

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Химическая технология стекла и ситаллов»**

Донецк
2021

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Химическая технология стекла и ситаллов»**

для обучающихся по направлению подготовки
18.03.01 «Химическая технология»
профиль «Технология тугоплавких неметаллических и силикатных
материалов»
всех форм обучения

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры
прикладной экологии и охраны
окружающей среды
Протокол № 6 от 21.01.2021 г.

УТВЕРЖДЕНО
на заседании Учебно-издательского
совета ДОННТУ
Протокол № 2 от 24.02.2021 г.

Донецк
2021

УДК 666.1(076)
М54

Составители:

Беломеря Николай Иосифович – кандидат технических наук, профессор кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ»;

Горбатко Сергей Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

М54 Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине «Химическая технология стекла и ситаллов» : для обучающихся направления 18.03.01 «Химическая технология», профиль «Технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» всех видов обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. прикладной экологии и охраны окружающей среды»; сост.: Н.И. Беломеря, С.В. Горбатко. - Электрон. дан. - Донецк: ДОННТУ - 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader.

Методические рекомендации для проведения лабораторного практикума разработаны с целью оказания помощи обучающимся в получении практических навыков по дисциплине «Химическая технология стекла и ситаллов».

УДК 666.1(076)

Содержание

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ..	5
1.1. Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ..	5
1.2. Оформление отчета.....	5
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ СТЕКЛА И СТЕКЛОИЗДЕЛИЙ	6
2.1. Расчет стекольной шихты и варка стекла	7
2.2. Определение однородности шихты	8
2.3. Определение химической устойчивости стекла.....	10
2.3.1. Зерновой метод определения химической устойчивости стекла	11
2.3.2. Метод поверхностей определения химической устойчивости стекла	12
2.4. Дилатометрическое определение термических свойств стекла.....	13
Перечень рекомендованной литературы	15

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Цель лабораторных работ по курсу " Химическая технология стекла и ситаллов" – закрепление теоретических знаний по основам технологии изготовления стекла и стеклоизделий; приобретение навыков контроля и исследования основных, предусмотренных стандартами, физико-химических свойств сырья, полуфабрикатов, и готовой продукции и умения обрабатывать и анализировать полученные результаты.

1.1. Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ

К лабораторным работам студенты допускаются после прохождения первичного инструктажа на рабочем месте. Необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- подготовку сырьевых материалов (измельчение; рассев; смешение и др.) производить в местах, обеспечивающих пылеулавливание;

- движущиеся части механического и теплового оборудования должны быть надежно защищены сетчатыми или сплошными металлическими ограждениями;

- металлические части механического и теплового оборудования, которые вследствие повреждения изоляции электропроводов могут оказаться под электрическим напряжением опасной величины, следует надежно заземлять;

- с концентрированными растворами кислот и щелочей, с легколетучими веществами работать только в вытяжном шкафу;

- при нагревании растворов пользоваться посудой только из термостойкого стекла и фарфора;

- при извлечении горячих образцов из тепловой установки пользоваться рукавицами и специальными щипцами;

- содержать рабочее место в чистоте и порядке.

1.2. Оформление отчета

Отчёт о каждой работе составляется на стандартных листах форматом А4.

В нем должны быть указаны:

- дата выполнения работы;

- название;

- цель;

- краткие основные теоретические и технологические сведения о материале и процессах;

- краткое описание методики выполнения работы;

- условия проведения эксперимента, схемы лабораторных приборов и установок;

результаты измерений и расчетов, оформленные в виде таблиц и графиков;

выводы по работе.

В выводах должны найти отражение качественные и количественные оценки свойств материалов, их соответствие стандарту по нормируемым показателям.

Все отчеты об отдельных лабораторных работах, выполненных в каждом семестре, брошюруются, составляется оглавление и оформляется титульный лист.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ СТЕКЛА И СТЕКЛОИЗДЕЛИЙ

На вопрос, что такое стекло, наука еще не дала окончательного ответа. Стеклом называются 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.

К стекловидным материалам относятся: собственно стекла, глазури и эмали, которые в свою очередь имеют свою классификацию.

В зависимости от типа главных стеклообразующих компонентов неорганические стекла подразделяют на оксидные (силикатные, алюмосиликатные, боросиликатные, алюмоборосиликатные, фосфатные и др.), халькогенидные (содержащие халькогениды мышьяка – As_2S_3 , $AsSe_3$ и др., сурьмы – Sb_2Se_3 , таллия – $TlSe_3$ и др., галогенидные (фторбериллатные – BeF_2). Наиболее распространены первые четыре вида стекол.

