

УДК 666.1.03

ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СТЕКЛА

Шакиров А.А., Тлехусеж М.А.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар,
e-mail: sashahfhfgk@gmail.com

В данной статье излагаются все стадии производства стекла и таких его разновидностей, как стекловолокно, зеркало, пеностекло, страз, пирекс и др., а также рассказывается о применении стекла в различных областях промышленности и быта. Описываются каждый компонент для стекловарения такие как: оксид калия, карбонат калия, оксид свинца, борная кислота (используется только для придания блеска стеклу), сульфата натрия, карбонат кальция, оксид кальция и способы их получения. Уделено внимание истории возникновения стекла и открытию первого стекольного завода в России. И наконец, дана оценка тенденции развития стекольной промышленности в современной России. На основе данной статьи можно сделать вывод о том, что стекло является не заменимым материалом в нашем быту и в сфере строительства и производства. А также, что производителям стекла следует обратить внимание на то, что технологический процесс изготовления стекла не только требует большого количества энергии, но и вредит окружающей среде, в связи с этим им следует чаще прибегать к методу выработки стекла на основе вторичного сырья.

Ключевые слова: стекло, зеркала, пирекс, пеностекло

CHEMICAL PROCESSES IN THE MANUFACTURE OF GLASS

Shakirov A.A., Tlekhusezh M.A.

Kubansky State Technological University, Krasnodar, e-mail: sashahfhfgk@gmail.com

This article describes all the stages of production of glass and its varieties such as fiberglass, mirror, foam glass, rhinestones, Pyrex, etc., and also describes the use of glass in various fields of industry and life. Describes each component for glassmaking such as: potassium oxide, potassium carbonate, lead oxide, boric acid (used only to brighten the glass), sodium sulfate, calcium carbonate, calcium oxide and ways to obtain them. Attention is paid to the history of glass and the opening of the first glass factory in Russia. Finally, the article assesses the trends in the development of the glass industry in modern Russia. On the basis of this article we can conclude that the glass is not interchangeable material in our everyday life and in the field of construction and production. And also that glass manufacturers should pay attention to the fact that the technological process of making glass not only requires a large amount of energy, but also harms the environment, in this regard, they should often resort to the method of producing glass based on recycled materials.

Keywords: glass, mirrors, pyrex, foam glass

Стекло является одним из наиболее часто используемых материалов. Первое место по масштабам применения занимает строительство, где стекло используют для остекления различных проемов, в ограждающих конструкциях, в отделке и декорировании зданий, теплоизоляции и других областях. Помимо этого, в строительстве широко применяется стекловолокно – продукт, получаемый из стекла и обладающий необычными свойствами. Стекловолокно очень прочное, пластичное в охлажденном виде и способно гнуться [1].

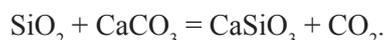
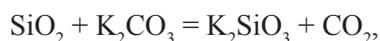
В строительстве находит применение силикатное стекло, получаемое из доступного сырья: кварцевого песка, соды, мела и других составляющих. Силикаты натрия и калия – единственные соли кремниевой кислоты, растворяющиеся в воде, но и они теряют эту способность, если их сплавить с другими кремниевыми солями. Например, при сплавлении кварцевого песка (представляющего собой диоксид кремния SiO_2) с оксидом калия и оксидом кальция получается нерастворимая в воде масса, называемая стеклом [2]. Стекло представляет собой

переохлажденную жидкость, не успевшую перейти в кристаллическое состояние при остывании.

К применению стекла для оконных рам мы настолько привыкли, что этот материал кажется нам здесь совершенно незаменимым. Но на самом деле оконные стекла вследствие высокой цены входили в употребление постепенно. Различные находки при раскопках показывают, что стекло известно с древнейших времен, и люди давно уже научились получать высокие температуры, необходимые для сплавления применяемых в стеклоделии сырых материалов. Однако такое стекло не обладало главным признаком – прозрачностью [3]. В древности стекло было очень дорогим. Ни в одном древнегреческом или древнеримском доме не было оконных стекол. В то время, как в зданиях церковей стекла появились уже в X в., в богатых частных домах они стали входить в употребление лишь в XIV в. Но прошло еще несколько столетий, прежде чем они окончательно вытеснили натянутый животный пузырь, промасленную бумагу и оконные ставни.

