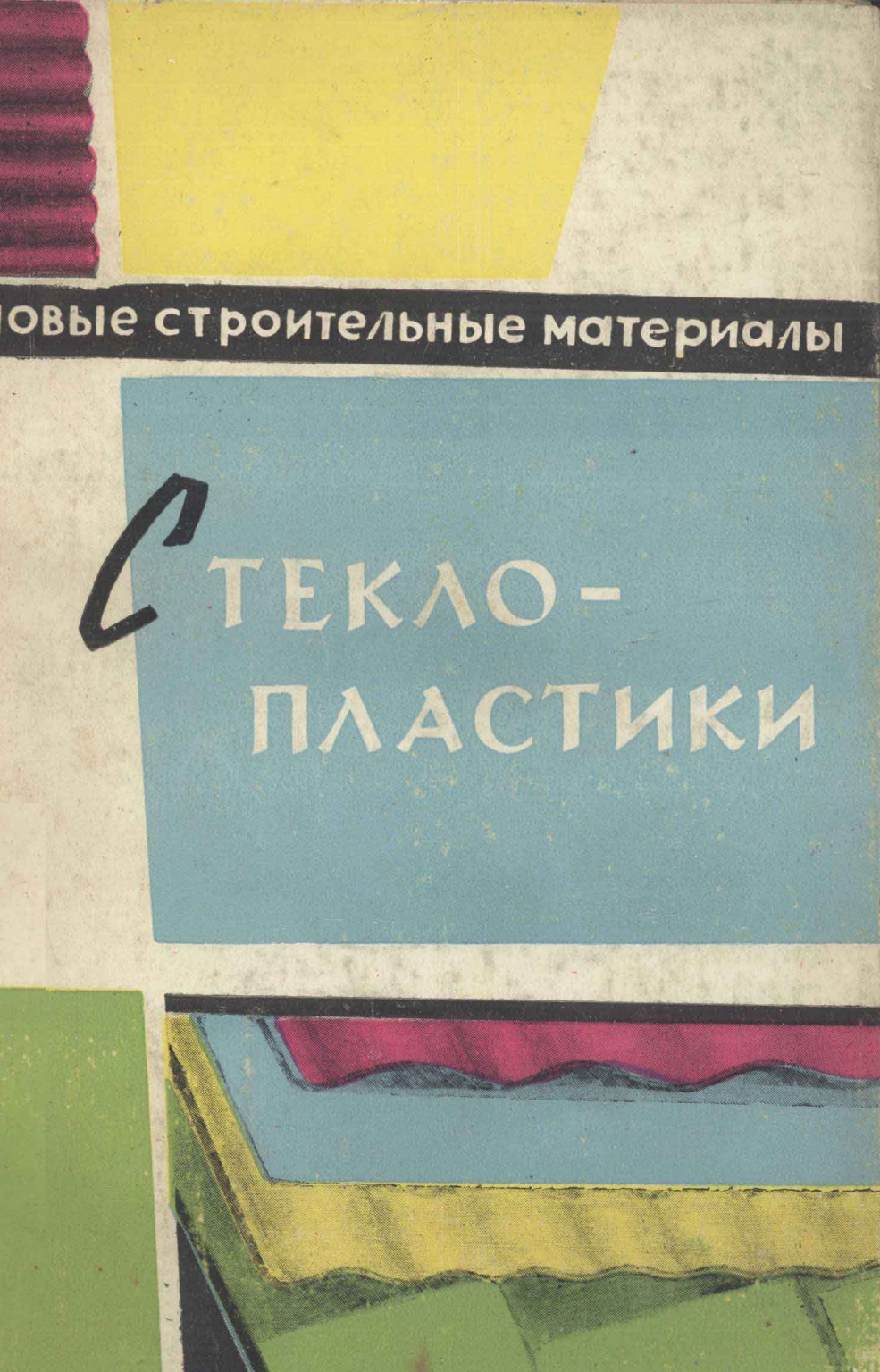




Новые строительные материалы

СТЕКЛО- ПЛАСТИКИ

АСиА СССР ВНИИНСМ
Александр Григорьевич
Сорочинин
СТЕКЛОПЛАСТИКИ
(производство и применение
в строительстве)

