Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение

Высшее профессиональное образование

Бирская государственная социально-педагогическая академия

Кафедра теории и методики профессионального образования

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Разработка проекта и проведение исследования прочности стекла на прогиб

Выполнил студент IV курса

Факультета ТиП

Сальников А.И.

Руководитель ст. преподаватель:

Баланюк Н.А.

Бирск 2008

Введение.

**Глава 1**: Стекло, его производство и свойства.

1.1. История возникновения стеклоделия.

1.2. Различные технологии изготовления стекла.

1.3. Виды стекла.

1.4. Различные свойства и характеристики стекол.

**Глава 2**: Разработка и изготовление установки для проверки стекла на прогиб.

2.1. Описание установки для проверки стекла на прогиб.

2.2. Исследование различных видов стекла на прогиб.

2.3. Выводы по исследованиям.

Заключение.

Список литературы.

**Введение**

Естественное стекло известно человеку с древнейших времён - это наконечники стрел, ножи и т. п., изготовленные первобытным человеком из природного вулканического стекла (обсидиана).

Возникновение стеклоделия связано, по-видимому, с развитием гончарного производства. Получение стекла сперва было, вероятно, случайным. Примером такой возможности является образование стекла в результате расплавления золы при пожаре зернохранилищ.

При некоторых достижениях древнего стеклоделия техника его была примитивна и переживала период застоя. Высоких температур получать не умели, плавку стекла вели в небольших глиняных тигельках, стекло получалось не проваренным, часто непрозрачным и в очень малых количествах.

Изготовление стекла считалось прежде большим искусством. Дошел рассказ, что во времена римского императора Тиберия (42 г. до н. э.) некто открыл небьющееся стекло. Тиберий приказал казнить этого человека, чтобы его открытие не привело к обесцениванию стекла. Сегодня изобретатели, работающие в области стеклянной индустрии, могут не опасаться подобной участи. Напротив, все усилия сводятся к тому, чтобы сделать стекло насколько возможно дешевле.

Главная составляющая стекол — диоксид кремния, или кремнезем, —SiO2. В наиболее чистом виде он представлен в природе белым кварцевым песком. Диоксид кремния кристаллизуется при переходе от расплава к твердому состоянию сравнительно постепенно. Кварцевый расплав можно охладить ниже его температуры затвердения, и он при этом не станет твердым. Существует немало и других жидкостей и растворов, которые также можно переохладить. Но только кварц поддается переохлаждению настолько, что теряет способность к образованию кристаллов. Диоксид кремния остается тогда «свободным от кристаллов», то есть «жидкообразным».

Актуальность данной темы заключается в возможности применения обычного четырех миллиметрового стекла при производстве полок для корпусной мебели в домашних условиях.

Объектом работы является изучение стекольной промышленности с использованием учебно-методической и научной литературы.

Предметом работы является проектирование установки, с помощью которой будет измерен прогиб стекла.

Целью работы является изготовление установки статической нагрузки стекла. Основной целью технологического образования является формирование технологической культуры, предполагающей овладение системой методов и средств преобразовательной деятельности по созданию материальных и духовных ценностей. Она предусматривает планирование и организацию трудового процесса и его грамотного оснащения; овладение основами творческой деятельности, выполнения проектов. В этом процессе немаловажную роль играют наглядные пособия.

Задачами данной работы являются:

1. изучить историю развития стеклоделия в России и мире.
2. изучить разновидности стекла.
3. изучить технологии изготовления различных видов стекла.
4. изучить различные свойства и характеристики стекла.
5. разработать и изготовить установку проверки прочности стекла на прогиб.

Методы работы для выполнения поставленных задач:

1. анализ научно-методической литературы по стеклоделию, химии, сопротивления материалов.
2. применение логических приемов сравнения, анализа, синтеза, абстрагирования и обобщения для построения дедуктивных и индуктивных умозаключений, представленных в изложении данной работы.

Гипотеза данной работы: возможность применения четырех миллиметрового стекла при изготовлении полок для корпусной мебели в домашних условиях.

Новизна данной темы заключается в том, что она освещает возможности применения оконного стекла не только по прямому назначению, но и в домашних условиях при изготовлении корпусной мебели.

**Глава 1: Стекло, его производство и свойства.**

**1.1. История возникновения стеклоделия.**

Производство стекла в Древнем Египте началось около 3000 лет до н. э. Из стекла делались различные украшения, амулеты. Цилиндр из светло-голубого стекла прекрасного качества, найденный в Тель-Асмаре, близ Багдада, сделан в середине 3-го тысячелетия до н. э.

Во времена Птолемеев (4—1 вв. до н. э.) в Египте существовало относительно развитое стекольное производство. Египет оставался центром стеклоделия вплоть до нашей эры; его стеклянные изделия вывозились во многие другие страны. Стеклоделие было развито также в странах Ближнего Востока, в частности в Сирии и Финикии, а также в Причерноморье. Кроме рядовой продукции, здесь изготовлялись богатые уникальные изделия, украшенные эмалью и золотом. С древних времён стекло было известно в Китае (5—3 вв. до н. э.). В источниках 5 в. говорится об умении китайцев изготовлять стекло пяти цветов.

Примерно за 1200 лет до н. э. уже была известна техника прессования стекла в открытых формах. Этим способом изготовлялись вазы, чаши, блюда, кубки, цветные мозаичные украшения.

Переворот в технологии стеклоделия был вызван на рубеже нашей эры изобретением метода выдувания полых стеклянных изделий. Тогда стали уверенно получать прозрачное стекло, выплавлять его сразу в значительных количествах.

Открытие способа выдувания стекла положило начало второму большому периоду развития стеклоделия, продолжавшемуся до конца 19—начала 20 вв. и характеризующемуся на всём своём протяжении единством технологических приёмов, не претерпевших за это время принципиальных изменений.

Первыми овладели методом выдувания стеклянных изделий мастера Древнего Рима. В римское время стекло было впервые использовано в качестве оконного материала. После падения Западной Римской империи (конец 5 в.) центр стеклоделия перемещается в Византию, где, в частности, быстро развивается особый вид художественного производства — выплавка цветного непрозрачного стекла (смальты) для смальтовой мозаики, сменившей в раннем средневековье античную каменную мозаику.

На Руси стеклоделие было значительно развито в домонгольский период. В Киеве, в слоях 11—13 вв., раскопками вскрыты большие стекольные мастерские. Такая мастерская была обнаружена и при раскопках в Костроме. С 11 в. на Руси развилось производство смальты для монументальных мозаик. Монголо-татарское нашествие прервало стекольное производство на Руси, которое возобновилось только в 17 в. В средние века мозаика из смальты создавалась в ряде центров Грузии.

В странах Западной Европы в средние века развивается искусство витража — картин или орнаментальных композиций из цветного стекла. Фигурно вырезанные стекла скреплялись свинцовыми перемычками и вставлялись в оконные проёмы зданий.

Ведущая роль Византии в развитии стеклоделия сохраняется до 13 в., когда главным центром производства стекла в Европе становится Венеция. Художественное стеклоделие получает здесь интенсивное развитие и достигает подъёма в 15—16 вв. Венецианские мастера изготовляют разнообразнейшие по форме и технике декоративные сосуды из топкого или окрашенного стекла, туалетные зеркала, ставшие тогда удивительной новостью, бисер, бусы и другие художественные стеклянные изделия, пользовавшиеся широчайшей известностью.

В 16 в., после открытия Америки, широко развивается промышленность в странах Западной Европы. Здесь строятся стекольные предприятия, ведущую роль в которых составляют беглые венецианские мастера, соблазнившие огромными заработками. 1612 во Флоренции была издана книга А. Пери, которую можно считать первым научным трудом в области стеклоделия. В ней даны сведения об использовании окисей свинца и бора, а также окиси мышьяка как осветляющего стекло реагента, составы цветных стекол и прочее. Книга эта сделалась надолго руководством по технологии получения стекла.

В 1615 в Англии предлагается способ использования угля в качестве топлива для стекловаренных печей. Это даёт возможность получать при высоких температурах тугоплавкое и термостойкое стекла. В 70-х годах 17 века в Англии был предложен состав стекла с окисью свинца, что повысило показатель светопреломления. Это стекло, отличающееся блеском и радужной игрой, получило распространение и в других странах. Со второй половины 17 в. первенство по производству художественного стекла в Европе переходит к Чехии, где начали изготовлять толстостенные сосуды из стекла со значительным содержанием кальция. По своей бесцветности и чистоте это стекло напоминало горный хрусталь. Большая толщина стенок изделий позволяла производить особенно глубокую огранку, и в таком виде это стекло, известное под названием богемского хрусталя, получило широчайшую известность.

Стекло в России

Что же касается истории стеклоделия, то можно отметить, что Россия занимает в этом деле далеко не последние позиции. Стекло здесь стали изготавливать в 9-10 вв., то есть намного раньше, чем в Америке и ведущих странах Европы. Одна из причин этого - промышленный подъем во время царствования Петра 1. Одновременно наблюдается и повышение спроса на продукцию из стекла. Причем уже существовавшие в то время стекольные заводы (а это Духанский, Измайловский, Черноголовский - довольно-таки мощные по тем меркам заводы) не могли удовлетворить этот спрос, а импорт стекла был достаточно дорогим и, соответственно, нецелесообразным с экономической точки зрения. Ведущий экономист того времени писал по данному поводу: "Да привозят к нам стеклянную посуду, чтоб нам, купив, разбить и бросить. И нам если заводов пять-шесть построить, то мы все их государства стеклянной посудою наполнить можем и "стеклянную посуду можно нам к ним возить, а не им к нам". Таким образом, тема стекольного производства была актуальна уже 250 лет назад. Причем ассортимент был достаточно широким. Взять, к примеру, Ямбургский завод. Даже в 1722 году там производили не только посуду бытового назначения, но и чернильницы, лампады, карманные фляги... На современном этапе развития производства, стеклоделие не потеряло своей актуальности и практической значимости. современное оборудование позволяет производить продукцию более высокого качества, различной конфигурации, с минимальными издержками. Ассортимент стеклянных изделий теперь и не перечислить! Заводы-стеклоизготовители получают сверхприбыли, реализуя свою продукцию. Наиболее известны в нашей стране ЗАО КЦ "Элвис", охватывающий 4 завода: Иванищевский, Тасинский, Золотковский и им. Воровского, Производственное предприятие "Интер-АРТ XXI" г. Тверь, ООО "Опытный стекольный завод" Гусь-Хрустальный. Они достойно конкурируют с такими гигантами-производителями стекла, как стекольные заводы "KAVALIER" Чехии, Итальянская фирма "Carlo Giannini".

На Руси новый этап развития стеклоделия начинается с 17 в., когда близ Можайска был построен в 1635г. шведом Елисеем Коэтом первый в России стекольный завод. Важнейшую роль в дальнейшем развитии стеклоделия в России сыграл государственный стекольный завод, заложенный Петром I в первые годы 18 века на Воробьевых горах под Москвой и к середине 18 в. переведённый в Петербург. Завод этот стал образцом для всех других стекольных предприятий страны, подлинной школой для русских мастеров стекольного дела и лабораторией освоения новой техники.

