

УДК 621.321

## К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛЯННЫХ МИКРОСФЕР

Д.С. ЯЛХОВСКИХ, В.А. ГОРБУНОВ

ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», Иваново, Россия  
E-mail: yalkhovskikh\_d@mail.ru, zamdekana@iff.ispu.ru

### Авторское резюме

**Состояние вопроса:** Интенсивное развитие техники обусловило возросшие требования к созданию новых композиционных материалов, способных к длительной эксплуатации в жестких условиях. Применение полых стеклянных микросфер, используемых во многих отраслях промышленности, позволяет решить эту техническую проблему. В связи с этим актуальной стала задача повышения энергетической эффективности производства стеклянных микросфер.

**Материалы и методы:** При выборе и оценке путей повышения энергоэффективности имеющейся технологии за основу были приняты экспериментальные исследования и методы математического моделирования.

**Результаты:** Приведены примеры областей применения и назначения стеклянных микросфер в промышленности. Рассмотрена существующая технологическая схема производства стеклянных микросфер и пути повышения энергоэффективности данной технологии.

**Выводы:** Показанные мероприятия позволят повысить энергоэффективность технологии. Предварительные экспериментальные результаты показали, что при неэффективной работе газоочистного оборудования, несоблюдении оптимальных режимов работы печи сферолизации и значительных недостатках непосредственно самой конструкции печи имеются значительные потери годного продукта.

**Ключевые слова:** стеклянные микросферы, энергоэффективность, печь, сферолизация.

## ON ENHANCEMENT OF POWER PRODUCTION EFFICIENCY OF GLASS MICROSPHERES

D.S. YALKHOVSKIKH, V.A. GORBUNOV

Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russia  
E-mail: yalkhovskikh\_d@mail.ru, zamdekana@iff.ispu.ru

### Abstract

**Background:** Intensive technology development specifies the high requirements for creation of new composite durable in severe conditions. Glass microspheres application allows solving this technical problem. Therefore power production efficiency enhancement of glass microspheres is of current interest.

**Materials and methods:** Experimental researches and mathematical modeling methods are accepted as the principal ones to estimate the ways of power efficiency enhancement.

**Results:** Examples of application scopes of glass microspheres in industry are described. The technological scheme of glass microspheres manufacturing and the ways of power efficiency enhancement of the given technology are considered.

**Conclusions:** Discussed measures enable to enhance power efficiency of technology. Preliminary experimental results have shown that considerable losses of suitable product occur under the condition of inadequate performance of gas cleaning unit, non-observance of optimum operating modes of the spherilization furnace and considerable demerits the furnace design.

**Key words:** glass microspheres, power efficiency, furnace, spherilization.

В настоящее время в связи с интенсивным развитием техники возросли требования к созданию новых композиционных материалов, способных к длительной эксплуатации в жестких условиях – под действием высоких температур, больших и разнообразных механических нагрузок, химически активных сред, излучений и т.д. Любая техническая проблема, где требуется снижение веса при низкой теплопроводности, высокой прочности и экономии объема, повышенной устойчивости к эрозии и агрессивным средам, может быть решена с применением полых стеклянных микросфер.

Стеклянные микросферы успешно применяются в таких отраслях промышленности, как судостроение (являются одним из основных

элементов каркаса глубоководных аппаратов, в том числе и АПЛ), нефте- и газодобыча (важная составляющая тампонажных растворов), лакокрасочная промышленность (огнезащитные лаки и краски), горнодобывающая промышленность (одни из составляющих взрывчатых систем), строительство (сверхлегкие бетоны, звукозащитные материалы), машиностроение (композиты, ремонтные шпатлевки, звукозащитные материалы) [1]. Поэтому снижение процента брака, уменьшение объема загрязнения окружающей среды и повышение энергетической эффективности при производстве стеклянных микросфер является актуальной задачей.

Полые стеклянные микросферы представляют собой мелкодисперсные легкосыпучие порошки, состоящие из тонкостенных (0,5–2,0 мкм) стеклянных частиц сферической формы диаметром 10–150 мкм (рис. 1) [2]. Состав стекла и почти правильная сферическая форма микросфер обеспечивают высокую степень прочности при сжатии, низкое водопоглощение, малую теплопроводность, высокую химическую стойкость и радиопрозрачность.

Формование стеклянных микросфер является составной частью многостадийного технологического процесса их производства (рис. 2), включающего:

- 1) варку стекла с непрерывной выработкой стекломассы на эрклез (отдельный технологический процесс);
- 2) измельчение эрклеза в микропорошок регулируемого и контролируемого гранулометрического состава;
- 3) высокотемпературную обработку (сферолизацию) микропорошка;
- 4) флотацию продукта обработки, состоящего из микросфер и микрошариков;
- 5) сушку микросфер;
- 6) аппретирование микросфер – добавление связывающего вещества (при необходимости) [1].

