

обеспечить «нулевое время» восстановления системы, также известное как «плавное» восстановление, целью которого является нулевая потеря пакетов данных.

У каждого производителя устройств РЗА, которые могут работать с SV-потоками и GOOSE-сообщениями есть свои уникальные функции по резервированию. В качестве примера рассмотрим технологию HardFiber.

Технология HardFiber позволяет подключаться к устройству сопряжения Brick при помощи оптического кабеля до четырех терминалов РЗА. Это принципиальное отличие от философии использования шины процесса. Компания General Electric данным решением не использует «общую точку», в которой собирается вся информация о процессах, происходящих на энергообъекте. С применением резервирования источников SV-потока силами самого терминала РЗА GE D60 общая система защиты и автоматики остается работоспособной даже при неисправности одного из элементов оптико-волоконных линий связи.

Таким образом, повышение надежности работы устройств РЗА, использующих оптоволоконные каналы связи, может быть достигнуто только путем комплексного использования трех составляющих: возможностей сетевого оборудования, рассмотрения схемы оптических связей устройств РЗА и возможностей самих устройств РЗА.

Литература

1. Аношин, А. О. Цифровые подстанции. Проблемы внедрения устройств РЗА / А. О. Аношин, А. В. Головин // Новости электротехники. – 2012. – № 2 (74). – С. 42–47.

УДК 621.314

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ГАЗОВОМУ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ ПЕЧНОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

В. А. Панасик

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. В. Грунтович

Выполнен анализ научной литературы по газовому и электрическому печному технологическому оборудованию. Определены преимущества применения электрических печей по сравнению с газовыми.

Ключевые слова: технологическое оборудование, стекольная промышленность, электроставка, модернизация, энергоэффективность.

ANALYSIS OF PUBLICATIONS ON GAS AND ELECTRIC FURNACE TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

V. A. Panasik

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

Science supervisor N. V. Gruntovich

The analysis of scientific literature on gas and electric furnace technological equipment is carried out. The advantages of using electric furnaces in comparison with gas ones are determined.

Keywords: technological equipment, glass industry, electric welding, modernization, energy efficiency.

Крупнейшие производители цемента, стекольной промышленности, производства металла и других технологий, использующих в технологическом оборудовании в качестве энергоресурса природный газ, заняты поиском альтернативных видов топлива. Все больше появляется публикаций, связанных с энергоэффективностью таких производств и переходом технологического оборудования на новые альтернативные виды топлива. В Республике Беларусь данная проблема является актуальной, поскольку газ является импортируемым видом топлива и цена на него неуклонно растет. Рост тарифов на топливно-энергетические ресурсы привел к увеличению энергетической составляющей затрат в структуре себестоимости выпускаемой продукции у предприятий различных отраслей промышленности. При этом энергетическая составляющая затрат в структуре себестоимости конечной продукции возросла настолько, что может вывести любое, даже самое современное производство, использующее газовое технологическое оборудование, в разряд нерентабельных.

В литературных источниках много публикаций, посвященных стекольной отрасли – производству листового и тарного стекла [1, 2]. Первый справочник ЕС по стекольной промышленности выпущен в 2001 г. На русском языке подготовлен Справочник по наилучшим доступным технологическим методам использования энергоресурсов в стекольной промышленности [1]. В справочнике рассматривается печное оборудование для таких подотраслей, как тарное стекло и сортовое стекло. Производство тарного стекла – крупнейшая подотрасль стекольной промышленности в Европе (60 % совокупного производства в 1996 г.).

Печи тарной подотрасли работают в непрерывном режиме (или с небольшим промежуточным ремонтом) до 12 лет. После чего они перестраиваются с частичной или полной заменой конструкции в зависимости от ее состояния. Ремонт средней печи (около 250 т/сутки) обойдется в 3–5 млн евро. Реальные расходы могут быть значительно выше, поскольку холодный ремонт – удобное время для модернизации процесса.

Производство стекла в больших объемах является капиталоемким, требуя значительных долгосрочных инвестиций. Это отражается в малой доле производителей сортового стекла, использующих печи более чем на 20 т стекломассы в сутки. Хотя эти компании и производят большую долю сортового стекла в ЕС, подотрасль необычна тем, что имеется значительная доля малых, менее капиталоемких предприятий, часто специализирующихся на дорогих предметах ручного производства или конкретных рыночных нишах. Небольшие объемы стекла могут готовиться в горшковых печах или ваннных печах периодического действия, которые относительно дешевы в строительстве и хороши в функционировании, но никогда не смогут конкурировать на рынках больших объемов.

Подотрасль сортового стекла использует большой спектр типов и размеров печей, для которых характерны различные по продолжительности кампании. Большие печи на ископаемом топливе могут функционировать в течение 5–8 лет до холодного ремонта, для электрических печей этот период составляет от 3 до 6 лет, а для горшковых печей – от 10 до 20 лет при замене горшка каждые 3–12 месяца. Для типичной электрической печи для производства хрусталя производительностью 30 т стекломассы в сутки холодный ремонт обойдется в сумму около 2 млн евро, а новая печь будет стоить 8 млн евро. Для типичной печи для натрий-кальций-силикатного стекла производительностью 130 т в сутки, использующей газ или жидкое топливо, стоимость холодного ремонта составит приблизительно 4 млн евро, а стоимость новой печи – 12 млн евро.

