — ANSYS Composite PrepPost™ — дает возможность моделировать сложные композитные конструкции, позволяя разработчику понять и оценить потенциальные механизмы разрушения, включая развитие повреждений, расслоение и образование трещин.

ANSYS Composite PrepPost предоставляет весь набор функциональных возможностей, необходимых для моделирования конструкций из слоистых композиционных материалов.

Интуитивно понятный интерфейс ANSYS Composite PrepPost позволяет легко и эффективно назначать материалы различным слоям конструкции, определять положение и последовательность укладки слоев. Также на выбор пользователя предлагается большой набор современных критериев прочности. Решатели ANSYS обеспечивают основу для получения высокоточных результатов анализа, базируясь на которых, в среде ANSYS Composite PrepPost могут быть рассчитаны интересные критерии прочности.

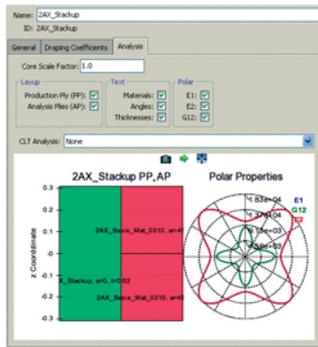
Возможности постпроцессинга ANSYS Composite PrepPost позволяют детально изучить поведение изделия при нагружении. Пользователь может просматривать результаты как в общем, для всей конструкции, так и детально — на уровне отдельного слоя.

Отличительной особенностью ANSYS Composite PrepPost является наличие уникальных алгоритмов для моделирования складкообразования (драпировки), что позволяет учитывать в расчете реальную ориентацию волокон в слоях, даже в случае сложной геометрической формы изделия.

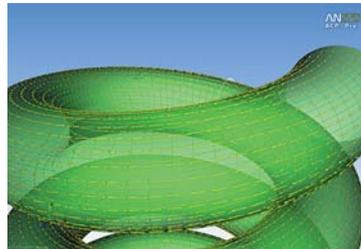
Composite PrepPost может взаимодействовать как с ANSYS Mechanical в среде Workbench, так и быть интегрированным с ANSYS Mechanical APDL.



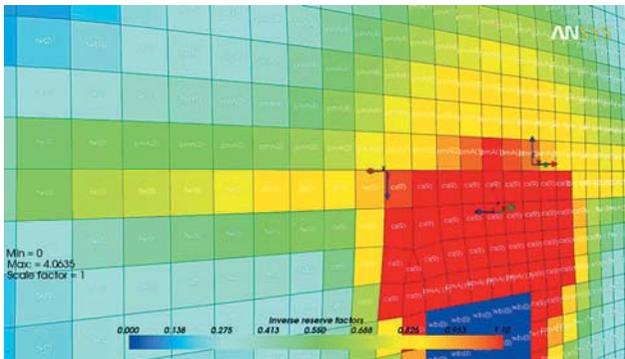
Углеродные волокна



Свойства сложной укладки



Задание направления «0 градусов» для изделий сложной формы



Команда Alinghi использовала Composite PrepPost при проектировании яхты для участия в 33-м кубке Америки. В ходе этой работы проводилась оптимизация укладки слоев для корпуса лодки с учетом нескольких случаев нагружения. Каждый слой моделировался как материал с ортотропными свойствами; использовались оболочечные элементы



Планер с агрегатами из слоистого пластика

Высокоточное и эффективное моделирование конструкций из композиционных материалов

При разработке модели композитной конструкции, определяются свойства материала слоев, задается тип наполнителя (однонаправленная лента, ткань ортогонального или мультиаксиального плетения).

Инструментарий ANSYS Composite PrepPost позволяет легко и правильно определить направление «ноль градусов» для конструкции из слоистого композита за счет целого ряда специализированных инструментов для создания и ориентации систем координат. Это особенно актуально для изделий сложной формы.

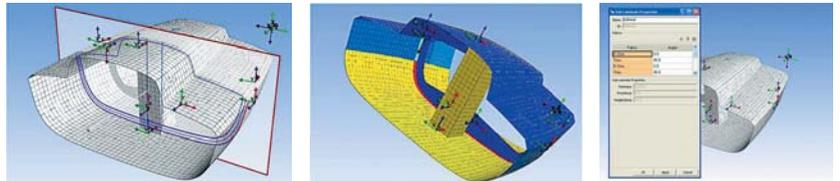
ANSYS Composite PrepPost упрощает построение моделей конструкций большой кривизны и конструкций, для которых характерны сильные изменения ориентации волокон. Это дает возможность предсказывать образование складок и проводить коррекцию углов армирования, учитывающую кривизну формы изделия.



Дисковый тормоз из композиционного материала на основе углеродных волокон



Доска для серфинга из композиционного материала

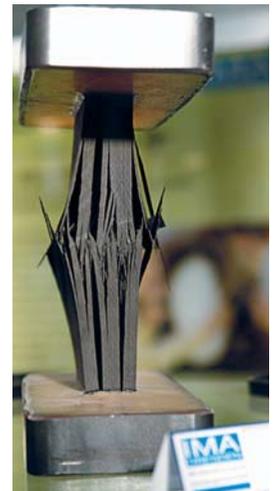


ANSYS Composite PrepPost позволяет задавать свойства материалов и укладок слоев, а также визуализировать результаты расчетов

Достоверное предсказание характеристик изделия

ANSYS предлагает большую библиотеку конечных элементов, которые могут использоваться для создания моделей слоистых конструкций, включая одномерные (балки и трубопроводы), двумерные (оболочки и элементы типа «solid-shell») и трехмерные элементы.