Наиболее знаменитые стекольные заводы средних веков находились в Мурано, близ Венеции (Италия). В настоящее время стекло изготавливается почти в каждой стране. Производство стекла в промышленных масштабах в России началось в XVII веке. Самый первый завод по производству стекла был открыт в 1638 году вблизи города Воскресенск [4].

Издавна для изготовления стекла сплавляли песок с поташом (K_2CO_3) и мелом (карбонатом кальция $CaCO_3$). При высокой температуре стекольноплавильной печи диоксид кремния вытесняет из солей диоксид углерода, который улетучивается в виде углекислого газа [1]. Оставшийся сплав, состоящий из силикатов калия и кальция, после охлаждения и представляет собой стекло:



Чем чище эти материалы, тем более они пригодны для стеклоделия. Особенно нежелательно заметное содержание в песке оксидов железа, так как силикат железа, образующийся в этом случае при варке стекла, окрашивает его в очень темный цвет. Именно оксиды железа и являются причиной темной окраски дешевых стекол (например, стекла, из которого изготавливаются винные бутылки). В прежние времена были зеленватыми и все оконные стекла, так как совершенно свободный от содержания железа песок встречается редко, а во многих местностях его и вовсе нет.

Однако, вовсе не обязательно брать для получения стекла именно песок, поташ и мел. В разных сортах изготавливаемых теперь стекол то одна, то другая составная часть целиком или частично заменена другой кислотой или основанием в зависимости от целей стекловарения. Лишь в очень редких случаях частично заменяют кремнезем гораздо более дорогой борной кислотой. Она сообщает стеклу сильный блеск и делает его, кроме того, особенно пригодным для некоторых оптических целей. Так как каждое стекло должно содержать калий или натрий, а в прежние времена доступен был только калий – в форме поташа, то тогда и умели готовить лишь калиевые стекла. Потребность в поташе была одной из причин того, что в Германии стекольные заводы строили обычно в лесистых местностях. Леса доставляли необходимое топливо для стекловарных печей, а получавшаяся в последних зола служила в то же время для приготовления поташа.

На смену поташу пришла потом сода. Но заводской процесс производства соды

дал и другой еще более дешевый материал для стеклоделия. В содовом производстве по способу Леблана первой стадией процесса было получение сульфата натрия из поваренной соли. Этот сульфат и применяется в стеклоделии вместо соды. Его не нужно для этой цели предварительно подвергать дорогой переработке в соду – достаточно лишь прибавить угля к шихте (т.е. к массе, предназначенной для плавки). При этом из сульфата натрия и песка тоже образуется соль кремниевой кислоты. Химический процесс основан на том, что оксид натрия связывается с кремнеземом, а уголь в то же время действует на другую составную часть сульфата – серный ангидрид. При высокой температуре плавки уголь сгорает за счёт части кислорода серного ангидрида в углекислый газ, который улетучивается. Вот почему, несмотря на применение для плавления стекла сульфата натрия, в готовых стеклах почти не содержится этой соли.

Карбонат кальция применяется в стеклоделии большей частью в виде мела, т.к. последний, если он совершенно чист, представляет собой почти химически чистую соль карбонат кальция $CaCO_3$. Мел можно легко очистить от нежелательных примесей, в нем почти или совсем нет железа.

Вместо оксида кальция в стеклоделии можно применить целый ряд других основных оксидов. Особенно часто применяется здесь оксид свинца. Наконец, на стекольных заводах переплавляют и стекольный бой, для чего последний обычно привозят на заводы в огромных количествах.

Сырые материалы после тщательного смешивания с помощью машин плавят в больших ваннах печей. От плавильных печей требуется высокая температура при возможно меньшем расходе топлива. Поэтому в настоящее время на стекольных заводах применяют генераторы различных систем.

Когда плавление окончено, стеклодуб берет небольшое количество стекломассы на конец выдувной трубки и выдуванием придает расплавленному стеклу всевозможные формы.

