

## Эффективность применения метода RTM в судостроении



Виктор Ершов, Леонид Альшиц

*“В связи с тем, что судовая конструкция из стеклопластика создается одновременно с изготовлением самого материала, многие ее свойства и прежде всего прочность зависят от качества работы в гораздо большей степени, чем в металлическом или деревянном судостроении. Поэтому применение стеклопластиков при постройке судов требует особо тщательной подготовки и организации производства”.\**

Прошло уже более сорока лет после написания этих слов, и сколько бы еще не прошло, но подготовка и организация производства будут оставаться решающими факторами для выпуска качественной продукции. За это время на международном рынке появилось сырье с новыми технологическими свойствами и новое оборудование, позволяющие внедрять технологии, которые отвечают всем требованиям современного производства высококачественного продукта. Большая часть мировых лидеров современного судостроения используют при постройке катеров и яхт технологию Resin Transfer Moulding (RTM) в том или ином ее виде.

Основной принцип этой технологии состоит в перемещении смолы, катализованной на входе, в закрытую форму, предварительно оснащенную

“сухими”, аккуратно расположенными армирующими материалами (с различными “усилениями”).

### Технология RTM позволяет:

- механизировать производство, уменьшив случайный характер вмешательства человека и, таким образом, обеспечив постоянство качества;
- лучше контролировать количество используемого сырья;
- сократить и контролировать рабочее время;
- снизить отрицательное влияние используемого сырья на окружающую среду;
- улучшить условия труда, которые при традиционных методах переработки являются вредными;
- установить более “реалистичный” уровень инвестиций, учитывая большой спрос;
- организовать промышленное производство в течение короткого пе-

риода, ограничив текучесть рабочей силы;

- выпускать продукт с высокими механическими характеристиками и отличным внешним видом.

В зависимости от серийности выпускаемого продукта современный RTM-процесс делится на четыре типа:

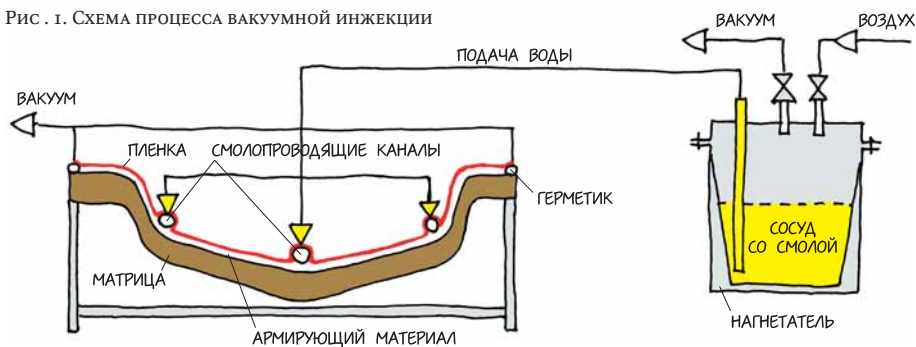
- вакуумная инъекция (один-два съема в смену);
- RTM-эконом, или RTM-light (один-четыре съема в смену);
- RTM-стандарт (четыре—восемь съемов в смену);
- RTM-плюс (восемь—шестнадцать съемов в смену).

В современном судостроении в зависимости от назначения конструкции и геометрии детали в основном применяются три первых метода и значительно реже — RTM-плюс, как предназначенный только для изготовления мелких деталей судостроительного назначения.

Попытаемся проанализировать и понять, в чем разница между этими методами и какие плюсы может получить отечественный строитель катеров и яхт в случае внедрения этих методов на своем производстве. В нашем случае не стоит акцентировать внимание на количестве съемов в смену с оснастки, так как тот или другой метод выбирается еще и по критерию прочности готовых изделий, а это для судостроения более важный показатель.

\*И. М. Альшиц. Полиэфирные стеклопластики в судостроении, Л., 1964.

Рис. 1. СХЕМА ПРОЦЕССА ВАКУУМНОЙ ИНЖЕКЦИИ



## Вакуумная инъекция

Матрица применяется той же конструкции, что и при контактном формовании. Единственное требование — наличие отбортовки по всему периметру матрицы с шириной полки не менее 120 мм (рис. 1).

В качестве пуансона используют светопрозрачную пленку, имеющую хорошую химическую стойкость к стиролу (полиэфирным связующим). Пленка должна быть без внутренних дефектов и раковин, через которые возможен подсос воздуха во время изготовления детали. В качестве такой пленки применяют полиэтилентерефталат (лавсан).

