

УДК 666

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ТЕМПЕРАТУРУ СИЛИКАТНОГО
РАСПЛАВА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МИНЕРАЛЬНОГО ВОЛОКНА**

**ELECTRIC CURRENT EFFECT ON THE TEMPERATURE OF SILICATE MELT
IN THE MINERAL FIBER PRODUCTION**

©Волокитин О. Г.

д-р техн. наук

Томский государственный архитектурно-
строительный университет

г. Томск, Россия, volokitin_oleg@mail.ru

©Volokitin O.

Dr. habil.

Tomsk State University of Architecture and Building

Tomsk, Russia, volokitin_oleg@mail.ru

©Шеховцов В. В.

Томский государственный архитектурно-
строительный университет

г. Томск, Россия, shehovcov2010@yandex.ru

©Shekhovtsov V.

Tomsk State University of Architecture and Building

Tomsk, Russia, shehovcov2010@yandex.ru

Аннотация. В данной статье изложены результаты исследований по обеспечению локального нагрева истекающей из летки струи расплава путем пропускания по ней электрического тока, с целью обеспечения необходимых значений температуры и вязкости для получения минерального волокна.

Abstract. This article includes results of providing local heating of stream of silicate melt by means of mincing electric current throw the stream, with the aim of providing necessary values of temperature and viscosity for producing mineral fiber.

Ключевые слова: плазма, минеральное волокно, силикатсодержащий материал.

Keywords: plasma, mineral fiber, silicate material.

Реализация прогрессивных технологий строительства зданий и сооружений с учетом необходимости обеспечения энергосбережения при эксплуатации привело к широкому использованию силикатных волокон и изделий на их основе. Минеральная вата и изделия из нее являются самыми распространенными в настоящее теплоизоляционными материалами [1]. Существующие производства получения минеральной ваты основаны, как правило, на ваграночном и электротермическом способах, при этом волокна изготавливают путем переработки полученного в печах силикатного расплава с помощью центрофугирования либо раздува. Во время производства волокон к расплаву предъявляются четкие требования, как по его составу, так и по температуре. Как известно, при выходе из летки плавильной печи струя расплава охлаждается, соответственно меняется вязкость расплава и ухудшается

качество волокон. На сегодняшний день активно используется плазменная аппаратура в строительной отрасли для высокотемпературного плавления материалов силикатной группы [2–7].

В связи с этим целью данной работы явилось:

–разработка устройства, обеспечивающего локальный нагрев истекающей из летки струи расплава путем пропускания по ней электрического тока с целью обеспечения необходимых значений температуры и вязкости для получения минерального волокна.

–проведение экспериментальных исследований по влиянию электрического тока на температуру и вязкость струи расплава.

На Рисунке 1 представлена установка для производства минерального волокна из тугоплавкого силикатсодержащего расплава состоящая из следующих основных узлов и элементов: плавильная печь 1, направляющая воронка 2, устройство для раздува расплава в волокна 3, источник питания постоянного тока 4. Воронка 2, изготовленная из электропроводного материала, закреплена под леткой 5, установленной в боковой стенке печи 1. Токоподводы регулируемого источника питания постоянного тока 4 подключены к воронке 2 и устройству для раздува 3, что обеспечивает протекание тока по участку струи расплава между этими элементами за счет электропроводности расплавленного сырьевого материала. Использование такой схемы позволяет осуществлять дополнительный подогрев расплава для обеспечения требуемой вязкости путем изменением силы тока, протекающего в струе [8–11].

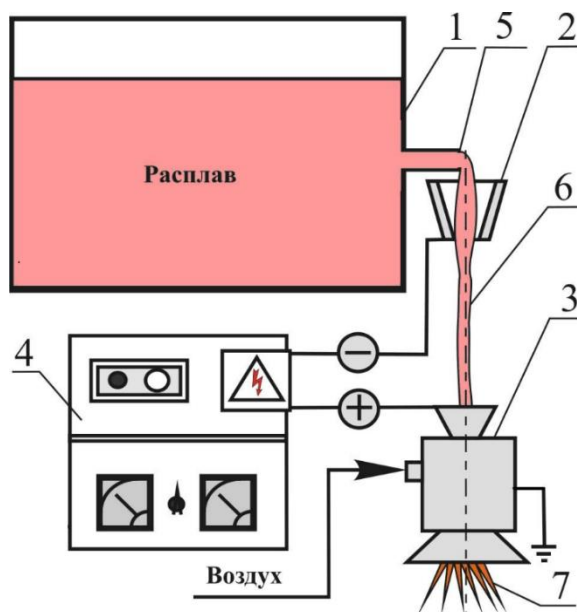


Рисунок 1. Установка для производства минерального волокна:

