

# МАТРИЦА БЕЗ СЕКРЕТОВ

*Приятно ощущать себя владельцем высококачественного плавучего средства из стеклопластика, особенно если ты давно мечтал о таком. Качество же его определяется многими параметрами, начиная с технических характеристик и заканчивая эргономикой и отделкой.*

№3 2007 (12)



И все же вначале мы обращаем внимание на внешний вид изделия, а если речь идет о судне, будь то маленькая лодочка или большая крейсерская яхта, – на обводы. И вид этот зависит, прежде всего, от мастер-модели и матрицы. Вот об опыте ее (их) изготовления мы и хотим рассказать в данной статье, чтобы передать свои знания производителям, болеющим за качество своего продукта.

Так как сделать оснастку с оптимальными затратами? С чего начать? Цена вопроса – это цена изделия и доход от его реализации. Опыт подсказывает, что первый шаг для достижения цели – правильный выбор материалов оснастки с учетом технологии ее изготовления и квалификации исполнителей, а необходимого сырья, как отечественного, так и импортного, на российском рынке имеется большой выбор.

В свое время нам приходилось работать с материалами разных производителей, но практика показала, что лучше всего применять те из них, что совместимы с используемыми технологическими процессами. При таком подходе к выбору сырья резко увеличивается вероятность достижения положи-

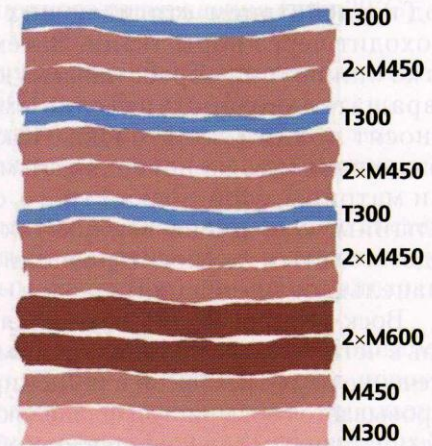
тельного результата, особенно если его производитель берет на себя ответственность и за качество материала, и за предоставляемую информацию. Много лет работая с материалами концерна «Reichhold», мы убедились, что он поставляет достоверную полезную информацию и высококачественное сырье, потому о нем и пойдет речь.

Чтобы правильно подобрать материалы для производства оснастки, надо точно знать следующее:

- габариты изделия, его форму и вес, а также видовые требования к изделию;
- суммарное количество изделий, снимаемых за время эксплуатации матрицы;
- применяемый технологический процесс;
- используемое сырье для производства изделия;
- время на подготовку производства при запуске изделия;
- собственное техническое оснащение;
- квалификацию исполнителей.

Первые три показателя – габариты изделия, его форма и вес – определяют прежде всего основу будущей оснастки, т. е. ориентировочную толщину

It's quite pleasant to feel yourself as the owner of high-quality FRP water craft, especially if you have dreamt about this quite a long time. The quality of it is determined by many parameters, beginning with technical characteristics and ending by ergonomics and finishing. But at the beginning we first pay attention to the outside appearance of the product and if to speak about vessel whether it is small boat or big sailing cruiser, – to the counters. And this appearance depends on master-model and mold first of all. And we would like to tell you about this experience of their (its) production to transfer our knowledge to the producers, suffering for the quality of their products.



ПРИМЕР СХЕМЫ ФОРМОВКИ 10-ММ ЛАМИНАТА: М300, М400, М600 – стекломаты с плотностью 300, 400, 600 г/м²; Т300 – стеклоткань с плотностью 300 г/м².

и схему конструкционного слоя матрицы; наличие и конструктив ее транспортных узлов. Знание еще и видовых требований к изделию позволяет выбрать приемлемую технологию производства оснастки, пусть не всю, но хотя бы доводочных операций. Зная это и количество изделий, снимаемых с матрицы, уже можно более детально проработать конструкцию оснастки. Действительно, если количество снимаемых изделий мало, то нет смысла изготавливать оснастку с большим запасом прочности.