Открытием, имеющим большое значение и сделанным уже в XVII веке, была отливка стекла. При этом расплавленное стекло выливается на достаточно большие металлические столы, снабженные по краям бортами. Те большие и толстые зеркальные стекла, за которыми помещаются витрины магазинов, приготовлены шлифовкой стеклянных пластин, полученных отливкой. Такие пластины можно отливать любой толщины, что позволяет применять их для верхнего света, например, в потолок

ках верхних этажей. Само собой разумеется, что шлифовать пластины для подобных целей не нужно. Стекланные пластины служат также для приготовления стекланных зеркал – еще одного предмета, без которого сложно представить нашу жизнь. Они давно уже вытеснили металлические, бывшие в употреблении в прежние времена. В качестве металлических зеркал пользовались хорошо отполированными серебряными листами, а также пластинами, отлитыми из очень белого сплава меди (две части) и олова (одна часть). Но такие зеркала были очень неудобными из-за большой чувствительности металлов к внешним влияниям (особенно серебра, которое легко чернеет). Совсем иначе обстоит дело в это отношении стекланных зеркал, у которых отражающая поверхность защищена стеклом.

Чтобы превратить стеклannую пластину в зеркало, одну ее сторону покрывают листом оловянной фольги и обливают затем ртутью. Образуется сплав олова с ртутью, так называемая амальгама, которая, во-первых, превосходно отражает свет и, во-вторых, прочно держится на стекле. Постепенно увеличивая наклон пластины, сначала лежавшей горизонтально, дают стечь излишку ртути. На это требуется около четырех недель, после чего зеркало готово. По своим качествам подобные зеркала почти не оставляют желать ничего лучшего, но их изготовление чрезвычайно опасно для занятых на производстве рабочих вследствие возможного отравления парами ртути. Ртуть, как и вода, понемногу испаряется уже при комнатной температуре, хотя и гораздо медленнее, чем вода.

В описанном способе производства зеркал в качестве отражающей поверхности применяют оловянную амальгаму. Но давно уже существует другой способ, при котором вместо амальгамы осаждают на стекле серебро, образующее отражающую поверхность. Этот способ основан на возможности получать такие растворы соединений серебра, из которых с помощью определенных веществ очень легко осаждается металлическое серебро. Выбирая подходящие средства, можно добиться того, что серебро не будет осаждаться быстро в виде порошка, а станет выделяться постепенно, покрывая стенки сосуда, в котором находится раствор, великолепным зеркальным налетом. Чтобы посеребрить по этому способу одну сторону стеклannой пластины, ее обливают соответствующей смесью. Через некоторое время стекло оказывается посеребренным. И так как серебро является самым белым металлом, то приготовленные с его помощью зеркала превосходят по своим качествам

все прежние. Зеркало с амальгамой, повешенное рядом с посеребренным, кажется по сравнению с последним более темным. Производство подобных зеркал вследствие отсутствия ртутных паров вполне безопасно для занятых в нем рабочих, сами зеркала, несмотря на применение серебра, обходятся недорого, так как на один квадратный метр зеркальной поверхности тратится при это всего около 2,5 грамм металла.

Калиевые стекла гораздо более тугоплавки, чем натриевые, почему стеклannая посуда для химическх и физическх лабораторий изготавливаются преимущественно из калиевых стекол. Особенно велики успехи новейшего времени в изготовлении такой химическх стеклannой посуды, которая предназначена для сильного нагревания. Стекланные сосуды, предназначенные для сильного нагревания, должны быть очень тонкими, чтобы они прогревались быстро и равномерно. Несмотря на это, при умелом обращении они вовсе не так часто бьются или трескаются, как это можно было ожидать.

С 1895 года стали выделять такие стекланные сосуды, которые можно опускать с содержащимися в них жидкостями, нагретыми до 180 – 200 градусов, прямо в холодную воду, и стекло при этом не трескается. Подобное достижение техники стеклоделия раньше считалось едва ли возможным. Однако и это достижение было оставлено далеко позади, когда удалось расплавить в электрической печи кварц в достаточную подвижную жидкость, из которой можно вырабатывать изделия, как из стекла.

