

ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ В АВТОТРАКТОРНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Инженеры КОЧЕТОВ С. И., КИПЕНЬ Т. В., СУША С. А., ГАЙСЕНКО И. В.

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»

В условиях постоянного развития техники и технологии четко прослеживаются тенденции по замене традиционных материалов на искусственные материалы, получаемые химической промышленностью. Это различные пластмассы и композиты.

Композиционный материал (композитный материал, композит) – материал, состоящий из двух или более компонентов, представляет собой полимерную основу с заданным распределением в ней упрочнителей, при этом эффективно используются индивидуальные свойства составляющих композиции. Обладает уникальными свойствами по сравнению со свойствами отдельных компонентов. Композиционные материалы нашли широкое применение в различных областях народного хозяйства и военной технике. Одним из успешно применяемых композиционных материалов является стеклопластик.

Стеклопластик – это композитный материал, состоящий из материалов связующего – синтетической смолы (полиэфирная смола, эпоксидная смола и т. д.) и армирующего – стекломата, стеклоткани или ровнинга. Используется в качестве конструкционного материала в различных областях техники, в том числе и автотракторной.

Применение стеклопластика при проектировании изделий и их производстве раскрывает практически неограниченные возможности перед конструктором и дизайнером. При использовании различных методов изготовления стеклопластиковых деталей и узлов появляется возможность получать любые формы криволинейных поверхностей, какими бы они ни были сложными, т. е. поверхности высшего порядка,

при этом изделия сохраняют жесткость, прочность и малый вес [1]. Изготовить детали с такими поверхностями методом штамповки из металла не представляется возможным.

Преимущества стеклопластика используются при изготовлении кабин и обитаемых отсеков в военной технике (рис. 1), где высокие общие и специальные требования возможно обеспечить только применением композиционных материалов.

Широко используется стеклопластик разработчиками и производителями народнохозяйственной техники – кабины, капоты, оперение, крыши тракторов (рис. 2) и автомобилей, кузова вездехода (рис. 3) и др.

Изделия из стеклопластика имеют высокие физико-механические показатели прочности, по которым могут превосходить сталь. Они не подвержены коррозии, устойчивы к химически агрессивным средам, воздействию окружающей среды. Эти факторы определяют долговечность деталей из стеклопластика.

Далеко не последнее место при выборе материала занимает внешний вид конечного изделия. Стеклопластик может иметь любой цвет. При необходимости на готовые детали можно нанести лакокрасочное декоративное покрытие.

При проектировании деталей и узлов из стеклопластика в зависимости от требований, предъявляемых к изделиям, выбираются соответствующие марки армирующих и связующих компонентов, которые оказывают влияние на свойства стеклопластика, такие как физико-механические, устойчивость к воздействию окружающей среды и других агрессивных сред, температура переработки, эксплуатации и др.

Наибольшей прочностью и жесткостью обладают стеклопластики, при производстве которых используются армирующие материалы с ориентированно расположенными непрерывными волокнами и связующие с высокими прочностными характеристиками. Армирующий материал – материал, вводимый в полиэфирную смолу, эпоксидную смолу или смолу другого типа для усиления физико-механических свойств и придания композиции качеств конструкционного материала.

К армирующим материалам с ориентированно расположенными непрерывными волокнами относятся стеклоткани. Стеклоткань – стекловолокнистый наполнитель тканого типа:

- полотняная, основа и уток взаимно переплетены;
- сатиновая, где нить основы проходит над несколькими нитями утка;
- жгутовая или роввинговая, полученная переплетением прядей роввинга.

В стеклопластиковых изделиях, не требующих высоких прочностных свойств, допускается снижение физико-механических показателей. Большой изотропией механических свойств обладают стеклопластики с неориентированным расположением волокон: материалы на основе рубленых волокон, нанесенных на форму методом напыления одновременно со связующим, и на основе холстов (матов), получаемых методом RTM и инъекцией.

Изменяя ориентацию волокон в применяемых армирующих материалах, можно в широких пределах регулировать механические свойства стеклопластиков, которые соответствуют нормам при использовании обычных ненасыщенных предускоренных полиэфирных смол (табл. 1) [2].