В основу классификации стеклоизделий положены основные три главных признака: назначение и область применения, характер поверхности и род обработки. В зависимости от назначения все стекла разделяют на три больших группы: технические, строительные, бытовые.

Стекломассу получают плавлением шихты, которая представляет собой механическую смесь порошкообразных сырьевых материалов, взятых в определенных соотношениях.

По технологическому признаку все сырьевые материалы стекольного производства можно разделить на следующие группы: материалы для введения стеклообразующих оксидов (содержащие кислотные оксиды: SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 , P_2O_5 , B_2O_3 , Al_2O_3 и др., щелочные оксиды – K_2O , Na_2O , Li_2O , щелочноземельные оксиды – CaO , MgO , BaO , SrO , и др.), материалы для введения красителей (содержащие CoO , NiO , MnO , Cr_2O_3 , CuO , FeO , и др. и глушителей (содержащие фтористые, фосфатные и др. соединения) и материалы для введения технологических добавок (окислители, восстановители, осветлители, обесцвечиватели и ускорители варки).

Для варки стекла применяют два вида стекловаренных печей: горшковые периодического действия и ванные печи непрерывного и

периодического действия. Температура варки стекломассы зависит от состава стекла и его тугоплавкости. Так, при варке строительных и бытовых стекол она в большинстве случаев составляет 1470-1570°C.

2.1. Расчет стекольной шихты и варка стекла

Сырьевые материалы перед варкой должны быть просеяны и отвешенная шихта тщательно перемешана. Для уменьшения потерь на улетучивание шихты ее слегка увлажняют, перемешивают и брикетируют в металлических формах на ручном винтовом прессе, насыпая на половину высоты пресс-формы. Варку осуществляют в шамотных, корундовых или алундовых тиглях. Варка производится обязательно под контролем преподавателя при температуре 1350...1450°C. Для проведения варки стекла пустые тигли устанавливают в холодную электрическую печь на под, предварительно засыпанный слоем технического глинозема. Затем печь разогревают до температуры на 300...400 °C ниже температуры варки. Далее тигли извлекают из печи щипцами, засыпают в них совком шихту и ставят в печь. После того, как шихта расплавится, а стадия бурного газовыделения завершится (20...30 мин.) тигли с расплавом извлекают, досыпают шихту и вновь помещают в печь. Операцию досыпки повторяют несколько раз до тех пор, пока тигель не заполнится расплавом на 2/3 высоты. После полной засыпки температуру доводят до нужной и выдерживают до полного провара стекломассы. Провар определяют пробой на нить, формируя ее опусканием стержня из нержавеющей стали в стекломассу и последующим вытягиванием. У проваренного стекла нить должна быть гладкой, блестящей, без узелков и пузырей. В противном случае варку продолжают. Выработку стекломассы ведут в зависимости от назначения стекла: грануляцией в холодную воду, на гофрированный лист из жароупорной стали или другим способом.

Расчеты для определения количества каждого вида сырьевого компонента, необходимого для получения заданного количества и качества стекла, эмалевой или глазурной фритты, проводят на 100 масс.%, что облегчает все последующие технико-экономические расчеты производств. В промышленной практике состав стекол, эмалей или глазурей обычно выражают в масс.ч., а расчеты промышленных шихт ведут с точностью до второго знака после запятой.

При расчетах принимают, что сырье, входящее в состав шихты, в процессе варки стекла разлагается, причем в стекло переходят только оксиды, а влага и газы улетучиваются в процессе варки. Незначительная часть влаги и газов поглощается стеклом, но это количество не является постоянным и не учитывается.

Общие потери шихты от начала загрузки в печь и до момента готовности стекломассы складываются из потерь на унос и выгорание и составляют в среднем 20%.

2.2. Определение однородности шихты

Качество приготовленной стекольной шихты во многом определяет качество получаемой стекломассы. Шихта должна быть прежде всего однородна, т.е. соотношения сырьевых материалов в каждом участке шихты должны быть одинаковыми и строго соответствовать заданному составу шихты. На однородность стекольной шихты влияют зерновой состав сырьевых материалов их влажность, точность взвешивания, качество и продолжительность перемешивания в смесителе.

