

ENERGY EFFICIENCY OF ELECTRIC HEATING OF REACTORS IN THE MANUFACTURE OF VARNISHES AND PAINTS

Tovajniansky L.L., Ved V.E., Gurina G.I.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine

Abstract. The drawbacks of the traditional design of the heaters, which make known imperfections in manufacturing processes, realized with the use of electric heating. This determines the need for a radically new design of the heating devices. Created by high-temperature ceramics, characterized by abnormally high thermal stability and clarified the parameters that allow a certain degree change its thermal conductivity. On this basis the contact type ceramic heaters that provide thermal flow direction using different materials in the body of the heater - of high thermal conductivity, the surface facing the heat transfer and low which differs opposite sides of the heater are designed to eliminate the dissipation of heat into the surrounding space. This made it possible to equip the modern production paint industry energy efficient heating equipment with explosion and fire heating system reactors.

Keywords: heaters, ceramic, viscoplasticity, heat transfer, energy efficiency.

EFICIENȚA ENERGETICĂ DE ÎNCĂLZIRE ELECTRICĂ A REACTOARELOR ÎN FABRICAREA DE LACURI ȘI VOPSELE

Tovajnianschi L.L., Vedi V.E., Gurina G.I.

Universitatea Tehnică Națională "Institutul Politehnic din Harkiv", Ucraina

Rezumat. Sunt demonstrate dezavantajele, care au construcții tradiționale de încălzitoare și care aduc imperfecțiunile anumite în procesele tehnologice de fabricare, realizate cu utilizarea de încălzire electrică. Acest lucru determină necesitatea elaborării noilor modele de dispozitive de încălzire. Este creată ceramică, care susține temperaturi înalte, care se deosebește de rezistența la căldură anormală ridicată și sunt identificate parametrii, care permit într-un grad anumit de a schimba coeficientul ei de termoconductibilitate. În virtutea acestui fapt sunt elaborate încălzitoarele ceramice de tip contact, care asigură orientare fluxurilor termice prin utilizare a materialelor eterogeni în corpul încălzitorului – primul, cu termoconductibilitate înaltă, care este îndreptat la suprafață care transferă căldură, și cu al doilea, care are termoconductibilitate joasă, care este caracteristică la partea opusă a încălzitorului, care este destinată pentru excluderea pierderilor de căldură în mediul ambiant. Datorită acestui fapt este posibil de a înzestra întreprinderi moderne de producere ale vopselelor cu echipament energoeficient cu sistemul antideflagrant de încălzire a reactoarelor.

Cuvinte-cheie: încălzitoare, ceramică, viscoplasticitate, transfer de căldură, eficiența energetică.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОНАГРЕВА РЕАКТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛАКОВ И КРАСОК

Товажнянский Л.Л., Ведь В.Е., Гурина Г.И.

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
Украина*

Аннотация. Показаны недостатки, присущие традиционным конструкциям нагревателей, которые вносят известные несовершенства в технологические процессы, реализуемых с применением электронагрева. Это определяет необходимость разработки принципиально новых конструкций нагревательных устройств. Создана высокотемпературная керамика, отличающейся аномально высокой термостойкостью и выяснены параметры, позволяющие в определенной степени изменять ее коэффициент теплопроводности. На этой основе разработаны керамические нагреватели контактного типа, обеспечивающие направленность тепловых потоков применением разнородных материалов в теле нагревателя – с высокой теплопроводностью, обращенного к теплопередающей поверхности, и низкой, которой отличается противоположная сторона нагревателя, предназначенная для устранения рассеяния тепла в окружающее пространство. Это дало возможность оснастить современные производства лакокрасочной промышленности энергоэффективным нагревательным оборудованием со взрывопожаробезопасной системой обогрева реакторов.

Ключевые слова: нагреватели, керамика, вязкопластичность, теплопередача, энергоэффективность.

