

изменяют по истечении времени dt форму элемента, то есть, кручение и кривизну его – внутреннюю геометрию.

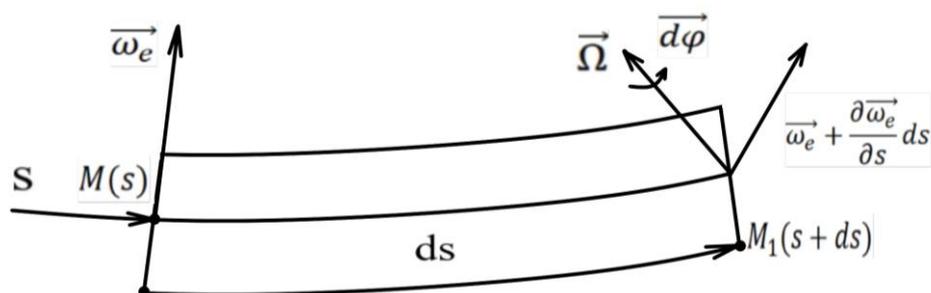


Рисунок 2 – Элемент трубки в момент времени t

Угол поворота трёхгранника получает приращение

$$(d\vec{\varphi}) = \left(\frac{\partial \vec{\omega}_e}{\partial s} ds \right) dt,$$

$$\Delta(d\vec{\varphi}) = \left(\frac{\partial \vec{\Omega}}{\partial t} dt \right) ds. \quad (3)$$

Равенство (3) приводит к уравнению Дарбу

$$\frac{\partial \vec{\omega}_e}{\partial s} = \frac{\partial \vec{\Omega}}{\partial t}. \quad (4)$$

Нетрудно перейти в уравнении (4) к абсолютной угловой скорости (растяжимой нити) и абсолютной производной вектора Дарбу: используя сумму (2), получим уравнение Дарбу в виде [1]:

$$\vec{\omega}_e = \vec{\omega} - \lambda \vec{\Omega}, \quad \frac{\partial \vec{\Omega}}{\partial t} = \frac{\partial \vec{\Omega}}{\partial t} - \vec{\omega}_e \times \vec{\Omega},$$

$$\frac{\partial \vec{\omega}}{\partial s} - \frac{\partial \vec{\Omega}}{\partial t} = \vec{\Omega} \times \vec{\omega}.$$

Список использованных источников

1. Якубовский, Ю. В. Основы механики нити / Ю. В. Якубовский [и др.]. – Москва: Легкая индустрия, 1973. – 271 с.

УДК 778.64

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Костюков О.А., студ., Москалев Г.И., к.т.н., доц., Буткевич В.Г., к.т.н., доц.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены основные вопросы, касающиеся использования аддитивных технологий в современном машиностроении. Актуальным является предварительная топологическая оптимизация геометрии деталей машин, позволяющая снизить материалоемкость изделий. Применение композиционных материалов на основе комплексных стеклянных нитей позволяет значительно повысить физико-механические характеристики механических конструкций.

Ключевые слова: топологическая оптимизация, целевая функция, метод конечных элементов, композиционный материал.

Основная задача, стоящая перед конструкторами всего мира – снижение массы и увеличение удельной прочности конструкций, используемых в машиностроении.

Для решения задач подобного класса используются методы, в том числе и топологической оптимизации.

Применение методик оптимального поиска видов материалов и способов проектирования позволяет найти наилучшие параметры отдельных деталей и конструкции в целом, удовлетворяющие технологическим и прочностным ограничениям, обеспечивая, таким образом, минимум целевой функции.

Применение методов топологической оптимизации в общем машиностроении является относительно новым компонентом процедуры проектирования.

Наибольший толчок в своем развитии они получили при появлении возможности использования в производстве аддитивных технологий.

Аддитивные технологии позволили расширить область конструктивных исполнений одного и того же изделия.

Для деталей, применяющихся в машиностроении, основными задачами топологической оптимизации могут являться как минимизация объема/массы при прочностных ограничениях, так и оптимизация других параметров с ограничениями по объему.

Понятие оптимизации конструкций включает четыре тесно связанные, но различные по своей постановке и решению проблемы: оптимизации размеров, формы и топологии структур, а также выбора материалов.

Топологическая оптимизация – это оптимизация выбора из имеющихся и распределения материала в проектной области при воздействии на нее заданных нагрузок и использовании ограничений различного рода: геометрических, прочностных, жесткостных, технологических и др.

Целью ТО является определение оптимального распределения материала в области проектирования при заданных нагрузках с удовлетворением критериев оптимизации, иначе говоря, определение лучшего использования материала для исследуемого объекта или конструкции, так, чтобы целевая функция параметра имела максимальное или минимальное значение при наличии существующих ограничений.