Зерновой состав должен быть однороден для каждого типа сырья. Зерна различных компонентов шихты могут по размерам отличаться друг от друга. Относительно крупные зерна песка обволакивают пылинками соды, в результате чего интенсивнее идет процесс растворения песка. Тонкое измельчение песка способствует улучшению однородности шихты. Благоприятное влияние на улучшение однородности шихты оказывает влажность сырьевых материалов. Сухие материалы плохо перемешиваются, а сухая шихта быстро расслаивается при транспортировке.

Важное значение для однородности шихты имеют также качество и продолжительность перемешивания. Чем сложнее движение частиц материала внутри смесителя, тем больше возможность их соприкосновения, тем быстрее и лучше смешивается шихта.

Для проверки однородности шихты берут обычно три местные пробы и на основании сопоставления результатов этих трех анализов и делают вывод о степени однородности шихты.

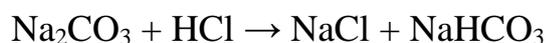
Однородность шихты контролируют следующим образом: для определения влажности шихты взвешивают 2-3 г шихты и высушивают в стаканчике с притертой пробкой при температуре 105-115°C до постоянного веса. После охлаждения в эксикаторе пробу взвешивают. Потери при высушивании определяют по формуле:

$$W = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100\%,$$

где W – влажность шихты, %;

m, m_1 – масса влажной и сухой шихты, г.

Для определения содержания углекислого натрия взвешивают навеску шихты около 5 г, обрабатывают 50 мл дистиллированной воды в термостойком стакане объемом 300-400 мл, нагревают и кипятят 3-5 минут. После этого раствор охлаждают и, не отфильтровывая нерастворимого остатка, титруют содержащийся в растворе углекислый натрий I N раствором HCl по фенолфталеину, прибавляя соляную кислоту по каплям до обесцвечивания раствора. При этом Na_2CO_3 оттитровывают только до образования кислой соли по уравнению:



т.е. оттитровывается только половина общего содержания соды, в связи с чем при вычислении результатов титрования вводится множитель 2. Содержание соды (%) определяют по формуле:

$$Na_2CO_3 = \frac{2 \cdot V \cdot K \cdot 0,053 \cdot 100}{m(100 - W)} \cdot 100\%,$$

где V – объем I Н раствора HCl, израсходованного на титрование соды, мл;
 K – коэффициент нормальности I Н раствора HCl;
 m – масса исходной навески шихты, г;
 0,053 – титр I Н раствора соды;
 W – влажность шихты, %.

Для определения содержания углекислого кальция и магния берут раствор, оставшийся после определения соды, прибавляют к нему 5 капель индикатора бромфенолблея и 35-40 мл I Н раствора соляной кислоты с целью разложения $NaHCO_3$ и растворения $CaCO_3$ $MgCO_3$. Раствор нагревают до температуры 50-60°C и, когда прекратится сильное выделение CO_2 , пестикообразной стеклянной палочкой разминают нерастворимый остаток и вновь нагревают в течение 5-7 минут. Как только при разминании прекратится выделение CO_2 , растворение заканчивают. Охладив раствор до комнатной температуры, оттитровывают избыток HCl I Н раствором NaOH до перехода желтого цвета раствора в синий. Общее количество углекислых кальция и магния в пересчете на $CaCO_3$ (%) определяют по формуле:

$$CaCO_3 = \frac{((V_1 - V) \cdot K - V_2 \cdot K_1) \cdot 0,05 \cdot 100}{m(100 - V)} \cdot 100 \%,$$

где V_1 – общий объем добавленного в раствор I Н раствора HCl, израсходованного на разложение $NaHCO_3$, $CaCO_3$ и $MgCO_3$, мл;

V – объем I Н раствора HCl, израсходованного на оттитрование соды по фенолфталеину при определении соды, мл;

V_2 – объем I Н раствора NaOH, израсходованного на оттитрование избытка HCl, мл;

K, K_1 – коэффициенты нормальности I Н раствора соответственно HCl и NaOH;

0,05 – титр I Н раствора HCl, выраженного по $CaCO_3$;

m – масса израсходованной навески шихты, г;

W – влажность шихты, %.

Для определения не растворимого в кислоте остатка берут раствор с осадком, который остался после определения $MgCO_3$ и $CaCO_3$ в предыдущем опыте, и фильтруют его через предварительно высушенный и взвешенный стеклянный фильтрующий тигель.