В качестве смолосоводящих каналов могут служить трубки из твердого ПВХ с внутренним диаметром 7–16 мм со спиралевидной нарезкой. При растяжении этой трубки образуются зазоры между гранями, через которые смола под воздействием вакуума попадает в слои армирующего материала. Диаметр трубки определяется опытным путем, исходя из площади и геометрии детали, технологических параметров процесса и характеристик связующего.

Для реализации процесса необходимо иметь вакуумный насос (марка не имеет значения) или вакуумный пост с регулируемой производительностью (очень важно при изготовлении больших деталей) и вакуумом не ниже  $-0.6... -0.9$  кПа.

Для скрепления пленки с матрицей применяют ленточный герметик

как отечественного, так и импортного производства.

Для ускорения процесса формования можно использовать обычный нагнетатель, в который заливается катализируемая смола. Нагнетатель несложно изготовить самим с нужным объемом или приобрести такой, который применяется для обычных красок. В этом случае рекомендуется в крышку нагнетателя установить систему вакуумной откачки. Она понадобится для очистки подающих шлангов от оставшейся катализируемой смолы после завершения процесса формования.

Как видно из представленной схемы, для того чтобы перейти от контактного процесса к вакуумному инжестированию, больших капиталовложений не требуется. Практика западных производителей показывает, что два человека в течение смены таким методом формируют корпус пятиметрового катера и ряд мелких деталей для него вместе с продольно-поперечным набором или сэндвич-наполнителем.

На первый взгляд, вроде бы все просто. Но основа успеха — это правильный подбор основных материалов (армирующие материалы, связующие и др.), предназначенных для формирования структуры изделия.

В качестве связующего применяют смолу, время гелеобразования которой — 50–120 мин. (в зависимости от площади формования), с низкой динамической вязкостью и нетиксотропную, на ортофталевой или изофталевой ос-

нове, которую выбирают в зависимости от конструкции судна и условий его эксплуатации.

Армирующие материалы могут быть разнообразными: это ткани различного плетения, в том числе и мультиаксиальные, эмульсионные и порошковые стекломаты. Но обязательным элементом армирующего “пирога” должен быть смолосоводящий слой. В качестве него могут применяться маты из непрерывной нити (“унифло”) или комбинированные двухслойные или трехслойные маты (“комбифло”), которые имеют в своем составе пористое полиэфирное волокно с поверхностной плотностью 180 или 250 г/м<sup>2</sup> (см. рис.1). Благодаря структуре этих материалов смола проходит с наименьшим сопротивлением и с большей скоростью внутрь армированного “пирога” и пропитывает его изнутри.

Для того чтобы судно было более легким и прочным, без продольно-поперечного набора (что лучше) или с минимальным (для обеспечения

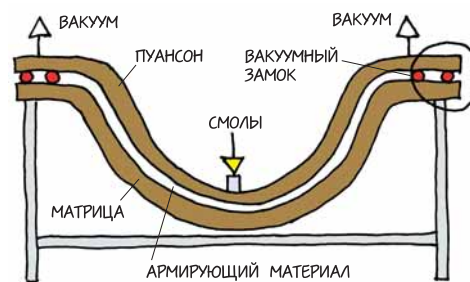


Рис. 2. СХЕМА ПРОЦЕССА RTM-LIGHT

прочности) набором, в качестве сэндвичных наполнителей применяют перфорированный пенополиуретан различной плотности и толщины. При использовании сэндвичной конструкции конечное изделие будет дороже, но его прочностные свойства и эксплуатационные характеристики — значительно выше, а вес меньше, и тогда рост цены на готовое изделие станет оправданным. Останется убедить покупателя, что деньги, потраченные им, быстро вернутся за счет экономии средств на горючее и “непредвиденный” ремонт судна.

При применении сэндвичных перфорированных наполнителей отпадает необходимость в смолосоводящих армирующих материалах, так как в этом случае смола проходит по прорезанным каналам сэндвичевого наполнителя (рис. 3 и 4), при этом для получения изделий с более высокими механическими свойствами можно использовать более высокопрочные стекло-, органо- или углеродные ткани.

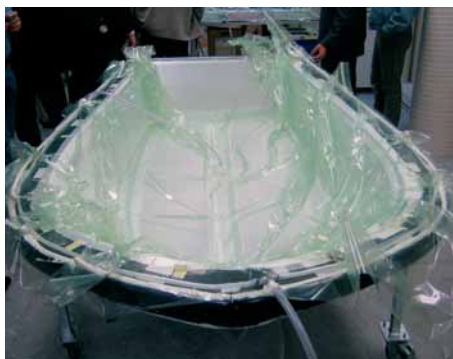


Рис. 3. Вакуумная инъекция с применением материала “КОМБИФЛО”



Рис. 4. Движение смолы по каналам в пенопласте

И все-таки, чтобы как можно меньше возникало проблем с переходом на новый вид технологии, рекомендуется подбор основных материалов поручить поставщикам сырья.

