

СТРОИТЕЛЬСТВО, АРХИТЕКТУРА

УДК 666.1
ГРНТИ 67.09.37
ВАК 05.23.05

Обзор нетрадиционных технологий и источников энергии в стеклоделении

Зайцева М. И., * Чербачи Ю. В.

НФ БГТУ им. В. Г. Шухова, 353919, Россия, г. Новороссийск, Мысхакское шоссе 75

email: zaitseva-m-i@nb-bstu.ru, * cherbachi-yu-v@nb-bstu.ru

В статье рассматриваются разнообразные технологии и источники энергии, используемые при варке и обработке различных стекол. Для варки стекол в печах используются различные виды топлива и энергии. Знание и правильный выбор источника энергии являются одной из основных предпосылок достижения хороших результатов при производстве стекла и изделий из него. Микроволновое излучение (СВЧ), способ микроволнового нагрева листового стекла, использование инфракрасного и ультрафиолетового излучений в различных процессах обработки стекла, плазменный нагрев и синтез в горении, использование низкотемпературной плазмы, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, энергия лазерного луча – данные виды энергии можно использовать в стекловарении. Задача получения стекла и изделий из него с наименьшими затратами на производство будет инициировать исследования в поиске новых видов и способах обработки и варки стекол.

Ключевые слова: энергия, стекло, стекловарение, альтернативные источники, листовое стекло, пленочное покрытие, микронеоднородность.

Введение

Варку стекла осуществляют в печах различных видов и используют топливо различных типов в зависимости от конечных характеристик продукта, а также термической эффективности процессов варки и осветления. Знание и правильный выбор источника энергии являются одной из основных предпосылок достижения хороших результатов при производстве стекла и изделий из него. Актуальным, с точки зрения экологической безопасности является применение для синтеза стекла новых видов топлива или нетрадиционных видов энергии.

Альтернативой газовому топливу является экологически безопасное микроволновое излучение (СВЧ), которое можно применять для сушки, формования, термообработки сырья, стекломатериалов и изделий. При воздействии СВЧ поля на жидкое стекло происходит его разогрев до температуры кипения и испарение влаги во всем объеме раствора. Вязкость высушиваемого материала возрастает, происходит его вспенивание выделяющимся водяным паром. В результате СВЧ сушки получается однородный хрупкий материал, который легко измельчается в порошок (например, в шаровой мельнице). Преимуществом СВЧ сушки является возможность использовать компактное, экономичное, экологически безопасное СВЧ оборудование, не требующее теплоносителей, способных наносить ущерб окружающей среде [1]. Был запатентован способ микроволнового нагрева листового стекла, который можно использовать при формовании, гнутье, закалке, отжиге и нанесении покрытий [2], с обеспечением быстрого нагревания до требуемой температуры при равномерном

распределении температур на внешних поверхностях и внутри стеклоизделия без возникновения термических напряжений, превышающих предел прочности при разрыве. Формующее приспособление при этом покрыто или сделано из неметаллического тугоплавкого материала, полупрозрачного для микроволнового излучения и нагревающегося одновременно с листом стекла. Влияние СВЧ-излучения на механические и химические свойства листового стекла, выработанного методом ВВС, при разных мощностях излучения и времени обработки листового стекла показано в [3]. Обработка листового стекла в бытовой СВЧ-печи ухудшает прочность при изгибе и микротвердость, но существенно не влияет на его водостойкость. Предполагается, что снижение значения прочности при изгибе связано с наличием изначальных микротрещин на поверхности образцов; снижение значения микротвердости, возможно, связано с микронеоднородностью стекла [4]. Пленочные теплозащитные покрытия, нанесенные на стекло из растворов, и обожженные в СВЧ-поле, отличаются хорошим сцеплением с подложкой из стекла и обладают высоким процентом светопропускания в видимой области [5].

С целью снижения энергозатрат до 30 %, исключения вредных выбросов, улучшения качества стекла, предложена новая микроволновая технология варки стекла. Ее отличает простота и экономичность процесса, более быстрый прогрев шихты в объеме, селективное нагревание компонентов, другой механизм и кинетика плавления, возможность получения высокооднородного стекла любого вида [6]. Применение ИК- и УФ-излучений в различных процессах обработки стекла, рассмотрено в [7]. Поскольку в среднем ИК-диапазоне стекло имеет максимальную поглощающую способность, для художественной обработки и гнутья рекомендуют использовать средневолновые ИК-излучатели. Средне-коротковолновые и быстродействующие средне-длинноволновые излучатели целесообразно использовать для поверхностного нагрева в технологиях производства зеркал, трафаретной печати, ламинирования и резки многослойного стекла. УФ-излучение используется в шелкографии и нанесении покрытий. Для регулирования размера частиц металлического золота применяли процесс фотовосстановления УФ-облучением [8]. В этой работе были исследованы условия получения прозрачного пленкообразующего раствора TiO_2 с высокой концентраций диспергированных частиц Au.

