

Композиты – что дальше?

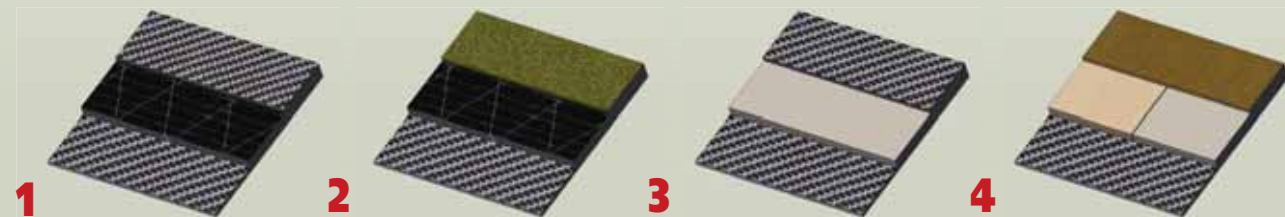


Михаил Мазепа, Саратов

Современное судостроение немыслимо без композитных армированных пластиков, их применение давно стало общим местом. Правда, это относится преимущественно к обычным стеклопластикам на основе полиэфирных и эпоксидных смол. Но химическая промышленность нарабатала такой широкий спектр связующих и армирующих материалов с разнообразными свойствами, что, освоив их применение, судостроители смогли бы существенно расширить круг задач, решаемых потребителями их продукции. Какие типы композитов актуальны сейчас в малом судостроении?

Сплошные ламинаты

Прежде всего к ним относятся традиционные ламинаты на основе полиэфирных смол, стеклотканей и ровинговых/мультиаксиальных тканей. Их достоинства – простота технологии, наименьшие затраты на исходные материалы, самые низкие требования к персоналу и оборудованию, приемлемая ре-



монтопригодность, самая высокая скорость репликации. Недостатки – низкая усталостная прочность, подверженность осмосу. В силу этого приходится давать избыточные толщины для достаточного ресурса изделий.

Ламинаты на основе винилэфирных смол, конструктивных стеклотканей и арамидных тканей (Кевлар, Тварон, Русар) позволяют экономить вес конструкций: при правильном расчете набора возможно сэкономить до 20% массы без ущерба остальным характеристикам. Они демонстрируют довольно хорошую усталостную прочность и неподверженность осмосу, приемлемую ремонтпригодность. Взамен приходится применять вакуумное оборудование (особенность арамидной ткани), и в силу этого высоки требования к технологическому персоналу/оборудованию, мала скорость репликации, довольно высока стоимость исходных компонентов. В нашей стране широкого применения эта схема не нашла, в основном она применяется при изготовлении высокоскоростных судов, причем схему ламинирования нужно оговаривать при заказе катера заранее.

Ламинаты на основе эпоксидных смол, конструктивных стеклотканей, углетканей и арамидных тканей дают возможность получить наиболее легкий, жесткий и прочный корпус, не прибегая к трехслойным вариантам конструкции. Существует широчайший выбор технологий и приемов работы с эпоксид-

ными ламинатами, начиная от простой вакуумной подпрессовки пакета, и заканчивая применением препрегов. Отметим наиболее высокую устойчивость ламината к знакопеременным нагрузкам. Из недостатков – очень высокие требования к оборудованию и персоналу, довольно сложная технология производства; к примеру, при работе с углетканью не рекомендуется формировать более двух слоев за один раз. Крайне низка скорость репликации. Стоимость исходных компонентов довольно различается, но попытки экономить на ней не имеют большого значения, так как велика стоимость работ в силу объективных причин. Ремонтпригодность – умеренная, но требует специальных знаний и материалов.

Сэндвичевые (трехслойные) конструкции

Распространение получили две технологии, и обе имеют общие недостатки – очень низкую ремонтпригодность и достаточно высокий риск при применении сэндвича ниже ватерлинии.

Сэндвичевые конструкции на основе полиэфирных/винилэфирных смол, стеклотканей и ПВХ-пенопластов относительно дешевы, допускают применение вакуумной инфузии и в силу этого – достаточно высокая скорость репликации.

Сэндвичевые конструкции на основе эпоксидных смол, углетканей и сотового наполнителя из арамидной бумаги дают максимальную легкость без потерь в прочности и долговечности изделия, но очень сложны технологически.

Цифры-факты

В качестве примера: не так давно ко мне обратились с вопросом представители одной известной судостроительной компании с вопросом, не помогу ли я им в изготовлении корпуса аквабайка из «карбона». Аквабайк спортивный, требования к нему абсолютно другие, чем к такому же корпусу бытового применения. Вес, жесткость глассирующих поверхностей имеют определяющее значение. Малый размер не позволяет использовать сэндвичевую конструкцию с использованием сотового наполнителя из арамидной бумаги. Возможны четыре варианта конструкции (рис. 1–4).

1) Корпус полностью из углепластика. Вариант самый простой в изготовлении, но толщина получится не меньше 3 мм. Удельный вес такого ламината составит 1.5–1.6 кг/дм³, или около 5 кг/м².