* * *

Издат
Москви, -зский проезд д 1

Переплет художника
Л А Евдокимова
Редактор издательства *З К Косякина*
Технический редактор *Л М Осенко*
Корректор *Е А Астафьева*

Сдано в набор 10/VI—1961 г
Подписано к печати 5/IX—1961 г
Т 09896 Бумага 84×108¹/₃₂ = 2,69 бум л
—861 усл печ л + 1 вкл (0,12 п л)
(9,16 уч изд л) Тираж 6000 экз
Изд № VI-4396 Зак № 281 Цена 48 коп

Типография № 4 Госстройиздата
г Подольск, Рабочая ул, 17/2

АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. Г. СОРОЧИШИН

СТЕКЛО- ПЛАСТИКИ

(производство и применение)

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ, АРХИТЕКТУРЕ
И СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ

Москва — 1961



ВВЕДЕНИЕ

Мероприятия партии и правительства по ускоренному развитию химической промышленности открывают неограниченные возможности использования синтетических материалов во всех отраслях народного хозяйства, в том числе и в строительстве. В связи с этим семилетним планом развития народного хозяйства намечается широкое применение синтетических материалов в жилищном, культурно-бытовом и промышленном строительстве в целях повышения качества строительных работ, а также дальнейшей индустриализации, значительного снижения трудоемкости и стоимости строительства.

Среди многочисленных синтетических материалов наиболее перспективными являются стеклопластические материалы, получившие применение в зарубежном строительстве за последние годы. К числу таких материалов относятся многие виды стеклопластиков, т. е. пластических масс, армированных тканями или неткаными стекловолокнистыми наполнителями. Благодаря высоким физико-механическим свойствам стеклопластики начали применяться в строительстве в качестве кровельных, облицовочных, гидроизоляционных материалов, а также в качестве материалов для изготовления различных строительных конструкций, архитектурно-строительных и санитарно-технических деталей и изделий.

Синтетические материалы, как правило, состоят из связующих веществ, наполнителей, пластификаторов, смазочных веществ, красителей и др. Наполнители служат для повышения и улучшения физико-механических, диэлектрических, фрикционных и других свойств пластических масс.

По химическому составу наполнители подразделяются на органические и неорганические, по внешнему виду на порошкообразные, волокнистые и листовые. В качестве

порошкообразных наполнителей применяют маршалит, графит, древесную муку и др. К волокнистым наполнителям относятся асбестовые и стеклянные волокна, древесная стружка, а также хлопковые очесы. Листовыми наполнителями пластмасс являются хлопчатобумажные, асбестовые и стеклянные ткани, сетки и холсты, бумага, древесный и стеклянный шпон.

Особенно большую популярность завоевывают листовые наполнители, используемые для изготовления различных видов пластиков, наиболее известными из которых являются слоистые. Их изготавливают на основе бумаги и синтетических смол, причем они могут быть имитированы под мрамор, слоновую кость или карельскую березу и в таком виде их применяют главным образом как декоративный материал — для отделки стен различных помещений, кают пароходов, купе железнодорожных вагонов, салонов самолетов, различной мебели и т. п.

Бумага в качестве листового наполнителя в сочетании с феноло-формальдегидной и мочевино-формальдегидной смолой используется также при производстве другого вида слоистого пластика — гетинакса.

Хлопчатобумажные ткани (бязь, миткаль, шифон и др.) применяют при изготовлении текстолитов различных марок. Текстолиты и гетинаксы отличаются большой механической прочностью, водостойкостью, устойчивостью к истиранию и применяются в электротехнической, машиностроительной и многих других отраслях промышленности, а также частично используются при устройстве электроосвещения в жилых и промышленных зданиях и сооружениях.

Первые исследования в области получения пластиков на основе стекловолокнистых материалов и синтетических смол, требующих для отверждения высоких давлений, длительный период не давали положительных результатов, так как при прессовании происходило разрушение стеклянных волокон, что резко снижало физико-механические свойства изделий. Только с появлением многих видов фенольных, полиэфирных, эпоксидных и других связующих, не требующих для отверждения высоких давлений, были получены без потери прочности стекловолокнистый наполнитель образцы нового класса полимерных материалов — стеклопластиков. По мере развития производства стекловолокнистых материалов и смол, не требующих для отверждения высоких давлений, развивалось и производство стеклопластиков.

