

УДК 661.11/.28

ПРОИЗВОДСТВО УПРОЧНЁННЫХ СТЁКОЛ

Римма Валерьевна Кузнецова

кандидат химических наук, доцент

kuznetsova2017rv@gmail.com

Владислав Дмитриевич Конюхов

Студент

kovlad_2005@bk.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Упрочнённые стёкла представляют собой современные материалы, обладающие высокой устойчивостью к механическим повреждениям. Они широко используются в строительстве, архитектуре и различных отраслях. В данной работе рассмотрены физико-механические свойства, а также методы и способы получения упрочненного стекла. Важно отметить, что с развитием технологий открываются новые возможности для улучшения характеристик этих материалов.

Ключевые слова: упрочнённые стёкла, технологии, методы, способы получения, свойства.

В настоящее время стеклянные изделия широко используются в различных современных приборах и устройствах как промышленного, так и бытового назначения. Однако сам термин «стекло» ассоциируется с хрупкостью и малой прочностью[1]. Создание упрочнённого стекла – одна из самых быстрорастущих ниш в стекольной индустрии, имеющая широкое применение в самых разных областях жизни.

Упрочнение стекла делает его более ударопрочным и устойчивым к повреждениям. Оно подходит для высоконагруженных конструкций, таких как стеклянные фасады, перегородки и витрины. Упрочнение стекла нужно для повышения его прочностных характеристик и устранения рисков травматизма. Также упрочнение стекла придаёт ему большую устойчивость к царапинам. Это позволяет сохранить эстетический вид дольше и уменьшает необходимость в регулярной замене или ремонте. Упрочненное стекло значительно превосходит обычное по прочности на изгиб и удар, что делает его идеальным для использования в условиях, где требуется повышенная устойчивость к механическим воздействиям. Материал стойкий и служит дольше, сохраняя свои свойства и внешний вид. Такое стекло сложнее разбить, поэтому из него целесообразно делать антивандальные двери и окна. Гладкость и прозрачность упрочненного стекла добавляют элегантности и современности интерьерам и экстерьерам зданий. Некоторые виды блокируют большую часть ультрафиолетового излучения, предотвращая выгорание мебели и защищая жителей от вредного воздействия UV-лучей. Высокая плотность и толщина придают хорошие звукоизоляционные свойства, поэтому материал можно использовать для строительства зданий рядом с шумными дорогами или промышленными зонами.

Благодаря выдающимся физико-механическим характеристикам, закалённое стекло набирает популярность в таких секторах, как автомобильная промышленность, строительство, авиастроение и судостроение. В современном мире, где приоритетными являются безопасность и продолжительность службы

материалов, методы повышения прочности стекла приобретают особую значимость.

Упрочнённое стекло получило большую сферу применения, нежели обычное и уже получило хорошие отзывы потребителей. Однако, следует учитывать, что для подобного применения процедура должна проходить под строжайшим контролем и в строгом соответствии с технологиями. Необходимость проведения исследований в области упрочнения стекла является очевидной. Данные исследования способствуют не только технологическому прогрессу, но и повышению уровня безопасности и комфорта в повседневной жизни.

Для достижения этой цели применяются различные методы. Выбор конкретного метода зависит от предъявляемых к стеклу требований и условий его эксплуатации, поскольку каждый из них обладает уникальными характеристиками, преимуществами и ограничениями.

Рассмотрим способы упрочнения стёкол:

1. Отжиг стекла - это процесс медленного охлаждения стекла, нужный для снятия внутренних напряжений в стекле после его создания. Процесс может осуществляться в печи с контролируемой температурой [2]. Стекло, не прошедшее отжиг, трескается или разрушается при небольших изменениях температуры или слабых механических воздействиях. Отжиг стекла имеет большое значение для его долговечности.

2. Закалка стекла — это процесс термической обработки для повышения прочности материала. В результате такой обработки в поверхностных слоях стекла образуются остаточные механические напряжения сжатия, обеспечивающие его повышенную механическую прочность, термостойкость и безопасность при разрушении [3]. Разбиваясь, такое стекло разрушается на множество мелких осколков с тупыми гранями, которые не способны причинить серьёзные травмы (за исключением попадания в глаза).

3. Кристаллизация стекла — это процесс перехода стекла в кристаллическое состояние при нагреве до достаточно высоких температур или

длительной изотермической выдержке. Механизм кристаллизации включает в себя две стадии: образование центров кристаллизации (зародышей) и рост кристаллов на стеклах.

4. Химическое травление стекла — это его вымачивание в плавиковой кислоте или её солях. В кислотном растворе содержится около 40% фтороводорода, который способен вступать в химическую реакцию с соединениями кремния. Это свойство и используется для травления стекловых полотен. Вещество разъедает верхний слой, снижая степень прозрачности. Обработанная поверхность становится матовой.

Процесс химического травления стекла состоит из 7 этапов [4]:

1. *Подготовка поверхности.* Её обезжиривают для получения качественного рисунка.

2. *Нанесение защитного покрытия.* На всю поверхность, не предназначенную для нанесения изображений, наносится защитная плёнка (лаки, краски, олифу)

3. *Нанесение изображения.* Осуществляется при помощи аккуратного снятия слоя покрытия в тех местах, где будут располагаться элементы рисунка. На твёрдый защитный слой рисунок наносят при помощи копировальной бумаги.

4. *Травление.* На подготовленную поверхность наносится паста для травления

стекла. Чтобы состав не выходил за границы рисунка, его контур ограждают полутвёрдой мастикой или замазкой. Время травления зависит от состава стекла и желаемой глубины рисунка и колеблется от 10 до 30 минут.