Среди твердых веществ неорганического происхождения (камень, металл) стекло занимает особое место. Строго говоря, отдельные свойства стекла сближают его с жидкостью. Большинство веществ в твердом и жидком состоянии ведут себя по-разному. Проще всего понаблюдать за водой и льдом. Вода находится в капельно-жидком виде. Ровно при 0°С чистая вода начинает кристаллизоваться. Температура затвердения сохраняется нулевой, пока вся вода не превратится в лед. Даже в Заполярье при морозе — 50° С вода подо льдом сохраняет температуру 0°С. Только когда исчезнет вся вода, лед можно охлаждать дальше. Лед как твердое тело имеет кристаллическую структуру. Внутри его маленьких участков, кристаллов, мы обнаруживаем отчетливую симметрию. Эта симметрия распознается на рентгеновских снимках (рентгенограммах).   Другое дело стекло. В нем не найти кристаллов. Не существует в нем и резкого перехода при какой-то определенной температуре от жидкого состояния к твердому (или обратно). Расплавленное стекло (стекломасса) в большом интервале температур остается твердым. Если мы примем вязкость воды за 1, то вязкость расплавленного стекла при 1400°С составляет 13 500. Если охладить стекло до 1000°С, оно станет тягучим и в 2 млн. раз более вязким, чем вода. (Например, нагруженная стеклянная трубка или лист со временем прогибаются.) При еще более низкой температуре стекло превращается в жидкость с бесконечно высокой вязкостью.

Главная составляющая стекол — диоксид кремния, или кремнезем, —SiO2. В наиболее чистом виде он представлен в природе белым кварцевым песком. Диоксид кремния кристаллизуется при переходе от расплава к твердому состоянию сравнительно постепенно. Кварцевый расплав можно охладить ниже его температуры затвердения, и он при этом не станет твердым. Существует немало и других жидкостей и растворов, которые также можно переохладить. Но только кварц поддается переохлаждению настолько, что теряет способность к образованию кристаллов. Диоксид кремния остается тогда «свободным от кристаллов», то есть «жидкообразным».

Перерабатывать чистый кварц было бы слишком дорого, прежде всего из-за его сравнительно высокой температуры плавления. Поэтому технические стекла содержат лишь от 50 до 80% диоксида кремния. Для понижения точки плавления в состав таких стекол вводятся добавки оксида натрия, глинозема и извести. Получения определенных свойств достигают добавками еще некоторых химических веществ. Знаменитое свинцовое стекло, которое тщательно шлифуется при изготовлении чаш или ваз, обязано своим блеском присутствию в нем около 18% свинца.

Стекло для зеркал содержит преимущественно дешевые компоненты, снижающие температуру плавления. В больших ваннах (как называют их стекловары), вмещающих более 1000 т стекла, сначала расплавляют легкоплавкие вещества. Расплавленная сода и другие химические вещества растворяют кварц (как вода поваренную соль). Таким простым средством удается перевести диоксид кремния в жидкое состояние уже при температуре около 1000°С (хотя в чистом виде он начинает плавиться лишь при гораздо более высоких температурах). К большой досаде стекловаров из стекломассы выделяются газы. При 1000°С расплав еще слишком вязок для свободного выхода газовых пузырьков. Для дегазации его следует довести до температуры 1400—1600°С. Столь высоких температур достигают в так называемых регенеративных стекловаренных печах, изобретенных в 1856 г. Фридрихом Сименсом. В них отработанные газы подогревают камеры предварительного нагрева, облицованные огнеупорными материалами. Как только эти камеры достаточно раскалятся, в них подают горючие газы и необходимый для их сгорания воздух. Возникающие при горении газы равномерно перемешивают расплавленное стекло, иначе перемешать тысячу тонн вязкого расплава было бы далеко не просто.

Современная стекловаренная печь — это печь непрерывного действия. С одной стороны в нее подаются исходные вещества, которые благодаря легкому наклону пода движутся, постепенно превращаясь в расплавленное стекло, к противоположной стороне (расстояние между стенками печи около 50 м). Там точно отмеренная порция готового стекла поступает на охлаждаемые валки. На всю длину сто­метрового участка охлаждения тянется стеклянная лента шириной в несколько метров. В конце этого участка машины режут ее на листы нужного формата и размера для зеркал или оконного стекла.

Сегодня листовое стекло движется по конвейеру, где на его поверхность последовательно наносится из пульверизаторов раствор соли серебра и восстановитель, который осаждает из раствора чистое серебро в тонко­дисперсной (коллоидальной) форме; после этого на тонкий слой серебра наносится слой меди, защищающий пленку серебра, и в заключение оба металла покрываются лаком. Конвейерная лента движется со скоростью около 2,5 м/мин. Месячная продукция такого агрегата около 40 000 м2 зеркала.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Толщина стекла | Предельные отклонения для | |
|  | листового стекла | узорчатого стекла |
| 3 | ± 0,2 | ± 0,5 |
| 4 | ± 0,2 | ± 0,5 |
| 5 | ± 0,2 | ± 0,5 |
| 6 | ± 0,2 | ± 0,5 |
| 7 | ± 0,3 | ± 0,5 |
| 8 | ± 0,3 | +0,8/-0,5 |
| 10 | ±0,4 | ± 1,0 |
| 12 | ±0,4 | - |
| 15 | ±0,5 | - |
| 19 | ±1,0 | - |
| 25 | ±1,0 | - |
| Примечание: Граничные толщины стекол (например: 3,5 мм) следует относить к наименьшему номинальному значению (т.е. 3,0 мм). | | |
| Толщина стекла, мм | Допускаемые отклонения от плоскостности, %, не более | |
|  | Для стекла без покрытия | Для стекла с покрытием |
| 3-5 | 0,3 | 0,4 |
| 6-25 | 0,2 | 0,3 |
| Толщина стекла, мм | Допускаемые отклонения от плоскостности, %, не более | |
|  | Для стекла без покрытия | Для стекла с покрытием |
| 3-5 | 0,3 | 0,4 |
| 6-25 | 0,2 | 0,3 |

Справочные значения расчетного сопротивления стекла на растяжение при изгибе: листового – 120 МПа, узорчатого – 90 МПа.

**1.2. Различные технологии изготовления стекла.**

Рассматривая процесс изготовления стеклянных изделий в совокупности, можно выделить несколько составляющих этапов, а именно: обработка сырья, приготовление шихты, варка стекломассы, формирование изделий, отжиг изделий, первичная и последующая декоративная обработка.

Обработка сырья включает очищение глины, песка и других составляющих стекла от нежелательных примесей. Также применяется на данном этапе измельчение компонентов и их просеивание.

Шихта - это смесь материалов в сухом виде, включает в себя точное взвешивание компонентов согласно определенному рецепту, их перемешивание до полной однородности. Далее проводится изготовление прогрессивными методами брикетов и гранул из шихты; шихта по-прежнему должна сохранять свою однородность для ускорения процесса варки. Варку полученной стекломассы из шихты осуществляют в специальных ваннах и горшковых печах при максимальной температуре 1450-1550°С.

Варка характеризуется протеканием в ней сложных химических процессов с образованием, а также последующим плавлением синдикатов и свободного кремнезема. После варки полученную стекломассу необходимо очистить от газовых включений. Для этого используют осветлители. далее стекломассу перемешивают, добиваясь однородности состава и равномерности вязкости. при нарушении процесса варки возможны дефекты, проявляющиеся в образовании различных включений: газовых (пузырь. мошка), кристаллических (камни), стекловидных (свиль, шлир). Возможно также возникновение нежелательного оттенка стекломассы.

Процесс формирования изделий может варьироваться. Можно понизить температуру стекломассы - понизится вязкость, можно повысить поверхностное натяжение стекла - поверхность изделия будет более гладкой и блестящей. Всё зависит от конфигурации самого изделия, его толщины, окраски. Для формирования изделий пользуются ручным и свободным выдуванием, механизированным выдуванием, прессованием, прессовыдуванием, многостадийным методом, моллированием (гнутьем), центробежной формовкой.

Что же касается механизированного выдувания на автоматах (ВС-24, Р-24, ВМ-16, Р-28, ВР-24 и др.), то здесь имеется возможность получать только бесцветные изделия, с простыми конфигурациями и очертаниями, например, стаканы.

Далее следует процесс прессования полученных изделий, он осуществляется на автоматических металлических прессах с использованием давления сердечника. Изделия могут быть как цветными, так и бесцветными. Формы также могут быть самыми разнообразными. Толщина стенки составляет более 3 мм, на стенках видны швы, оставшиеся после соединения составных частей, на изделиях применяют рельефный узор, который придает некоторое разнообразие изделиям. Причем при прессовании используют различные автоматы в зависимости от того, какой результат должен быть в конечном итоге при изготовлении рюмочных изделий - это автомат "интергласс", при изготовлении графинов и других, более фигурных изделий применяют автоматы Г-28, ПМВ, ЛАМ-2 и др. Для придания объема изделие выдувают, дно изделия прессуют и сваривают с основной частью изделия, но и в этом процессе возможны различные дефекты - ассиметричность различных частей изделия, мелкие царапины, вдавливания и пр. При наличии таких дефектов неизбежно саморазрушение изделия, для повышения прочности здесь используют отжиг изделия при температуре 530-550 С. Отжиг является обязательным. т.к. он обеспечивает целостную прочность изделия.

**Технология изготовления флоат-стекла и его модификации**

В соответствии с технологией изготовления флоат-стекла расплавленная стеклянная масса при температуре примерно 1000 (С) выливается на поверхность расплавленного блока, по которой она растекается и плавает за счет разности в плотностях. Это обеспечивает совершенно гладкую поверхность как верхнему, так и нижнему слою стекла. По мере продвижения стекла вдоль ванны с обовом ее температура уменьшается с 1000(С) до 600(С) и стекло постепенно затвердевает. Толщина стекла определяется скоростью движения потока стекла по бассейну, и может варьироваться от 1 до 25 мм. Затем стеклянная лента попадает на движущиеся ролики и проходит через длинный охлаждающий туннель, где происходит дальнейшее снижение температуры, после чего стекло режется. Ширина стеклянной ленты около 3,5 м, включая края, где расположены зубчатые колеса, двигающие стекло. Хотя длина и лимитируется, флоат-стекло покидает конвейер с размерами 3,2 на 6 м (таковым является максимальный размер стекла для его транспортировки). Такая линия имеет около 400 м в длину.

Основные этапы производства флоат-стекла на ультрасовременных заводах во всем мире таковы:

• Доставка материалов

Материалы для производства из стекла доставляются кораблями, по железной дороге или при помощи автомобильного транспорта в количестве 180 000 тонн в год, по 600 тонн в день, после чего доставленное сырье помещается на склады и проверяется в лаборатории на чистоту и качество.

• Смешивание

Кварцевый песок, сода, доломит и другое сырье на этом этапе взвешиваются и смешиваются согласно установленным точным пропорциям. После этого в шихту добавляется примерно 20% битого стекла для улучшения процесса плавления.

• Плавление

Огромная печь имеет размеры 60 метров в длину и 30 метров в ширину. Шихта загружается с передней стороны печи. С каждой из боковых сторон имеет 23 очага горения природного газа. Потоки пламени расположены горизонтально и плавят шихту при температуре 1550°С. Имеется три массивных рекуператора тепла, в которых холодный входящий воздух, который нужен для окисления, предварительно нагревается, что уменьшает потребление энергии примерно на 30%.

• Очистка

После плавления стекло должно выпустить пузырьки газа. Это происходит при охлаждении стекла до температуры примерно 1200°С, при этом стекло приобретает правильную вязкость (подобно меду) для процесса формовки.