2) Наружные слои корпуса из углеткани, внутренние слои – из арамидной ткани. Удельный вес ламината из арамида – примерно 1.1 кг/дм³, так что при толщине «корки» 3.5 мм получим те же 5 кг/м². Вариант при формовке не отличается от предыдущего.

3) Наружный слой толщиной 1 мм – из «угля», следующий слой – мат Lantor Soric LRC™ толщиной 3 мм и удельным весом 0.42–0.45 кг/дм³, внутренний слой – 0.5–0.7 мм из «угля». Этот вариант даст возможность получить вес 4 кг/м², но при этом сложнее в формовке по сравнению с традиционными ламинатами. Есть и еще дополнительный плюс – толщина ламината достигнет 4.5–4.7 мм, что положительно скажется на жесткости.

4) Вариант экзотический. Наружный слой – «уголь» 1 мм, следующий слой на криволинейных поверхностях – мат Lantor Soric толщиной 3 мм, а на поверхностях, близких к плоским – сосновый шпон толщиной 2 мм или 2x1.5 мм. Внутренний слой – арамидная ткань толщиной 0.8 мм.

У каждого из вариантов есть свои плюсы и минусы. Стоимостной анализ возможен в предположении, что будет хотя бы минимальная серия изделий.

Цена матрицы, в которой можно работать с «углем» – от 15 000 до 30 000 руб./м², фактически при малой серии в 4–5 корпусов из «хай-тека» – еще изделия нет, а минимум 3000 руб./м² готового корпуса уже есть (плюс 5% на фланцы, которые срежутся). Цена «угля» 22 евро/м² при толщине 200 г/м² и 28–30 евро/м² при толщине 300 г/м², усиления плюс декор. Усредним до 100 евро/кг. Цена смолы, которой по весу 30–40% от «угля» (а закладывать нужно минимум 70% на дренаж и прочие потери) – от 10 до 25 евро/кг. Итого в среднем ламинат с расходниками, работой, термообработкой и без прибыли – в районе 200 евро/кг.


Конечно, мат и шпон как наполнитель позволят пристойно сэкономить, суммарно можно попробовать уложиться даже в 120–150 евро/кг. При весе «квадрата» в 4 кг себестоимость около 650 евро/м². С учетом набора – 750–780 евро/м², и при удачном стечении обстоятельств – даже может и дешевле 700.

Экономия по весу от традиционного полиэфира (идеальный, правильно рассчитанный и без ошибок построенный)

возможна в 50–60%. Себестоимость полиэфирного корпуса – в районе 8 евро/кг. Продажная цена будет 180–200 евро/м². Итого разница в стоимости корпуса – в 4 раза при выигрыше по весу в 2 раза. Но корпусом лодка не ограничивается, в итоге экономия в весе катера хорошо если 20–25%. А разница в себестоимости готового катера будет никак не меньше чем в 2 раза, а скорее и в 3. Так что в серийных аквабайках вообще не важно, весит корпус 50 кг или 30, кроить вес имеет смысл только для соревнований высокого уровня.

На самом деле высокотехнологичные материалы будут реально востребованы скорее на корпусах длиной от 6–6.5 м и только для спорта. Будут гонки – будут фанаты и спонсоры, тогда и технологии, возможно, получат развитие.

Почему «хай-тек»?

Может сложиться превратное мнение, что для существующих задач свойства «хай-тек»-композитов избыточны. На самом деле это не так. И вот почему: высокопрочные высокомодульные композиты успешно решают следующую проблему: если мы вдруг хотим увеличить некую деталь в 2 раза – объем (а следовательно и вес) возрастает в 8 раз, а прочность остается той же самой. Именно в этом и заключается особый плюс композитов: они позволяют (при известных ограничениях) масштабировать решения, полученные для других материалов. Отношение веса к прочности, жесткости и другим не менее важным параметрам у композитов гораздо выше, чем у традиционных материалов. В 70-е в Советском Союзе построили прототип стратегического бомбардировщика Т-100, но затем приняли на вооружение совершенно другой самолет, Ту-160, хотя Т-100 имел более чем в два раза лучшие характеристики. Все просто – проблемы прочности решались «в лоб». Нужная прочность обшивки достигалась путем использования титановых листов. На современном уровне – с помощью композитов эти проблемы можно было бы решить совершенно по-другому, проще и дешевле, пример правильной оптимизации массогабаритных параметров с использованием композитов – «Боинг-787». Похожие задачи «высоких достижений» найдутся и в судостроении 



ПОСЕИДОН
www.poseidonboat.ru

СКИДКИ на ЛОДКИ до 40%
фирменный
+ ТЕНТ в ПОДАРОК
СКИДКИ на Тюнинг 40%

Приглашаем дилеров к сотрудничеству.

Санкт-Петербург

ул. Ольги Берггольц, 40, т.: +7 (812) 677-24-28, 703-45-09, Софийская ул. 6 708-66-52, 706-28-32
Ремонт-Сервис: Софийская, д.6, +7(812) 706-26-68