

И. И. Китайгородский

Технология стекла

Том 1

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 66.0
ББК 35
И11

И11 **И. И. Китайгородский**
Технология стекла: Том 1 / И. И. Китайгородский – М.: Книга по Требованию,
2021. – 612 с.

ISBN 978-5-458-74405-8

ISBN 978-5-458-74405-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

Социализм, победивший в нашей стране, открыл необъятные перспективы для развития подлинной передовой науки.

В Кремле на приеме работников высшей школы 17 мая 1938 г. товарищ Сталин в своей исторической речи говорил о процветании

... науки, которая не отгораживается от народа, не держит себя вдали от народа, а готова служить народу, готова передать народу все завоевания науки, которая обслуживает народ не по принуждению, а добровольно, с охотой¹.

Общее развитие науки и техники в СССР находит особенно яркое отражение в стекольной промышленности, которая до последних двух-трех десятилетий была одной из самых кустарных и отсталых отраслей промышленности.

В области выработки изделий последние два десятилетия ознаменовались победным шествием механизации процессов. Ручное производство стеклянных изделий, которое веками создавалось каторжным трудом стеклодувов, почти полностью заменено машинным.

Уже сейчас на заводах машины-автоматы прессуют, выдувают, вытягивают, прокатывают, льют стекломассу, превращая ее в прессованные, полые, плоские, тонкие и толстые стеклянные изделия. Механизированные методы изготовления стекла позволяют получить изделия толщиной около 1 м (калифорнийское зеркало) и в 2—3 м (стеклянное волокно), стеклотару вместимостью от грамма до нескольких килограммов, стеклянные изделия размерами от 5 м до нескольких миллиметров.

Механизация выработки и обработки резко подняла производительность заводов. Так, например, одна машина Корнинга № 399, дающая в сутки свыше 500 000 колб для электроламп, заменяет труд 1500—2000 рабочих, из которых половина квалифицированных.

Конвейерные автоматы, установленные на передовых заводах, шлифуют и полируют миллионы квадратных метров зеркаль-

¹ Речь товарища Сталина на приеме в Кремле работников высшей школы 17 мая 1938 г. („Правда“ № 136 от 19 мая 1938 г.).

ного стекла. Каждый такой конвейер заменяет тысячи рабочих рук.

Автоматы для выработки и обработки стекла представляют собой весьма сложные, остроумно сконструированные, совершенные машины, для управления которыми требуются основательно подготовленные, квалифицированные рабочие и инженеры.

Автоматика за последние годы начинает находить большое применение на стекольных заводах при изготовлении шихты, при управлении стекловаренными, обжигательными и отжигательными печами, при работе автоматов и контроле продукции.

Нет сомнения, что в самые ближайшие годы все сложные процессы стекольной технологии будут не только механизированы, но и автоматизированы.

Энерговооруженность стекольных заводов за последние годы выросла настолько, что современный стекольный завод совершенно вытеснил из памяти старые стекольные фабрики с их ручным трудом.

Исследования по стеклу, развернувшиеся широким фронтом в лабораториях институтов, высших учебных заведений и заводов, накопили большой материал для разработки составов новых стекол со специфическими, заранее заданными свойствами. Как установлено сейчас большим числом исследований, не только химический состав, но и последующая термическая, химическая и другая обработка изменяют свойства стекла. На новой химической и физической базе удалось за последние годы создать новые типы стекол, до сих пор неизвестные, как, например, стекла с высокой химической устойчивостью и термической прочностью, водомерные стекла и дюрансы, выдерживающие 120—150 атм. давления, стекла с высокой механической прочностью — „сталинит“, „секюрит“, стекла-фильтры прозрачные и непрозрачные для определенных видимых и невидимых частей спектра.

Развитие железнодорожного транспорта и его автоблокировка привели к организации производства стекол бесцветных и цветных для сигнализации (френелевская оптика). Развитие автомобильного транспорта предопределило организацию производства бесколочного стекла „триплекс“, закаленных стекол и специальных сигнальных стекол. Развитие авиации поставило цель перед стекольной промышленностью — разработать методы получения сверхпрочных и устойчивых в условиях работы на больших высотах при низких температурах защитных стекол.