• Рециркуляция уходящих газов

Образующиеся при изготовлении стекла газы имеют очень высокую температуру т давление, поэтому их направляют через котел К на газовую турбину Т, которая связана с генераторами, вырабатывающими электроэнергию. Таким образом вырабатывается две трети от потребностей завода в электроэнергии. После этого газы поступают в башню реакции Р, где из продуктов горения удаляются окислы серы, затем они пропускаются через специальный электрофильтр и модуль удаления вредных веществ, только после чего через трубу выбрасываются в атмосферу.

• Формовка

В ванне из расплавленного олова стекло формируется в непрерывную стеклянную ленту, движущуюся по поверхности олова. Толщина и ширина стеклянной ленты контролируется специальными роликами, которые скользят по верхней поверхности мягкого стекла. При свободном течении толщина стеклянной ленты составляет около 6 мм. Для получения боле тонкого стекла ролики вращают в сторону движения стеклянной массы, а для получения более толстого – в противоположную сторону.

• Охлаждение

В тоннеле охлаждения, который имеет длину около 100 м, стекло охлаждается с 600°С до 60°С. Медленный и контролируемый процесс охлаждения гарантирует, что стекло испытывает минимальные и равномерные внутренние напряжения, а это обеспечивает прочность и легкую порезку стекла.

• Контроль качества

Стеклянная лента на конвейере невольно и автоматически подвергается контролю качества. Лазерный луч проверяет непрерывность стекла, наличие трещин и других механических повреждений. Постоянно контролируется толщина стекла и наличие на нем дефектов (пузырьков, содовых пятен и других “неприятностей”). Обнаруженные дефектные участки запоминаются, на участке резки отбраковываются и идут в стеклобой. Для проверки оптического качества и других характеристик с производственной линии постоянно отбираются образцы для лабораторного исследования и новых разработок.

• Резка стекла

На этом этапе из непрерывной стеклянной ленты нарезаются куски разной длины. Закаленное металлическое колесо со скоростью, определяемой компьютером, режет стеклянную ленту по длине. Кроме того, стекло подрезается по ширине для удаления следов от роликов. Тут же подрезаются и отбракованные ранее участки, которые идут на изготовление стекла. Стандартный размер получаемого стекла – 3,2 на 6 метров. В отдельной машине для резки стекло нарезается до других заказанных клиентом размеров.

• Товарный склад

На товарном складе обычно имеется огромный запас примерно в 10 000 тонн стекла. Как правило. Оно представлено во всех стандартных размерах и в различной толщине.

• Отгрузка

Конечная продукция отправляется клиентам с помощью специального автомобильного транспорта или по железной дороге.

**Технологии изготовления витражей**

Обладая богатым прошлым (древнейшая мозаика из небольших пластинок цветного стекла датируется 1 в. до н.э.), витражи и по сей день составляют неотъемлемую часть изысканного интерьера, придавая ему неповторимую индивидуальность. С течением времени простейшая наборная мозаика усовершенствовалась в сложнейшие композиции. Современные материалы наряду с передовыми технологиями производства дают неограниченные возможности в дизайне самых различных витражей, от подвесных витражных потолков до абстрактных композиции из хрусталя.

При создании витражей используются различные методы, однако к каждому отдельному заказу мы подходим индивидуально, поскольку каждый витраж уникален и может требовать комбинирования нескольких технологий.

**Техника Тиффани**

Подавляющее большинство современных витражей исполнено по методу Тиффани. Эта технология позволяет создавать композиции, включающие мельчайшие детали. Принцип ее состоит в том, что шлифованные торцы стекол оборачиваются медной самоклеющейся фольгой, затем фрагменты витража раскладываются на кальке в соответствии с эскизом и спаиваются между собой оловянным припоем. Обычно готовый витраж покрывается патиной. За счет использования большого количества мелких деталей, такие витражи отличаются более тонким и изящным рисунком, им можно придать выпуклую или вогнутую формы (объемные витражи изготовляются именно по технике Тиффани).

Впервые подобным образом сборку осуществил американский художник и дизайнер Луи Камфорт Тиффани (1848-1933). Именно он инициировал массовое производство изделий из художественного стекла. Сам Тиффани оклеивал торцы стеклянных фрагментов тонкими полосками свинца, а затем спаивал их.

**Фьюзинг**

Новшеством в современном дизайне интерьеров является фьюзинг (спекание) стекла. Технология фьюзинг позволяет исключить использование металлического профиля. Рисунок составляют на отдельном листе стекла, накладывая на него цветные кусочки, стеклянные гранулы, а затем все спекают в печи в единый слой. Чтобы избежать проявления трещин, используются лишь серии стекол, заведомо спаиваемые между собой, а толщина спекаемого «пирога» обычно не превышает 3 слоев. В зависимости от желаемого эффекта цветные пятна смешиваются, или их контуры остаются четкими; слои растекаются полностью или нет; создается специальная фактура и разнообразный рельеф. В данной технологии любое усложнение процесса требует предварительных проб, что отражается на времени создания витража.

Детали декора, изготовленные методом фьюзинга, неизменно оригинальны и разнообразны в применении: их можно вставлять в готовый витраж или использовать в качестве отдельных элементов интерьера (в настенных светильниках, дверях, потолочных межкомнатных перегородках, плафонах, зеркалах, панно, и т.д.).

**Другие технологии изготовления витражей**

Классическая технология изготовления витража предполагает набор из кусочков стекла, скрепленных металлической протяжкой. Протяжка может быть свинцовой, латунной, мельхиоровой, медной, реже бронзовой. Самый древний из существующих, классический свинцовый паяный витраж в наше время заменен на латунный. Используются латунные профили различных сечений: Н-образный между стеклами и П-образный по периметру. Профили спаиваются и патинируются.

Классический витраж способен объединить крупные фрагменты стекла, что позволяет создавать витражи практически неограниченных размеров.

Фацетный витраж (от франц. facet- грань) исполняется из предварительно ограненных секций стекла. Для получения широкой фаски требуется стекло толщиной от 4 мм. Собирается фацетное стекло обычно в прочные латунные профили (классическая технология) или спаивается в технике Тиффани. Грани «играют» при преломлении света, а золотистый оттенок латунной оправы придает всей композиции чрезвычайно привлекательный вид. Дополнительно стекло может быть матировано, к примеру, путем пескоструйной обработки.

Техника пескоструйной гравировки заключается в обработке стекла специальным аппаратом, подающим под давлением кварцевый песок (или другой абразив) на нужный участок. Таким методом можно придать стеклу шероховатость и матовость, а также создавать сложные рельефные композиции. В комбинации с трафаретом и специальными защитными покрытиями, можно создавать самые причудливые композиции: матовые на прозрачном фоне, прозрачные на матовом.

Витраж с росписью по стеклу являются одним из наиболее трудоемких. Художественная роспись выполняется специальными силикатными красками с дальнейшим закреплением рисунка путем обжига. После обжига стеклянной картины краски спекаются со стеклом, составляя единое целое. Такой рисунок невосприимчив к выгоранию и выглядит крайне живописно.

**1.3. Виды стекла**

**Оконное полированное**

Полированное оконное стекло (так же известное под названием флоат-стекло) сегодня самое распространенное из различных типов листового оконного стекла. Свое второе название «флоат-стекло» оно получила из-за названия метода, которым и происходит его изготовление, - флоат-метод. Во время производства расплавленное стекло поступает из печи выплавки в виде ленты, охлаждающейся и обрабатывающейся в большом сосуде, наполненным расплавленным оловом. Полученным методом стекло отличается отличной ровностью и отсутствием различных дефектов. Так же весомым плюсом является, что стекло будет иметь постоянную толщину.

**Оконное неполированное**

Неполированное стекло сегодня маловостребовано в связи с качествами, намного уступающими полированному стеклу. В частности это такие дефекты, как волны, рябь и прочие не приятные для глаза дефекты. Возникновение этих дефектов вызвано способом приготовления данного типа стекла: используется метод вертикальной «вытяжки».

Стоит отметить, что неоднородности, сопровождающиеся микротрещинами, появившимися во время приготовления стекла на его поверхностях, снижают прочность числа в 90-100 раз. И поэтому, мы вам рекомендуем задуматься: стоит ли получить кроме выгоды за покупку данного стекла еще и проблемы, которые обязательно из-за него возникнут?

**Узорчатое**

Узорчатое стекло, имеющие и второе название – рифленое, применяется для остекления окон, дверных проемов, перегородок, витражей, в быту и в промышленности – там, где необходимо рассеять световой поток. Цены на данный вид стекла очень сильно варьируются: отечественные производители предлагают 1 кв. метр по цене от 120 рублей до 600 рублей. На изменение цены очень сильно влияет толщина, качество и покупаемая партия. Но не стоит надеяться найти стекло хорошего качества по низкой цене, не зря при выборе стекла существует только одно правило: для качественного остекления – дорогое стекло.

Цвет и рисунок поверхности узорчатого стекла должен соответствовать утвержденным эталонам. Глубина рельефных линий - от 0,5 до 1,5 мм.

Светопропускание бесцветных узорчатых стекол составляет 75-80%. У цветных узорчатых стекол определяется составом, цветом стекла и покрытий и составляет обычно 30-60%.

**Многослойное**

Многослойное стекло (или ламинированное стекло) состоит, как следует из его названия, из нескольких слоев, удерживаемых между собой при помощи пленки или ламинирующей жидкости. Слои могут быть выполнены как из одного типа, так и из различных. Помимо этого слои могут быть прямые или гнутые в соответствии с заданной формой. Несколько слоев применяется специально для увеличения прочности стекла: оно сможет защитить от проникновения взломщиков через окна, без проблем защитит человека от огня и некоторых техногенных происшествий. Многослойное стекло – одно из составляющих частей изолирующих стеклопакетов. Ламинирование не служит для увеличения прочности стекла, его основная функция предотвратить разлетание осколков в разные стороны, путем воздействия эластичной пленки. Так же стоит отметить, что многослойное стекло хорошо защищает от ультрафиолетовых лучей, что замедляет процесс выцветания мебели.

**Армированное**

Армированное стекло – стекло с применением металлической сеткой внутри, призванной сделать листовое стекло более прочным и пожаростойким. Под действием высокой температуры при пожаре стекло может треснуть, но это не вызовет его рассыпания – арматура продолжит удерживать части стекла на их прежних местах. Армированное стекло применяется при остеклении окон, световых фонарей, перегородок в производственных, общественных и жилых зданиях, для устройства балконных ограждений. Данный вид стекла не имеет большой механической прочности при сравнение с обычным стеклом, оно даже уступает обычному стеклу в 1, раза, но наличие арматуры препятствует выпадению осколков из переплетов при механическом повреждении. Сторона квадратной ячейки может варьироваться от 12,5 мм до 25 мм. Сетка располагается по всей площади листа и находится на расстоянии 1,5 мм от поверхности стекла.

**Закаленное**

Стекло, создаваемое при применении различных химических реакций, призванных повысить прочность к ударам и перепадам температуры. Как правило закаленное стекло прочнее обычного в 5-7 раз и при разбиение не образует множество длинных и прочных осколков с острыми клиновидными кромками, а образует многочисленное количество мелких остатков с притупленными краями. Отделкой закаленного стекла подвергаются витражи, витрины, душевые комнаты, балконы, автобусные остановки. Также из закаленного стекла изготавливают различные предметы интерьера, такие как - двери, мебель, различные декорации. В последние годы наблюдается повышения спроса на данный вид стекла, что приводит к его постоянному улучшению, вызванному жесткой конкурентной борьбой.