- 1 — плавильная печь; 2 — направляющая воронка; 3 — устройство для раздува расплава;
4 — источник постоянного тока; 5 — летка; 6 — струя расплава;
7 — минеральные волокна

В качестве исходных материалов для получения расплава использовались отходы тепловых станций [12]: минеральный остаток после сжигания каменного угля Кузбасского бассейна и горючих сланцев. В процессе проведения экспериментов длина струи, соответствующая расстоянию между нижней кромкой направляющей воронки 2 и верхним

срезом устройства для раздува 3 составляла $L=350$ мм, а диаметр струи на этом участке составил $d=6$ мм. Температура расплава в струе измерялась при помощи оптического пирометра с исчезающей нитью ОППИР-017Э и составляла $t=1300...1720^{\circ}\text{C}$, при этом рабочие электрические характеристики лежали в интервалах: $I=30...70$ А; $U=130...160$ В. В Таблице приведены результаты изменения температуры в зависимости от электрической мощности вкладываемой в струю силикатсодержащего расплава.

Таблица.

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ В СТРУЕ
 ОТ ВКЛАДЫВАЕМОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

N	I, A	U, B	Температура расплава в струе, $^{\circ}\text{C}$
0	—	—	1320*
1	30	160	1430
2	40	145	1550
3	50	140	1610
4	70	127	1720

* — Температура расплава при выходе из летки плавильной печи

В диапазоне температур расплава $1400\text{--}1800^{\circ}\text{C}$ по методике [13] определялась вязкость расплава Рисунок 2.