Особые требования предъявила оборонная промышленность к производству оптических и механически прочных стекол. Ассортимент таких стекол неуклонно растет с ростом военной техники.

Радиосвязь, телемеханика и автоматизация ряда процессов тесно связаны с приборами, для изготовления которых тре-

буются специальные стекла, обладающие высокой температурой размягчения, значительной термической устойчивостью.

Кварцевое стекло, которое еще не так давно было пределом совершенства и изготовлялось в небольших масштабах, широко вошло сейчас в практику, и, мало того, в настоящее время уже производятся стекла типа Руффа, температура размягчения которых около 2000°. Варка таких стекол требует еще более высокой температуры, чем варка кварцевого стекла.

В области стекловарения мы также имеем за последние годы заметные сдвиги. Помимо усовершенствования газовых стекловаренных печей, для варки стекла начинают применять электрические печи, к. п. д. которых в 2,5—3 раза выше, чему газовых печей.

Высокие температуры в сочетании с высокоогнеупорным материалом позволяют в значительной мере интенсифицировать процесс варки стекла и увеличивать производительность печей. Этот прогресс в технике стекловарения должен значительно снизить удельный расход топлива, повысить к. п. д. и одновременно улучшить качество провариваемой стекло-массы.

На помощь теплотехнике приходит и новое учение о скорости стеклообразования в зависимости от реактивной поверхности действующих масс, т. е. в зависимости от гранулометрического состава компонентов шихты. Освоение в стекольной промышленности пылевидной шихты позволит вскрыть огромные резервы, которые таят наши ванны стекловаренные печи.

Даже такой беглый обзор состояния техники в стекольной промышленности говорит о том, что подготовка кадров для стекольной промышленности должна быть соответственно перестроена.

Это имеет особо важное значение в условиях выполнения третьей сталинской пятилетки. В решениях XVIII съезда ВКП(б) поставлена огромной важности задача—улучшение всей организации и технологии производства, широкое внедрение новейших достижений науки и изобретений в производство.

Осуществление мероприятий по автоматизации производства и технического контроля за технологическими процессами, рост потребности в изделиях стекольной промышленности для производственных целей, наконец необходимость удовлетворения все возрастающего спроса населения СССР на высококачественные и разнообразные изделия из стекла для бытовых нужд,—все это неизмеримо повышает требования к технике стекольной промышленности и ее кадрам.

Перед высшей школой стоит задача создать такие кадры, которые могли бы полностью овладеть руководством нашей промышленностью.

Товарищ Молотов на первом Всесоюзном совещании работников высшей школы 15 мая 1938 г. отмечал, что среди всех

недостатков высшей школы главным в настоящее время является недостаток хороших учебников.

Товарищ Молотов сказал:

„Нам нужен учебник, отвечающий современным требованиям. Он должен быть на уровне современной науки и вполне доступен учащимся по своему языку. Он должен дать необходимый объем знаний и вместе с тем подготавливать учащегося к его будущей практической деятельности. Он должен широко использовать прежние наши учебники и иностранные учебники, где очень много ценного для учебы, и вместе с тем он должен в необходимой мере отвечать задачам идейно-политического воспитания молодежи“ („Правда“ № 137 от 20 мая 1938 г.).

Исходя из задач, четко поставленных товарищем Сталиным и товарищем Молотовым, коллектив сотрудников Московского химико-технологического института им. Менделеева (МХТИ) и коллектив сотрудников Ленинградского химико-технологического института ордена Трудового Красного Знамени им. Ленсовета (ЛХТИ) взяли на себя обязательство создать учебник по технологии стекла для студентов вузов.

Учебник выпускается в двух томах. Первый—„Технология стекломассы“ посвящен теории и практике получения стекломассы независимо от того, какие изделия будут из нее изготовляться. Второй—„Технология стеклоизделий“—посвящен теории и практике выработки и обработки стеклянных изделий.