Выбором одного из технологических процессов производства изделия: контактного (ручное формование), метода напыления («спрей»), вакуумного формования или метода инжектирования, – практически заканчивается проектная часть конструктивной проработки оснастки.

После этого, чтобы принять окончательное решение, следует определиться с тем, как и какими силами выполнить поставленную задачу. Для этого рекомендуем составить вопросник в табличной форме, где обозначим, как конструкция оснастки, технология ее изготовления и сырье влияют на конечный результат.

Получив ответы на все 10 пунктов вопросника, можно составить общую картину. Проанализируем таблицу, начав с последних пунктов.

**ВОПРОСНИК: Влияние некоторых производственных факторов на конструкцию и материал матрицы**

№ п.п	Характеристика изделия	Конструкция	Технология производства	Выбор сырья
1	Габариты			
2	Теоретический контур			
3	Вес			
4	Видовые требования			
5	Количество изделий, снимаемых с матрицы			
6	Технологический процесс производства изделия			
7	Применяемое сырье			
8	Время на подготовку производства при запуске изделия			
9	Собственное техническое оснащение			
10	Квалификация исполнителей			
	Существенно влияет.	Несущественно влияет.		

Квалификация исполнителей и собственное техническое оснащение – основополагающие факторы, которые определяют культуру производства и как итог – качество выпускаемого продукта. При низкой квалификации и слабом техническом оснащении, какие бы великолепны материалы не применялись, говорить о качестве конечного продукта не приходится. Мы опираемся на квалифицированные кадры и из этого будем исходить.

Далее, при любой степени оснащенности производства на рабочем месте всегда должны находиться приборы, измеряющие температуру окружающей среды и влажность. Нельзя забывать, что при работе с полиэфирными (эпоксидными) смолами, полимеризующимися при комнатной температуре, значимыми являются температура окружающей среды, рабочей смеси и оснастки (не ниже 18°C), а также влажность окружающей среды (не более 75%), скорость воздушного потока в зоне формовки (не выше 0.5 м/с). Поэтому необходим лазерный термометр, позволяющий в считанные секунды определять температуру применяемого связующего и оснастки и вовремя выполнять операции, которые снижают вероятность брака при формовке, например, появление на декоративном слое изделия дефекта «крокодиловая кожа». Разница между температурой оснастки и смеси не должна превышать 1.5–2.0°C.

Перед нанесением декоративного слоя (гелькоута) поверхность мастер-модели необходимо обработать разделительным составом, в качестве которого рекомендуем применить широко используемый в Европе воск «Norpol W-70».

В центр куска фланелевой ткани размерами 200x200 мм кладут две-три полные столовые ложки этого воска и, взяв ткань за концы, сворачивают своеобразный шар так, чтобы воск оставался внутри него.

Под воздействием стягивающих усилий воск проходит через поры ткани. Затем тканый шар легко опирают на обрабатываемую поверхность и вращательно-поступательным движением наносят тонкий слой воска. Таким способом можно наносить на поверхность мастер-модели или матрицы слой воска строго определенной толщины. Это очень важно, так как, если он будет толстым, то после располировки чистой фланелью окажется снят.

Воск «Norpol W-70» наносится на мастер-модель в четыре слоя с промежуточными выдержками в течение двух-трех часов и располировкой. Располировывается воск чистой фланелью вращательно-поступательным движением вдоль обрабатываемой поверхности. Последний слой воска рекомендуется выдержать в течение шести часов.

Перед нанесением декоративного покрытия воск покрывают тонким слоем технологического разделительного агента «Norpol Norslipp 9860» с помощью мягкой кисти или пульверизатора. Поверхность должна быть сухой и без пыли. Смывается обычной водой. Задача «Norslipp» – воспрепятствовать диффузии воска в поверхностный слой изделия при его нагреве. При повышении температуры оснастки начинается насыщение ее декоративного слоя воском.