В справочнике [1] рассматривается возможность стекловарения в электрических печах. Экономическая целесообразность использования электрических печей зависит в основном от разницы цен на электроэнергию и ископаемое топливо. Стоимость электроэнергии в различных странах ЕС также может отличаться. Электрические печи чрезвычайно теплоэффективны, обычно они требуют в 2–4 раза меньше энергии, чем традиционные топливные печи, причем чем меньше печи, тем больше это различие. Кроме того, обычно электрические печи обеспечивают больший удельный съём стекломассы с площади варочного бассейна.

Электрические печи требуют гораздо меньших капитальных затрат на установку и ремонт по сравнению с традиционными печами, что частично компенсирует высокие текущие расходы. Однако такие печи выдерживают меньшую продолжительность кампании до ремонта или полного восстановления: продолжительность кампании составляет от 2 до 6 лет по сравнению с 10–12 годами для традиционных печей. Для малых печей (10–50 т стекломассы в сутки) из-за относительно высоких потерь теплоты в топливных печах электрические печи могут быть более конкурентоспособны.

В [2] автор рассматривает преимущества и недостатки применения электроэнергии для варки различных типов стекол, основанные на свойствах силикатных расплавов и технологических особенностях процесса варки. Приводятся конструкции печей, типы регулирующего его электрооборудования, виды используемых электродов и огнеупорных материалов. Рассмотрены вопросы экологичности и безопасности технологического производства стекла. Автор отмечает, что, несмотря на более высокую по сравнению с органическими теплоносителями стоимость электроэнергии, даже при интенсивном развитии атомной энергетики электроварка стекла находит все более широкое применение во всех странах. Широкое применение электрических печей в стекловарении началось в 50-х гг. благодаря освоению промышленной технологии получения стержней из молибденовых сплавов, используемых в качестве электродов, хотя первые попытки использования электроэнергии для варки стекла относятся к 80-м гг. прошлого столетия [1].

Стекольная промышленность является энергоёмкой отраслью производства. Она потребляет около 2 млн т у. т. в год; в том числе основная часть топлива: 74 % – в виде природного газа и мазута, 15 % – в виде электроэнергии и 11 % – в виде тепловой энергии [2]. Расход энергии преимущественно приходится на стекловарение, поэтому основные усилия по энергосбережению направляются на снижение удельных расходов топлива, потребляемого стекловаренными печами. В начальный период развития электроварки электрические печи применялись преимущественно для варки специальных, тугоплавких, дорогостоящих стекол и стекол, содержащих легколетучие компоненты. Производительность печей не превышала 3–5 т/сутки. Наблюдался постоянный рост потребления электроэнергии, что связано с увеличением использования электроэнергии непосредственно для варки стекла (электро- и газоэлектроварки), а также с механизацией и автоматизацией технологических процессов стекольных заводов. Количество электрических печей за рубежом возрастало из года в год, если в 1950 г. была освоена одна печь, то в 1967 г. было введено в эксплуатацию 10 печей, в том числе и печь производительностью 120 т/сутки для стеклотары [2].

Топливо-энергетический кризис конца 70-х гг. дал новый импульс развитию электроварки, положил начало конструированию и внедрению высокопроизводительных электрических печей производительностью 160–180 т/сутки [2]. В странах

с развитой стекольной промышленностью (США, Япония, Англия, Германия, Франция) от 40 до 60 % стекла специального назначения вырабатывается в электрических печах.

Несмотря на высокую стоимость электроэнергии в настоящее время на различных рынках [2–4] и относительно небольшую производительность электропечей, перспективность применения электроварки стекла обусловлена ее существенными преимуществами по сравнению с газовой:

- более низкие капиталовложения при электроварке;
- уменьшенные размеры электропечей;
- более высокий КПД;
- высокий коэффициент использования стекломассы;
- сокращение эксплуатационных расходов на обслуживающий персонал и материалы;
- обеспечение гибкости и точности регулирования температурного режима;
- уменьшение улетучивания компонентов (особенно фтора, оксидов свинца, бора), что очень важно с точки зрения как стабильности состава, так и экологии;
- возможность производства ряда стекол, варка которых невозможна в пламенных печах или затруднена в связи с необходимостью достижения высоких температур или интенсивного улетучивания компонентов;
- обеспечение полной автоматизации процессов стекловарения;
- отсутствие загрязнения окружающей среды.

Л и т е р а т у р а

1. Справочник по наилучшим доступным техническим методам использования энергоресурсов в стекольной промышленности: производство сортового и тарного стекла. – Режим доступа: http://ecoline.ru/wp-content/uploads/BAT_Energy_Glass.pdf. – Дата доступа: 11.05.2023.
2. Минько, Н. И. Электрическая варка стекла : монография / Н. И. Минько, В. С. Бессмертный, В. В. Калатоzi. – Белгород : БГТУ, 2016. – 316 с.
3. Севастьянов, Р. И. Применение электроэнергии в стекловарении / Р. И. Севастьянов // Стекло и керамика. – 1994. – № 3/4. – С. 8–10.
4. Электроварка стекла / М. Г. Манвелян [и др.]. – Ереван, 1962. – 223 с.

УДК 543.544

РАЗЛИЧИЯ МЕТОДИК ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ДЕФЕКТОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ПО ХРОМОТОГРАФИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ

Е. А. Жук

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. В. Грунтович

Рассмотрены различные методики, позволяющие трактовать полученные результаты по-разному, что в свою очередь может привести к наличию дефекта в дорогостоящем и важном оборудовании, которое может выйти из строя в достаточно быстрый период времени.

Ключевые слова: хроматографический анализ, трансформатор, методика Дорненбург, методика согласно ИЕС 60599, методика согласно СТП 33243.20.366–16.