

УТВЕРЖДАЮ



проректор по науке и инновациям

РХТУ им. Д.И. Менделеева

Хайдуков Е.В.

« 01 » 11 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д.И. Менделеева)»

по диссертационной работе Козицына Ивана Петровича на тему «**Разработка метода моллирования листового стекла в вакуумную форму с закрепленным краем**», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 2.6.17 Материаловедение

Диссертация Козицына Ивана Петровича посвящена модификации метода моллирования листового стекла и создания изделий на его основе.

Актуальность работы

Использование листового стекла в качестве исходного материала при производстве элементов технического, строительного и декоративно-прикладного значения в настоящее время приобретает все большее значение.

Наиболее распространенным методом обработки листового стекла является гравитационное моллирование – деформация стекла при температурах порядка 700-850 °С и механическая абразивная обработка поверхности стекла. ГОСТ ISO 11485-2–2016 устанавливает требования к качеству моллируемого стекла. Однако имеются ограничения на изготовление изделий с малыми радиусами кривизны и сложной геометрической формы. Известные способы механического и вакуумного формования листового стекла выступают вспомогательными процессами гравитационного моллирования. В настоящее время не существует отработанной технологии изделий из листового стекла с деформацией в трех плоскостях с малыми радиусами кривизны или фактурной поверхностью.

Имеющиеся на сегодняшний день технологические возможности ограничивают использование листового стекла при изготовлении в первую очередь технических объектов и именно с этой точки зрения актуальность представленной работы имеет первостепенное значение. Предложенные в работе методы и разработанные методики формования листового стекла позволяют значительно расширить зону его использования при изготовлении линз специальной оптики, ламинированных многослойных стекол сложной формы, изготовление которых невозможно другими способами.

В связи с вышеизложенным, тематика представленной работы является актуальной и практически значимой.

Целью исследования является разработка и исследование метода вакуумного моллирования листового стекла для создания стеклянных объемных изделий со сложным несимметричным рельефом.

Диссертантом успешно выполнены поставленные в работе **задачи**, связанные с исследованием процесса формирования листового стекла при моллировании в вакуумную форму, установлением функциональных зависимостей температура-деформация-вязкость и исследованием процесса абразивного шлифования стеклянных рельефов с несимметричной поверхностью.

Научная новизна результатов диссертационного исследования не вызывает сомнения. Предложенные новые методы формирования листового стекла значительно расширяют функциональные возможности получения изделий из него, а разработанные математические модели позволяют проектировать новые, недоступные для производства ранее, изделия.

Важную роль в достижении целей исследования сыграла разработанная автором методика относительного определения вязкости, не требующая изготовления пробных образцов, что позволяет проводить оперативный технологический контроль этого параметра непосредственно в производственном процессе.

Впервые введенное понятие «средний угол рельефной поверхности» позволяет объективно оценивать характеристики рельефов, а также применять его для расчетов технологических параметров обработки стекла, светопропускания и отражения оптических систем.

Теоретическая и практическая значимость. В результате проведенной работы автором был разработан метод изготовления изделий с рельефной поверхностью с использованием вакуумного моллирования листового стекла с закрепленным краем, позволяющий изготавливать объемные изделия методом моллирования с малыми радиусами поверхности и с отрицательными углами моллирования, что позволяет использовать листовое стекло, например, при производстве линз Френеля или трехмерных стеклянных многослойных оболочек.

Для оптимизации предложенного метода моллирования так же был предложен способ относительного определения вязкости стекла, позволяющий корректировать температуру моллирования без проведения большого количества лабораторных экспериментов, что делает его незаменимым при проведении оперативного контроля листового стекла, как исходного материала в производстве.

Предложенный способ вибрационного шлифования несимметричных рельефов позволяет не только изготавливать сложные оптические поверхности, но и при использовании введенного понятия «средний угол рельефной поверхности» проводить оптические расчеты подобных сложных систем.

Практическая значимость подтверждена патентами РФ:

1. Патент № 2607841 Способ вакуумного моллирования и устройство для его реализации.
2. Патент № 2796330 Способ определения вязкости стекла.
3. Патент № 2804708 Способ абразивной обработки рельефной стеклянной поверхности.

Несомненными достоинствами работы являются доступность используемых материалов (листового стекла), что крайне важно для малых и средних предприятий, и возможность быстрой смены ассортимента выпускаемой продукции. Технология позволяет целенаправленно получать изделия с конкретными эксплуатационными свойствами.

Во **Введении** дано обоснование актуальности темы диссертации, поставлены цели и задачи работы, а также обоснованы научные и технологические требования исследования.

В **Литературном обзоре** обобщены и проанализированы литературные данные по современному состоянию исследуемой темы, определены основные технологические аспекты развития моллирования плоских стекол, рассмотрены исторические предпосылки и современные направления применения изделий, изготовленных по технологии моллирования. Проведен анализ современных способов определения вязкости и способов механического шлифования стекла.

Во **второй главе** проведено исследование процесса формирования плоского стекла при моллировании в вакуумную форму с закрепленным краем, предложен метод и представлена методика определения деформационно-вязкостных характеристик плоских стекол, а также определены характеристики вспомогательных материалов и оборудования, используемые в настоящей работе, отражено исследование влияния геометрии формы на процесс моллирования плоского стекла в вакуумную форму с закрепленным краем для выявления закономерностей, возникающих при моллировании листового стекла, определение математической зависимости изменения толщины стекла в процессе моллирования и выбор оптимальной. Так же проведено исследование влияния технологических параметров процесса моллирования плоского стекла в вакуумную форму с закрепленным краем, в котором основной задачей было определение соотношений технологических параметров разряжение-температура в процессе вакуумного моллирования. В конце главы представлены методики разрабатываемого метода и сделаны обобщающие выводы.