Значительная зависимость народного хозяйства многих стран мира от импорта первичных топливно-энергетических ресурсов определяет первостепенную важность решения вопросов экономного и эффективного потребления топлива и электроэнергии

в общегосударственном масштабе. Сравнение показателей затрат при использовании различных энергоносителей показывает, что эффективность электрического нагрева уступает передаче тепла газом в 4 – 8 раз. Общемировая цена на природный газ с начала 2000 годов к настоящему времени выросла практически на порядок. Поэтому выбор рационального вида энергии для организации нагрева требует проведения специальных технико-экономических расчетов, тем более что в ряде случаев осуществление нагрева с помощью первичных энергоносителей требует значительных капитальных затрат. Их доля может быть особенно велика, если нагревом должны быть обеспечены сравнительно мелкие и разбросанные объекты; при этом усложняется и обслуживание термических установок. В этих случаях экономически оправданно применение электронагрева, посредством которого осуществляется точное поддержание температуры, позволяющее осуществлять управление технологическими процессами. Особенно выгоден электронагрев для временных и переносных установок [1]. Поэтому трансформация электроэнергии в тепло посредством резистивных нагревателей различных конструкций используется практически во всех отраслях промышленности, в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции и для бытовых нужд [2]. Если рассматривать энергетические потери, неизбежно возникающие при потреблении электроэнергии, то, в большинстве своем, они связаны с: 1) несовершенством конструкции нагревательных устройств; 2) неудовлетворительной теплоизоляцией нагревательных устройств; 3) наличием больших тепловых сопротивлений в теплопередающих системах. Несовершенства конструкций связаны, в основном, с тем, что традиционные нагревательные устройства оснащаются нагревателями в трубчатом исполнении (тэнами), которые отличает весьма малая внешняя поверхность теплоотдачи. Это приводит к значительной температурной перегрузке резистивных элементов, приводящей к их деградации и перегоранию нагревателей. Передача тепла посредством трубчатых нагревателей осуществляется с большими градиентами температур, поэтому для процессов, которые протекают в узких температурных интервалах, такая организация передачи тепла является мало пригодной. Передача тепла нагреваемым объектам теплопроводностью при использовании тэнов также является неудовлетворительной в силу образования исключительно точечных контактов в теплопередающей системе, когда основная часть выделяемой энергии расходуется на конвективный нагрев воздуха, что неизбежно приводит к большим потерям тепла.

Анализируя конструкции известных типов электрических нагревателей необходимо отметить, что для совершенствования параметров их работоспособности и энергоэффективного применения в нагревательных устройствах контактного типа, следует осуществить: 1) снижение температур, как на резистивных элементах, так и на теплоотдающей поверхности; 2) максимальное развитие поверхностей теплообмена при обеспечении минимальных градиентов температур по этой поверхности; 3) максимально направленные потоки передачи тепла в заданном направлении; 4) соответствие геометрических форм теплоотдающих поверхностей нагревателей конфигурации внешних поверхностей нагреваемых объектов; 5) применением высокотемпературных теплопередающих материалов от тепловыделяющей поверхности нагревателей к нагреваемой поверхности. Перечисленные требования определяют необходимость отказа от традиционных форм нагревательных элементов и разработку принципиально новых конструкций. Единственным материалом, на основе которого можно создать нагреватели с новыми параметрами работоспособности, в силу его высоких диэлектрических свойств является керамика, которой направленными технологическими воздействиями сообщаются заданные электрофизические, физико-механические и теплофизические характеристики. Нами разработан новый класс керамических материалов, обладающий определенным и регулируемым уровнем пластичности структуры (рис.1), проявляемым в

различных температурных интервалах [3]. Экспериментально доказано, что пластичность структуры керамики дает возможность изделиям любых геометрических форм на ее основе выдерживать градиенты температур в диапазоне до 1600°C, т. е. проявлять аномально высокую термостойкость.

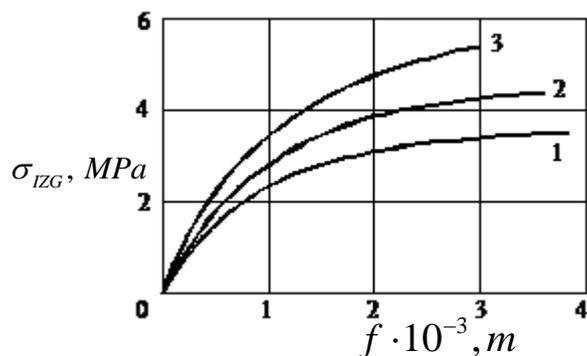


Рис.1. Диаграммы деформирования керамики с пластичной структурой при температурах, град С: 1 – 900; 2 – 800; 3 – 700.