Такое распределение материала позволило привлечь для написания отдельных глав наиболее компетентных в данной области специалистов, в большинстве случаев работающих или принимающих деятельное участие в развитии данного раздела технологии.

Особо приятно отметить участие в составлении учебника наряду со старыми специалистами молодых аспирантов В. Г. Гутота, Ф. Г. Солинова (МХТИ), В. Г. Чистосердова и Б. А. Шапиро (ЛХТИ).

Создание коллективного труда, по нашему мнению, является заслуживающим особого внимания, ибо он гарантирует выполнение первой нашей задачи—отразить в книге всю последнюю новейшую технику.

Для повышения качества подготовки будущих инженеров одной описательной части технологических процессов недостаточно. Поэтому в учебнике нашли отражение последние исследования по физико-химии и строению стекла, по теории процессов стеклообразования и дегазации, по коррозии и эрозии стеклоприпаса, по механической и термической обработке стекла и т. д.

Чтобы не перегружать студентов обилием исследовательских работ, проведенных за последние 10—20 лет, в книге

приведены лишь классические и те, которые за последнее время по-новому стали освещать отдельные моменты стекольной технологии. Не во всех случаях мы придерживались хронологического порядка изложения работ. То, что является обязательным для монографии, не всегда удобно с методической точки зрения для учебника. В последнем важна логическая последовательность построения материала, важно показать студенту динамику и направление развития данного вопроса.

Мы стремились в данном учебнике в максимальной степени связать теорию с практикой и одновременно материал учебника формулировать в самой конкретной форме, не упуская никаких деталей, которые важны для развития стекольной технологии и для интенсификации процессов варки стекломассы и изготовления изделий.

Поэтому вопросы, касающиеся улучшения качества стекла и повышения производительности отдельных агрегатов и завода в целом, разобраны с возможной полнотой. К таким вопросам относятся: обогащение сырья, условия шихтования и питания печей шихтой, обесцвечивание стекломассы, условия наилучшего провара, определение пороков стекломассы, условия службы печей и повышения их к. п. д., условия выработки изделий, стахановские методы работы в стекольной промышленности.

Подробно нами дана глава по дипломному проектированию.

Чтобы аккумулировать в учебнике весь опыт, накопленный в нашем Союзе по стекольной технологии, и передать его в проверенном виде новым молодым кадрам, отдельные главы посылались на рецензии лучшим специалистам нашего Союза.

Помимо того, главы, излагающие производство отдельных видов стеклянных изделий, посылались на рецензию нашим крупнейшим стекольным заводам. Нам важно было сверить все указываемые в учебнике приемы и нормы с практикой наших самых передовых заводов.

К сожалению, ограниченность времени помешала нам, как это предполагалось, послать рукописи отдельных глав по нескольким заводам. Было бы весьма ценным для учебника собрать опыт нескольких крупных заводов одной специальности. Этот пробел необходимо будет восполнить при втором издании учебника.

Мы должны отметить с большой благодарностью помощь, оказанную нам рецензиями, замечаниями и советами заводами „Лензос“, „Красный гигант“, „Автостекло“, „Белый Бычок“, а также нашими крупными специалистами—теоретиками и практиками—акад. И. В. Гребенщиковым, чл. корресп. А. А. Лебедевым, д-ром техн. наук проф. Г. Ю. Жуковским, проф. Л. А. Гезбургом, инж. А. Е. Котляром, инж. И. Е. Гурфинкелем,

инж. Н. Н. Кулешевым, инж. В. Н. Зиминым, инж. И. В. Гавриловым, научными сотрудниками ГОИ Стожаровым и инж. Прок.

В рецензиях и читке материалов приняли участие и соавторы. Особо помогли в этом отношении инж. М. Л. Кивелиович, доц. Г. А. Рудин и инж. И. А. Смирнова.