Остаток на фильтре несколько раз промывают горячей дистиллированной водой и дважды этиловым спиртом, но так, чтобы фильтрат не превышал 200 мл. Подготовленный таким образом промытый осадок отсасывают водоструйным насосом в течение 20 минут, после чего тигель с осадком высушивают при температуре 110°C, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Содержание нерастворимого остатка находят по формуле:

$$g = \frac{m_2 \cdot 100}{m(100 - W)} \cdot 100, \%$$

где g – содержание нерастворимого остатка %;

m – масса исходной навески шихты, г;
 m_2 – масса нерастворимого осадка, г;
 W – влажность шихты, %.

2.3. Определение химической устойчивости стекла

Химической устойчивостью называют способность стекла противостоять разрушающему действию воды, кислот, щелочей, растворов солей, влаги и газов. Это одно из важнейших свойств, так как стекло, которое находится в эксплуатации, постоянно подвергается воздействию какого-либо реагента.

Природу химической устойчивости силикатных стекол и механизм их разрушения можно представить следующим образом. При воздействии воды или влаги на стекло, силикаты при этом распадаются на NaOH и гель кремневой кислоты. Щелочь, как правило, вымывается из стекла дополнительно воздействующей влагой, а гель кремневой кислоты остается на поверхности стекла в виде более или менее равномерного слоя или отдельных налетов белых пятен. Этот слой и замедляет дальнейшее разрушение стекла, так как по мере утолщения защитной пленки геля уменьшается скорость разрушения силикатного стекла.

По химической устойчивости стекла делят на пять гидролитических классов (табл. 1).

Таблица 1 Гидролитическая классификация стекол

Гидролитический класс	Ускоренный метод института стекла		Методы международной комиссии	
	Количество выщелоченной Na ₂ O, мг	Количество 0,01 Н НСl израсходованной на титрование, мл	DIN 12111 устойчивость к воде, кол-во выщелоченной Na ₂ O, мг	DIN 12116 устойчивость к 20% НСl, потери массы мг на 100 см ² поверхности стекла
Не изменяемые водой стекла	0-0,11	0-0,32	0-0,06	0,07
Устойчивые стекла	0,11-0,20	0,32-0,65	0,06-0,12	0,7-1,5
Твердые аппаратные стекла	0,20-0,87	0,65-2,80	0,12-0,53	1,5
Мягкие аппаратные стекла	0,87-2,0	2,8-6,5	0,53-1,24	–
Нестойкие стекла	2 и выше	6,5 и выше	1,24 и выше	–

Химическая устойчивость силикатных стекол в основном зависит от их химического состава и характеризуется содержанием в них кремнезема. Увеличение содержания SiO_2 всегда значительно увеличивает химическую устойчивость стекла, щелочные же оксиды, как правило, наоборот, понижают ее. Другие компоненты стекла ведут себя по-разному по отношению к различным реагентам, поэтому при подборе химических составов стекол руководствуются прежде всего, тем, в каких условиях их будут использовать (какие реагенты на них будут действовать).

Химическую устойчивость можно определять различными методами. Наибольшее распространение в лабораторной практике получили зерновой метод и метод поверхностей.

2.3.1. Зерновой метод определения химической устойчивости стекла

Сущность этого метода заключается в обработке определенного количества зерна стекла исследуемым реагентом (водой, кислотой, щелочью) с последующим определением потерь в массе испытуемого образца в г или % от общей массы или в мл 0,01 Н раствора HCl , пошедшего на титрование щелочей, извлеченных из стекла. Существует несколько разновидностей этого метода. Ниже будет рассмотрен метод ГИС (государственного института стекла), получивший наибольшее распространение.

Одним из главных условий определения химической устойчивости является тщательная подготовка зерен стекла, заключающаяся в получении зерен определенной гранулометрии и округлой формы. Для этого дробленое стекло (10-15 г) просеивают через сита № 09 и № 06. Зерна стекла, прошедшие через сито № 09 и оставшееся на сите № 06, используют для отбора округлой формы. При этом поступают следующим образом. Берут кусок фанеры или картона, устанавливают в наклонном положении и на верхнюю часть плоскости высыплют зерна стекла. При легком постукивании по верхнему краю плоскости округлые стекла скатываются вниз, а плоские, наоборот, задерживаются. Этот прием повторяют 3-4 раза.

Для испытаний берут точно отвешенную на аналитических весах навеску стекла массой 2 г. Зерна помещают в платиновую корзину, которую вносят в плоскодонную коническую колбу и заливают 50 мл дистиллированной воды, нагретой до 100°C . Колбу соединяют с обратным холодильником, закрытым трубкой с натронной известью, и выдерживают в течение 1 часа в кипящей водяной бане.