Расплавленный кварц собственно не является стеклом в том смысле, как описано выше, но по внешности сосуды из «кварцевого стекла» совершенно ничем не отличаются от обыкновенных стекланных. Вследствие сложности изготовления, кварцевые изделия обходятся очень дорого. Они совсем не чувствительны к резким температурным колебаниям. Сосуд из кварцевого стекла можно раскалить и потом сразу погрузить в холодную воду без всякого для него вреда. В СССР была проведена большая работа в области овладения техникой производства и обработки плавленого кварца, и в 1934 году открылся первый в стране цех кварцевого стекла в Ленинградском фарфоровом заводе имени Ломоносова. В 1922 году в Европе появился еще один новый сорт стекла, изобретенный в Америке, – «пайрекс», или, правильнее, «пирекс». Пирекс также состоит на 80% из кварца, который сплавлен здесь с борной кислотой, оксидом алюминия и оксидом натрия. Кроме того, в состав пирекса входят небольшие

количества оксидов кальция, калия, мышьяка и магния. Изделия из пирекса тоже отличаются удивительной нечувствительностью к жару и, кроме того, настолько прочны, что не разбиваются при падении на пол. Этими свойствами объясняется очень хороший сбыт, которым пользуются сделанные из пирекса кастрюли, сковородки и т. п. Для химических целей пирекс не применяется, так как он отличается большей растворимостью сравнительно с иенским стеклом (особый сорт химически стойкого калиевого стекла, вырабатываемый в Германии).

Удачным изобретением является пеностекло. Оно обладает отличными тепло- и звукоизолирующими свойствами, вследствие чего, пеностекло используется как долговечный изоляционный материал для всех видов сооружений [5].

Легкоплавкие стекла изготавливаются заменой большей части оксида кальция оксидом свинца. Такое стекло прекрасно поддается обработке. Из него делают прессованием те широко распространенные, часто не особенно изящно украшенные, тарелки, блюда и столовые сервизы, которые должны имитировать «хрусталь». Конечно, прессованные стекла никогда не будут иметь острых граней шлифованных изделий, но зато и цена их не высока сравнительно с ценой дорогих предметов, сделанных из шлифованного стекла.

Если совсем отказаться от кальция и взять для выплавки стекла только кремнезем, поташ и оксид свинца, то получится так называемый «страз». Этот сорт стекла обладает настолько сильным блеском, что, добавляя к стекломассе соответствующие красящие вещества, из нее можно делать искусственные драгоценные камни. Хоро-

шо отшлифованные и отполированные, они так похожи на алмазы или на цветные драгоценные камни, что отличить их друг от друга только по внешнему виду невозможно. Однако при частом употреблении «стразы» быстро покрываются царапинами, так как свинцовое стекло отличается большой мягкостью, в то время как настоящие драгоценные камни чрезвычайно тверды.

Существует множество разновидностей стекла, различающихся физическими свойствами, способом производства и ценой. Прозрачность и возможность окраски стекла в любые цвета, химическая стойкость, высокая прочность и твердость, электроизоляционные и другие ценные свойства делают стекло незаменимым строительным материалом. Однако, в процессе стекловарения расходуется очень много энергии. К тому же технологический процесс производства стекла сопровождается вредными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу [2]. Поэтому выработка стекла на основе вторичного сырья является актуальной задачей.

Список литературы

1. Карякина Е.Ю. Материал-технология-форма как универсальная триада в дизайне, архитектуре, изобразительном и декоративном искусстве. М.: Московская государственная художественно-промышленная академия им. С. Г. Строганова, 2018. 187 с.
2. Попов К.Н., Каддо М.Б. Строительные материалы: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования. М.: Студент, 2012. 440 с.
3. Кутолин С.А. Физическая химия цветного стекла. М.: Стройиздат, 1998. 296 с.
4. Миккульский В.Г. Строительные материалы (Материаловедение. Строительные материалы). Учеб. издание. М.: Ассоциации строительных вузов, 2004. 536 с.
5. Самойленко В.В., Углова Т.К., Татаринцева О.С. Влияние дисперсности стекольной шихты на структуру и свойства пеностекла // Стекло и керамика. 2014. № 6. С. 3.