**Тонированное (цветное)**

Тонированное представляет собой прозрачное цветное в массе стекло. Для изготовления стекла применяют уже упоминавшеюся флоат-технологию. Цвет придается стеклу в процессе плавки добавлением окислов металлов. Одна из основных черт данного вида стекла – высокая светопоглащающая способность, в то время как отражающие свойства меньше чем у обычного прозрачного оконного стекла. Стекло данного вида характерно приятным мягким светом внутри помещения и адсорбцией солнечной энергии. Основные цвета – серый, перламутровый, зеленый, синий, серый. Стекло применяется для отделки витрин, окон, дверей, фасадов и различных межкомнатных отгородок.

**Рефлективное**

Рефлективное стекло - стекло, уменьшающее пропускание солнечной радиации. Ограничение пропускания солнечного тепла достигается при помощи покрытия по типу зеркального, что позволяет так же достигнуть эффекта максимального количества естественного освещения. При этом в дневное время будет наблюдаться «зеркальный» эффект с внешней стороны и «тонированный» эффект при взгляде изнутри помещения. Высокие отражающие качества этого стекла сделают внутреннее пространство помещения не просматриваемым снаружи, но обеспечит визуальный комфорт благодаря отсутствию отражения света, который слепит глаза.

**Флоат-стекло**

Флоат-стекло от ведущих мировых производителей имеет множество модификаций это различные энергоэффективные, солнцезащитные, закаленные, ламинированные и другие стекла, все шире использующиеся в современном строительстве. Рассмотрим некоторые из современных уникальных оконных модификаций:

SILVERSTAR 1.1 Neitral - стеклопакет с таким стеклом имеет высокую прозрачность 79%, при этом уровень теплозащиты стеклопакета аргоном составляет 1,1 Вт/м2 °С. Стекло имеет высокий показатель пропускания солнечной энергии, которая может пассивно использоваться для дополнительного обогрева помещения. Представляет собой стекло с низко-эмиссионным покрытием, получаемое магнетронным напылением на готовое стекло с помощью ультрасовременной линии, размещенной на заводе (так называемое I-стекло)

SILVERSTAR 1.0 E – это I-стекло с низко-эмиссионным покрытием высшего класса. За счет применения дополнительных слоев напыления при прозрачности стеклопакета в 75% его уровень теплозащиты составляет 1,0 Вт/м2 °С. На сегодняшний день это один из лучших в мире показателей энергосбережения для стекла.

EUROWHITE –стекло с повышенным уровнем прозрачности. В этом стекле практически отсутствуют окислы железа, которые придают любому стеклу зеленоватый оттенок, поэтому оно является идеально белым и очень прозрачным. Здания с таким стеклом являются эстетически крайне привлекательными.

LUXAR – стекло со специальными антирефлекторными свойствами. Коэффициент отражения такого стекла меньше 0,5%, что позволяет с успехом применять его для витрин шикарных магазинов, экранов и в других случаях, когда отражение является нежелательным.

EUROLAMEX – ламинированное стекло, обеспечивающее прежде всего функции защиты от несанкционированных вторжений, а также снижающее опасность от разлетающихся осколков или падающего стекла. Такое стекло также примерно на 3 дБ увеличивает звукоизоляционные свойства остекления.

SILVERSTAR Combi, SILVERSTAR Sunstop – цветные солнцезащитные стекла различного назначения. Используются для остекления фасадов общественных зданий, снижая нагрузку на системы кондиционирования, и обеспечивая высокие эстетические качества фасадов.

Современные технологии позволяют изготавливать высококачественное стекло и модифицировать его в зависимости от назначения. Высокие технологии, тем не менее, должны окупаться, поэтому надеемся, что в скором времени стеклопакеты станут нормой для любой среднестатистической семьи.

**Электрохромные стекла**

Электрохромные (ЭХ) стекла отличаются от обычных тем, что за счет специальных слоев, из которых они состоят, способны менять свой цвет и соответственно плотность светопропускания в зависимости от интенсивности светового излучения. В результате ЭХ стекла могут либо не давать тепловому излучению попадать в помещение летом, либо удерживать его зимой. Крупнейшими производителями ЭХ стекол в мире являются такие иностранные предприятия, как Flabeg Group, SAGE Electrochro-mics, UMU-Nippon Sheet Glass, Towns-end Group и другие. По словам Олега Меркушева, профессора Санкт-Петербургского государственного технологического института, в России такие стекла не выпускают.

"По расчетам ученых, экономия электроэнергии от использования электрохромного стекла составляет 40-50%. А летом отсутствует необходимость в использовании кондиционеров, жалюзи. ЭХ стекло имеет пять функциональных слоев, на два из них нанесен специальный электропроводящий слой. Под действием слабого электрического тока происходит тонирование стекла до нужной степени.

**СОСТАВ СТЕКЛА**

Стекло - это твердый прозрачный материал. Наибольшее распространение имеют силикатные стекла, основным компонентом которых является оксид кремния (IV) SiО2.

Обычное оконное стекло представляет собой сложную систему, содержащую: Na2O, CaO, SiO2

и различные добавки Ai2O3, MgO и др. Иногда обычному стеклу приписывают формулу: Na2O\*CaO\*6SiO2

Однако эта формула лишь приближенно отражает состав стекла.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Химический состав | Стекло | | | | | | | | | | | | | | | |
| Оконное | Тарное | Посудное | Хрусталь | Химико-  лабораторное | Оптическое | Кварцоидное | Электроколбочное | Электровакуумное | Медицинское | Жаростойкое | Термостойкое | Термометрическое | Защитное | Радиационно-стойкое | Стеклянное волокно |
| SiO2 | 71,8 | 71,5 | 74 | 56,5 | 68,4 | 41,4 | 96 | 71,9 | 66,9 | 73 | 57,6 | 80,5 | 57,1 | 12 | 48,2 | 71 |
| B2О3 | - | - | - | - | 2,7 | - | 3,5 | - | 20,3 | 4 | - | 12 | 10,1 | - | 4 | - |
| Al2O3 | 2 | 3,3 | 0,5 | 0,48 | 3,9 | - | - | - | 3,5 | 4,5 | 25 | 2 | 20,6 | - | 0,65 | 3 |
| MgO | 4,1 | 3,2 | - | - | - | - | - | 3,5 | - | 1 | 8 | - | 4,6 | - | - | 3 |
| CaO | 6,7 | 5,2 | 7,45 | 1 | 8,5 | - | - | 5,5 | - | 7 | 7,4 | 0,5 | 7,6 | - | 0,15 | 8 |
| BaO | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 29,5 | - |
| PbO | - | - | - | 27 | - | 53,2 | - | - | - | - | - | - | - | 86 | - | - |
| Na2O | 14,8 | 16 | 16 | 6 | 9,4 | - | 0,5 | 16,1 | 3,9 | 8,5 | - | 4 | - | 2 | 1 | 15 |
| K2O | - | - | 2 | 10 | 7,1 | 5,4 | - | 1 | 5,4 | 2 | 2 | 1 | - | - | 7,5 | - |
| Fe2O3 | 0,1 | 0,6 | 0,05 | 0,02 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SO3 | 0,5 | 0,2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Таблица. Состав некоторых промышленных стекол

Роль добавок велика, они придают стеклу особые свойства. Так, Мg повышает химическую устойчивость и механическую прочность стекла; Al2O3 увеличивает термическую и химическую стойкость стекла, твердость и прочность, улучшает однородность, B2O3 увеличивает термостойкость стекла и улучшает его оптические свойства. Для получения специальных оптических стекол в шихту добавляют диоксид германия GeO2 и диоксид титана TiO2. Специальные добавки обеспечивают окраску стекла: Mn2O3 придает стеклу фиолетовую окраску, CoO- синюю, Cr2O3 или Fe3O4- зеленую, CuO- голубую, CdS- желтую.

"Стеклом называют все аморфные тела, получаемые путем переохлаждения расплава, независимо от их химического состава и температурной области затвердевания и обладающие в результате постепенного увеличения вязкости механическими свойствами твердых тел, причем процесс перехода из жидкого состояния в стеклообразное должен быть обратимым". Это определение стекла, данное комиссией по терминологии при Академии наук СССР, охватывает наиболее характерные свойства, присущие любой стекловидной системе.

Для стекловидного состояния характерно наличие небольших участков правильной упорядоченной структуры, отсутствие правильной пространственной решетки, изотропность свойств, отсутствие определенной температуры плавления.

Строительное стекло содержит (%): 75-80% SiO2, 10-15% CaO, Около 15% Na2O.

Химическая стойкость стекла зависит от его состава, более стойкими из силикатных стекол являются такие, в которых содержится мало щелочных окислов. При замене Na2O на двух-, трех- и четырехвалентные окислы химическая стойкость стекла повышается.

Основными оптическими свойствами стекла является: светопропускаемость (прозрачность), светопреломление, отражение, рассеивание и др. Обычные силикатные стекла хорошо пропускают всю видимую часть спектра и практически не пропускают ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Изменяя химический состав стекла и его окраску, можно регулировать светопропускание стекла. Показатель преломления строительного стекла (1,46-1,53) определяет светопропускание при разных углах падения света. Так, при изменении угла падения света с 0° (перпендикулярно плоскости стекла) до 75° светопропускание стекла уменьшается с 92 до 50%.

Плотность обычного стекла 2500кг/м³, наибольшую плотность имеют стекла с повышенным содержанием окиси свинца (тяжелые флинты) - до 6000 кг/м³. Модуль упругости стекол изменяется от 48000 до 83000 МПа, для кварцевого стекла - 71400 МПа. Присутствие окислов CaO и B2O3 (до 12%) повышает модуль упругости.

Стекло обладает высокой прочностью на сжатие 700-1000 МПа и малой прочностью при - 35-85 МПа. Прочность закаленного стекла в 3-4, иногда в 10-15 раз больше, чем отожженного.

Твердость обычных силикатных стекол 5-7 по шкале Мооса. Кварцевое стекло, а также боросиликатные малощелочные стекла обладают большой твердостью.

Стекло плохо сопротивляется удару, т.е. оно хрупко: прочность при ударном изгибе составляет около 0,2 МПа. У закаленных образцов стекла она в 5-7 раз выше, чем у отожженных. Присутствие в стекле борного ангидрида, окиси магния увеличивает сопротивление стекла удару.

Теплоемкость стекол определяется их химическим составом. При комнатной температуре значения теплоемкости находятся в пределах от 0,63 до 1,05 кДж/(кг·°С).

На термическое расширение стекол также влияет химический состав. Наиболее низкий коэффициент температурного расширения у кварцевого стекла - 5,8 10-7 1/°С, у обычных строительных стекол - 9 · 10-6 -15 · 10-6 1/°С.

Теплопроводность обычного стекла при температуре до 100°С составляет 0,4-0,82 Вт/(м · °С). Наибольшую теплопроводность имеет кварцевое стекло - 1,340 Вт/(м · °С). Малой теплопроводностью обладают стекла, содержащие большое количество щелочных окислов. Боросиликатные стекла имеют высокую термостойкость, наиболее термостойко кварцевое стекло.

