

УДК 629.33.023.2-036.5

А.Н. Туренко, д-р техн. наук, проф.,
А.В. Ужва, канд. техн. наук., доц.,
А.А. Чебан, канд. техн. наук., доц.,
А.В. Сергиенко, магистр,
В.А. Шаповаленко, бакалавр,
Харьк. нац. атомоб.-дорожн. ун-т

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НЕСУЩИХ СИСТЕМ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИНЖЕКЦИИ ПОЛИЭФИРНОЙ СМОЛЫ В ЗАКРЫТУЮ ФОРМУ

Введение. Композитные материалы все чаще применяются в автомобилестроении, особенно для автоспорта. Композитные материалы обеспечивают лучшие характеристики прочности и весовые характеристики, удельную энергоемкость элементов пассивной безопасности по сравнению с традиционными материалами — металлами и пластмассами.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросам расчета и изготовления деталей из композитных материалов уделяется большое внимание. Если еще недавно изделия из композитных материалов в автомобильной промышленности применяли исключительно для силовых изделий, например, разнообразных кузовных панелей, то сейчас заметна тенденция по проектированию и изготовлению силовых деталей и несущих элементов. Следует отметить, что характеристики жесткости и прочности для получаемого изделия из композитных материалов зависят не только от применяемых материалов, но и в большой степени от используемой технологии изготовления. Еще несколько лет назад существовало четкое разграничение по получаемым характеристикам между технологиями автоклавного производства, применяемого для изготовления изделий в аэрокосмической сфере, спорте, медицине, установках, где высокая стоимость и единичные объемы производства не имеют решающего значения, и технологиями, которые позволяли получить изделия с приемлемой для крупносерийного производства стоимостью, но обладают низкими прочностными. Сейчас развились и вышли на первый план технологии, обладают лучшими качествами обоих типов.

Целью работы является определение технологии производства изделий (кузовов, частей несущей системы) из композитных материалов, наиболее подходящей для автомобилестроения. Для этого проводится анализ существующих в настоящее время технологий производства изделий из композитных материалов, оценка и обоснование их выбора для применения в автомобильной промышленности.

Изложение основного материала. Композитный материал — многофазный однородный анизотропный материал регулярной структуры с четко выраженной границей раздела фаз [1].

Композитный материал традиционно состоит из армирующего материала, например, волокна, ткани, положенного в определенном порядке, и связующего компонента — различных смол. Конечные механические свойства композитного материала в значительной степени зависят от технологии изготовления, поэтому этот аспект имеет решающее значение. Можно выделить следующие основные технологии изготовления изделий из композитного материала.

DOI 10.15276/opu.2.44.2014.10

© А.Н. Туренко, А.В. Ужва, А.А. Чебан, А.В. Сергиенко, В.А. Шаповаленко, 2014

Ручная и механическая укладки в открытую форму — самые старые методы, отличающиеся наименьшими затратами при производстве и требованиями к квалификации персонала. Укладка армирующего материала с покрытием связующим материалом каждого слоя вручную через низкую технологичность и нестабильность характеристик получаемых изделий, например, большое содержание воздуха, в промышленности не нашла широкого применения, сегодня используется только механическая.

Уменьшить содержание воздуха и увеличить прочность армирующей составляющей в композитном материале позволяет вакуумирование после укладки. Такие изделия применяются как декоративные панели кузова, т.е. детали, не несущие больших нагрузок, к ним предъявляются низкие требования к качеству и стабильности характеристик. По такой технологии выполняются панели автобусов, кресла в городском транспорте и т.д. [2].

Продукт, полученный по такой технологии, имеет максимальное относительное содержание армирующего материала до 65...70 % и практически полное отсутствие воздуха между слоями — менее 2 %. Однако эта технология очень затратная, т.к. предварительно пропитанные волокна обладают ограниченным временем жизнестойкости, требуют специальных условий хранения — в холодильниках при температурах порядка -20°C . Работа с ними требует высокой квалификации рабочих, затвердевание занимает несколько часов, требует повышенных температур (130...170 $^{\circ}\text{C}$) и давления (5...6 атмосфер). Детали, выполненные по этой технологии, широко используются в аэрокосмической отрасли, но из-за своей дороговизны в автомобилестроении применяются только в автоспорте и единичных автомобилях высшего класса. Так как эта технология уже давно отработана существенного снижения себестоимости деталей, изготовленных методом автоклавирования, не представляется возможным.

Технологии горячего прессования в связи с их наибольшей трудоемкостью и стоимостью, которая дает небольшой прирост по сравнению с автоклавной технологией [3], бесперспективны для автомобилестроения.