Ряд авторов считает целесообразным использовать в стеклоделии плазменный нагрев и синтез в горении. С целью получения пленок стехиометрического SiO_2 на кремнеорганических стеклах изучены процессы травления последних плазме из F_2 , Cl_2 , HBr и Cl_2+HBr ; рекомендованы оптимальные режимы [9]. Ими разработана технология получения на строительных изделиях качественных защитно-декоративных покрытий из отходов стекольной промышленности, гранита и песков (речного и кварцевого), перлита с использованием низкотемпературной плазмы. Мелкодисперсные пасты на основе жидкого стекла (в соотношении 1:1), с помощью распылительного устройства наносились на поверхность образцов, а затем оплавливались низкотемпературной плазмой. Исследовано влияние режимов оплавления на физико-химические свойства защитно-декоративных покрытий, установлен оптимальный режим их оплавления [10].

Авторы [11] исследовали возможность получения на поверхности силикатного кирпича цветных защитно-декоративных покрытий путем обработки растворами $CoSO_4$, $NiCl_2$ и $K_2Cr_2O_7$ с последующим оплавлением в низкотемпературной плазме, а также путем нанесения паст или глазурей на базе местных вулканических горных пород, в частности перлита. Ими показана возможность получения облицовочных материалов с широкой цветовой гаммой на базе сырьевых материалов Бурятии с применением плазменной технологии.

Для получения стеклокерамических композиционных материалов использован синтез в процессе горения (или самораспространяющийся высокотемпературный синтез – СВС) [12]. Область стеклообразования, полученная при СВС, хорошо согласуется с данными, полученными при традиционной варке стекол в печи. На характеристики горения значительное влияние оказывает плотность сырых таблеток. Для снижения тепловых потерь

использовали таблетки сырца с низкой плотностью, что обеспечивало синтез при низких температурах.

Обработка исходных материалов или стеклянных изделий энергией лазерного луча позволяет повысить их качество, улучшить внешний вид, модернизировать свойства, увеличить производительность процесса. Технологию термораскалывания стекла с использованием твердотельного лазера исследовали в работе [13]. Благодаря объемному нагреву можно в 3...4 раза повысить толщину разделяемого стекла при высоком качестве получаемых поверхностей. При обработке двумя лазерными лучами равной мощности вместо одного, возможно увеличить толщину обрабатываемого стекла до 24 мм.

У авторов [14] показана эффективность применения лазера для контролируемого образования наночастиц в силикатных стеклах. Технология лазерного реактивного осаждения (ЛРО) использована для получения планарных стеклянных покрытий оптических интегральных схем. По технологии ЛРО могут быть получены высококачественные волноводы из кварцевого стекла, легированного фосфором, и фоточувствительное к ультрафиолетовому облучению стекло (кварцевое стекло, легированное германием). Возможность использования ЛРО для регулирования показателя преломления и толщины слоя сердцевины волновода с целью обеспечения одномодового распространения света при 1,55 мкм показана в [15]. Рассмотрены технология и установка лазерного травления и полировки кварцевых труб, позволяющие бесконтактно удалить поверхностный слой загрязнений, трещин и отполировать поверхность трубы. Использование данной технологии обеспечивает повышение качества труб для диффузных печей и ультрафиолетовых осветителей [16]. Способ получения цветных поверхностных надписей на стеклоизделиях заключается в нанесении на стекло раствора или геля материала, содержащего соли красящих пигментов (нитраты или галогениды серебра, золота, меди). После этого стекло обрабатывают лучом CO₂-лазера. При нагревании соли разлагаются, выделяя субмикроскопические кристаллы металла, окрашивающие стекло в тех местах, которые подвергали обработке [17].

Внутренние цветные или бесцветные надписи и изображения в стекле для его маркировки наносят путём ионного обмена и диффузии ионов металла с использованием лазерного облучения [18]. Бесцветные получают за счёт локального изменения показателя преломления стекла, цветные – за счёт локального внедрения в структуру стекла ионов металла (серебра или меди). Для получения последних на поверхность стекла наносят красящее вещество, которое диффундирует внутрь под действием лазерного излучения.

Улучшение экологической обстановки в стекольной промышленности, возможно при использовании новых видов сырья, топлива, изменении технологии шихтоприготовления или исключении стадии варки. Поиски альтернативных источников энергии происходят постоянно. Задача получения стекла и изделий из него с наименьшими затратами на производство будет инициировать исследования в поиске новых видов и способах обработки и варки стекол.