В отличие от традиционной оптимизации топологическая оптимизация не требует указания параметров оптимизации (т.е. независимых переменных, подвергаемых оптимизации) в явном виде. В топологической оптимизации параметром оптимизации является функция распределения материала по объему конструкции. Таким образом, основной особенностью задач оптимизации размеров является то, что область проектирования известна заранее, и она фиксирована в процессе оптимизации, а переменной проектирования является сама форма.

В последние два десятилетия топологическая оптимизация стала активным полем для исследований. Это привело к мультидисциплинарности современных методов ТО и использованию их при решении задач механики твердого тела, гидродинамики, теплодинамики, биологии и т.д. Процесс построения новой модели довольно затратный по времени и требует больших вычислительных ресурсов. Этот метод моделирования называется методом конечных элементов. Для каждой точки изделия программа составляет и решает интегральные уравнения, учитывая при этом взаимосвязи между всеми точками. В результате расчета получается новая геометрия. Затем конструктор может изменить что-то в модели, если это необходимо. В итоге получается CAD-модель.

Далее для верификации модель загружается в другое программное обеспечение, в котором она проходит финальную проверку на максимальные деформации, напряжения и пр. Затем геометрия утверждается и может быть передана в производство. При этом программа умеет оптимизировать геометрию под разные виды производства: под литье, штамповку, ковку или под аддитивное производство.

Топологическая геометрия, как правило, имеет аморфные формы, в ней нет плоских, прямых линий, могут быть сплайны второго порядка. При соблюдении тех же самых свойств и нагрузочных характеристик такое моделирование позволяет уменьшить массу изделия, и, следовательно, сократить издержки на производство. Понижение массы изделия при сохранении функционала изделия – это задача номер один в машиностроении.

Программное обеспечение для топологической оптимизации не строит модель объекта с нуля. В него загружается геометрическая модель изделия, ранее изготовленного другим методом. После загрузки модели, отмечаются места, которые не подлежат изменению. Все остальное, что не попало в эти зоны, но принадлежит детали, является так называемой design space, то есть той зоной, где программа может менять геометрию.

Затем в соответствии со служебным назначением изделия накладываются нагрузки, которые деталь должна выдерживать, то есть создается силовая схема нагрузок. И далее, на основе заданных параметров, программа начинает создавать новую оптимизированную

геометрию. Между двумя неизменными местами для крепления она выстраивает новую модель. Она анализирует напряжение в каждом сечении – выдерживает его сечение или нет. Если не выдерживает, то программа меняет сечение.

Топологическая оптимизация дает возможность делать решетчатые структуры разных форм и размеров (например, гексагоновые) или создавать ячеистую структуру, а снаружи – твердую оболочку. Стандартными методами такую структуру нельзя изготовить – только с использованием аддитивных технологий.

Рассмотрим конкретный пример. Спроектируем две детали, выполняющую одну и ту же функцию с назначенными нагрузками и имеющими определенные ограничения (представлены на рисунке 1).

По сути, это одна и та же деталь типа кронштейн, но с разной геометрией. Геометрическая форма первой детали является классической для машиностроения и может быть получена методами механообработки на металлорежущих станках.

Сложность второй детали представляет ее объемная геометрия, которую практически невозможно получить методами классической механообработки.

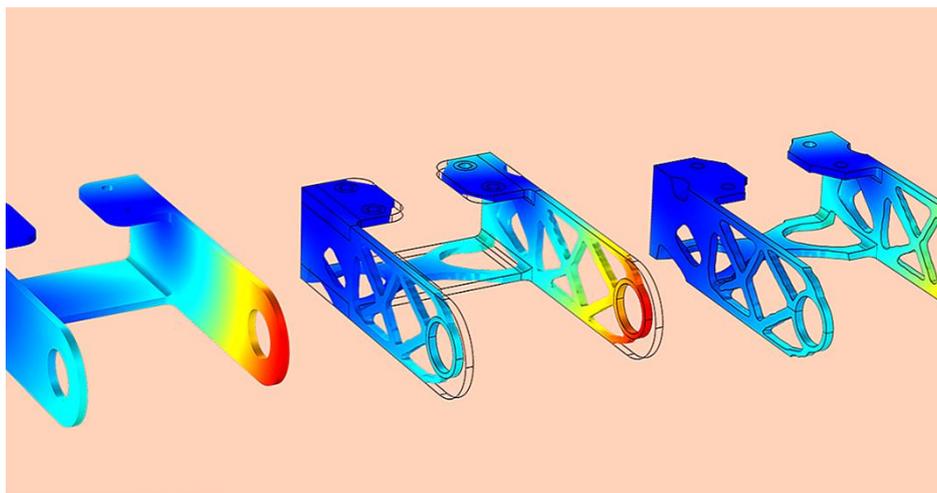


Рисунок 1

Возможность получения сложной формы, представленной на рисунке 1, появилась благодаря аддитивным технологиям. Деталь сложной формы при прочих равных условиях имеет меньшую массу, меньшее перемещение под нагрузкой и более простую технологию изготовления.