В последние десятилетия наиболее активно развивающейся технологией изготовления изделий из композитных материалов является метод инъекции смол в закрытые тяжелые формы с сухим армирующим материалом и легкие односторонние формы с герметизирующими пленками (Resin Transfer Molding using Lightweight tooling — Light RTM) [3].

При данной технологии в матрицу-форму заключается сухой армирующий материал, после формирования необходимого пакета армирующих слоев матрица закрывается пуансоном, вакуумируется, и нагнетается связующий компонент — предварительно активированная смола. После полного заполнения формы производится ее нагрев и выдержка до полного затвердевания связующего компонента. Такой метод позволяет получить изделие, не требующее последующей механической обработки. Главное отличие технологии Light RTM (рис.1) — отсутствие пуансона, его роль выполняют специальные материалы, предварительно заключенные на сформированный пакет армирующих тканей и поджатые к односторонней матрице вакуумным мешком (рис. 2). Таким образом достигается значительная экономия на стоимости матрицы при некотором увеличении времени подготовительных работ. Эти технологии приблизились по прочностным и эксплуатационным характеристикам к автоклавным технологиям, сохранив при этом такие свои основные преимущества как относительно низкие себестоимость производства и требования к персоналу [3].

Так, например, основную проблему укладки и раскрытия сухого армирующего материала — сдвиг и раскраивание краев — решили путем создания специального аэрозоля — клея, позволяющего комфортно работать с сухим материалом. RTM-технологию отличает низкая пористость получаемого изделия и малое время отверждения — до 10 мин., что позволяет применять ее в серийном производстве. Сейчас наблюдается замещение автоклавного производства RTM-технологией для изготовления некоторых видов высоконагруженных деталей, различных автоматических станков, прежде всего для плетения волокон и укладки в формы, а также внедрение RTM-технологии в автомобильное производство.

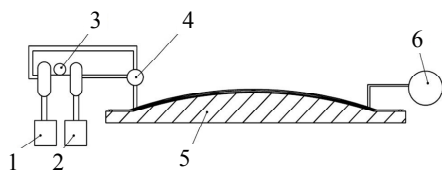


Рис 1. Схема для реализации Light RTM-технологии: 1 — емкости со смолой и 2 — активатором; 3 — дозирующий насос; 4 — смешительное устройство; 5 — матрица с уложенным армирующим материалом; 6 — вакуумный насос

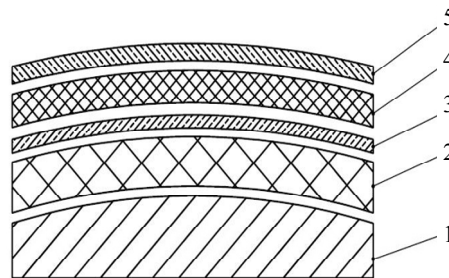


Рис 2. Схема укладки слоев материала при RTM: 1 — матрица; 2 — сухая армированная ткань; 3 — жертвенная ткань; 4 — ведущая сеть; 5 — герметизирующая пленка

Результаты. RTM технология хорошо поддается автоматизации: раскрой с помощью машин лазерной резки; выкладка с помощью специального станка; система, автоматически поддерживающая программы вакуумирования; инъекция смолы и контроль температуры. При этом сохраняется приемлемое время цикла производства деталей и их себестоимость. Детали, выполненные по RTM- и Light RTM-технологиям, находят применение не только в автомобилях высшего класса, но и в обычных автомобилях без существенного удорожания конструкции. На сегодняшний день известны работы по созданию перспективного городского автомобиля с кузовом из композитных материалов, все силовые элементы которого выполнены по RTM-технологии.

Выводы. Технология RTM позволяет производить широкий спектр изделий из композитных материалов в крупносерийном производстве, а Light RTM — в единичном производстве за счет низкой стоимости технологической оснастки. Эти технологии позволят решить задачу создания сверхлегких узлов кузовов современных автомобилей, энергопоглощающих элементов пассивной безопасности и других высоконагруженных деталей. Представляется своевременным изучение и освоение RTM и Light RTM технологий, накопления базы данных по механическим свойствам ожидаемые характеристики деталей для производства изделий из композитных материалов в автомобилестроении.

Литература

1. Состояние вопроса по созданию моделей систем пассивной безопасности спортивных автомобилей на стадии проектирования / А.Н. Туренко [и др.] // Вісн. НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. — 2012. — № 60(966). — С. 42 — 47.
2. Підхід до проектування систем пасивної безпеки спортивного автомобіля / А.М. Туренко [та ін.] // Вісн. СевНТУ. Сер.: Машиноприладобудування та транспорт. — 2013. — Вип. 142. — С. 76 — 79.
3. Афанасьев, Д.В. Безавтоклавные технологии / Д.В. Афанасьев, М.Ю. Ощепков // Композитный мир. — 2010. — № 5. — С. 28 — 37.