В **Главе 3** отражены результаты исследования процесса вибрационного абразивного шлифования стеклянных рельефов с несимметричной поверхностью для определения зависимости светопропускания стекла от технологических параметров шлифования. Предложена методика вибрационного шлифования стеклянного рельефа, а также введено и обосновано понятие «среднего угла рельефной поверхности», как объективного фактора оценки рельефа. представлены экспериментальные данные об оптимальных технологических параметрах вибрационного шлифования согласно представленного метода.

В **Заключении** приведены результаты исследований и сделаны основные выводы по проведенной работе.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, а также их достоверность подтверждена их воспроизводимостью, применением современных методов анализа, использованием стандартизированных методик, соответствием результатов международному уровню знаний в исследуемой области науки.

Следует отметить хорошую апробацию основных результатов диссертационного исследования. По результатам исследования опубликовано 12 научных работ, включая 1 монографию, 1 статью в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, 6 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, получено 3 патента РФ на изобретение и подготовлено 4 публикации тезисов докладов.

В представленной работе выполнены все обозначенные задачи, а полученные результаты соответствуют сформулированной цели. Диссертационная работа согласуется с паспортом специальности 2.6.17 Материаловедение ВАК Минобрнауки РФ и соответствует следующим его пунктам:

П. 2. Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих в гетерогенных и композиционных структурах.

П. 4. Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых металлических, неметаллических и композиционных материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, биомедицинскими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.

П. 6. Разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры, испытание и определение физико-механических и эксплуатационных свойств металлических, неметаллических и композиционных материалов и функциональных покрытий.

Результаты, полученные Козицыным И.П., носят прикладной характер, они актуальны для реальных производств и их следует развивать в организациях соответствующего профиля: Национальный исследовательский университет ИТМО, БГТУ им. В.Г. Шухова, АО НИТС им. В.Ф. Солинова, АО «НПО ГОИ им. С.И. Вавилова», Лыткаринский завод оптического стекла, ОНТП «Технология» и др. Кроме того, целесообразно использовать результаты, полученные в диссертации, в различных организациях для изготовления стеклянных элементов сложной формы, таких как линзы Френеля, прозрачные отражатели и обтекатели сложной формы, малоразмерные линзы конденсорных сборок, и др.

По диссертационной работе возникли следующие **вопросы и замечания**:

1. Предлагаемые технологии формования стекла претендуют на универсальность. Тем не менее, следовало бы уделить больше внимания технологии изготовления конкретных изделий, например, линз, изделий сложной формы или осветительных плафонов.
2. В Главе 2 на стр. 57 рис. 28 приведены зависимости изменения толщины моллируемого стекла в конусную форму. Все графики имеют линейные горизонтальные участки, характеризующиеся изменением толщины стекла, но не глубины прогиба. Неясно, чем обусловлено это отклонение?
3. Исходя из каких соображений был проведен расчет коэффициентов вязкости по методу Охотина для интервала $10^6 - 10^9$ П ?
4. В Главе 3 рядом с термином «светопропускание» употребляется дополнение «относительное». Вопрос, относительно чего рассматривается исследуемый коэффициент и чем он отличается от «абсолютного светопропускания» образца?

Несмотря на вышеуказанные вопросы, в целом, диссертация Козицына Ивана Петровича является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработаны новые подходы к технологическим процессам формования листового стекла и получения на их основе изделий, обладающих уникальными свойствами, что имеет существенное значение для развития народного хозяйства. В ней изложены научно-обоснованные решения и разработки, имеющие практическое применение для развития страны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании вышеизложенного считаем, что диссертация Козицына Ивана Петровича на тему: «Разработка метода моллирования листового стекла в вакуумную форму с закрепленным краем», соответствует критериям, установленным пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842 (с изменениями), предъявляемым к кандидатским диссертациям, и является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые

научно обоснованные технические, технологические решения, имеющие существенное значения для развития страны, а именно вносит значительный вклад в развитие технологий формообразования изделий из стекла.

Диссертант, Козицын Иван Петрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 Материаловедение.

Научное сообщение и отзыв ведущей организации по результатам диссертационной работы Козицына Ивана Петровича были заслушаны на заседании кафедры химической технологии стекла и ситаллов (протокол № 15 от 29.10. 2024 г.).

Отзыв подготовил:

Сигаев Владимир Николаевич,

Доктор химических наук по специальности (05.17.11 – Технология тугоплавких неметаллических материалов); профессор.

Заведующий кафедрой
химической технологии стекла и
ситаллов ФГБОУ ВО «Российский
химико-технологический
университет им. Д.И.
Менделеева» (РХТУ им. Д.И.
Менделеева)

Сигаев Владимир Николаевич

Полное наименование организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д.И. Менделеева)»

Адрес: 125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9

Тел.: +7 (499) 978-86-60

Сайт: <https://www.muctr.ru>

e-mail: pochta@muctr.ru

Подпись Сигаева В.Н. заверяю