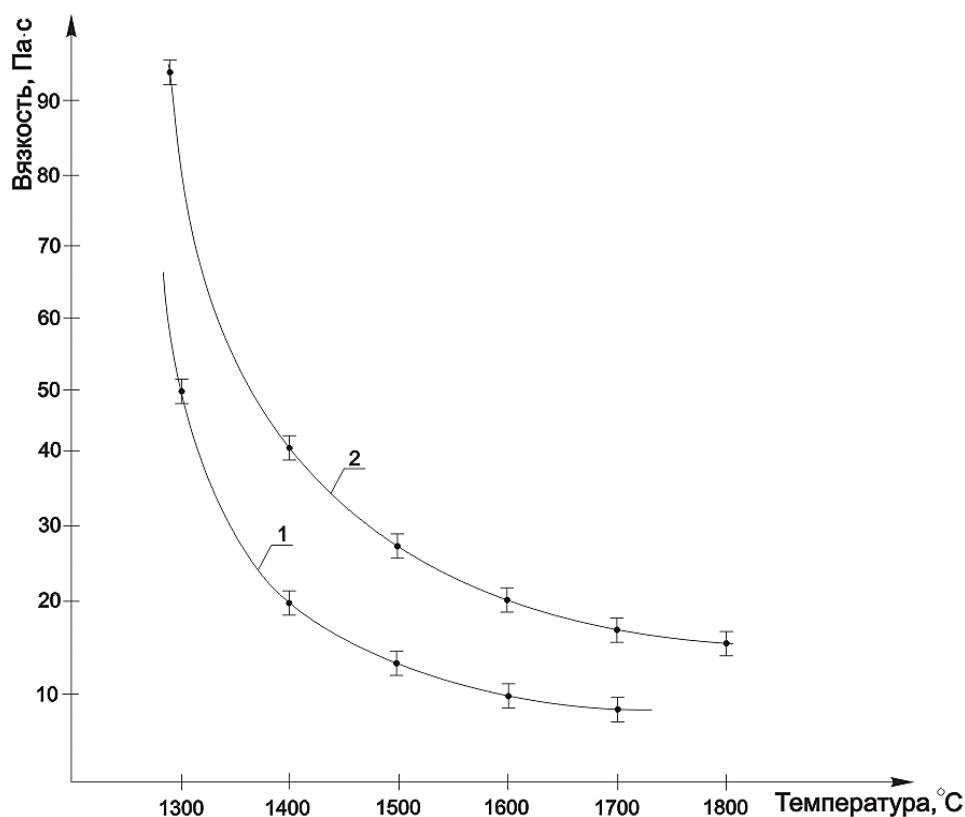


Рисунок 2. Температурная зависимость вязкости расплава золы (1),
 отходов горючих сланцев (2)

В результате чего было установлено, что вязкость расплава полученного из отходов горючих сланцев при температуре 1700 °С выше чем у расплава из золы, что естественно влияет на процесс волокнообразования.

На Рисунке 3 приведены микрофотографии минерального волокна из расплава золы и отходов горючих сланцев, полученных путем раздува при температуре струи 1700 °С.



Рисунок 3. Микрофотографии минеральных волокон полученных путем раздува струи расплава имеющей температуру 1700 °С: а — волокна из отходов горючих сланцев ($d=7$ мкм), б — волокна из золоотходов ($d=4$ мкм). Увеличение $\times 300$

Анализ полученных данных по диаметру волокон показывает, что волокна, полученные из отходов горючих сланцев, имеют диаметр, в 1,5 раза больше по сравнению с диаметром волокон полученных из золоотходов, что связано с различной вязкостью расплавов при данной температуре.

Таким образом, использование в качестве дополнительного источника тепловой энергии электрического тока, пропускаемого через струю расплава, представляет возможность локально изменять температуру расплава и соответственно эффективно влиять на технологию формирования волокон и их качество.

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ (номер проекта 11.8207.2017/8.9). Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Томской области в рамках научного проекта №16-48-700656 p_a.

Список литературы:

1. Волокитин О. Г., Шеховцов В. В. Процессы получения силикатных расплавов и материалов на их основе в низкотемпературной плазме // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. №1 (60). С. 144-148.
2. Shigeta M., Murphy A. B. Thermal plasmas for nanofabrication // J. Phys. D: Appl. Phys. 2011. V. 44. 174025.
3. Gomez et al. Thermal plasma technology for the treatment of wastes - a critical review // Journal of hazardous Materials. 2009. P. 614-626.

4. Nell J. T., Havenga J. L., Swanepoel J., Bosman H. The manufacturing of nanoparticles with a plasma process // *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2010. V. 10. P. 231-234.
5. Maddrell E., Thornber S., Hyatt N. C. The influence of glass composition on crystalline phase stability in glass-ceramic wasteforms // *Journal of Nuclear Materials*. 2015. V. 456. P. 461-466.
6. Sirotiyuk V. V., Pogrebinskii G. M. Processes of structure formation in plasma treatment of soils to the stage of a silicate melt // *Refractories and Industrial Ceramics*. 2000. V. 41. №1-2. P. 24-27.
7. Valinciute V., Kerzelis R., Valincius V., Valatkevicius P., Mecius V. Heat transfer in a plasma jet reactor for melting and melt fibrillation of hard ceramics // *Heat Transfer Research*. 2008. V. 39. №7. P. 609-618.
8. Vlasov V. A., Volokitin O. G., Volokitin G. G., Skripnikova N. K., Shekhovtsov V. V. Calculation of the Melting Process of a Quartz Particle Under Low-Temperature Plasma // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 2016. V. 89. №1. P. 152-156.
9. Волокитин О. Г., Шеховцов В. В. Процессы плавления силикатов в плазмохимическом реакторе // *Бюллетень науки и практики. Электрон. журн.* 2017. №2 (15). С. 59–62. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/volokitin> (дата обращения 15.07.2017). DOI: 10.5281/zenodo.291827.
10. Волокитин О. Г., Шеремет М. А., Шеховцов В. В., Бондарева Н. С., Кузьмин В. И. Исследование режимов конвективного теплопереноса при получении высокотемпературных силикатных расплавов // *Теплофизика и аэромеханика*. 2016. Т. 23. №5. С. 789-800.
11. Волокитин О. Г., Скрипникова Н. К., Никифоров А. А. Установка для получения минеральных волокон. Пол. решение на выдачу патента по заявке №2007115745/03(017105) от 09.06.08.
12. Волокитин О. Г., Верещагин В. И., Волокитин Г. Г., Скрипникова Н. К., Шеховцов В. В. Анализ процессов традиционного и плазменного плавления золы ТЭЦ // *Техника и технология силикатов*. 2016. Т. 23. №3. С. 2-5.
13. Татаринцева О. С. Изоляционные материалы из базальтовых волокон, полученных индукционным способом: автореф. дисс. ... д-ра. техн. наук. Бийск, 2006.