References

1. Turenko, A.N., Uzhva, A.V., Sergienko, A.V. and Shapovalenko, V.A. (2012). The state of the problem of models creation of sport cars passive safety systems at the design stage. *Herald of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute": Automobile and Tractor Construction*, 60, 42-47.
2. Turenko, A.N., Uzhva, A.V., Sergienko, A.V. and Shapovalenko, V.A. (2013). Approach to designing passive safety systems of sports car. *Journal of the Sevastopol National Technical University: Mechanical Instrumentation and Transport*, 142, 76-79.
3. Afanas'ev, D.V. and Oschepkov, M.Yu. (2010). Nonautoclave technologies. *Composite World*, 5, 28-37.

АНОТАЦІЯ / АННОТАЦИЯ / ABSTRACT

А.М. Туренко, А.В. Ужва, А.А. Чебан, О.В. Сергиенко, В.О. Шаповаленко. **Технології виробництва несучих систем з композитних матеріалів методом інжекції поліефірної смоли в закриту форму.** Проведено аналіз сучасних технологій виготовлення деталей і несучих систем з композитних матеріалів, заснованих на методі інжекції поліефірної смоли, без високих фінансових витрат при виробництві. Запропонований метод дозволяє виробляти широкий спектр виробів з композитних матеріалів в крупно серійному, а також в одиничному виробництві, за рахунок низької вартості технологічного оснащення. Композитні матеріали все частіше застосовуються в автомобілебудуванні, особливо, для автоспорту. Ці технології дозволять вирішити завдання створення надлегких вузлів кузовів сучасних автомобілів, енергопоглинаючих елементів пасивної безпеки та ін. високонавантажених деталей. Вони забезпечують кращі характеристики міцності і вагові характеристики, питому енергоємність елементів пасивної безпеки в порівнянні з традиційними матеріалами — металами і пластмасами. Проведена оцінка і сформульований вибір найбільш відповідної технології для автомобільної промисловості.

Ключові слова: композитні матеріали, несуча система, технології.

А.Н. Туренко, А.В. Ужва, А.А. Чебан, А.В. Сергиенко, В.А. Шаповаленко. **Технологии производства несущих систем из композитных материалов методом инъекции полиэфирной смолы в закрытую форму.** Проведен анализ современных технологий изготовления деталей и несущих систем из композитных материалов, основанных на методе инъекции полиэфирной смолы, без высоких финансовых затрат при производстве. Предложенный метод позволяет производить широкий спектр изделий из композитных материалов в крупно серийном, а также в единичном производстве, за счет низкой стоимости технологической оснастки. Композитные материалы все чаще применяются в автомобилестроении, особенно, для автоспорта. Эти технологии позволят решить задачу создания сверхлегких узлов кузовов современных автомобилей, энергопоглощающих элементов пассивной безопасности и др. высоконагруженных деталей. Они обеспечивают лучшие характеристики прочности и весовые характеристики, удельную энергоёмкость элементов пассивной безопасности по сравнению с традиционными материалами — металлами и пластмассами. Проведена оценка и сформулирован выбор наиболее подходящей технологии для автомобильной промышленности.

Ключевые слова: композитные материалы, несущая система, технологии.

A.N. Turenko, A.V. Uzhva, A.A. Cheban, A.V. Sergienko, V.A. Shapovalenko. **Technologies of bearings systems production from composite materials by polyester resin injection into the closed mold.** An analysis of modern technologies for manufacturing components and bearing systems made of composite materials has been conducted. These technologies are based on the polyester resin injection method and do not require high financial costs in manufacturing. The proposed method, due to the low cost of tooling, is convenient to produce a wide range of items made of composite materials, both in large-scale and single-piece production. Composite materials are intensively used in automotive industry, especially for motor racing vehicles' parts. These technologies allow to solve the problem of creating ultra-light assemblies for modern car bodies, energy-absorbing passive safety elements and other high-loaded parts. They provide better strength and weight characteristics and better specific energy-output ratio of passive safety elements, as compared to conventional materials (metals and plastics). Considering the above, the most appropriate technology for the automotive industry has been assessed with that choice substantiation.

Keywords: composite materials, bearing systems, technologies.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Сурьянинов Н.Г.

Поступила в редакцию 7 марта 2014 г.