

АРМИРУЮЩИЕ ВЫСОКОПРОЧНЫЕ СТЕКЛЯННЫЕ И БАЗАЛЬТОВЫЕ ВОЛОКНА ДЛЯ КОМПОЗИТОВ В АВИАСТРОЕНИИ

Демина Наталья Михайловна

Ученый секретарь
НПО Стеклопластик

В настоящее время в мире для создания ответственных конструкционных изделий, представляющих собой полимерные композиционные материалы, в качестве армирующих волокнистых компонентов используют углеродные, стеклянные, базальтовые, арамидные, борные волокна и волокна из сверхвысокомолекулярного полиэтилена.

Для композитов в авиастроении наиболее тоннажно используют углеродные и стеклянные волокнистые материалы.

Углеродные волокна обладают комплексом ценных потребительских свойств. Наиболее значимые для авиастроения – высокая удельная прочность и жесткость, низкий коэффициент линейного термического расширения. В России развитием промышленных технологий углеродных волокон занимается UMATEX Group Госкорпорации «Росатом».

Стекловолокно устойчиво занимает более 90% по тоннажу мирового рынка волокон для армирования композитов. По той же технологии расплавного формования с 1990-х годов освоено промышленное производство непрерывных базальтовых волокон. Свойства непрерывных стеклянных и базальтовых волокон представлены в таблице

| Наименование показателей | Стеклянные волокна E S | Базальтовые волокна |
|---|---------------------------|---------------------|
| Диаметр, мкм | 5 - 19 | 11 - 24 |
| Плотность, г/см ³ | 2,54 2,46 | 2,7 - 2,9 |
| Прочность при растяжении, ГПа | 2,0 - 3,5 4,2 - 4,7 | 2,7 - 3,2 |
| Модуль упругости при растяжении, ГПа | 71 - 76 86 - 92 | 70 - 90 |
| Удлинение при разрыве, % | 3,0 - 4,5 4,0 - 5,4 | 3,2 |
| Длительная температура эксплуатации °С | 360 550 | 560 |
| Краткосрочная температура эксплуатации °С | 420 760 | 700 |
| Тип проводимости | диэлектрик | диэлектрик |
| Коэфф. теплопроводности, Вт/м·К | 0,04 | 0,03 - 0,04 |
| Цвет волокна | белый | коричневый |
| Цена, \$/кг | 1 - 3 5 - 20 | 2 - 3 |

Порядка 92% всех стеклянных волокон, которые произведены в мире в 2017 году это – стекловолокно марки E – низкой электрической проводимости. Основное промышленное производство волокнистых материалов из этого стекла начиная с 2000-х годов расположено в Китае. Эта страна превзошла США по производству стекловолокон – более 40% от общемирового объема производства. Основной тоннаж китайской продукции это традиционное E-стекловолокно.

Для аэрокосмической отрасли требуются стеклокомпозиты с высокой прочностью и жесткостью армированные стеклянными волокнами типа S-glass, имеющими высокие значения прочности при растяжении и модуля упругости. По данным консалтинговой компании TECHNAVIO потребление стеклопластиковых композитов в авиастроении распределяется следующим образом: 40% - конструкционные детали корпуса и крыльев; 30% - детали внутреннего интерьера, включая полы, полки, перегородки и 26% – конструкции для багажного отделения и контейнеров. По прогнозу мировой рынок стекловолокон для аэрокосмической промышленности от 2016 до 2021 года вырастет почти на 5% и в валютном эквиваленте достигнет 188,8 млн. долларов США.

Производство волокнистых материалов из высококачественных высокопрочных стекол также начато в Китае, но преимущественно сосредоточено в Северной Америке, Европе, Японии и России. Основными производителями высокопрочных стекловолоконных материалов являются АО «НПО Стеклопластик» (Россия), Owens Corning Fiberglass Corporation (США), AGY Holding Corp. (США), Saint-Gobain Performance (Франция), Nittobo CO. LTD (Япония), Nippon Sheet Glass Company (Япония), 3B-The Fiberglass Company (Бельгия).

В России высокомодульное высокопрочное стекловолокно типа S-2 glass торговой марки ВМП производит АО



«НПО Стеклопластик». Из ВМП волокон в АО «НПО Стеклопластик» выпускается широкий ассортимент продукции: стеклоткани, стеклонити, ленты и ровинги.

Многолетними партнерами АО «НПО Стеклопластик» являются предприятия авиакосмической промышленности РФ: АО «Вертолёты России», ПАО «Компания „Сухой“», ПАО «Туполев», ПАО РКК «Энергия», АО «РКЦ „Прогресс“» и АО «ММЗ «АВАНГАРД».