Таблица 1

Показатели стеклопластика

Показатель	Норма для изделия	
	Ориентированные волокна	Неориентированные волокна
Сопротивление растяжению, МН/м ² , не менее	100	50
Сопротивление изгибу, МН/м ² , не менее	120	70
Водопоглощение, %, не более	0,5	0,8
Плотность, г/см ³	1,5–1,8	1,5–1,8
Массовая доля стекла, %	46–60	30–35

На свойства деталей также оказывает влияние марка применяемого связующего – смолы с малой эмиссией стирола, главным образом влияющие на температуру переработки и эксплуатации изделий и их прочностные показатели. Полиэфирные смолы – растворы ненасыщенных полиэфиров в ненасыщенном мономере, например стироле.

В зависимости от метода формования, химсостава и области применения все смолы можно подразделить на следующие группы:

- а) по методу формования:
 - для ручного формования;
 - для вакуумной инъекции;
 - для горячего прессования;
 - для процессов намотки;
 - для пультрузии;
- б) по области применения:
 - обычные конструкционные;
 - химстойкие;
 - огнестойкие;
 - теплостойкие;
 - светопрозрачные.

На качество лицевой поверхности изделий из стеклопластика оказывают влияние не только качество применяемых материалов, но и качество матриц, а также соблюдение технологических режимов.

Стеклопластиковые изделия по состоянию лицевой поверхности подразделяются на следующие классы:

- класс 1 – грубая лицевая поверхность с видимой структурой стекловолокна;
- класс 2 – матовая лицевая поверхность;
- класс 2К – матовая окрашенная лицевая поверхность;
- класс 3 – глянцевая лицевая поверхность;
- класс 4 – высокоглянцевая лицевая поверхность.

Поверхности классов 1, 2 и 2К предусматривают дальнейшее нанесение лакокрасочного покрытия.

Поверхности классов 3 и 4 обеспечиваются в процессе формования изделия, т. е. окрашиваются в массу материала.

Удельный вес стеклопластиков колеблется от 0,4 до 1,8 г/см³ и в среднем составляет 1,1 г/см³, что намного ниже удельного веса металлов (например, стали – 7,8, меди – 8,9 г/см³). Даже удельный вес одного из наиболее легких

сплавов, применяемых в технике, – дюралюминия составляет $2,8 \text{ г/см}^3$. Таким образом, удельный вес стеклопластика в среднем в 5–6 раз меньше, чем у черных и цветных металлов, и в 2 раза меньше, чем у дюралюминия. Это делает стеклопластик особенно удобным для применения в автотракторостроении. Экономия в весе переходит в экономию энергии; кроме того, за счет уменьшения веса конструкций автомобилей можно повысить их полезную нагрузку и за счет экономии топлива – увеличить радиус действия.

Стеклопластики являются прекрасными электроизоляционными материалами при использовании как переменного, так и постоянного тока.

Детали из стеклопластика как диэлектрики совершенно не подвергаются электрохимической коррозии. Существует ряд смол, позволяющих получить стеклопластики, стойкие к различным агрессивным средам, в том числе и к воздействию концентрированных кислот и щелочей.

Стеклопластик относится к материалам с низкой теплопроводностью. Кроме того, можно значительно повысить теплоизоляционные свойства путем изготовления стеклопластиковой конструкции типа «сэндвич», используя между слоями стеклопластика пористые вспененные материалы. Благодаря своей низкой теплопроводности стеклопластиковые сэндвичевые конструкции с успехом применяются в качестве теплоизоляционных материалов в промышленности.

В качестве защитно-декоративного покрытия лицевой поверхности изделий из стеклопластика применяются гелькоуты разных марок в зависимости от технических требований к конкретному изделию. Гелькоут – декоративно-защитное покрытие, формируемое на поверхности композита с целью его защиты от воздействия окружающей среды, ультрафиолета и придания декоративных свойств. Гелькоут – это «лицо» изделия из стеклопластика.