Для изготовления декоративного слоя будущей матрицы обычно применяются гелькоуты «Norpol GM60014» (зеленый) или «Norpol GM90000» (черный). Их можно наносить вручную, тогда применяют «Н»-гелькоут («хэнд»), или распылителем, для этого предназначен «S»-гелькоут («спрей»). Все они изготовлены на основе двух смол, винилэфирной и изофталевой, и имеют высокие показатели по твердости, износостойкости, предельному водопоглощению и высокие показатели рабочих температур.

Самое широкое применение на практике при изготовлении матриц получил гелькоут зеленого (60014) цвета, поскольку он меньше утомляет зрение рабочего и снижает вероятность брака при работе. Гелькоут черного (90000) цвета в основном применяется при производстве конечных изделий зеленого цвета.

Гелькоуты «Norpol GM60014H» (или «GM90000H») наносят мягкой кистью в два-три слоя с промежуточной выдержкой между ними до состояния «отлипа». Толщина каждого слоя – 0.2–0.3 мм (по «мокрому» слою). Суммарная толщина слоев должна составлять 0.55–0.85 мм, направление нанесения слоев 90° друг к другу.

Гелькоуты «Norpol GM60014S» («GM90000S») наносятся аппаратами безвоздушного напыления (например, «Aplicator» IPG-24) в три-четыре слоя с промежуточной выдержкой между слоями 5–10 мин при поддержании необходимого температурного режима окружающей среды и гелькоута (23°C). Толщина каждого слоя – 0.15–0.25 мм, направление слоев друг к другу – 90°. Суммарная толщина – 0.55–0.85 мм. Толщина слоев замеряется в «мокром» состоянии специальным толщиномером.

Очень важно при работе иметь паспорта на применяемые материалы, где не только приводятся их характеристики, но и описываются дополнительные компоненты, необходимые для приготовления рабочей смеси. Например, для того чтобы произошла полимеризация гелькоута «GM60014H» («GM90000H») в течение 35–45 мин при температуре 23°C, в него следует добавить «Norpol пероксид №1» (ПМЭК) в количестве 1.5% веса гелькоута. Время полимеризации гелькоута «Norpol GM60014S» («GM90000S») при вышеобозначенных условиях сокращается до 25–35 мин.

Здесь важно не путать понятия «полимеризация» и «гелеобразование». Полимеризация – это время готовности слоя для проведения последующей операции; гелеобразование – время работы с готовой смесью.

Некоторые производители стеклопластиковых изделий наносят матричный гелькоут с промежуточной выдержкой между слоями 12 ч. Это ошибочное решение, так как нарушение временных параметров технологического процесса ведет к изменению физико-механических свойств декоративного слоя матрицы, а иногда и к откровенному браку. В ходе длительной выдержки могут измениться параметры окружающей среды вокруг закладываемой оснастки, а на гелиевое покрытие осаждаются влага, пыль, маслянистые пары. В этом случае достичь качественной адгезии декоративного слоя и ламината практически невозможно.

Для производства ламината матрицы можно применить любую полиэфирную смолу, но не спешите выбирать самую дешевую. Рекомендуем вновь проанализировать таблицу. Не зря все производители полиэфирных смол отдельно выделяют категорию смол, предназначенных для изготовления матриц, поскольку прежде всего в ламинате они имеют тенденцию к усадке. Кроме того качество ламината зависит от их количества в нем и метода изготовления, температуры его тепловой деформации, теплопроводности, физико-механических свойств и времени запуска оснастки в производство.





Компания «Reichhold» предлагает на сегодняшний день две системы изготовления матриц на основе смолы «Polylite 410-900» и смолы «Polylite 33542-60». В чем их различие?

### СИСТЕМА «POLYLITE 410-900»

- характеризуется усадкой смол до 1.0% в ламинате;
- позволяет укладывать ламинат «мокрый по мокрому» – до 2 мм;
- предусматривает в целях сокращения времени запуска оснастки в производство проведение спустя 24 часа после формовки постотверждения (термостатирования) при температуре 60–80°C в течение пяти часов;
- соотношение смола/стекло – 50/50 или 60/40;
- время гелеобразования – до 50 мин;
- время полимеризации – 1.5 ч.;
- пик экзотермы – 75°C;
- время до полного отверждения (при 20°C) – до двух недель;
- температура тепловой деформации ламината – 110–120°C, что позволяет применять смолы с пиком экзотермы до 100–110°C.