Детальное изучение свойств разработанной керамики показало [4], что материалы на ее основе существенно не изменяют уровень термостойкости при изменении фазового состава керамики. Это дало возможность оптимизацию свойств по заданным параметрам, которыми должны обладать конструкционные материалы для нагревателей – теплопроводностью и удельным объемным электросопротивлением (рис.2, 3). Как следует из рис. 2, коэффициент теплопроводности керамических материалов можно изменять в зависимости от состава. Это позволяет обеспечивать направленность тепловых потоков непосредственно реализуемой применением разнородных материалов в теле нагревателя посредством разнородной структуры, организуя высокую теплопроводность слоя, приближающуюся к коэффициенту теплопроводности железа, обращенного к теплопередающей поверхности, и низкую, которая сообщается оппозитной его стороне.

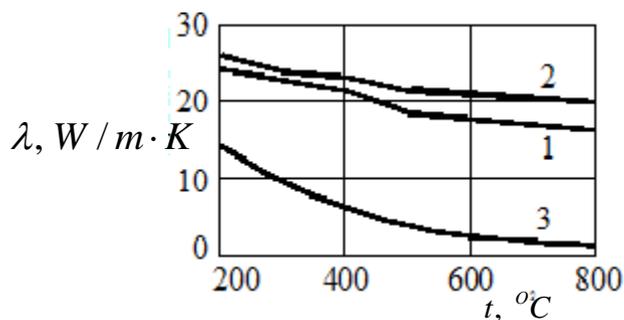


Рис. 2. Направленное изменение температурных зависимостей коэффициентов теплопроводности керамики от ее фазового состава

Изучение основных электрофизических характеристик керамики, синтезируемой для нагревателей, показывает (рис.3, 4), что по диэлектрическим показателям вплоть до высоких температур она вполне соответствует требованиям, предъявляемым к электроизолирующим материалам нагревателей.

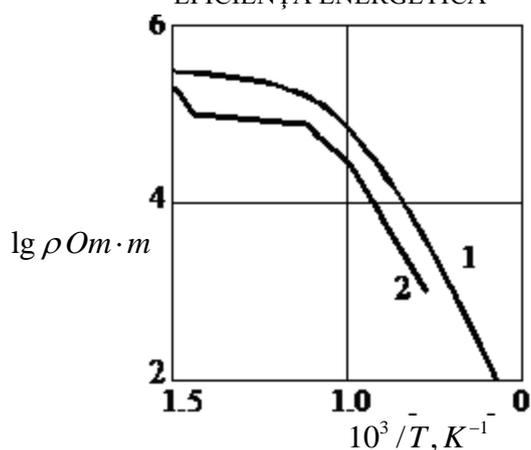


Рис. 3. Зависимость логарифма удельного объемного электросопротивления высокочистого корунда как одного из наиболее эффективных диэлектриков (кривая 1) и керамики с пластичной структурой (кривая 2) от температуры

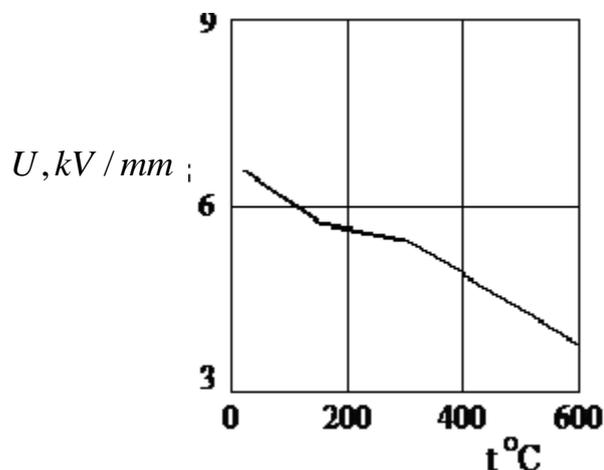


Рис. 4. Температурная зависимость удельного пробивного напряжения керамики с пластичной структурой

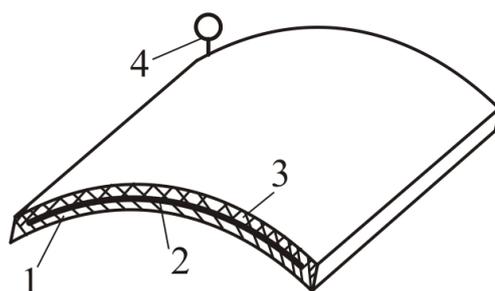


Рис. 5. Разрез поперечного сечения керамического нагревателя, обеспечивающего передачу тепла теплопроводностью объектам цилиндрической формы:
1 – слой керамики с высокой теплопроводностью; 2 – резистивный элемент; 3 – теплоизолирующий слой керамики; 4 – токовывод.