Перспективным направлением является применение в аддитивных технологиях композиционных материалов. С целью топологической оптимизации конструкции изделия в настоящее время применяется метод получения материала с гибридной терморезистивно-термопластичной матрицей с использованием армирующих комплексных нитей.

Комплексная химическая нить для армирования заранее пропитывается реактопластом, что позволяет обеспечить более качественную, дешевую и надежную пропитку волокна. Такой процесс называется коэкструзией. Так как такое волокно вторично расплавить уже нельзя, в процессе печати к нему добавляется отдельно пластик. И на выходе получается двухматричный композит, в котором внутри волокна есть не расплавляемый реактопласт, который обеспечивает пропитку волокна, а между волокнами термопласт, который связывает волокна друг с другом.

В качестве комплексной химической нити используется комплексная стеклянная нить. Основная область применения стекловолокна и стеклотекстильных материалов – использование в качестве армирующих элементов стеклопластиков и композитов. Также стеклоткани могут самостоятельно использоваться в качестве конструкционных и отделочных материалов.

Список использованных источников

1. Венедиктов, М. О. Выбор рациональных параметров и учет технологических ограничений в методе топологической оптимизации. Механика и математическое моделирование в технике / М. О. Венедиктов, Д. В. Федоров, В. С. Прокопов / 2-я

- Всеросс. науч.-техн. конф. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – С. 365–370.
2. Евгеньев, Г. Б. Основы автоматизации технологических процессов и производств. Т. 1. / Г. Б. Евгеньев, С. С. Гаврюшин, А. В. Грошев, М. В. Овсянников, П. С. Шильников. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – С. 441.
 3. Соболев, И. М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И. М. Соболев, Р. Б. Статников. – Москва: Дрофа, 2006. – С. 176.

УДК 677.074

ОГНЕСТОЙКИЕ ТКАНИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Машковский Д.В., студ., Цыунель А.В., студ., Лаппо Н.М., ст. преп.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены основные виды огнестойких тканей, их свойства, области применения и др. Огнезащитные ткани незаменимы тогда, когда нужно защитить человека от высоких температур. Для предотвращения случаев травматизма рабочие должны использовать спецодежду, сделанную из огнестойких тканей.

Ключевые слова: огнестойкие ткани, спецодежда, огнезащитная пропитка, негорючие ткани, огнеупорные ткани.

Проблема огнезащиты текстильных материалов возникла давно. Но до недавнего времени основным направлением научных исследований была разработка методов придания негорючести целлюлозным волокнам и тканям. В связи с усилением внимания мирового сообщества к защите окружающей среды и человека, возникла необходимость в экологической безопасности огнестойких материалов и волокон.

В химической, металлургической и некоторых других отраслях промышленности человек сталкивается с факторами повышенной опасности, как для своего здоровья, так и в целом для жизни. Для предотвращения случаев травматизма рабочие должны использовать спецодежду, сделанную из огнестойких тканей. Огнестойкие ткани защитят человека в случае взрывов и пожаров, искр, а также в случае попадания на одежду брызг расплавленного металла. Огнезащитные ткани незаменимы тогда, когда нужно защитить человека от нефти и нефтепродуктов, статического электричества, масел и растворов кислот, ветра, низких температур и плохой погоды. Такая ткань предполагает, что сотрудник, который попал в очаг возгорания, максимально быстро его покинет. В ряде случаев благодаря качественной спецодежде удается сохранить жизнь человеку.

Среди огромного количества видов текстильных материалов, используемых не только для пошива одежды, предметов интерьера, но и в различных отраслях промышленного производства, в строительстве, существует группа тканей, которые относят к негорючим изделиям.

К таким материалам прежде всего относится давно известная, используемая при температуре до 500 °С, негорючая асбестовая ткань. Изготавливаемая на основе природного слоистого минерала асбеста она не содержит сгораемых органических веществ, поэтому в полном смысле слова является негорючей.

Второй вариант тканей, из которых изготавливается огнеупорная спецодежда для сварки, защитные костюмы для работы в горячих цехах – это натуральные материалы высокой плотности, изготовленные из хлопка, льна. Например, брезентовая ткань, дополнительную стойкость к непосредственному контакту с открытым огнем, высокотемпературному тепловому воздействию которой придает огнезащитная пропитка различными видами антипиренов. Эта ткань по своим свойствам огнестойкая, так как способна небольшой период сопротивляться пламени, высокой температуре, что позволяет надежно защитить человека, одетого в спецодежду, изготовленную из нее, в зоне прямого контакта с негативными факторами воздействия.

Кроме этих наиболее известных примеров, существует много других видов как