Электропроводность стекол изменяется с изменением температуры. Наибольшее влияние на электропроводность оказывает содержание в них окиси лития; чем больше ее в составе стекла, тем выше электропроводность. Понижают электропроводность стекла окислы двухвалентных металлов (больше всего BaO), а также SiO2 и B2O3. следует учитывать поверхностную проводимость стекла, которую обуславливает пленка, образующаяся на поверхности стекла в результате гидролиза силикатов. Эта пленка поглощает значительное количество влаги и вызывает повышенную активность стекла.

Стекло поддается механической обработке: его можно пилить циркулярными пилами с алмазной набивкой, обтачивать победитовыми резцами, резать алмазом, шлифовать, полировать. В пластичном состоянии, при температуре 800-1000°С, стекло поддается формованию. Его можно выдувать, вытягивать в листы, трубки, волокна, можно сваривать.

**1.4. Свойства и характеристики стекол**

**Физико-химические свойства и характеристики стекол.** Совокупность физико-химических свойств и характеристик стекол позволяет осуществлять технологические процессы варки стекла, формования и обработки изделий, а также определяет внешний вид и эксплуатационную надежность изделий. Физико-химические свойства и характеристики зависят от химического состава стекол и могут быть определены расчетным путем.

**Вязкость.** Вязкость является основным свойством стеклообразующего расплава. Вязкость характеризует внутреннее трение, возникающее при перемещении одного слоя расплава относительно другого. Вязкость выражается силой (на единицу площади соприкосновения двух слоев), которая достаточна для поддержания определенной скорости перемещения одного слоя относительно другого. Единица измерения вязкости Па.с. Вязкость имеет важное значение для технологических процессов получения стекла и изделий из него. Вязкость расплава во многом определяет скорости варки, осветления и гомогенизации стекла. Скорость растворения и химического взаимодействия компонентов в расплаве и диффузионных процессов тем больше, чем меньше вязкость стекломассы. Скорость осветления, которая выражается скоростью подъема газовых пузырей, также увеличивается с уменьшением вязкости. Широкий диапазон изменения вязкости обеспечивает возможность формования стекла различными способами. С вязкостью связаны процессы термической обработки стеклоизделий. При отжиге вязкость определяет скорость снятия внутренних напряжений. При закалке быстрое возрастание вязкости “замораживает” определенное распределение напряжений и изделие приобретает повышенную прочность.

Важнейшей технологической характеристикой является зависимость вязкости стекла от температуры. Характер изменения вязкости стекла при изменении температуры служит основой для определения температурных режимов варки, формования и термообработки.

Как известно, по характеру температурной зависимости вязкости стекла различного химического состава можно разделить на “длинные” и “короткие”. При одинаковых рабочих интервалах вязкости температурные интервалы формования для этих стекол будут различными: для “длинных” стекол — большими, для “коротких” — меньшими.

Пусть рабочий интервал вязкости для принятого способа формования равен h1–h2. Температурный интервал формования стекла 1 больше, чем стекла 2. При одной и той же температуре начала формования стекло 2 быстрее достигнет вязкости, соответствующей концу формования. Следовательно, стекло 2 “короче”, чем стекло 1, что выражается в более крутом ходе температурной зависимости вязкости. Примером “длинного” стекла может служить свинцовый хрусталь, примером “короткого” — тарное стекло.

Из всех физико-химических свойств стекла вязкость особенно сильно зависит от его химического состава.

К оксидам, повышающим вязкость стекла, относят кремнезем, оксиды алюминия и циркония; к оксидам, понижающим вязкость, — оксиды натрия, калия, лития, свинца, бария. Часто, особенно при высоких температурах, понижает вязкость стекла оксид цинка. Оксид магния повышает вязкость стекла, но слабее, чем, например, оксид алюминия. Весьма сложно влияют на вязкость борный ангидрид и оксид кальция. Борный ангидрид значительно понижает вязкость стекла при высоких температурах; при низких температурах при введении приблизительно до 15% В2О3 вязкость стекол повышается, и только при дальнейшем увеличении содержания В2О3 она уменьшается.

Оксид кальция при низких температурах повышает вязкость стекла; при высоких температурах небольшое его количество (до 8-10%) снижает вязкость стекла, при дальнейшем увеличении содержания оксида кальция вязкость стекла возрастает. При замене оксида кальция оксидом магния вязкость стекла при высоких температурах увеличивается.

Скорость твердения стекла характеризуется изменением вязкости во времени:

где: h — вязкость; t — температура; T — время

Таким образом скорость твердения определяется изменением вязкости с температурой и изменением температуры со временем (т.е. скоростью охлаждения). Изменение вязкости при изменении температуры связано с химическим составом стекла: оксиды, повышающие вязкость, как правило, повышают скорость твердения и наоборот.

При массовом производстве, особенно на машинах, стекло на разных стадиях процесса должно затвердевать с различной скоростью. При формовании выдувных изделий большая скорость твердения стекла ускоряет процесс, но она также может привести к ухудшению качества изделия, к неравномерному распределению стекла в изделии.

При одинаковых условиях охлаждения на скорость и равномерность твердения окрашенных стекол большое влияние оказывает теплопрозрачность (пропускание в инфракрасной области спектра). Чем меньше теплопрозрачность стекол, тем неравномернее они охлаждаются и твердеют: быстрее с поверхности и медленнее внутри. Это затрудняет формование изделий. Неравномерность твердения увеличивают такие окрашивающие оксиды, как FеО, СоО, NO, которые значительно снижают теплопрозрачность стекломассы.

**Поверхностное натяжение**

Поверхностное натяжение характеризует работу образования единицы площади поверхности раздела фаз при постоянной температуре. Единица измерения поверхностного натяжения Дж/м2 или Н/м.

Поверхностное натяжение выступает как основной фактор при образовании новой фазы. Действие поверхностной энергии возрастает обратно пропорционально размерам участков новообразований (кристалликов, капель, пузырьков).

При образовании пузырей в стекломассе величина их зависит от поверхностного натяжения стекломассы на границе с газовой фазой. Вероятность растворения в стекломассе стекловидных включений (свилей) зависит от соотношения поверхностных натяжений расплава и свилей. Если поверхностное натяжение свилей больше поверхностного натяжения основного стекла (глиноземистые свили), то растворение свилей сильно затруднено. Если поверхностное натяжение свилей меньше (кремнеземистые свили), то они легко растворяются в основном расплаве.

Значительна роль поверхностных сил при расслоении (ликвации). Ликвация практически определяется соотношением между поверхностными натяжениями ликвирующих фаз. Примерами ликвации могут служить некоторые виды глушеных стекол, образование сульфатного щелока (расплава Nа2SО4) при варке тарного стекла.

Поверхностное натяжение оказывает большое влияние на скорость разрушения огнеупоров стекловаренной печи. Проникновение расплава в огнеупор увеличивается с уменьшением поверхностного натяжения. При этом улучшается смачивание огнеупора, увеличивается действие на него капиллярных сил.

Поверхностное натяжение является одним из факторов формообразования изделий. Влияние поверхностных сил на процесс формования возрастает с уменьшением вязкости стекла и размеров формуемых изделий или их частей. Поверхностное натяжение позволяет без применения формующих поверхностей получить баночку, т.е. толстостенный сферический пузырь из вязкой стекломассы. Это первичная заготовка для многих изделий, выдуваемых вручную с помощью стеклодувной трубки. Под действием поверхностного натяжения из порошка стекла формуются микрошарики в пламени высокотемпературной горелки.

Поверхностное натяжение является определяющим фактором таких процессов, как термическое полирование поверхности, оплавление края изделий. С действием поверхностного натяжения связаны явления смачивания, адсорбции, действия капиллярных сил.

Поверхностное натяжение расплавленных стекол при температуре 1000-1400°С составляет 0,2-0,38 Дж/м2. Изменение поверхностного натяжения при изменении температуры незначительно (1-3% на каждые 100°С).

Основные оксиды, входящие в состав стекла, не оказывают существенного влияния на поверхностное натяжение. Следует отметить, что повышают поверхностное натяжение Аl2О3, МgО, ZrО2, понижают В2О3, РbО, Р2О5. Существенно (до 30%) снижают поверхностное натяжение поверхностно-активные компоненты, к которым относятся V2О5, WО3, МоО3, Аs2О3, СгО3 (Сr2О3). На поверхностное натяжение влияет газовая среда. Так присутствие полярных газов SО3, NН3, паров воды снижает поверхностное натяжение стекла.

**Кристаллизационная способность**

Кристаллизационную способность промышленных стекол, то есть те температурные пределы, внутри которых они могут закристаллизоваться, а также скорость этой кристаллизации необходимо знать, чтобы установить оптимальный режим варки стекла и выработки изделий, а также режим термообработки при производстве ситаллов.

Первые признаки кристаллизации стекла появляются на границе раздела фаз, вдоль свилей. Появление кристаллов первоначально на границе раздела фаз есть результат ориентирующего действия сил, существующих на этой границе. Силы ограничивают свободу движения отдельных частиц и тем самым способствуют образованию кристаллизационного центра.

Характер кристаллизации зависит от соотношения скорости образования центров кристаллизации, скорости роста кристаллов из этих центров и вязкости. Если скорость роста кристаллов достаточно большая, в стекле будут расти одиночные кристаллы или кристаллические сферолиты. Наоборот, если линейная скорость роста кристаллов мала, а скорость образования кристаллизационных центров велика, то возможно образование в массе стекла множества мелких кристаллов. Вязкость стекломассы при этом не должна быть чрезмерно высокой.

Ниже температуры плавления кристаллов находится метастабильная зона, где центры кристаллизации не образуются, но если бы они были, то могли бы расти. При температурах ниже метастабильной зоны кристаллизация зависит от скорости образования центров и скорости роста кристаллов. При дальнейшем охлаждении сильно нарастает вязкость, которая препятствует зарождению центров кристаллизации и росту кристаллов.

Чем дальше отстоят друг от друга максимумы скоростей, чем меньше скорость роста кристаллов и скорость образования центров кристаллизации, тем менее склонно стекло к кристаллизации. Слева от области наиболее интенсивной кристаллизации могут получаться крупные кристаллы, но в малом числе (по числу центров кристаллизации), справа — очень мелкие, но многочисленные кристаллы.

Кристаллизация стекломассы зависит в основном от следующих факторов: химического состава и вязкости стекла, вида применяемого сырья, взаимной растворимости отдельных компонентов, продолжительности выдерживания расплава при соответствующих температурах, наличия активаторов (катализаторов) кристаллизации и условий термической обработки стекла. Наиболее активно стекла кристаллизуются на границах двух фаз при температурах, соответствующих вязкости стекла 103 -104 Па\*С.

Большинство промышленных стекол являются многокомпонентными. Влияние отдельных оксидов на кристаллизационную способность стекла изучено достаточно хорошо. Установлено, что замещение до 3% SiO2 на Аl2О3 в натрий-кальций-силикатном стекле, содержащем от 14 до 16% Na2О, улучшает кристаллизационные характеристики. При замещении до 5% СаО на МgО уменьшаются скорость кристаллизации и температура плавления кристаллов, а при замещении до 4% Na2О на МgО снижается скорость роста кристаллов и повышается температура их плавления.