Исходя из обеспечения условий наиболее полной и равномерной передачи тепла керамическими нагревателями (рис.5), следует, что их необходимо изготавливать в виде тонкопрофильных конструкций, теплопередающая поверхность которых повторяет поверхность нагреваемых объектов. В объеме нагревателей на расстоянии в 2 мм от теплоотдающей по-

верхности монослойно расположены резистивные элементы, отслеживающие поверхность теплоотдачи.

Развитие тепловыделяющей поверхности до максимально возможной достигается за счет разработанного приема компоновки нагревателей в блоки. Блочная компоновка нагревателей позволяет достичь еще большего снижения температуры, как на самом резистивном элементе, так и на поверхности теплоотдачи от нагревателя. Для нагревателей, которые предназначены для передачи тепла при непосредственным контактом с нагреваемыми поверхностями, дополнительно разработан прием приклеивания их к теплопринимающему объекту посредством высокотемпературных теплопроводящих паст на диэлектрической основе [5]. Этим обеспечивается передача тепла теплопроводностью в отсутствие паразитных термических сопротивлений в теплопередающей системе. Практика применения нагревателей контактного типа в промышленных установках доказала возможность достижения практически полной передачи выделяемого ими тепла нагреваемым объектам. Экспериментально определенное время ввода нагреваемых объектов в стационарный режим работы соответствует теоретическому расчетному для данной мощности. Созданными керамическими нагревателями, непосредственно приклеенными к поверхностям нагрева, были оснащены промышленные установки различной мощности, в т. ч. химические реакторы мощностью от 10 до 120 кВт, которые заменили устройства масляного обогрева и обеспечили практически безградиентность температуры по поверхности теплоотдачи.

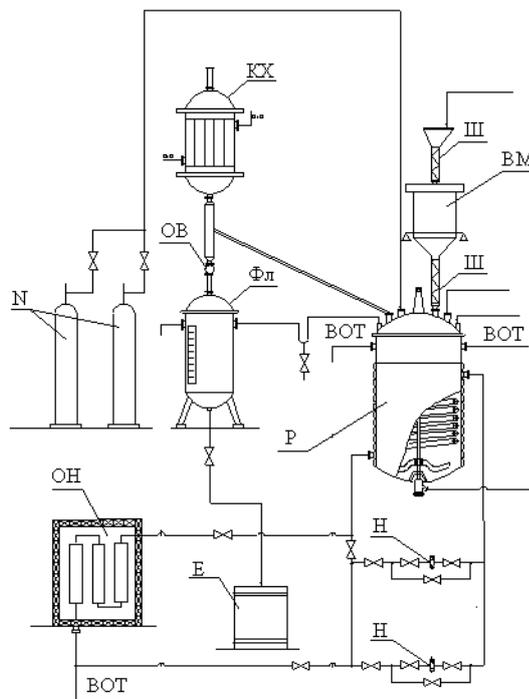


Рис 6. *Схема технологической оснастки реактора установки для синтеза поликонденсационных смол:*

N – баллоны инертного газа, P – реактор; OH – нагреватель с керамическими элементами; Фл – флорентина; KX – теплообменник; Ш – шнековый питатель, Н – насос, ВМ – весовой мерник.

Опыт использования керамических нагревателей при получении поликонденсационных смол (алкидных, уралкидных, полиэфирных, меламино-формальдегидных и др.) (рис.6) свидетельствует об интенсификации процессов синтеза смол в результате сокращения длительности технологических стадий при сохранении и улучшении качественных показателей олигомеров [6,7]. Для синтеза поликонденсационных смол используют установки, включающие реактор с технологической оснасткой, представленной на рис. 6.