По окончании опыта раствор сливают в коническую колбу объемом 100 мл и титруют его в горячем состоянии 0,01 Н раствором HCl с прибавлением двух капель раствора метилроta. Результаты определения выражают в мл 0,01 Н раствора HCl , пошедшего на титрование, или в мг извлеченной из стекла Na_2O (1 мл 0,01 Н раствора HCl соответствует 0,31 мг Na_2O). Для определения химической устойчивости стекла берут две параллельные навески зерен. Результаты определения записывают в табл. 2.

Таблица 2 Результаты измерений химической устойчивости стекла зерновым методом

Номер образца	Объем 0,01 Н НСl израсходованного на титрование, мл	Содержание извлеченного стекла, г	Na ₂ O из	Гидролитический класс
---------------	---	-----------------------------------	----------------------	-----------------------

2.3.2. Метод поверхностей определения химической устойчивости стекла

Сущность этого метода заключается в следующем. Образцы стекла с тщательно измеренной площадью поверхности и известной массой обрабатывают в исследуемом растворе при определенных условиях, затем вновь взвешивают и по потере массы, отнесенной к единице площади поверхности, оценивают химическую устойчивость.

Этот метод принят в качестве основного для определения химической устойчивости тарных, медицинских и химико-лабораторных стекол.

Для определения химической устойчивости из исследуемых стекол вырезают участки, свободные от инородных включений, общей площадью поверхности 100-200 см². Края отобранных образцов ровно обрезают и шлифуют. Очень важно определить площадь поверхности испытуемых образцов. Для этого образцы стекол замеряют по внешней, внутренней и торцевой поверхностям стекла, подлежащего испытанию. После этого образцы Стекла подготавливают для опыта. Их очищают от загрязнений в воде и спирте, высушивают и охлаждают в эксикаторе. Перед опытом образцы стекла взвешивают с точностью до 0,2 мг на аналитических весах.

Для испытания образцы стекла подвешивают в химическом стакане, при этом следят за тем, чтобы они не терлись друг о друга, и заливают испытуемым раствором (водой, кислотой, щелочью и др.). При обработке стекол в кипящей дистиллированной воде их выдерживают в течение 5 часов, при обработке в растворах щелочей или кислот – 3 часа. По окончании обработки образцы извлекают из растворов, обмывают дистиллированной водой, высушивают и взвешивают. Для оценки химической устойчивости стекол потери в массе испытуемого образца пересчитывают на 100 см² площади его поверхности. Результаты определения химической устойчивости заносят в табл. 3.

Таблица 3 Результаты измерений химической устойчивости стекла методом поверхностей

Номер образца стекла	Площадь образца, см ²	Масса образца, мг		Потери массы образца стекла, мг	Потери массы на 100 см ² поверхности	Гидролитический класс
		до испытания	после испытания			

По результатам испытаний делают вывод о гидролитическом классе стекла.

2.4. Дилатометрическое определение термических свойств стекла

Нагревание тела при постоянном давлении вызывает увеличение линейных размеров и объема. Термическое расширение характеризуется объемным β и линейным α термическим коэффициентом расширения (ТКР) в определенном температурном интервале ($\Delta t = 0-100$; $0-400$; $100-200$; $200-400^\circ\text{C}$ и т.д.). Поскольку стекло представляет собой изотропную среду, термическое расширение вдоль всех кристаллографических осей является одинаковым, и с хорошим приближением можно принять соотношений $3\alpha=\beta$.

На рис. 1 приведена типичная дилатометрическая кривая термического расширения стекла в интервале температуры от 20°C до температуры начала деформации (размягчения) – $T_{н.д.}$

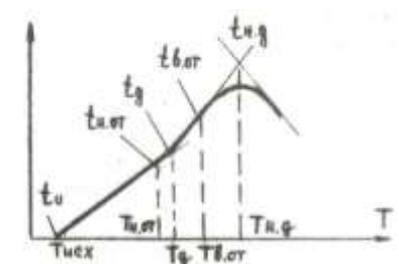


Рисунок 1. Кривая термического расширения стекла

Относительное удлинение стекла растет почти линейно вплоть до температурного интервала стеклования. В области стеклования наблюдается резкий перегиб в ходе кривой в сторону увеличения относительного удлинения.