Огромный материал, содержащийся в рецензиях, сам по себе представляет большой интерес, показывающий, как, по мнению лучших наших представителей науки и техники в стекольной промышленности, следует построить стабильный учебник для высшей школы. Это представляет интерес не только для нашего учебника по стекольной технологии, но и для смежных технологий.

Из-за ограниченного листажа в данном учебнике отсутствуют главы по химическому контролю в стекольной промышленности, но учебное пособие по этому вопросу имеется в печати.

К недочетам надо отнести отсутствие специальной главы „Стекло как строительный и декоративный материал“. Отсутствие времени и достаточного опыта в этой отрасли стекольной промышленности не позволили этого сделать. Вкратце об этом изложено в главе „Технические стекла“.

В заключение мы обращаемся к заводским инженерным силам, к товарищам по работе и к читателям с просьбой указать наши пробелы и ошибки, допущенные при выпуске в свет первого стабильного учебника по стекольной технологии для вузов. Мы постараемся все деловые советы, замечания и пожелания учесть при втором издании учебника.

*Доктор технических наук
проф. И. И. Китайгородский*

Первоначально варка стекла велась на открытых кострах, в небольших керамических чашах (диаметром около 25 см) и проводилась в два приема. Сначала шихта нагревалась до спекания—фриттовалась, и готовая фритта, растрескавшаяся при охлаждении на отдельные куски, подвергалась сортировке. Отобранные вручную куски хорошо проваренной фритты затем вторично переплавлялись в пригодную для выработки стекломассу. Позднее появились специальные печи для варки стекла, которые просуществовали с незначительными изменениями почти до конца средних веков. Подробное описание этих печей нам оставили средневековые писатели Феофил и Гераклий. На рис. 2 представлены план и разрез печи, описанной Феофилом. Здесь заднее отделение предназначено для фриттования, а переднее—для варки и выработки стекла. Дрова сжигались непосредственно на поду, в нижнем отделении печи.

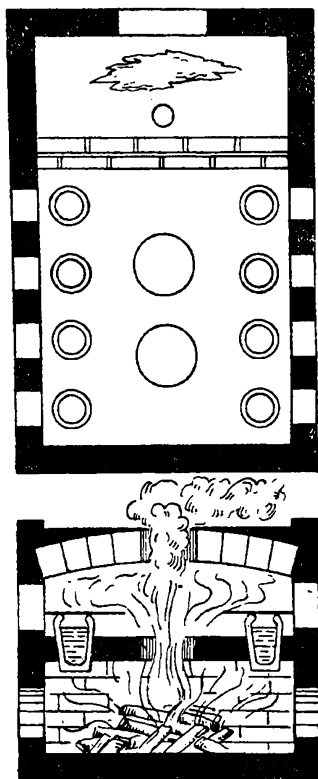


Рис. 2. План и поперечный разрез стекловаренной печи, описанной Феофилом

Оформление стеклянных изделий в древнейшие времена в Египте производилось очень своеобразной техникой пластического формования горячей вязкой стекломассы. Очень рано стало известно также прессование стекла. Прекрасные образцы прессованных стеклянных скарабеев (египетские священные жуки) можно видеть в Музее изящных искусств им. А. С. Пушкина в Москве. Значительно позднее была открыта техника выдувания стекла, о времени возникновения которой существуют большие разногласия. Одни ученые утверждают, что стеклодувная трубка была известна уже в эпоху XVIII династии, в то время как другие относят ее открытие только к концу I века до н. э. Римляне умели уже шлифовать и полировать стекло.

Ассортимент античных стеклянных изделий был весьма разнообразен. В него входили всевозможные сосуды, кувшины, вазы, бутылки для вина, чаши, стаканы, бусы и различные предметы декоративного назначения, часто большой художественной ценности. Такова, например, знаменитая так называемая „портландская“ ваза (рис. 3) из синего стекла с белыми рельефными человеческими фигурами, относящаяся к III в. н. э.

При раскопках в Помпее были найдены стеклянная мозаика и оконное стекло, которое в то время приготавливалось не выдуванием, а отливкой.