Часто в промышленных стеклах (натрий-кальций-силикатных) в качестве первой кристаллической фазы выделяются тридимит и кристобалит, реже — волластонит или девитрит. В первом случае для снижения скорости кристаллизации стекол следует уменьшить содержание кремнезема или добавить вместо кремнезема оксид алюминия. При выделении кристаллов силиката кальция необходимо снизить в стеклах содержание СаО. В стеклах, содержащих РbО или ВаО, при кристаллизации выделяются кристобалит, силикаты свинца или бария. Фториды, как правило, повышают кристаллизационную способность стекол, легко кристаллизуются также фосфатные стекла. Для предотвращения кристаллизации стекол необходимо обеспечить быстрое прохождение температурного и вязкостного интервалов кристаллизации (1000-1200°С), ликвидацию застойных зон с опасной температурой, поддержание в выработочных устройствах температур, более высоких, чем температура кристаллизации. Методы определения кристаллизационной способности достаточно хорошо разработаны и могут быть успешно освоены на стекольных заводах.

**Электрические свойства и характеристики**

К этой группе свойств относятся электрическая проводимость и диэлектрические характеристики. Электрическая проводимость стекломассы имеет решающее значение для электрической варки стекол. Диэлектрические характеристики имеют важное значение при эксплуатации изделий из стекла (изоляторов, элементов микроэлектронных схем и т.п.).

Электрическая проводимость. Электрическая проводимость стекломассы характеризуется удельной проводимостью, обратной по величине удельному электрическому сопротивлению: c = 1/r

Единица измерения удельного электрического сопротивления Ом\*м, удельной электрической проводимости 1/(Ом\*м) или См/м. Удельное сопротивление и электрическая проводимость стекла резко изменяются с изменением температуры. При комнатной температуре удельное сопротивление натрий-кальций-силикатного стекла равно 10(11)-10(13) Ом\*м, а в расплавленном состоянии (при температуре варки) оно снижается до 0,001-0,1 Ом\*м. Удельное сопротивление расплавленных стекол при температурах варки, осветления и выработки определяет технологию электроподогрева и электрической варки стекла, конструкцию и размеры электропечи, а также выбор электрооборудования.

Стекломасса является ионным проводником. Переносчиками электрического тока служат главным образом ионы щелочных металлов. В табл. 1.1 приведены данные по удельному электрическому сопротивлению промышленных стекол.

Удельное электрическое сопротивление снижается с ростом содержания щелочных оксидов (Na2О, К2О), причем при увеличении оксида натрия оно снижается в большей степени, чем при увеличении оксида калия. Введение в состав стекла оксидов двухвалентных металлов повышает удельное электрическое сопротивление. Особенно большое влияние оказывают РbО, ВаО, СаО. При одновременном присутствии в составе стекла двух оксидов щелочных металлов, например Na2О и К2О, удельное электрическое сопротивление повышается по сравнению с удельным электрическим сопротивлением стекол, содержащих только один щелочной оксид (эффект двух щелочей).

Диэлектрические характеристики. Силикатные стекла при температурах ниже Тg являются диэлектриками. В электрическом поле в диэлектриках происходит поляризация, т.е. локальное пространственное перераспределение зарядов.

Диэлектрические свойства стекла имеют важное значение для ряда отраслей промышленности, особенно для электротехники, микроэлектроники и характеризуются диэлектрической проницаемостью, диэлектрическими потерями, электрической прочностью.

Диэлектрическая проницаемость количественно характеризует поляризацию диэлектрика и определяется отношением емкостей вакуумного конденсатора и конденсатора с диэлектриком (безразмерная величина).

Диэлектрическая проницаемость стекол зависит от их состава, изменяясь для силикатных стекол от 3,81 (для кварцевого стекла) до 16,2 (для стекол с содержанием оксидов тяжелых металлов до 80%). Она возрастает с увеличением в составе стекла оксидов щелочных и щелочноземельных металлов. Для обычных промышленных стекол диэлектрическая проницаемость находится в пределах 5-7.

Диэлектрические потери характеризуют долю энергии переменного электрического поля, превратившуюся в тепловую в объеме диэлектрика. Диэлектрические потери стекла характеризуются значением тангенса угла, связанного со сдвигом фаз напряженности электрического поля и электрической индукции.

Химический состав влияет на диэлектрические потери так же, как и на электропроводность. Кварцевое стекло имеет очень малые потери (tg d = 0,0002), а стекла, содержащие оксиды щелочных и щелочноземельных металлов — более высокие (tg d = 0,009). Закаленное стекло имеет диэлектрические потери в два раза больше, чем отожженное стекло.

Кристаллизация стекла приводит обычно к снижению его диэлектрических потерь, особенно когда щелочные ионы входят в состав кристаллической фазы.

Электрическая прочность характеризует способность диэлектрика выдерживать действие высокого напряжения без разрушения и ухудшения диэлектрических характеристик. Электрическая прочность оценивается обычно величиной пробивного напряжения (Uпр), отнесенной к толщине диэлектрика в месте пробоя (размерность — кВ/м). Для обычных промышленных стекол Uпр составляет (1,6-6,4) x 104 кВ/м, кварцевого стекла — 2-4 x 104 кВ/м. Электрическая прочность очень важна для изоляторов высоковольтных линий передачи электроэнергии. Поэтому для изготовления изоляторов применяют алюмосиликатные малощелочные стекла, обладающие высокой электрической прочностью.

**Плотность**

Плотность характеризует количественное содержание массы вещества в единице объема. Плотность стекол в основном зависит от их состава и в меньшей мере от теплового прошлого. Плотность промышленных стекол, кг/м3, дана ниже.

Кварцевое стекло . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ….... . . . . . . . . . . . . .2202 ± 5

Бесцветные и цветные натрий-кальций-силикатные . . . . . . 2480-2530

Свинцовые хрустали с содержанием РbО, %

4-12 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .. . 2400-2700

12-30 . . . . . . . . . . . . . ... . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2700-3200

Оптические стекла. .. . . . . . . .. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2300-5200

При повышении температуры от 20 до 1300°С плотность большинства технических стекол уменьшается на 6-12%. Плотность закаленных стекол на 80-90 кг/м3 ниже, чем плотность нормально отожженного стекла того же состава.

Плотность стекла чувствительна к изменениям химического состава. В связи с этим на стекольных заводах особенно с высокоскоростной механизированной выработкой изделий можно проводить систематический анализ плотности стекла во времени и сопоставлять полученные данные с колебаниями состава стекла, скоростью работы машин, качеством изделий и другими показателями. Это позволяет принять оперативные меры по ликвидации тех или иных нарушений технологического процесса.

Однородность стекол характеризует степень постоянства плотности и, следовательно, химического состава стекла в различных точках образца или изделия. Однородность важна для анализа правильности ведения технологического процесса. Наиболее распространенным методом определения однородности является метод разделения порошка по плотности. Однородность оценивают в градусах Цельсия (температурный интервал между началом и концом всплывания частиц стеклянного порошка в жидкости при центрифугировании). Однородность листовых стекол считается нормальной, если ее значение не превышает 2,5°С, стекол для прессованных и выдувных изделий — 3,5°С.

**Теплофизические свойства и характеристики**

Теплофизические свойства имеют большое значение как при варке стекла и выработке изделий, так и при их эксплуатации.

Теплоемкостью тела или системы тел называют количество тепла, затрачиваемое на повышение температуры тела или системы тел на один градус в определенном термодинамическом процессе (при постоянном объеме, давлении и т.д.). Удельной теплоемкостью называют теплоемкость, отнесенную к единице массы.

Единица измерений удельной теплоемкости Дж/(кг\*°С).

С повышением температуры удельная теплоемкость возрастает, причем тем медленнее, чем выше температура. Для области стеклования характерно большее изменение теплоемкости при изменении температуры. Теплоемкость зависит от химического состава стекла: SiO2, Аl2О3, В2О3, МgО, Na2О и особенно Li2О повышают теплоемкость стекла; оксиды тяжелых металлов РbО, ВаО значительно снижают теплоемкость. Влияние других оксидов выражено слабее.

Теплопроводность характеризует способность тела передавать тепловую энергию в направлении более низких температур.

Единица измерения теплопроводности Вт/(м\*°С).

Увеличение в стекле количеств SiO2, Аl2О3, В2О3,Fе2О3 повышает теплопроводность, а ВаО и РbО снижают ее. Теплопроводность промышленных стекол составляет 0,72-0,9 Вт/(м\*°С).

При высоких температурах передача тепла теплопроводностью характерна только для тонких (до 0,1 см) слоев стекла. При увеличении толщины слоя увеличивается интенсивность передачи тепла излучением. В связи с этим теплопроводность, определенная без учета толщины образца, называется эффективной теплопроводностью и включает в себя радиационную (лучистую) составляющую.

Для технологических процессов варки стекла и формования изделий основное значение имеет прозрачность стекол для излучения в инфракрасной области спектра (теплопрозрачность). Теплопрозрачность уменьшают окрашивающие оксиды (особенно СоО, NiO, FеО и СuО).

С повышением содержания в стекле этих оксидов роль теплопередачи излучением уменьшается и возрастает роль теплопроводности.

Термическое расширение стекла характеризуется обычно температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) — a. Температурный коэффициент линейного расширения характеризует относительное увеличение длины образца стекла при нагревании на один градус.

Температурный коэффициент линейного расширения зависит от химического состава стекла. Наименьшим температурным коэффициентом линейного расширения обладает кварцевое стекло (SiO2). Ввод остальных компонентов увеличивает ТКЛР. Особенно сильно в этом отношении влияние Na2О, К2О, СаО, ВаО, РbО.

Наиболее распространены дилатометрические методы определения ТКЛР. Дилатометры фиксируют удлинение образцов при нагревании в определенном интервале температур.

Температурный коэффициент линейного расширения различных стекол находится в пределах (5-120).10–7 1/°С. Относительное увеличение объема при нагревании тела на 1°С называется температурным коэффициентом объемного расширения. Для твердых тел температурный коэффициент объемного расширения с достаточным приближением может быть принят равным b = Зa.

При определении температурного коэффициента линейного расширения обычно строят график зависимости удлинения образца от температуры (дилатометрическую кривую), по которой можно приближенно установить некоторые характеристические температуры для данного стекла. Каждой из этих температур соответствует определенная вязкость.

Температура начала стеклования Тg соответствует вязкости 1012 Па\*С и определяется как точка пересечения прямых, продолжающих прямолинейные участки дилатометрической кривой.

Температура начала деформации соответствует температуре максимума на дилатометрической кривой и вязкости 1010-1011 Па\*С.

Термостойкостью называется способность стекла сопротивляться резким изменениям температуры. Мерой термостойкости является температурный перепад, который выдерживает стекло без разрушения. Термостойкость имеет большое значение при использовании стеклотары (бутылок, банок), бытовой посуды (стаканов), термостойких стекол и других изделий. При изменении температуры окружающей среды (воздуха, воды и др.) в помещенном в нее стекле возникают напряжения, под действием которых стекло может разрушиться.

Возникновение напряжений обусловлено следующими факторами:

— низкой теплопроводностью стекла;

— появлением значительных температурных градиентов при нагреве или охлаждении;

— неравномерным изменением размеров и объема отдельных участков нагревающегося или охлаждающегося стекла.

Рассмотрим механизм возникновения напряжений в твердом стекле применительно к условиям эксплуатации изделий. Для наиболее массовых изделий (стеклянная тара, бытовая посуда, термосные колбы), температуры окружающей среды (воды) не превышают 100°С.