Внешний слой на основе гелькоутов обладает превосходной цветовой устойчивостью, высокой ударной прочностью, специальным маркам гелькоутов присущи высокая стойкость к воздействию агрессивных сред, низкая характеристика водопоглощения, и они не подверга-

ются воздействию микроорганизмов. Широкая цветовая гамма используемых гелькоутов, а также возможность применения различного рода добавок и наполнителей позволяют создать неповторимое эстетическое декоративное покрытие. Для изделий, требующих дальнейшей окраски стандартными автоэмалями, применяется специальный гелькоут-грунт, обладающий хорошей адгезией к акриловым автоэмалям.

При проектировании изделий из стеклопластика необходимо учитывать условия эксплуатации, в том числе температурные показатели, и выбирать соответствующие компоненты, чтобы детали не разрушались и не доходили до состояния пластической деформации. Температура HDT (High Deformation Temperature) – температура начала термической деформации, т. е. начала потери стеклопластиком физико-механических свойств. Данный показатель зависит от марки применяемой смолы.

В конструкциях, особенно в одностенных, достаточно часто применяется топкоут – защитное покрытие, предназначенное для создания сухой, твердой, грязе- и водоотталкивающей поверхности, препятствующей остаточной эмиссии стирола из ламината в окружающую среду. Топкоут наносится на обратную сторону изделия из стеклопластика, т. е. на нелицевую поверхность.

Разработка конструкций изделий из стеклопластика, как и в других областях, требует глубоких знаний технологии изготовления и методов формования, склейки, приформовки, способов усиления деталей, законов полимеризации и съема деталей с матриц, величин формовочных уклонов и минимальных радиусов и т. д.

К сожалению, часто при проектировании конструктор, не имея таких специфических знаний, опирается на общие знания в области штамповок и отливок металлов. В результате стеклопластиковые изделия являются нетехнологичными, трудоемкими в изготовлении, обладают низким качеством, не в полной мере используют возможности материала, да и по внешнему виду напоминают изделия из металла.

При проектировании сложных узлов, например кабин грузовых автомобилей, кузовов вездеходов, обитаемых отсеков, различных

модулей и др., следует применять комплексную систему проектирования, которая основывается на группировке работ и тесной взаимосвязи их результатов. При этой системе компоновка разрабатывается гораздо глубже, чем при последовательной. Это принципиально важно, так как необходимо учесть и предусмотреть стыки и разъемы технологической оснастки, которые должны вписываться в задуманную конструкцию и дизайн изделия, места расположения и крепления всех деталей и узлов, внутри и снаружи кабины, т. е. места заформовки закладных деталей. При размещении закладных деталей следует учесть положение усилителей, стыки технологической оснастки, формовочные уклоны, технологичность их установки на внутреннюю или наружную панель изделия, в зависимости от времени полимеризации связующего и количества слоев армирующего материала.

Пройдя стадию компоновочных работ, приступают к разработке конструкторской документации. Практически одновременно разрабатываются технологические чертежи для изготовления мастер-моделей, т. е. формообразующей оснастки. Для изготовления формообразующей оснастки на универсальных станках необходимы технологические чертежи на бумажных носителях. Для изготовления мастер-моделей на станках с ЧПУ достаточно трехмерной модели изделия в электронном виде, что является предпочтительным и менее трудоемким процессом.

Довольно часто повторяющейся ошибкой при разработках является недооценка прочностных характеристик стеклопластика и как результат переутяжеление конструкции, необоснованный расход материала, высокая цена изделия.

ВЫВОД

Проведя сравнительный анализ свойств стеклопластика, можно с уверенностью сказать, что при грамотном проектировании и изготовлении изделия из стеклопластика используют весь спектр своих положительных свойств и показателей. В результате получается надежное, прочное, эстетическое изделие (рис. 1–3).



Рис. 1. Тягач со стеклопластиковой кабиной, оперением и капотом



Рис. 2. Трактор со стеклопластиковой крышей, капотом и оперением



Рис. 3. Вездеход со стеклопластиковым кузовом, капотом и оперением

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакулин, В. Н. Применение композиционных материалов в летательных аппаратах / В. Н. Бакулин // Применение композиционных материалов в народном хозяйстве: науч.-техн. конф. – Солигорск, 1992.
2. Изготовление изделий из стеклопластика: ТУ РБ 05745035.024.

Поступила 10.10.2008