Дилатометрическая кривая термического расширения несет исключительно ценную информацию. При строгом соблюдении заданных условий проведения дилатометрических измерений, включающих состояние образца, скорость подъема температуры и др. по кривой удастся определить:

- значение коэффициента термического расширения в различных температурных интервалах;
- температуру стеклования, $T_{д}$;
- температуру начала деформации (размягчения), $T_{н.д.}$;
- температурный интервал отжига стекла ($T_{н.от}$ – нижняя температура отжига, $T_{в.от}$ – верхняя температура отжига).

ТКР стекла определяют по тангенсу наклона к оси абсцисс участка кривой ($t_{н.д.}-t_{н.от}$). Практический расчет осуществляют по формуле

$$\alpha = \frac{\Delta l}{\Delta T \cdot l}$$

где α – ТКР, град^{-1} ;

Δl – показание индикатора увеличения длины образца, мкм;

ΔT – разность начальной и конечной температур для выбранного при расчете интервала, °C;

l – начальная длина образца, мкм.

В расчет вводится поправка на расширение кварца – $\alpha_{\text{кв}}$ (см. инструкцию прибора).

Методика определения T_d по графической кривой, полученной в координатах $\Delta l/l-T$, включает продление прямолинейных участков перегиба до пересечения (точка tg). Верхнюю температуру отжига $T_{\text{в.о}}$ принимают в соответствующей точке касания $t_{\text{в.от}}$ криволинейного участка перегиба с прямой выше от температуры T_d . Точка касания $t_{\text{н.от}}$ прямой с криволинейным участком ниже от T_d соответствует нижней температуре отжига. Температуру начала деформации (размягчения) под нагрузкой определяют в точке $t_{\text{н.д}}$ пересечения прямолинейных участков кривой в области более высоких температур.

Чтобы иметь возможность сопоставить значения температур, коэффициентов термического расширения i , определяемых по кривой расширения, образцы нагревают со строго фиксированной скоростью 3°C/мин.

Дилатометрическую кривую расширения стекла снимают на дилатометре ДКВ-5АМ (дилатометр кварцевый вертикальный) конструкции ГИСа.

Для проведения исследования берут образцы стекла круглого (диаметр 5 мм) или квадратного сечения (5x5 мм) длиной около 50 мм. Торцы образца должны быть плоско-параллельны. Подготовку прибора и работу на нем проводят согласно инструкции, прилагаемой к прибору.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое стекло? Классификация стекол.
2. Сырьевые материалы для получения стекла.
3. Роль стеклообразователей и модификаторов в структуре стекла.
4. Какие требования предъявляются к стекольной шихте?
5. Какими методами рассчитывается состав шихты стекла?
6. Каким образом осуществляется контроль качества шихты?
7. Назовите основные свойства стекла.
8. Химическая устойчивость стекла. Факторы, определяющие и влияющие на химическую устойчивость.
9. Гидролитическая классификация стекол.
10. Термические свойства стекла.
11. Что такое температура стеклования?
12. Что понимают под температурой деформации (размягчения)?
13. Каким образом можно определить температурный интервал отжига стекла по дилатометрической кривой?
14. Что характеризует термический коэффициент расширения стекла?
15. Какие методы определения ТКР вы знаете?

16. Какие факторы влияют на ТКР стекла?
17. Можно ли косвенно оценить другие свойства стекла, зная его ТКР?

Перечень рекомендованной литературы

1. Жерновая, Н.Ф. Химическая технология стекла и стеклокристаллических материалов / Н.Ф. Жерновая, Н.И. Минько, О.А. Добринская. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2018. – 324 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92308.html>
2. Основы химической технологии стекла: учеб. пособие / С. Г. Власова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 108 с. <https://www.iprbookshop.ru/epd-reader?publicationId=66187>
3. Расчеты в технологии керамики, стекла и вяжущих материалов: учебное пособие / С.И. Нифталиев, И.В. Кузнецова, Л.В. Лыгина, Е.М. Горбунова. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2019. – 52 с. – ISBN 978-5-00032-426-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/95376.html>

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Химическая технология стекла и ситаллов»

Составители:

Беломеря Николай Иосифович – кандидат технических наук, профессор кафедры прикладная экология и охрана окружающей ГОУВПО «ДОННТУ»;
Горбатко Сергей Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

Ответственный за выпуск:

Шаповалов Валерий Васильевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная экология и охрана окружающей среды» ГОУВПО «ДОННТУ».