Список литературы

1. Брыков А. С., Корнеев В. И., Рикенглаз Л. Э. Способ изготовления гидратированных порошков силикатов натрия или калия. 2001.
2. Способ быстрого нагревания стекла или стекловидных материалов микроволновым излучением. Method for the rapid thermal treatment of glass and glass-like materials using microwave radiation : Пат. 6408649 США, МПК{7} С 03 В 23/00; Sklyarevich Vladislav E., Shevelev Mykhaylo. – N 09/561451; Заявл. 28.04.2000; Опубли. 25.06.2002.
3. Детерс Х., Цупан Х. Способ послойного формирования форм и стержней посредством содержащего жидкое стекло связующего и содержащее жидкое стекло связующее. 2019.
4. Исследование влияния СВЧ-излучения на прочностные и химические характеристики листового стекла / Минько Н. И., Михальчук И. Н., Павленко З. В. // Современные проблемы

- строительного материаловедения: Материалы 7 академических чтений РААСН, Белгород, 2001. Ч. 1. Белгород, 2001. С. 358–361, 692.
5. Снежко Н. Ю. Создание и исследование функциональных наноструктурных композиционных покрытий In_2O_3 (SnO_2) и ZrO_2 (Y_2O_3) : дис. – Сибирский федеральный университет, 2014.
 6. Hajek Milan . Microwave melting technology// Glass. 2002. 79, № 9. С. 317.
 7. Михтеева Е. Ю., Михтеев С. Ш. Фторидные стеклаперспективные ИК-материалы для оптико-электронных приборов // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ.2017. №. 4. С. 15–19.
 8. Preparation of au fine particle dispersed TiO_2 film on silica glass by sol-gel and photo-reduction process / Bhalla A. S., Kang W., Kim B., Hvnun B. S. // 103rd Annual Meeting and Exposition, Indianapolis, Indiana, Apr. 22–25, 2001 : Abstracts / Amer. Ceram. Soc. – Westerville (Ohio), 2001. p. 30.
 9. Vitale Steven A., Sawin Herbert H. Etching of organosilicate glass low-k dielectric films in halogen plasmas // J. Vac. Sci. and Technol. A. 2002. 20, No. 3. p. 651–660.
 10. Былкова Н. В. Строительные материалы на основе местного сырья с защитно-декоративными покрытиями, обработанными низкотемпературной плазмой : дис. – Улан-Удэ : [Вост.-Сиб. гос. технол. ун-т], 2002. 18 с.
 11. Буянтуев С. Л., Былкова Н. В., Заяханов М. Е. Защитно-декоративные покрытия на строительных изделиях с использованием сырьевых материалов Бурятии // Строит. матер. – 2002. № 8. С. 22–23.
 12. Yi H. C., Guigne J. Y., Moore J. J., Manerbino A. R., Robinson L. A., Schowengerdt F. D. Combustion synthesis of glass (B_2O_3 - Al_2O_3 - MgO)-ceramic (TiB_2) composites // J. Mater. Synth. and Process. 2002. 10, No. 4. p. 163–174.
 13. Кривошеев А. В. и др. Особенности разделения листового флоат стекла методом лазерного термораскалывания // Тенденции развития науки и образования. 2019. №. 56-1. С. 45–50.
 14. Gonella Francesco. Nanoparticle formation in silicate glasses by ion-beam-based methods : // Nucl. Instrum. and Meth. Phys. Res. B. 2000. No. 166–167. p. 831–839.
 15. Lopez Herman A., Narasimha Prasad, Bi Xiangxin . Laser reactive deposition (LRD{TM}) processing for planar lightwave circuit (PLC) manufacturing : // Proc. SPIE. 2002. 4809. P. 156–163.
 16. Сысоев В. К. Лазерное травление и полировка кварцевых труб // Стекло и керамика. – 2003. № 4. С. 6–7, 35.
 17. Щепочкина Ю. А. Способ изготовления стекла. 2010.
 18. Способ внедрения ионов металла в стекло для получения цветных или бесцветных надписей с помощью лазера. Verfahren zum lasersrahlgestutzten Eintrag von Metallionen in Glas zur Erzeugung von farblosen und farbigen Pixeln : Заявка 10119302 Германия, МПК{7} С 03 С 21/00 / Borek Reinhard, Berg Klaus-Jurgen, Rainer Thomas; – N 10119302.5; Заявл. 19.04.2001; Оpubл. 31.10.2002.

Zaytseva M. I., * Cherbachi Yu. V.

*Novorossiysk Branch of Belgorod V G Shukhov State Technology University, 353919, Russia,
Novorossiysk, Myskhakskoe shosse 75*

email: zaitseva-m-i@nb-bstu.ru, * cherbachi-yu-v@nb-bstu.ru

Overview of non-traditional technologies and energy sources in glassmaking

The article discusses a variety of technologies and energy sources used in the cooking and processing of various glasses. Various types of fuel and energy are used to cook glass in furnaces.

Knowing and choosing the right energy source is one of the main prerequisites for achieving good results in the production of glass and glass products. Microwave radiation (microwave), a method of microwave heating of flat glass, the use of infrared and ultraviolet radiation in various glass processing processes, plasma heating and synthesis in gorenje, the use of low-temperature plasma, self-propagating high-temperature synthesis, laser beam energy-these types of energy can be used in glassmaking. The task of obtaining glass and products from it with the lowest production costs will initiate research in the search for new types and methods of glass processing and cooking.

Keywords: energy, glass, glassmaking, alternative sources, microwave, sheet glass, film coating, micro-uniformity.