References:

1. Volokitin, O. G., & Shekhovtsov, V. V. (2017). Processes of obtaining silicate melts and materials based on them in low-temperature plasma. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, (1), 144-148
2. Shigeta, M., & Murphy, A. B. (2011). Thermal plasmas for nanofabrication. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 44, 174025
3. Gomez, & al. (2009). Thermal plasma technology for the treatment of wastes - a critical review. *Journal of hazardous Materials*, 614-626
4. Nell, J. T., Havenga, J. L., Swanepoel, J., & Bosman, H. (2010). The manufacturing of nanoparticles with a plasma process. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 10, 231-234
5. Maddrell, E., Thornber, S., & Hyatt, N. C. (2015). The influence of glass composition on crystalline phase stability in glass-ceramic wasteforms. *Journal of Nuclear Materials*, 456, 461-466
6. Sirotiyuk, V. V., & Pogrebinskii, G. M. (2000). Processes of structure formation in plasma treatment of soils to the stage of a silicate melt. *Refractories and Industrial Ceramics*, 41, (1-2), 24-27

7. Valinciute, V., Kerzelis, R., Valincius, V., Valatkevicius, P., & Mecius, V. (2008). Heat transfer in a plasma jet reactor for melting and melt fibrillation of hard ceramics. *Heat Transfer Research*, 39, (7), 609-618
8. Vlasov, V. A., Volokitin, O. G., Volokitin, G. G., Skripnikova, N. K., & Shekhovtsov, V. V. (2016). Calculation of the Melting Process of a Quartz Particle Under Low-Temperature Plasma. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 89, (1), 152-156
9. Volokitin, O., & Shekhovtsov, V. (2017). Processes of melting silicates in chemical reactor. *Bulletin of Science and Practice*, (2), 59-62. doi:10.5281/zenodo.291827
10. Volokitin, O. G., Sheremet, M. A., Shekhovtsov, V. V., Bondareva, N. S., & Kuzmin, V. I. (2016). Study of modes of convective heat transfer in obtaining high-temperature silicate melts. *Thermophysics and aeromechanics*, 23, (5), 789-800
11. Volokitin, O. G., Skripnikova, N. K., & Nikiforov, A. A. Installation for the production of mineral fibers. Floor. The decision to grant a patent on application No. 2007115745/03 (017105) of 09.06.08
12. Volokitin, O. G., Vereshchagin, V. I., Volokitin, G. G., Skripnikova, N. K., & Shekhovtsov, V. V. (2016). Analysis of traditional and plasma melting of ash from CHP. *Technology and technology of silicates*, 23, (3), 2-5
13. Tatarintseva, O. S. (2006). Insulating materials from basalt fibers obtained by induction. Author's abstract. dis. ... doc. tech. sciences. Biysk

Работа поступила
в редакцию 09.08.2017 г.

Принята к публикации
11.08.2017 г.

Ссылка для цитирования:

Волокитин О. Г., Шеховцов В. В. Влияние электрического тока на температуру силикатного расплава при получении минерального волокна // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2017. №9 (22). С. 92-97. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/volokitin-shekhovtsov> (дата обращения 15.09.2017).

Cite as (APA):

Volokitin, O., & Shekhovtsov, V. (2017). Electric current effect on the temperature of silicate melt in the mineral fiber production. *Bulletin of Science and Practice*, (9), 92-97