В этом случае стекло реагирует на температурные изменения как упругое тело и возникают временные термоупругие напряжения, исчезающие (если стекло не разрушилось) при выравнивании температуры. Пусть имеется стеклянный шар, который мысленно можно разделить на ядро и внешний слой. Последний в свою очередь разделен на Если шар нагрет, все его части имеют одинаковую температуру, поэтому напряжения внутри шара нет. При резком охлаждении внешний слой будет остывать значительно быстрее, чем ядро, поэтому объем шара уменьшается неравномерно. Если бы секторы внешнего слоя не были связаны между собой, то каждый из них сжался бы, а между ними образовались свободные пространства. Но так как частицы стекла во внешнем слое связаны, между ними возникают напряжения растяжения, которые могут довести внешний слой до разрушения, т.е. до образования радиальных трещин, идущих от поверхности. Между внешним слоем и ядром будут создаваться напряжения сжатия, так как ядро противодействует сжатию внешнего слоя под действием более резкого охлаждения последнего.

При резком нагревании внешний слой, нагреваясь быстрее ядра, стремится увеличиться в объеме и отслоиться от ядра. Но так как он связан с ядром, то между ними возникают напряжения растяжения. Между частицами внешнего слоя, которые не могут оторваться от ядра, но увеличиваются в объеме, возникают напряжения сжатия.

Если принять во внимание, что стекло сопротивляется растяжению во много раз хуже, чем сжатию, а прочность стекла сильно зависит от состояния поверхности, и резкий тепловой удар получает всегда поверхность стекла, то для стекла более опасно быстрое охлаждение, чем нагревание.

Термостойкость стекла зависит главным образом от температурного коэффициента линейного расширения, модуля упругости, предела прочности при растяжении.

В основном термостойкость стекла определяется температурным коэффициентом линейного расширения: чем он меньше, тем выше термостойкость. Для стеклоизделий термостойкость в значительной степени зависит от состояния поверхности и однородности стекла. Сколы, царапины, трещины, неоднородность состава и плохой отжиг — все это резко снижает термостойкость стекла.

Плохая теплопроводность способствует неравномерному распределению напряжений по сечению охлаждающего стекла при термическом воздействии, поэтому, чем тоньше и равномернее по сечению стенки изделия, тем выше его термостойкость. Именно этими факторами обеспечивается высокая термостойкость термосных колб.

**Оптические свойства и характеристики**

Луч света при переходе из одной среды в другую меняет свое направление, что связано с изменением скорости распространения света в различных средах. При прохождении в воздухе и через плоскопараллельную стеклянную пластинку падающий луч образует определенные углы с нормалью к поверхности раздела сред в точке падения. Если луч идет из воздуха в стекло, то угол a будет углом падения, а угол b — углом преломления.

В данном случае воздух является оптически менее плотной средой, чем стекло. Показатель преломления может быть определен из соотношения

n = sin a / sin b

Показатель преломления среды не зависит от угла падения луча на поверхность среды, но зависит от свойств самой среды и длины волны падающего света. Чем больше длина волны падающего света, тем меньше показатель преломления, поэтому луч белого (смешанного) света, входя в стекло под углом к поверхности, расщепляется на пучок расходящихся цветовых лучей, т.е. подвергается дисперсии.

Если параллельный пучок белого света, ограниченный узкой щелью, падает на стеклянную призму, то на экране, расположенном за призмой, обнаруживается картина различных цветов, называемая спектром. В спектре наблюдается строгая последовательность этих цветов, переходящих от одного к другому, начиная от фиолетового и кончая красным. Причиной разложения света является зависимость показателя преломления от длины волны. Чем короче длина волны, тем меньше угол преломления, поэтому фиолетовые лучи преломляются больше, чем красные.

Разность показателей преломления для голубой коротковолновой F-линии и красной длинноволновой С-линии называется средней дисперсией, т.е. dn = nF – nC .

Коэффициент дисперсии определяется по формуле:

n = (n – 1) / dn.

Показатель преломления и дисперсия сильно зависят от состава стекла. Показатель преломления повышают РbО, ВаО, СаО, ZnO, Sb2О3, щелочные оксиды. Добавка SiО2 снижает показатель преломления.

Дисперсия заметно возрастает при введении РbО и Sb2О3. ВаО и СаО сильнее влияют на показатель преломления, чем на дисперсию. Показатель преломления и коэффициент дисперсии — важнейшие свойства оптических стекол. Широкая номенклатура стекол с различными значениями этих свойств позволяет формировать различные виды изображений объектов, создавать разнообразные приборы и оборудование, начиная от микрообъектива микроскопа до многометрового зеркала телескопа.

Для производства высокохудожественных изделий бытовой посуды, подвергающихся декоративному шлифованию, используют в основном стекло, содержащее до 30% РbО. Такие стекла дают хорошую “игру света” в гранях за счет сильного влияния РbО как на показатель преломления, так и на дисперсию. Зависимость показателя преломления от содержания РbО при введении его вместо SiO2 в промышленные составы хрусталей можно считать прямо пропорциональной.

Коэффициент отражения — отношение светового потока, отраженного стеклом, к световому потоку, падающему на него. Количество света, отраженного стеклом, тем больше, чем больше угол его падения. Количество света, отраженного от поверхности стекла, составляет около 4%. Коэффициент отражения зависит от состояния поверхности и наличия на ней различных веществ.

Явление рассеяния света относится к непрозрачным стеклам. В обычном прозрачном стекле рассеяния света практически не происходит. Пучок лучей света, направленный на матовую поверхность, выходит с другой стороны разбитым на множество направлений вследствие неодинакового преломления отдельных лучей на неровной (матовой) поверхности стекла.

В глушеных стеклах находятся угловатые или сферические частицы глушителей, отличающиеся показателем преломления от основной массы стекла. Лучи света, падающие на стекло, претерпевают многократное преломление и отражение, что и вызывает рассеяние света. Размеры частиц глушителей в стекле составляют 0,2-10 мкм.

С увеличением размера частиц рассеяние света стеклом возрастает.

Относительная прозрачность или пропускание Т стеклом видимого света и невидимых лучей (инфракрасных, ультрафиолетовых, рентгеновских, g-лучей) подчиняется общему закону Бугера-Ламберта-Бера.

где: I — интенсивность излучения, прошедшего через образец;

I0 — интенсивность излучения, входящего в образец;

е — основание натуральных логарифмов;

K — натуральный показатель поглощения;

l — толщина образца;

k — десятичный показатель поглощения (k = 0,434 К).

Относительное поглощение или абсорбция лучей связана с пропусканием зависимостью А = 1 – Т. Относительное пропускание Т или поглощение А обычно выражают в процентах. Мерой способности стекла поглощать излучение может также служить оптическая плотность D:

D = lg 1/Т = –lgТ = 0,434 Кl = kl .

Для окрашенных стекол степень поглощения света прямо пропорциональна концентрации С красителя и коэффициенту e, характеризующему удельное поглощение данного красителя; k = e С. Для выражения избирательного поглощения окрашенных стекол строят кривые зависимости Т, А, К и k от длины волны (рис. 1.7). Любая из этих зависимостей может служить спектральной количественной характеристикой цветных стекол. Величины Т и А часто относят к единице толщины стекла (Т/l и А/l). Кривые пропускания и оптической плотности являются обратными, но в то же время не являются точным зеркальным отражением друг друга.

Пропускание и поглощение стекол оценивают на спектрофотометрах с применением плоскопараллельных образцов стекла. Эта оценка имеет важное значение в производстве окрашенных стекол. Показатели пропускания (поглощения) в видимой области спектра важны для оценки цвета бытовых, сигнальных и других окрашенных стекол. Показатели пропускания (поглощения) в инфракрасной области спектра важны для варки стекла и формования изделий (теплопрозрачность стекол), а в ультрафиолетовой области спектра — для эксплуатационных свойств стекол (изделия из увиолевого стекла должны пропускать ультрафиолетовые лучи, а тарные стекла — задерживать их для сохранности содержимого тарных изделий).

При неравномерном охлаждении или нагревании в стекле возникают внутренние напряжения, вызывающие двойное лучепреломление. Стекло уподобляется двупреломляющему кристаллу, например, кварца, слюды, гипса и т.п. Луч, входящий в образец стекла, разлагается на два луча — обыкновенный и необыкновенный. Плоскости поляризации этих лучей взаимно перпендикулярны, а скорости распространения в стеклообразной среде различны. Двойное лучепреломление измеряется разностью хода обыкновенного и необыкновенного лучей (нм, на 1 см пути луча в стекле). Для контроля двойного лучепреломления в образцах любой формы наиболее удобны полярископы-поляриметры ПКС-250, ПКС-125. Принцип действия приборов основан на наблюдении двойного лучепреломления в исследуемом образце при интерференции лучей

Почему в домашнем интерьере мало применяется стекло? Наверное, потому, что еще сильно предубеждение, что оно не прочно и опасно своими острейшими осколками при разрушении. Но присмотритесь, сколько стеклянных изделий нас окружает и служит нам годами: зеркала в прихожей и ванной, окна, в серванте и книжном шкафу. Много ли из них у вас разбивалось и приносило неприятности? Думается, что нет, по крайней мере, ничуть не больше других предметов домашнего интерьера.

Более смело применяется стекло в офисных помещениях. Деловые люди давно оценили преимущество стекла перед другими материалами. Это его способность при перепланировке помещения не уменьшать количество света. Стекло не скрадывает объем, а зеркала делает его даже больше что придает интерьеру уют и солидность.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | Предел прочности | | | |
| ударная прочность | сжатие | растяжение | изгиб |
| Сталь | 200 МПа | 200 МПа | 200 МПа | 200 МПа |
| Стекло | 1500 МПа | 50 МПа | 20 МПа | 6 МПа |
| Стекло закаленное | 1100 МПа | 300 МПа | 200 МПа | 30 МПа |

Из этой таблицы видно, насколько разными характеристиками обладает стекло при различных нагрузках. Максимальную прочность стекло имеет при сжатии (в 7 раз прочнее стали!). Самое слабое место стекла - его невосприимчивость к ударам. Но эту характеристику можно улучшить в 5 раз закалкой. Повысить ударную прочность еще в несколько раз, склеивание стекла между собой. Получиться "триплекс". По такой технологии делается автомобильное стекло и бронестекло. Даже разрушившись, оно сохраняет свою несущую способность. Таким образом, можно компенсировать недостатки стекла и сделать его прочность подобным другим материалом.

Самое главное преимущество стекла перед другими материалами - это его прозрачность. Современная архитектура сейчас явно стремиться к максимуму естественного света и минимуму контрасту с окружающей природой. Единственный материал при этом можно использовать, это стекло. Потому и существует огромное количество его разновидностей. Стекло можно сделать цветным, навести на него рисунок, сделать солнцезащитным или энергосберегающим (при внешнем остеклении). При оформлении интерьеров можно использовать различную обработку стекла: полирование кромок, нанесение фацетов, тонирование, молирование (гибка стекла в термокамере), пескоструйную обработку и множество других операций. Любую идею дизайнера можно перенести на стекло.

Еще одно из важнейших свойств стекла - это его **экологичность**. Основой стекла является кремний. Его соединения, силикаты, распространены в природе в огромном количестве минералов. Ни сырье, ни сам продукт - стекло, не наносит природе ни какого вреда.

**Глава 2: Разработка и изготовление установки для проверки стекла на прогиб.**

* 1. **Описание установки для проверки стекла на прогиб.**

После изучения учебно-методической и научной литературы, а также после исследования способов крепления полок из стекла в корпусной мебели были выявлены 2 вида крепления: на 4 полкодержателя, на продольные рейки. Следовательно, при рассмотрении данных видов крепления были предложены 2 вида устройств, имитирующих эти крепления. Соответственно были разработаны 2 установки.