5. *Промывка.* Осуществляется холодной, а затем тёплой проточной водой.

6. *Удаление защитного покрытия.* Восковые покрытия удаляются при погружении стекла в воду, подогретую до 85–90°C. При этом покрытие расплавляется и легко отделяется от стекла. Лаковые покрытия снимаются при помощи растворителей.

7. *Окончательная промывка стекла.* Необходима для окончательного удаления с его поверхности остатков химических составов.

Химическое травление позволяет создавать матовые или полупрозрачные узоры, которые могут быть как простыми геометрическими фигурами, так и сложными художественными композициями.

Химическое травление стекла может выполняться только профессиональными специалистами. Они применяют необходимые средства защиты, исключающие отравление, повреждение кожных покровов. Процедура проводится в помещении с качественной вентиляцией, исключающей скопление ядовитых паров.

5. Полировка стекла — это заключительный этап обработки, в процессе которого с поверхности изделия снимается самая тонкая часть материала. Полировка стекла применяется в различных областях, чтобы улучшить внешний вид стекла, удалить различные дефекты и придать ему необходимые оптические свойства. Она включает два этапа:

1. *Подготовка поверхности.* Нужно очистить стекло от загрязнений и жира, используя тёплую воду с мылом (или специальные средства для очистки стёкол или растворители) и тщательно высушив его после этого.

2. *Полировка.* Для этого используют ручные полировочные машины, фетровые или войлочные круги и абразивные растворы и пасты для полировки. Цель полировки — достичь идеально гладкой поверхности стекла.

Рассмотрим физико-механические свойства упрочнённого стекла.

Эксплуатационные характеристики закаленного стекла, определяемые его физическими и механическими свойствами, делают его востребованным материалом. При использовании его руководствуются ГОСТ 30698-2014, который устанавливает технические условия и требования к этому материалу.

Плотность закаленного стекла при температуре 18 °С находится в пределах 2,5-2,6 г/см³. Этот диапазон плотности обеспечивает относительно небольшой вес материала, что положительно сказывается на логистике и монтаже.

Закаленное стекло, имея более высокую твердость по Кнупу, обладает повышенной устойчивостью к механическим повреждениям и, следовательно, более долговечно. Это делает его незаменимым в условиях, где стекло

подвергается значительным ударным нагрузкам, например, в автомобильной и строительной отраслях. Закаленное стекло обладает высокой устойчивостью к сжимающим нагрузкам, что делает его подходящим для использования в конструкциях, где требуется повышенная прочность, таких как фасады зданий и перегородки. Вариативность прочности на сжатие у разных типов стекла демонстрирует возможность точной настройки характеристик материала производителем для соответствия специфическим требованиям конкретного проекта. Модуль упругости, определяющий способность материала к упругой деформации и возврату в исходное состояние, у закаленного стекла значительно выше (примерно 70 ГПа), чем у обычного. Это свойство критически важно для обеспечения долговечности конструкций, работающих в условиях циклических нагрузок. При проектировании конструкций с использованием закаленного стекла необходимо учитывать его коэффициент Пуассона (0,23-0,25). Этот показатель определяет, насколько сильно материал деформируется в поперечном направлении при сжатии. Неправильный учет этого параметра может привести к нежелательным деформациям и трещинам из-за взаимодействия с другими материалами. Температура размягчения закаленного стекла – ключевой параметр, определяющий его эксплуатационные ограничения. Она указывает на верхний предел температуры, при котором стекло сохраняет свои упрочненные свойства. Типичный диапазон температуры размягчения составляет 500-600°C, что свидетельствует о значительной термостойкости материала. В совокупности, все перечисленные характеристики формируют полное представление о качестве закаленного стекла, обуславливая его широкое применение в строительстве, автомобильной промышленности и других областях. Принимая во внимание эти свойства при проектировании и производстве, можно существенно повысить надежность, безопасность и долговечность конструкций, использующих закаленное стекло.

В связи с этим, представляется крайне важным продолжение изучения и совершенствования методов упрочнения с целью создания более безопасных, эффективных и долговечных стеклянных изделий, способных удовлетворить

потребности различных отраслей промышленности и улучшить качество жизни населения.

Список литературы:

1. Нгуен С.М. Изменение коэффициента преломления оптоволокна при продольном растяжении// Материалы Международных научно-практических конференций и конкурсов. SCIENCE TIME 2015. № 4(16). С.528-536
2. Термическая обработка стекла и изделий на его основе // Технология материалов. – URL: https://bstudy.net/922976/tehnika/termicheskaya_obrabotka_stekla_izdeliy
3. Химически закалённое стекло // Рувикс: Интернет-энциклопедия. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Химически_закалённое_стекло
4. Травленое стекло. Чем матируют стекло и зеркала // ВКОНТАКТЕ. https://vk.com/wall-131628912_1953

UDC 661.11/.28

PRODUCTION OF STRENGTHENED GLASSES

Rimma V. Kuznetsova

candidate of chemical sciences, associate professor

kuznetsova2017rv@gmail.com

Vladislav Dm. Konyukhov

student

kovlad_2005@bk.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. Toughened glasses are modern materials that are highly resistant to mechanical damage. They are widely used in construction, architecture, and various industries. This article discusses the physical and mechanical properties, as well as the

methods and techniques for producing toughened glass. It is important to note that with the advancement of technology, new opportunities are emerging to improve the characteristics of these materials.

Keywords: toughened glasses, technologies, methods, production techniques, and properties.

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.