Особенностью схемы является пожаробезопасная система обогрева реактора. Соблюдение пожарной безопасности определено размещением теплообменника (поз. ОН) для нагрева высококипящего органического теплоносителя с использованием керамических нагревателей вне помещения, в котором расположен сам реактор. На основе керамических нагревателей разработана и реализована на практике на заводе ОАО «Красный химик» г. Харьков батарея, составленная из семи последовательно соединенных пластинчатых электрических теплообменников для обогрева химических реакторов общей мощностью 245 кВт. Теплообменники вынесены из помещения реакторного устройства. Отказов в работе нагревателей не было выявлено за 5 лет эксплуатации теплообменного оборудования.

Выводы

1. Показаны недостатки, присущие традиционным конструкциям нагревателей, которые вносят известные несовершенства в технологические процессы, реализуемых с применением электронагрева.
2. Создана высокотемпературная керамика, отличающейся аномально высокой термостойкостью и выяснены параметры, позволяющие в определенной степени изменять ее коэффициент теплопроводности. На этой основе разработаны керамические нагреватели контактного типа, обеспечивающие направленность тепловых потоков применением разнородных материалов в теле нагревателя – с высокой теплопроводностью, обращенного к теплопередающей поверхности, и низкой, которой отличается оппозитная сторона нагревателя, предназначенная для устранения рассеяния тепла в окружающее пространство.
3. Создание нового продукта дало возможность оснастить современные производства лакокрасочной промышленности энергоэффективным нагревательным оборудованием со взрывопожаробезопасной системой обогрева реакторов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Storck W. Energy costs hit earnings hard, *Chemical & Engineering News*. V.79, № 6, 2001, p 6.
- [2] Альтгаузен А.П., *Применение электронагрева и повышение его эффективности*, М.: Энергоатомиздат, 1987, с.128.
- [3] Vedi V.E., *Anomalinoe razrushenie bezobjigovoi keramiki na osnove oxida aliuminia, soderjashchei steklofazu, pri povyshennyh temperaturah*, *Mehanika ta mashinnobuduvannea*. 1997, Nr.1, s. 26-33. (in Russian)
- [4] Tovajneansky L.L., Vedi V.E., Guseva N.I., Verba A.G., *Keramicheskie nagrevatelo dlea energoeffektivnoi napravlennoi peredachi tepla*. *Mejdunarodnyi informatsionno-tehnicheskii jurnal "Oborudovanie. Instrument. Dlea professionalov"*, 2006, Nr.3, s. 96-98.
- [5] Tovajneansky L.L., Vedi V.E. *Energoeffektivnosti tehnologhii, obespechivaemyh primeneniem novoi veazkoplastichnoi keramiki*. *Integrirovani tehnologhii ta energosberejennea*, 2008, Nr.2, s. 3-8. (in Russian)
- [6] Gurina G.I, Gurin S.G., Tiunov V.M. i dr. *Alkidnii lak*. Patent Ukraini na korisnu modeli Nr.59890 – Opubl. 10.06.2011.- Biul. Nr. 11. (in Russian)
- [7] Gurina G.I, Gurin S.G., Tiunov V.M. i dr. *Sklav alkidnogo laku*. Patent Ukraini na korisnu modeli Nr. 62680.– Opubl. 12.09.2011.- Biul. Nr. 17. (in Russian)

Сведения об авторах.



Товажнянский Леонид Леонидович, доктор технических наук, профессор, Лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, Заслуженный деятель науки и техники Украины, заведующий кафедрой «Интегрированные технологии, процессы и аппараты» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», ректор университета. Основатель научной школы интенсификации теплообменных процессов, интеграции процессов и энергосбережения. Автор более 600 научных трудов, учебников и изобретений.



Ведь Валерий Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, исполняющий обязанности заведующего кафедрой «Интегрированные технологии, процессы и аппараты» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Научные интересы: высокотемпературное материаловедение, кинетика, катализ, теплообменные процессы и энергосбережение. Автор более 250 научных трудов и изобретений.
E-mail: ved@kpi.kharkov.ua



Гурина Галина Ивановна, кандидат химических наук, профессор кафедры «Технологии полимерных композиционных материалов и покрытий» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Научные интересы: полимерные и олигомерные композиционные материалы и покрытия, гибридные нанокompозиты. Автор более 100 научных трудов и изобретений.