## RTM-эконом, или RTM-light

Основное отличие вакуумной инъекции от метода RTM-эконом — в наличии в последнем случае мембранного пуансона, выполненного из стеклопластика толщиной 2–3 мм, оборудованного вакуумными замками (рис. 2).

Чаще всего этот метод применяется для изготовления небольших картоп-лодок или шлюпок, имеющих сэндвичную (трехслойную) конструкцию, а также небольших деталей, входящих в комплект катеров и яхт. Данный метод позволяет увеличить производительность за счет увеличения скорости инъекции и получить деталь, обе поверхности которой имеют декоративный защитный слой-гелькоут.

В этом случае возможно применение не только нагнетателя, но и специального инжекторного оборудования (например, “IPR-6000” шведской фирмы “Aplicator”). Но, поскольку пуансон имеет небольшую прочность, давление, под которым подается смола, устанавливается минимальным (1.2–1.4 атм), а вакуум — максимальным (–0.9 кПа).

В данном методе применяют все те же основные материалы, а также смола с более коротким временем гелеобразования. Все зависит от выбранной схемы инъектирования и, как следствие, скорости заполнения формы.

## RTM-стандарт

Данный метод более дорогой в плане технического оснащения, так как требуется обязательное наличие RTM-аппарата

(инжектора) и дорогостоящей оснастки, которая состоит из жесткой матрицы и жесткого пуансона, имеющих вакуумные замки и механические зажимы. И матрица, и пуансон должны быть “усилены” прочными каркасами, выполненными из толстой слоистой фанеры или металлических профилей.

Однако при правильном подходе к делу RTM-стандарт позволяет практически полностью решить вопросы прочности, качества продукции, а также уменьшить трудоемкость и повысить культуру производства. Так, во Франции под Лионом есть предприятие, которое по методу RTM-стандарт изготавливает палубы яхт длиной до 12 м, не считая многих мелких деталей, таких как крышки люков, корпуса небольших отсеков, различные дельные вещи. Его производительность — около 200 катеров и яхт различного класса в год, причем формовку выполняют всего шесть человек.

Мы желаем всем, кто заинтересован во внедрении RTM-технологий, а следовательно, и в выпуске более качественной продукции. ●



INDUSTRY

## Клеи и герметики “Sikaflex”

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

- настил тиковых палуб
  - вклейка минеральных и оргстекло
  - универсальные герметики
  - конструкционные клеи и т. д.
- СЕРТИФИКАТЫ VERITAS, LLOYD

СТЭК-М, официальный дистрибьютор “Sika”, Санкт-Петербург  
(812) 251-2606, 575-0495, +7 911 220-3516, sikaspb@rol.ru; www.sika.spb.ru

## Барк “Седов” готовится отметить свое 85-летие

В середине января на борту барка «Седов», который стоит сейчас на Канонерском судоремонтном заводе в Санкт-Петербурге, прошла пресс-конференция, посвященная подготовке к летнему походу парусника.

Цель плавания — повторение маршрута Полярной экспедиции под руководством Г.Я. Седова на двухмачтовой шхуне «Св.Фока», 1912-1914 гг.

«Седов» пройдет маршрутом Санкт-Петербург–Киль–Рейкьявик–Тромсе–Баренцбург–Хаммерфест и максимально приблизится к архипелагу Земли Франца-Иосифа, откуда в сентябре 1913 г. Г.Я. Седов начал готовить поход на собачьих упряжках к Северному полюсу. Далее барк проследует к северной оконечности Новой Земли и, спустившись вдоль западного побережья, возьмет курс на Архангельск, откуда в 1912 г. стартовала экспедиция знаменитого полярного исследователя. Закончит плавание «Седов» в Мурманске, преодолев 6607 миль за три месяца морского пути.

В ходе плавания планируется посетить места боевой славы Северного флота и почтить память всех моряков–участников Полярных конвоев, погибших в этих суровых водах в годы Второй мировой войны.

В этом году отмечается 85 лет со дня закладки самого парусника «Седов», поэтому парусник приглашен правительством города Киль (Германия) не только на традиционные мероприятия “Кильской недели”, но и на празднование своего юбилея.