### СИСТЕМА «POLYLITE 33542-60»

- безусадочная (0.001–0.05%),
- имеет в своем составе специальный наполнитель, увеличивающий теплопроводность ламината;
- позволяет укладывать его «мокрым по мокрому» – до 8 мм, применять на последних слоях ламината отходы (обрезки) стекломатов или стеклотканей, изготавливать большие формы методом местного (участками) ламинирования; не требуется постотверждение, что позволяет после 16 ч с момента окончания формовки запустить оснастку в работу;
- соотношение смола/стекло – 80/20 или 75/25;
- время гелеобразования – до 40 мин;
- пик экзотермы – 75°C;
- время полимеризации – до 60 мин;
- время отверждения – до 3 ч.;

- время до полного отверждения (при 20°C) – до 16 ч.;
- температура тепловой деформации ламината – до 150°C;
- применяется при производстве оснастки, предназначенной для объемных заливок.

Первая система дешевле второй. Обе системы могут наноситься как ручным методом, так и механизированным, например, с помощью аппаратов «Aplicator IPS».

Если деталь небольшая и нет необходимости торопиться, то можно применять менее дорогую систему. Более дорогую, как правило, используют для изготовления матриц больших габаритов, работающих под давлением, или из-за дефицита времени при запуске изделия в производство.

Технология получения ламината с помощью данных систем практически одинакова. Рассмотрим ее на примере смолы «Polylite 410-900».

Напоминаем о необходимых параметрах окружающей среды: температура среды – 18–23°C, влажность – до 70%, скорость движения воздуха – не более 0.6 м/с. Температура смолы – 18–23°C.

На поверхность отвержденного гелеконтного слоя наносится мягкой кистью или специальным валиком для полиэфирных смол катализируемая смола «Polylite 410-900» (в дальнейшем просто смола) толщиной 0.3–0.4 мм. В нее добавляется катализатор в соответствии с паспортом производителя (1% пероксида «Norpol № 1»). На смоченную поверхность укладывается раскрой эмульсионного стекломата поверхностной плотностью 300 м<sup>2</sup> и прикатывается радиальным алюминиевым валиком. Не следует после укатки торопиться наносить смолу, надо дать стекломату хорошо впитать ее с нижнего слоя. Далее валиком (или кистью) равномерно наносят остаток смолы в соотношении смола/стекло 60/40 (55/45). Здесь очень важно правильно выбрать армирующий материал (с учетом скорости пропитываемости и типа замасливателя).

Лучше всего последовать рекомендациям производителя смолы, так как он старается подбирать оптимальные системы с учетом физико-механических свойств компонентов, технологичности и выходной стоимости готового изделия. Рекомендуем применять в данном случае для упрощения работы эмульсионные стекломаты.

После нанесения смолы мягким валиком ламинат необходимо прикатать продольным алюминиевым валиком, далее – радиальным валиком. Укладывают второй раскрой стекломата поверхностной плотностью 450 г/м<sup>2</sup> и повторяют вышеуказанные операционные переходы. В результате суммарная плотность первого ламината будет – 750 г/м<sup>2</sup>. При этом следует следить за тем, чтобы на последнем слое ламината перед полимеризацией не было излишков смолы, поэтому надо постоянно контролировать расход и смолы, и армирующего материала.

После полной полимеризации первого слоя ламината (через 24 ч) приступают к нанесению второго слоя. Этот слой, как и последующие, закладывается с суммарной поверхностной плотностью стеклоармирующего материала по 900–1200 г/м<sup>2</sup> в соотношении смола/стекло – 60/40 (55/45). Начиная с третьего слоя ламината ткани необходимо чередовать, особенно если матрица имеет большие габариты. Для примера рассмотрим схему выклейки 10-миллиметрового ламината (рис. 1). Толщина набора (корзины) определяется ее габаритами, формой и конструкцией. Продольно-поперечный набор должен обеспечить дополнительную жесткость матрице, а также снимать все деформационные напряжения при ее транспортировке и других технологических перемещениях. Набор изготавливается отдельно от матрицы, например, из водостойкой фанеры толщиной 12–16 мм или металлических труб различного сечения. Его нежелательно подгонять плотно в местах сочленения с наружным контуром матрицы. В фанерной корзине оставляют зазор 3–5 мм и при ее установке на матрицу заполняют ППУ (пенополиуретаном).