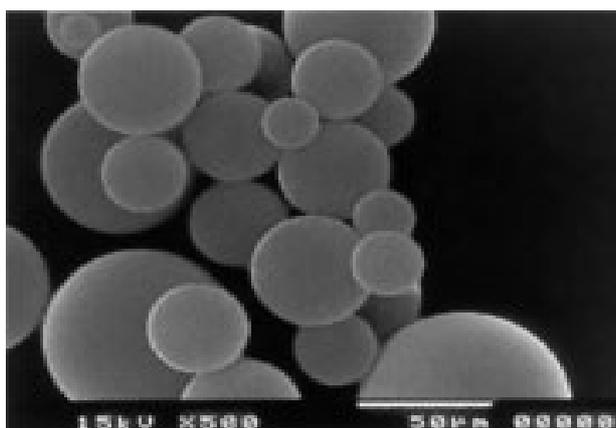


Рис. 1. Общий вид стеклянных микросфер

Самым энергозатратным, а значит, и требующим наиболее пристального внимания является этап получения микросфер в печи сферолизации: микропорошок после помола в струйной мельнице 1 через вибропитатель 3 поступает в печь сферолизации 4, где под воздействием высокой температуры содержащийся в исходных частицах стекла разлагается газообразующий компонент, выделяя газ; под действием избыточного давления газа внутри частицы происходит ее раздув с увеличением объема (диаметра); за счет сил поверхностного натяжения частицы приобретают сферическую форму; улавливание микросфер происходит в циклоне 5, установленном после печи сферолизации, кроме того, вместе с микросферами улавливаются микрошарики (нераздувшиеся микросферы, пыль, слипшиеся кусочки стекла), которые затем отделяются от микросфер в аппарате флотации 8.

Наиболее перспективными путями повышения энергетической эффективности производства стеклянных микросфер являются:

1. Разработка режимных карт работы теплотехнологической установки (печи сферолизации), позволяющих определять наиболее рациональный режим работы печи при обеспечении заданного качества продукции.

2. Конструктивная оптимизация печи сферолизации (определение оптимальной высоты рабочего пространства, оптимальной конструкции установки горелочного устройства).

3. Реконструкция газоочистного оборудования после печи сферолизации.

Для реализации данных мероприятий необходимо следующее:

1. Провести экспериментальные исследования работы печи сферолизации.
2. Построить трехмерную математическую модель теплотехнической установки и связанного с ней газоочистного оборудования.
3. Провести верификацию созданной математической модели.
4. Провести расчет на математической модели и выявить оптимальные режимы работы установки.
5. С помощью математического моделирования определить возможность использования современного газоочистного оборудования после печи сферолизации.

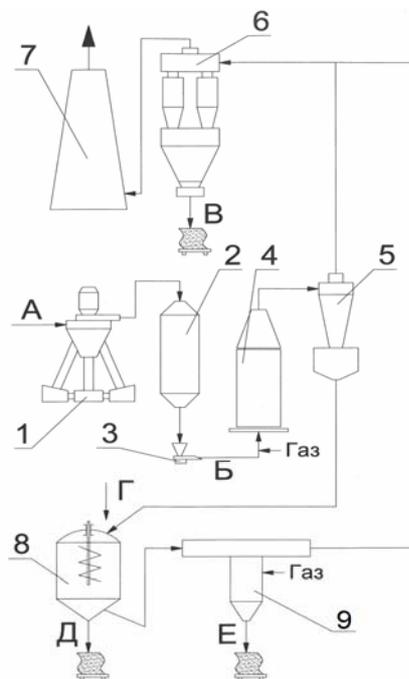


Рис. 2. Принципиальная схема получения стеклянных микросфер: 1 – струйная мельница (помол эрклеза в микропорошок); 2 – рукавный фильтр; 3 – вибропитатель стеклопорошка; 4 – печь сферолизации; 5 – циклон для улавливания микросфер; 6 – группа циклонов для очистки продуктов сгорания; 7 – дымовая труба; 8 – аппарат флотации (разделение микрошариков и микросфер); 9 – спирально-вихревая сушилка; А – подача эрклеза; Б – подача стеклопорошка; В – сбор отходов для переработки; Г – подача воды; Д – сбор микросфер (отход производства) для переработки; Е – выход готовой продукции

Предварительные экспериментальные исследования по улавливанию стеклянных микросфер из потока газа (т.е. получение готового продукта) показали, что эффективность работы газоочистного оборудования составляет 65–70 %. Таким образом, потери годного продукта к абсолютной величине составляют около 280 кг/сут.

### Заключение

В настоящее время в связи с увеличением объема высокотехнологических производств, одной из составляющих которых являются стеклянные микросферы, потребность в данном продукте в России, как и во всем мире, велика.

Рассмотренная технология производства стеклянных микросфер является энергозатратной и, как следствие, не конкурентноспособной.

Предложенные мероприятия позволят снизить себестоимость продукции, уменьшить выбросы в окружающую среду, тем самым повы-

сить энергоэффективность технологии получения стеклянных микросфер.

### Список литературы

1. Будов В.В. Полые стеклянные микросферы. Применение, свойства, технология // Стекло и керамика. – 1994. – № 7–8.
2. Асланова М.С., Стеценко В.Я., Шустров А.Ф. Полые неорганические микросферы // Химическая промышленность за рубежом. Вып. 9. – М.: НИИТЭХИМ, 1981. – С. 14–65.

### References

1. Budov, V.B. Polye steklyannye mikrosfery. Prime-nenie, svoystva, tekhnologiya [Hollow glass microspheres. Application, properties, technology], in *Steklo i keramika*, 1994, 7–8.
2. Aslanova, M.S., Stetsenko, V.Ya., Shustrov, A.F. Polye neorganicheskie mikrosfery [Hollow nonorganic microspheres], in *Khimicheskaya promyshlennost' za rubezhom*, issue 9, Moscow: NIITEKhIM, 1981, pp. 14–65.

*Ялховских Дмитрий Сергеевич*,  
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
аспирант кафедры энергетики теплотехнологии и газоснабжения,  
e-mail: yalkhovskikh\_@mail.ru

*Горбунов Владимир Александрович*,  
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики теплотехнологии и газоснабжения,  
телефон (4932) 26-97-87,  
e-mail: zamdekana@iff.ispu.ru