Для изделий сложной пространственной формы, ANSYS Composite PrepPost позволяет автоматически генерировать трехмерные конечно-элементные модели на основе идеализированных оболочечных моделей. Это преобразование может осуществляться путем вытя-



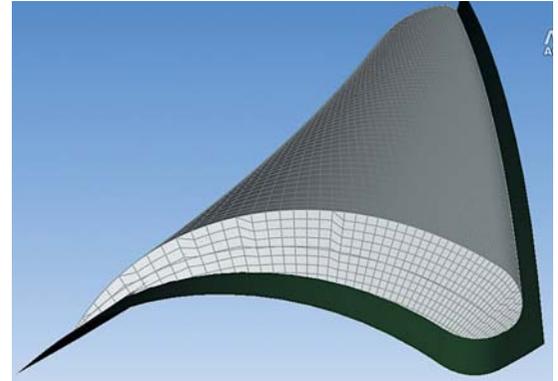
Разрушение образца из композиционного материала



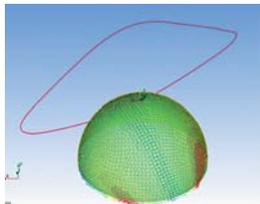
Весло из углепластика



Ученые из Института легких конструкций Технологического университета г. Чемниц (Германия) рассчитали напряжения для велосипедной рамы, изготовленной из углепластика по заказу GHOST Bikes GmbH. ANSYS Composite PrepPost использовался для анализа разрушения этой конструкции.



Трехмерная конечноэлементная модель композитной конструкции, полученная на основе плоской укладки, путем выдавливания до границ, определяемых геометрической моделью



Коррекция направлений волокон на сферической поверхности в результате расчета складкообразования (драпировки). Красным контуром показана соответствующая развертка.

гивания плоских элементов вдоль направления нормали к формообразующей поверхности или вдоль другого направления, соответствующего конкретной геометрии.

Технология слоистых элементов позволяет назначать укладку, состоящую из многих слоев, одному элементу. Поведение композитов, как правило, описывается моделью ортотропного или даже анизотропного материала. Слоистые элементы в ANSYS, помимо этих, поддерживают также различные модели гиперупругих материалов. Для расчета композитных конструкций могут использоваться как неявные, так и явный решатель ANSYS.

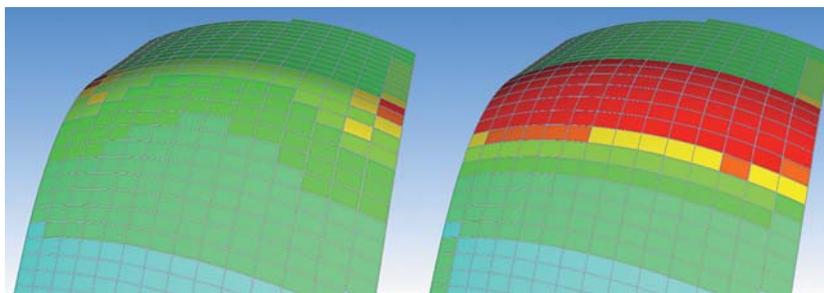
Расслоение в результате действия усилий поперечного сдвига и растяжения, может быть смоделировано, исходя из величины межслоевых касательных напряжений. Для предсказания прочности используются критерии максимальных напряжений и деформаций, Цая-Бу, Цая-Хилла, Хашина, критерий Langley

Research Center (LaRC), критерии Кунце и Пака (2-D и 3-D).

Технологии ANSYS позволяют моделировать явления на уровне микромеханики композитов, связанные с разрушением границы раздела между волокном и связующим, используя специальные модели поведения когезионной зоны. Для моделирования роста трещин используется технология VCCT (virtual crack closure technique). Инициация и развитие повреждений в композиционном материале может моделироваться в ANSYS для оценки разрушающих нагрузок при сложном напряженном состоянии.

Проектирование с учетом технологичности

Решения ANSYS позволяют оптимизировать технологические процессы, гарантируя, что проектируемое изделие отвечает производственным требованиям. ANSYS Composite PrepPost поддерживает прямую передачу укладки в такие программные продукты, как FiberSIM® компании VISTAGY, которые используются для доработки моделей изделия с учетом технологических требований на ранних стадиях проектирования. Модели, созданные в Composite PrepPost, также могут легко обновляться с учетом данных, полученных из FiberSIM. Совместное использование ANSYS Composite PrepPost и FiberSIM обеспечивает согласованную прочностную и технологическую проработку изделия. Также имеются дополнительные возможности для создания разверток слоев и генерации отчетов об укладках.



Оценка трехмерного НДС по оболочечной модели позволяет с большей точностью предсказывать разрушение. На рисунке слева визуализированы критерии прочности, вычисленные по двумерной теории; на рисунке справа — с учетом напряжений по толщине