Большой интерес, проявляемый во всем мире к стеклопластическим материалам, обусловлен целым рядом ценных качеств, сочетающихся в стеклопластиках, а также возможностью промышленного производства деталей и изделий из них.

Производством стеклопластических материалов в нашей стране занимается ряд промышленных предприятий, выпускающих различные марки конструкционных и электроизоляционных стеклотекстолитов, стекловолоконитов, крупногабаритных деталей и изделий из полиэфирных стеклопластиков, стеклопластиков типа глакрезит и т. п.

Используя непрерывные стеклянные нити и синтетические связующие лаборатория анизотропных структур АН СССР разработала новый вид стеклопластика — стекловолоконистый анизотропный материал (СВАМ), пригодный для изготовления различных высокопрочных деталей и изделий. Ряд предприятий осваивает изготовление деталей и изделий из СВАМа.

На основе стекловолоконистых армирующих материалов и синтетических связующих Всесоюзным научно-исследовательским институтом стеклянного волокна (ВНИИСВ) в содружестве с предприятиями Мосгорисполкома и совнархозов разрабатывается промышленная технология изготовления плоских и волнистых кровельных, облицовочных и декоративных материалов из стеклопластиков методом непрерывного формования, а также технология производства стеклоинолеума, мягких кровельных и гидроизоляционных стеклопластических материалов, санитарно-технических изделий и мебели из стеклопластиков.

Специальным архитектурно-конструкторским бюро Архитектурно-планировочного управления Мосгорисполкома совместно с ВНИИСВ и Мытищинским комбинатом синтетических строительных изделий и материалов разработана номенклатура деталей и изделий из листовых стеклопластиков и определены их основные области применения в жилищном и культурно-бытовом строительстве. Номенклатуру этих изделий разрабатывает также Харьковское отделение Промстройпроекта в содружестве с Центральным научно-исследовательским институтом строительных конструкций и ВНИИСВ. Непрерывными методами изготовления и применением стеклопластических стержней для армирования бетонных изделий и конструкций занимаются ЮжНИИ, НИИЖБ, а также академии строительства и архитектуры БССР и УССР.

Вопросы применения стеклопластиков в угольной промышленности и тяжелом машиностроении разрабатывает институт ВНИИПТУГЛЕМАШ.

Разработку методов изготовления различных строительных и санитарно-технических изделий и деталей из стеклопластиков и изучение областей их применения в строительстве ведут Научно-исследовательский институт строительных конструкций и многие другие научно-исследовательские институты и экспериментально-производственные мастерские АСИА СССР и УССР, а также Академия коммунального хозяйства имени К. Д. Памфилова.

Освоение технологии производства указанных выше материалов на базе стекловолоконных наполнителей и связующих и их применение в народном хозяйстве позволяют высвободить большое количество цветных и черных металлов, древесины, текстильных и других материалов. Однако, как известно, до настоящего времени производство отечественных стеклопластиков, применяемых в строительстве, ограничивалось недостаточным объемом производства синтетических смол и стекловолоконных армирующих материалов и их сравнительно высокой стоимостью. Производство многих новых стеклопластических материалов в настоящий период находится в стадии организации и освоения. В этой связи вопрос изучения технологии изготовления различных стеклопластиков, их свойств и областей применения в строительстве в настоящий период имеет большое народнохозяйственное значение.

Современный зарубежный опыт производства различных стеклопластических материалов и их применения в строительстве дает основание полагать, что такие материалы в ближайшие годы будут иметь широкое распространение и в нашей стране.

Промышленное производство стеклопластиков за рубежом начало развиваться в течение последних 10—12 лет, чему способствовало увеличение выпуска большого количества синтетических смол и стекловолоконных материалов.

Особенно больших масштабов производство новых синтетических материалов достигло в США, Англии, Франции и других странах, где они находят возрастающее применение в различных отраслях промышленности, транспорта и строительства. Так, в США в 1958 г. из общего выпуска стеклопластиков 84 тыс. т было применено в строительстве 17%, в судостроении — 20%, на транспорте — 16% и т. д.