АО «НПО Стеклопластик» промышленно производит обтекатели антенн радиолокационных станций. Обтекатели нашей фирмы используются как в военной авиации, так и в гражданской, в том числе на Борту №1 Президента Российской Федерации Ил – 96 – 400ВПУ.

Требуемый уровень потребительских свойств стеклопластиковым композитам обеспечивает правильный выбор типа и вида армирующего волокнистого материала и полимерного связующего. Значительную роль также играет граница раздела фаз композита, представляющая собой «активное» покрытие сформированное из замасливателя.

Замасливатель наносится с помощью специального аппликатора сразу после вытягивания волокон из расплава стекла через бушинг.

Замасливатель - size, binder, schlichte, chemical coating - выполняет, как минимум, две функции:

текстильная функциональность замасливателя обеспечивает фрикционную защиту волокнистого материала при всех видах переработки и определяет ассортимент продукции;

адгезионная функциональность замасливателя обеспечивает смачиваемость поверхности волокнистого материала полимерным органическим связующим и связывание полимерной матрицы с поверхностными группами обработанного стекловолокна, придавая композиционным материалам прочность, водостойкость и другие потребительские свойства.

Разработки замасливателей для непрерывных стеклянных волокон начались одновременно с освоением технологии расплавного формования в 1940-ых годах и продолжаются в настоящее время. За эти годы было разработано большое разнообразие составов позволяющих получать высококачественные стекловолокнистые материалы.

Промышленное производство непрерывных базальтовых волокон началось спустя полвека по той же расплавной технологии с тем отличием, что в качестве исходного сырья используют не специально сваренные стекла, а природный минерал базальт. Замасливатели, как правило, адаптируют из промышленности стекловолокна.

Представлялось интересным оценить влияние одинакового типа химической обработки высокопрочных стеклонитей (ВМПС) и базальтовых нитей (БН) на характеристические свойства обработанных волокнистых материалов.

Для исследований специально выработали без замасливателя (на воде) нити из стекла ВМП марки ВМПС 10-40 и волокна из базальтового щебня в виде нити БН 13-80. Образцы стеклонитей ВМПС тестировали в 2 сложения для того чтобы сопоставляемые образцы имели одинаковую линейную плотность.

Необработанные замасливателем комплексные нити как из ВМП стекла, так и из базальта крайне сложны для проведения экспериментов. Комплексные нити сильно пушат, электризуются, подвержены локальным обрывам filamentных волокон и не пригодны для промышленной переработки.

Были изготовлены модельные композиции замасливателей. Учитывая то, что в производстве композиционных материалов для авиастроения часто применяют эпоксидные связующие, тестировали составы на основе пленкообразующие + аминосилан.

Тестируемые нити обрабатывали модельными замасливателями, выдерживали в течение 24 часов при комнатной температуре, затем термообработывали при температуре 110 °С в течении 15 минут.

Обработанные модельными замасливателями нити ВМПС 10-40x2 и БН 13-80 не пушат, не электризуются, компактны и эластичны.

Были выполнены сравнительные исследования по прочностным показателям тестируемых нитей, а также по пропитываемости эпоксидным связующим на основе эпоксидно-диановой смолы ЭД-20 (ГОСТ 10587-84).

Для изучения влияния тестируемых нитей с модельными замасливателями на свойства армированных ими композитных изделий были изготовлены однонаправленные образцы – микростеклопластики ВМПС 10-40x8 + ЭД-20 + ТЭАТ-1 и микробазальтопластики БН 13-80x4 + ЭД-20 + ТЭАТ-1 – и испытаны на прочность (разрывная нагрузка, кгс).

Установлено, что обработка тестируемых нитей модельными композициями замасливателей существенно увеличивает их прочность.

Наличие на поверхности нитей закрепленного слоя модельных замасливателей обеспечивает качественную пропитку эпоксидным связующим.

Прочностные свойства микростеклопластиков и микробазальтопластиков значительно зависят от вида композиции, использованной для обработки поверхности непрерывных высокопрочных стеклянных и базальтовых волокон.

Установлено, что идентичная химическая обработка высокопрочных стеклонитей и базальтовых нитей может по-разному влиять на прочностные свойства стекло- и базальтопластиков.

Для максимальной реализации потребительских свойств композитов предназначенных для авиастроения необходимо совершенствовать замасливатели для высокопрочных стеклянных волокон и осуществлять разработки специализированных композиций для волокнистых базальтовых армирующих материалов.