После застывания облой на стыках срезают и выполняют склейку матрицы и корзины той же системой смол и по той же технологии. Но предварительно места нанесения соединительного ламината покрывают праймером и уже после его полной полимеризации изготавливают соединительный ламинат. Нахлыст соединительного ламината на поверхность матрицы и корзины должен составлять до 100 мм в зависимости от габаритов и веса оснастки, а толщина ламината – 2–7 мм при тех же условиях.

Корзину из металлического профиля склеивают с матрицей так, чтобы зазор был 5–25 мм между наружным контуром и металлокаркасом, с учетом габаритов, формы и веса оснастки. Допускается вклейка металлокаркаса с матрицей «в ноль», но только в оснастках для RTM-процессов, где корзина проектируется по особым правилам.

Можно ли обойтись без корзины? Можно, если... (смотри таблицу). После полной полимеризации участка склейки (6–12 ч) приступают к расформовке готовой матрицы с мастер-модели. Но торопиться не следует. При расформовке обычно используют деревянные или из мягкого термопласта клинышки, деревянный молоток, сжатый воздух и при необходимости подъемное устройство. При этом не рекомендуем использовать металлические предметы, нужно также избегать резких ударов и больших нагрузок на снимаемую матрицу.

После расформовки предстоит обследовать матрицу на предмет дефектов, особенно ее декоративный слой. Глубокие дефекты (1–5 мм) выводят филерами «Norpol FI-175» или «-167», неглубокие (до 1 мм) – тем же матричным гелькоутом. Мелкие риски располировываются пастами «M-50/SE-50»

(грубая), «Norpol R-10» (универсальная), «Norpol R-40» (экстра тонкая).

После устранения всех дефектов на декоративный слой матрицы наносят воск «Norpol W-70» по технологии, указанной выше (покрытие мастер-модели) с той лишь разницей, что данную операцию нужно повторить три-четыре раза, т. е. после нанесения четырех слоев воска формируют три-четыре детали с «Norslipp». Далее наносят еще четыре слоя воска и снова формируют три-четыре детали с «Norslipp».

Таких циклов должно быть три-четыре, т. е. суммарное количество восковых слоев должно быть 12–16. После проведения последнего цикла обработка «Norslipp» уже не понадобится, поскольку декоративный слой будет насыщен воском, что позволит длительное время легко снимать детали. Как показала практика, возможно более 500 съемов с матрицы без ее ремонта.

При работе с полиэфирными смолами и гелькоутами необходимо учитывать сроки и условия их хранения, а также перекисей и других компонентов.

#### Срок хранения:

- смол «Polylite 410-900» и «Polylite 33542-60» – шесть месяцев;
- гелькоутов «Norpol GM60014» и «Norpol GM90000» – четыре месяца;
- перекиси «Norpol № 1» – восемь месяцев.

Хранить указанные материалы необходимо при температуре не выше 25°C, а перекись – не на свету, избегая прямых солнечных лучей.

Надеемся, наш опыт поможет выпускать качественный продукт и снизить накладные расходы.

**Инструкции по применению и дополнительную информацию Вы сможете получить у авторов статьи:**

*технического супервайзера «Reichhold» в России  
Альшица Леонида Исааковича  
+7 (921) 934 94 66,  
email: leonid. alchits@reichhold.spb.ru*

*директора ООО «Сампол»  
Ершова Виктора Васильевича  
(846) 958 35 12, email: sampol@samaramail.ru*

**Мы публикуем исправленный вариант статьи.**

*Впервые статья была опубликована в журнале  
«Катера и Яхты» № 6 (198) 2005 г.*