По данным литературы, производство и потребление стеклопластиков в США в 1961 г. должно составить свыше 100 тыс. т.

В строительстве стеклопластики нашли применение в качестве кровельных, облицовочных, декоративных, гидроизоляционных материалов, санитарно-технических деталей и изделий, а также для изготовления навесных панелей, отдельных элементов несущих конструкций и т. п.

За последние годы в ГДР разработан и освоен новый вид стеклопластика — глакрезит. Этот материал изготавливают на основе стекловолоконистых материалов, пропитанных крезол-формальдегидными смолами с добавкой 30% строительного алебаstra.

В нашей стране семилетним планом развития народного хозяйства для производства стеклопластиков строительного и других назначений предусматривается создание новых мощностей по выпуску основных сырьевых материалов — стеклянного волокна и синтетических смол. Для обеспечения потребности в стеклянном волокне и в стекловолоконистых армирующих материалах намечено в период 1959—1965 гг. расширить производство непрерывного стеклянного волокна за счет строительства новых заводов стеклянного волокна.

Наряду с созданием мощностей по выпуску стеклянного волокна и стекловолоконистых армирующих материалов семилетним планом развития народного хозяйства намечается ускоренное развитие промышленности синтетических смол.

Для выполнения грандиозной программы развития химической промышленности в текущем семилетии в нашей стране предусмотрено строительство заводов по производству различных видов стеклопластических материалов, в том числе и стеклопластиков строительного назначения. На основе полиэфирных, фенольных и других смол и стекловолоконистых наполнителей будет организован выпуск большого количества различных плоских, волнистых и профилированных материалов из стеклопластиков непрерывной длины, строительных и санитарно-технических деталей и изделий, мягких кровельных и гидроизоляционных материалов, материалов для полов, мебели и т. п.

Глава первая

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТЕКЛОПЛАСТИКАХ

Выпускаемые в настоящее время стеклопластики в зависимости от физико-механических свойств, номенклатуры и внешнего вида можно классифицировать на следующие группы:

- 1) стеклотекстолиты;
- 2) анизотропные стеклопластики типа СВМ;
- 3) стекловолокниты;
- 4) жесткие листовые и фигурные стеклопластики.

Некоторые авторы классифицируют стеклопластические материалы, различая:

- 1) стеклопластики электроизоляционного, радиотехнического и гидроизоляционного назначения;
- 2) конструкционные стеклопластики с высокой механической прочностью;
- 3) конструкционные стеклопластики с небольшой механической прочностью;
- 4) стеклопластики специального назначения.

1. СТЕКЛОТЕКСТОЛИТЫ

Самыми распространенными видами отечественных стеклопластических материалов являются стеклотекстолиты, промышленный выпуск которых был освоен в нашей стране в 1948 г.

Стеклотекстолиты представляют собой слоистый листовый материал, получаемый методом горячего прессования полотнищ стеклянной ткани, пропитанных связующим и уложенных параллельными слоями. Стеклотекстолиты могут быть изготовлены также из комбинации полотнищ стеклянной и хлопчатобумажной ткани. Такие материалы вы-

пускаются преимущественно в виде плоских листов толщиной от 0,5 до 15 мм, размером 1000×2400 мм при объемном весе от 1,6 до 1,85 г/см³.

Стеклотекстолиты являются конструкционными и электроизоляционными материалами. Для получения конструкционных стеклотекстолитов используются более толстые стеклянные ткани толщиной около 0,3 мм, а для электроизоляционных стеклотекстолитов — стеклянные ткани толщиной 0,08 и 0,1 мм из стекла алюмоборосиликатного состава, содержащего до 2% щелочи.

Стеклотекстолиты всех марок обладают значительно более высокими механическими и электротехническими свойствами по сравнению с текстолитом, гетинаксом и другими слоистыми пластиками.

Стеклотекстолиты конструкционного назначения наряду с пластмассами и слоистыми пластиками находят применение в авиационной, машиностроительной и многих других отраслях промышленности.