Первая установка состоит из платформы на подножках с двумя поперечными рейками, ширина которых соответствует ширине реек в корпусной мебели заводского производства.

Вторая установка состоит из платформы на подножках с четырьмя опорами, которые соответствуют полкодержателям в заводской корпусной мебели.

В ходе разработки были предложены три варианта изготовления установок:

1. Изготовление установки, в которой оба устройства последовательно сведены на одну платформу. Данный вариант предполагает громоздкую конструкцию, которая неудобна при транспортировке и размещению в лабораторном помещении.
2. Изготовление установок по отдельности. Данный вариант предполагает две компактные конструкции, которые могут использоваться как вместе, так и не зависимо друг от друга, однако данный вариант не предполагает комплексности исследования, что приводит к неполноте результатов.
3. Изготовление установки, в которой оба устройства установлены параллельно на одной платформе. Данный вариант предполагает достаточно компактную конструкцию, при использовании которой предполагается комплексное исследование.

В ходе анализа данных вариантов была выявлена наиболее удобная и практичная форма установки. Таковой является установка третьего варианта по причине ее компактности, удобстве в эксплуатации, а также возможности скрепления двух установок посредством стыкового соединения и фиксирования его общими подножками.

* 1. **Исследование различных видов стекла на прогиб.**

После изготовления установки были проведены исследования трех видов стекла на прогиб:

1. Стекло марки 4М4 производства объединения «Салават-стекло»;
2. Стекло марки 4М1 производства объединения «Салават-стекло»;
3. Стекло китайского производства.

Для проведения исследования были использованы образцы размера 100х300мм. Было использовано по три образца каждой марки стекла.

Для каждого из образцов были проведены исследования на двух установках, в ходе которых были получены следующие результаты:

**1.Стекло, помещенное на реечное крепление. Стекло марки 4М4**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вес | Прогиб при сосредоточенной нагрузке (мм) | Прогиб при распределенной нагрузке (мм) |
| 10Н | 0,5 | 0 |
| 15Н | 0,7 | 0,3 |
| 20Н | 1 | 0,6 |
| 25Н | 1,15 | 0,8 |
| 30Н | 1,2 | 0,9 |
| 35Н | 1,3 | 1 |
| 40Н | 1,5 | 1,1 |
| 45Н | 1,65 | 1,15 |
| 50Н | 2,0 | 1,2 |
| 55Н | 2,3 | 1,25 |
| 320Н | излом | --- |
| 425Н | --- | излом |

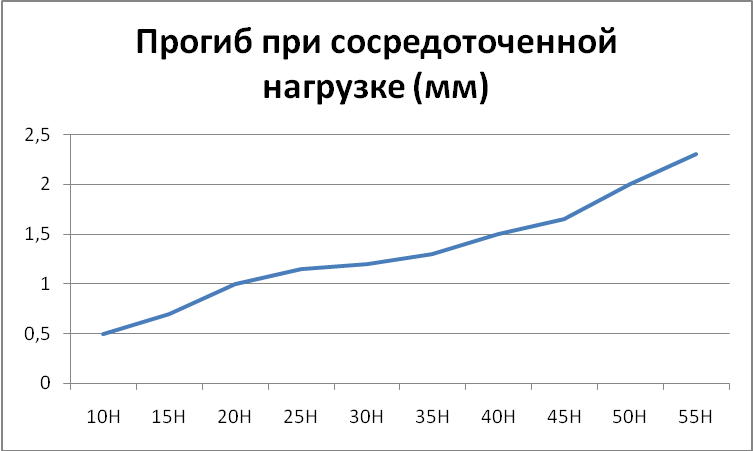
**Стекло марки 4М1**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вес | Прогиб при сосредоточенной нагрузке (мм) | Прогиб при распределенной нагрузке (мм) |
| 10Н | 0,25 | 0 |
| 15Н | 0,4 | 0,2 |
| 20Н | 0,6 | 0,4 |
| 25Н | 0,8 | 0,55 |
| 30Н | 1 | 0,7 |
| 35Н | 1,1 | 0,85 |
| 40Н | 1,25 | 0,95 |
| 45Н | 1,4 | 1 |
| 50Н | 1,6 | 1,05 |
| 55Н | 1,8 | 1,1 |
| 370Н | излом | --- |
| 450Н | --- | излом |

**Стекло китайского производства**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вес | Прогиб при сосредоточенной нагрузке (мм) | Прогиб при распределенной нагрузке (мм) |
| 10Н | 0,2 | 0 |
| 15Н | 0,35 | 0 |
| 20Н | 0,4 | 0,2 |
| 25Н | 0,5 | 0,35 |
| 30Н | 0,75 | 0,45 |
| 35Н | 0,9 | 0,6 |
| 40Н | 1,05 | 0,75 |
| 45Н | 1,15 | 0,8 |
| 50Н | 1,25 | 0,85 |
| 55Н | 1,5 | 0,9 |
| 250Н | излом | --- |
| 275Н | --- | излом |

**Стекло 4М4**



**Стекло 4М1**



**Стекло китайского производства**



**2.Стекло, помещенное на полкодержатели. Стекло 4М4**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вес | Прогиб при сосредоточенной нагрузке (мм) | Прогиб при распределенной нагрузке (мм) |
| 10Н | 0,3 | 0 |
| 15Н | 0,5 | 0,1 |
| 20Н | 0,7 | 0,5 |
| 25Н | 0,85 | 0,6 |
| 30Н | 0,95 | 0,7 |
| 35Н | 1 | 0,8 |
| 40Н | 1,15 | 0,9 |
| 45Н | 1,2 | 1 |
| 50Н | 1,4 | 1,1 |
| 55Н | 1,6 | 1,15 |
| 320Н | излом | --- |
| 425Н | --- | излом |

**Стекло 4М1**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вес | Прогиб при сосредоточенной нагрузке (мм) | Прогиб при распределенной нагрузке (мм) |
| 10Н | 0,2 | 0 |
| 15Н | 0,3 | 0,1 |
| 20Н | 0,55 | 0,2 |
| 25Н | 0,65 | 0,4 |
| 30Н | 0,75 | 0,55 |
| 35Н | 0,85 | 0,65 |
| 40Н | 1 | 0,8 |
| 45Н | 1,15 | 0,9 |
| 50Н | 1,25 | 1 |
| 55Н | 1,4 | 1,05 |
| 370Н | излом | --- |
| 450Н | --- | излом |

**Стекло китайского производства**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вес | Прогиб при сосредоточенной нагрузке (мм) | Прогиб при распределенной нагрузке (мм) |
| 10Н | 0 | 0 |
| 15Н | 0,2 | 0 |
| 20Н | 0,3 | 0,1 |
| 25Н | 0,4 | 0,2 |
| 30Н | 0,55 | 0,35 |
| 35Н | 0,7 | 0,45 |
| 40Н | 0,95 | 0,6 |
| 45Н | 1,1 | 0,7 |
| 50Н | 1,15 | 0,75 |
| 55Н | 1,6 | 0,8 |
| 250Н | излом | --- |
| 275Н | --- | излом |

**Стекло 4М4**



**Стекло 4М1**



**Стекло китайского производства**



* 1. **Выводы по исследованиям**.

После проведения экспериментов выяснилось, что крепление посредством полкодержателей гораздо удобнее и целесообразнее по причине того, что четыре полкодержателя выравнивают нагрузку и за счет неравномерного распределения нагрузки уменьшает провисание стеклянной полки. Реечное крепление распределяет нагрузку более ровно, однако это приводит к большему провисанию полки.

Опыты показали, что стекло марки 4М4 (являющееся наиболее распространенным в быту) выдерживает меньшие нагрузки нежели стекло марки 4М1, которое отличается лучшим качеством полировки и, следовательно, лучшим качеством стекла. Стекло китайского производства является наиболее твердым образцом, но и наиболее хрупким и непредсказуемым, оно показало наименьшие результаты провисания, но при проверке на излом выдержало наименьший вес. Стекла производства «Салават-стекло» показали себя как наиболее предсказуемые. При критических нагрузках легко угадывалось направление трещины, что не скажешь про стекло китайского производства, что свидетельствует о неравномерности структуры и низком качестве продукции.

**Заключение.**

Для того чтобы выполнить курсовой проект была изучена история возникновения стеклоделия в России и за рубежом, принципы, на которых оно построено, изучены технологии изготовления стекла, его виды и свойства. Основная работа была направлена именно на изучение свойств стекла, потому что различные марки стекла обладают настолько непохожими свойствами, что не зная марки невозможно предугадать реакцию стекла на то или иное воздействие.

Актуальность данной темы заключалась в возможности применения обычного четырех миллиметрового стекла при производстве полок для корпусной мебели в домашних условиях.

Объектом работы являлось изучение стекольной промышленности с использованием учебно-методической и научной литературы.

Предметом работы являлось проектирование установки, с помощью которой будет измерен прогиб стекла.

Целью работы являлось изготовление установки статической нагрузки стекла.

Задачами данной работы являлись:

1. изучение историю развития стеклоделия в России и мире.
2. изучение разновидности стекла.
3. изучение технологии изготовления различных видов стекла.
4. изучение различные свойства и характеристики стекла.
5. разработка и изготовление установки проверки прочности стекла на прогиб.

Методы работы для выполнения поставленных задач:

1. анализ научно-методической литературы по стеклоделию, химии, сопротивления материалов.
2. применение логических приемов сравнения, анализа, синтеза, абстрагирования и обобщения для построения дедуктивных и индуктивных умозаключений, представленных в изложении данной работы.

Гипотеза данной работы: возможность применения четырех миллиметрового стекла при изготовлении полок для корпусной мебели в домашних условиях.

Новизна данной темы заключалась в том, что она освещает возможности применения оконного стекла не только по прямому назначению, но и в домашних условиях при изготовлении корпусной мебели.

Список литературы:

1. Пожидаева С. П. «Курсовые и выпускные квалификационные работы на факультете технологии и предпринимательства» (методические рекомендации). - Бирск: БирГСПА, 2006
2. Гутнов А. Э. «Мир архитектуры: язык архитектуры».- М.: Мол. Гвардия, 1985
3. «Курсовые и дипломные работы: от выбора темы до защиты»: Справочное пособие/ авт.-сост. Кузнецов И. Н.- Мн.: «Мисанта», 2003
4. Зильберглейт М. А., Петрова Л. И. «Методика и техника подготовки курсовых работ».- УП «Беларусская наука», 2003
5. Безрукова В. С. «Как написать реферат, курсовую, диплом».-СПб.: Питер, 2004
6. Зеркальный мир.  Гильде В. - М.:  Мир, 1982. с. 28.
7. http://vitrag.vsco.ru/techno.php
8. журнал "Формула строительства" февраль 2007
9. Ф.А. Брокгауз, И.А. Ефрон «Энциклопедический словарь», Изд. "Русское слово", 1996 г., OCR Палек, 1998 г.
10. Арзамасов Б.Н., Сидорин И.И., Косолапов Г.Ф. и др. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений. – М.: Машиностроение, 1986.
11. Дальский А.М., Барсукова Т.М., и др. Технология конструкционных материалов: Учебник для студ. машиностроительных специальностей, вузов. – 5-е изд., исправленное. – М.: Машиностроение, 2004