Древние стеклянные изделия были обычно окрашены и составляли предмет роскоши, доступной только состоятельным классам населения. Особенно дорого ценились изделия из бесцветного стекла. Так известно, что римский император Нерон (37—68 гг. н. э.) заплатил за две чаши из бесцветного стекла около 1000 руб. золотом на наши деньги.

С падением Западной римской империи (476 г.) и возникновением на ее развалинах варварских германских государств стеклоделие в Западной Европе стало быстро падать, и центр стекольной промышленности переместился в новую столицу мира—Константинополь.

Основав новую столицу в Византии, римский император Константин очень заботился об ее украшении и переселил туда из Рима ряд ремесленников и художников, привлекая их различными льготами. Так, многие категории ремесленников, в том числе стеклоделы, зеркальщики и мозанчисты, были освобождены от податей.

К концу V в. Константинополь уже приобрел первенствующее положение в области производства стекла и сохранил его на протяжении многих веков. Византийцы специализировались, главным образом, на выработке художественных изделий и цветного стекла. Особенно же широкую известность приобрела византийская цветная мозаика, которой были украшены многочисленные церкви Греции и Италии. Средневековые писатели даже называли мозаику просто „греческим стеклом“.

В 697 г. возникла Венеция, и сразу же в ней появились стекольные мастерские. Стеклоделие в Венеции стало быстро развиваться, и в IX в. Венеция уже начала конкурировать с Константинополем, вытесняя византийское стекло с местного рынка. К этому времени относится ряд церквей в самой Венеции и в северной Италии, украшенных стеклянной мозаикой и цветными витражами венецианской работы. От XI в. до нас дошли имена ряда венецианских мастеров, прославившихся изготовлением стеклянных сосудов. Особенно сильный толчок к дальнейшему развитию венецианское стеклоделие получило в 1204 г., после взятия Константинополя крестоносцами,



Рис. 3. Портландская ваза

в числе которых были и венецианцы. Насильственное переселение ряда константинопольских стеклоделов в Венецию усилило ее собственное производство и ослабило конкурента. Венеция становится мировым центром стеклоделия и сохраняет это значение до XVI—XVII вв.

Будучи сильнейшей морской державой Средиземного моря, Венеция вела обширную торговлю со странами Востока и Запада, очень видную статью которой составляло стекло.



Рис. 4. Венецианский сосуд филигранной работы XVI в.

Венецианские стеклянные изделия отличались необыкновенным разнообразием и большой художественной ценностью. Основной специальностью венецианских стеклоделов было изготовление различных декоративных предметов из цветного стекла—бус, бисера, искусственного жемчуга, а также поддельных драгоценных и полудрагоценных камней, среди которых особого внимания заслуживают медный авентурин и подражание яшме и агату.

Далее венецианцы изобрели мозаичное стекло (миллефиори), кракелаж и филигран (рис. 4). Большой известностью пользовались также венецианские стеклянные зеркала. Последние, впрочем, были очень невелики. Так, знаменитое зеркало, поднесенное венецианским посланником в 1600 г. в качестве свадебного подарка Марии Медичи, имело размеры всего лишь $13,7 \times 16,2$ см.

В области техники производства не было введено ничего существенно нового. Несколько изменилась только конструкция и увеличались размеры стекловаренных печей (рис. 5), описание которых дал немецкий ученый XVI в. Георгий Агрикола.

Получая большие выгоды от торговли стеклянными изделиями, Венеция всемерно заботилась о развитии у себя стекольной промышленности. Запрещался вывоз стекловаренного сырья. Заключались договоры с другими странами на покупку у них стекольного боя. Давались многочисленные льготы стеклоделам и т. д. Одновременно с этим венецианцы ревниво охраняли секреты производства. В 1291 г. все стеклоделы были переселены на остров Мурано, в двух километрах от Венеции, под предлогом якобы пожарной опасности, а на самом деле для лучшего наблюдения за ними. Стеклоделам было запрещено покидать пределы Венецианской республики. Выдача профессиональной тайны каралась смертью.