За рубежом из стеклотекстолитов изготовляют многие элементы конструкционного назначения, как-то: крылья самолетов и планеров, каркасы вертолетов, фюзеляжи, обтекатели радиолокаторов, двери, люки, направляющие лопатки компрессора реактивных двигателей, арматурные щиты, контейнеры многих топливных баков, вентиляционные трубы и трубы для горючего и др.

В нашей стране, кроме наиболее известного конструкционного стеклотекстолита марки КАСТ-В, изготовленного на основе модифицированной поливинилацеталем фенолоформальдегидной смолы, в настоящее время разработаны новые стеклотекстолиты электроизоляционного назначения марок СТ-39 (на полиэфиракрилатном связующем 39-ЭБС), СТ-911 (на основе полиэфиракрилатного связующего 911-МС), СТЭФ (на основе эпоксидно-фенольной смолы) и многие другие.

Такие стеклопластики применяют в электротехнической промышленности для изготовления пазовых клиньев различных электродвигателей, цилиндрических изделий, прокладок и панелей.

В строительной практике стеклотекстолиты применяют в небольшом количестве при изготовлении опытных трехслойных панелей, а также при устройстве электрических распределительных щитов, монтируемых в жилых и промышленных зданиях, и т. п.

2. АНИЗОТРОПНЫЕ СТЕКЛОПЛАСТИКИ ТИПА СВМ

Стекловолоконистые анизотропные материалы (СВМ) представляют собой стеклопластики, полученные путем укладки параллельно друг другу однонаправленных элементарных стеклянных волокон с одновременным нанесением на них связующих веществ. Эти материалы впервые в нашей стране разработаны в лаборатории анизотропных структур Академии наук СССР А. К. Буровым, Г. Д. Андреевской и др.

В зависимости от назначения материала и типа смолы содержание стеклянного волокна в стеклошпоне составляет 65—80 весовых процентов. В качестве связующего используются различные модификации фенольных смол, карбамидные, меламиновые, эпоксидные, ненасыщенные полиэфирные, полиамидные, алкидные смолы и др. Стеклошпон может быть также получен путем перекрестной намотки стеклянных волокон на квадратном съемном листе, закрепленном на барабане установки.

Стеклошпон, полученный из стеклянных волокон диаметром 15—20 мк, используют для изготовления высокопрочных конструкционных материалов, из тонких стеклянных волокон — для получения материалов, обладающих высокими диэлектрическими свойствами. В результате горячего прессования на гидравлических прессах несколько листов однонаправленного или перекрестного стеклошпона получают листовой слоистый пластик — стеклофанеру.

Прочностные свойства анизотропного стеклопластика в продольном и поперечном направлениях листа зависят от расположения стеклянных волокон в стеклошпоне и способа укладки листов в пакеты. СВМ обладает высокой удельной прочностью, превосходящей удельную прочность многих других видов стеклопластиков, а также дерева, алюминия и стали некоторых марок.

В строительной практике стекловолоконистые анизотропные материалы впервые использовались в качестве конструкционных материалов при изготовлении опытных трехслойных панелей; средним слоем панелей служил сотовый пластик, изготовленный на основе бумаги или ткани, пропитанной синтетической смолой, и заполненный мипорой. Такие панели намечается применять при изготовлении наружных стен и перегородок как в легких сборных домах с деревянным каркасом, так и в домах с облегченным железобетонным каркасом.

3. СТЕКЛОВОЛОКНИТЫ

Под стекловолокнитами подразумевают некоторые терморезистивные волокнистые прессовочные материалы, изготовленные на основе модифицированной феноло-формальдегидных и других смол и стеклянного волокна методом прямого и литьевого прессования.

Наиболее известным стекловолокнитом является пресс-материал АГ-4, который подразделяют на марки В и С; он изготавливается различными методами и имеет разные прочностные характеристики и области применения. Этот материал делают на основе феноло-формальдегидной смолы Р-2, модифицированной поливинилбутиралем или полиамидной смолой и анилином и распущенных стеклянных нитей с диаметром элементарного волокна 6—9 мк. Количество стеклянного волокна в пресс-материале АГ-4 В составляет 60—65% к весу сухой смолы.

Пресс-материал АГ-4 С изготавливают по непрерывному методу из непрерывных стеклянных нитей или лент различной ширины и на тех же связующих, что и материал АГ-4 В. Содержание связующего в этом материале составляет 25—30%. Метод производства пресс-материала АГ-4 С имеет ряд преимуществ по сравнению с производством материала АГ-4 В: непрерывность процесса, полная его механизация и большая однородность получаемого материала. Хорошие технологические свойства пресс-материала АГ-4 С позволяют перерабатывать его в изделия методами намотки, накатки и формования в резиновых мешках при низком давлении под вакуумом. Готовые детали и изделия имеют гладкую поверхность и хорошее качество; они могут быть разной толщины и с небольшим количеством металлических закладных частей.

Наибольшее применение пресс-материал АГ-4 находит в машиностроении и электротехнической промышленности, где его применяют для замены меди, алюминия, цинка и других цветных металлов и сплавов. По предварительным подсчетам 1 т стекловолокнита заменяет в машиностроении в среднем около 3 т цветных металлов, освобождая их для таких машин и аппаратов, где металлы не могут быть еще заменены другими материалами.

Стекловолокниты являются еще сравнительно молодыми материалами, однако есть основания полагать, что в ближайшем будущем они будут использованы и для изготовления различных мелких строительных изделий: двер-

ных и оконных ручек разной конфигурации, санитарно-технических деталей, выполненных из стекловолоконитов или в комбинации с металлом, и т. п.

4. ЖЕСТКИЕ ЛИСТОВЫЕ И ФИГУРНЫЕ СТЕКЛОПЛАСТИКИ

К группе жестких листовых и фигурных стеклопластиков относятся материалы, получаемые различными методами из тканых и нетканых стекловолоконистых армирующих материалов и синтетических связующих. При изготовлении таких стеклопластиков используют фенольные, полиэфирные, эпоксидные, кремнийорганические и другие смолы, а также различные совмещенные связующие, обладающие такими технологическими свойствами, которые позволяют изготавливать материалы и изделия при сравнительно низких давлениях и невысоких температурах. В качестве армирующих стекловолоконистых материалов применяют стеклянные ткани, сетки, холсты, жгуты и однонаправленные нити.

Для изготовления листовых и фигурных стеклопластиков используются различные методы: контактный метод, метод напыления рубленых стеклянных нитей и связующего на форму, метод вакуумного всасывания, метод компрессионного прессования, непрерывные методы формования и др.

В зависимости от типа связующего различают фенольные, эпоксидные, полиэфирные и другие стеклопластики.

Полиэфирные и эпоксидные стеклопластики, благодаря удачному сочетанию свойств стеклянного волокна и синтетических смол, обладают относительно небольшим весом при высокой прочности. Они трудновоспламеняемы, атмосфероустойчивы, не гигроскопичны, не поддаются гниению. Эти свойства создают многообразные возможности их применения в строительстве.

По сравнению с другими видами стеклопластических материалов жесткие полиэфирные стеклопластики получают большое промышленное развитие и применение в виде плоских, волнистых и профилированных листовых материалов, а также в виде разнообразных мелких фигурных деталей и крупногабаритных изделий строительного назначения.

За рубежом полиэфирные и эпоксидные стеклопластики находят широкое применение в самых различных отраслях промышленности и техники как новые конструкцион-

ные и электроизоляционные материалы: в судостроении, автомобильной и химической промышленности, железнодорожном транспорте, сельском хозяйстве, строительстве, а также для устройства торговых помещений.

Кроме полиэфирных, эпоксидных и фенольных стеклопластиков, весьма интересным для строителей является стеклопластик, изготавливаемый на основе стекловолокнистых нетканых материалов, пропитанных эмульсионными крезольными смолами в смеси с минеральными наполнителями, путем прессования на гидравлических прессах. Указанный материал впервые получил развитие в ГДР, где получил свое название «глакрезит». Благодаря своему основному свойству — трудновоспламеняемости — глакрезит используют в строительстве для устройства разных перегородок в огнеопасных цехах промышленных зданий и в качестве плоских и волнистых кровельных материалов при строительстве бензо- и нефтескладов; глакрезит также применяют для изготовления различных столярных деталей.

5. МЯГКИЕ РУЛОННЫЕ СТЕКЛОПЛАСТИКИ

К мягким рулонным материалам относятся стеклоруберойд, стеклолинолеум, стеклорезиноткани, стеклолакоткани, а также тепло- и звукоизоляционные стеклопластики. Свойства и области применения рулонных стеклопластиков находятся в зависимости от вида применяемого при их изготовлении стекловолокнистого армирующего материала и связующего.

Наибольший интерес для строительства представляет стеклоруберойд, впервые полученный в ЧССР на основе нетканых стекловолокнистых материалов и битумов. Такой материал является не только кровельным, но и гидроизоляционным. Массовое внедрение стеклоруберойда в промышленное и гражданское строительство позволит сэкономить большие средства, так как значительно сократится необходимость в выпуске уже известных мягких кровельных и гидроизоляционных материалов — толя и руберойда, имеющих небольшой срок службы.

Стеклолинолеум представляет собой рулонный материал, полученный на базе полихлорвиниловой смолы и стекловолокнистой основы. Новый рулонный материал имеет высокие физико-механические и эксплуатационные свойства, а также красивый внешний вид.

Стеклорезиноткани получают в результате нанесения резиноподобных связующих на основе полиизобутилена или каучука на стеклянные ткани методами каландрирования или шпредирувания. Такие материалы обладают значительной стойкостью к многократному изгибу и используются для изготовления различных надувных конструкций.

Стеклолакоткани изготавливаются из тонких стеклянных тканей путем пропитки различными лаками и применяются в основном в электротехнической промышленности.

К группе мягких рулонных стеклопластиков относят также и стеклопластики для целей тепло- и звукоизоляции. В отличие от всех остальных стеклопластических материалов они обладают значительной пористостью, малым содержанием связующего (до 12—15%) и малым объемным весом.

Тепло- и звукоизоляционные стеклопластики, выпускаемые в производственном масштабе в виде матов и плит из штапельного стеклянного волокна ВРП, матов из непрерывного волокна и матов из ультратонкого стеклянного волокна, находят большое применение в строительстве и других отраслях промышленности. Из тепло- и звукоизоляционных плит изготавливают также скорлупы и другие фигурные детали. Такие материалы применяются для тепло- и звукоизоляции крыш, чердачных и междуэтажных перекрытий, внутренних перегородок и стен, а также в качестве тепловой изоляции паро- и трубопроводов, паровых котлов и т. д.

Применение тепло- и звукоизоляционных и других видов стеклопластиков в строительстве позволяет повысить степень индустриализации строительства, значительно снизить вес строительных конструкций и сократить трудовые затраты. По предварительным подсчетам вес 1 м³ здания из пластических масс и стеклопластиков, по сравнению со зданием из обычных строительных материалов, уменьшится в 10—15 раз, а сроки строительства зданий из таких материалов сократятся в 6—7 раз.

Глава вторая

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

1. СТЕКЛОВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

История возникновения стеклянного волокна имеет многовековую давность. Еще в древние времена из расплавленной стекломассы люди пытались вытягивать нити, которые использовались как различные украшения. Только сравнительно недавно было установлено, что использование стеклянного волокна для текстильных целей было русским изобретением. Приоритет или так называемая «Привилегия на способ и аппарат для приготовления стекла, на выделку тканей как из одного стекла, так и в соединении с шелком, шерстью, льном и другими прядильными веществами» была получена нашим соотечественником Шамо в 1840 г. Таким образом, в нашей стране впервые в мире был разработан способ изготовления стеклянной ткани, который ввиду слабо развитой промышленности царской России длительный период не мог найти практического применения и в конце концов был забыт.

К значительно более позднему периоду относятся американские и немецкие патенты, касающиеся получения шлаковой и стеклянной ваты, но не стеклянной ткани из непрерывного стеклянного волокна.

Только через 72 года после этого изобретения, т. е. в 1912 г., в России стеклянное волокно было применено в качестве теплоизоляции паропроводов, однако и в это время материал не получил должного развития, так как существовавшие в то время примитивные методы производства волокна и высокая его стоимость ограничили его использование.