

## СТЕНДОВАЯ СБОРКА ДНИЩА СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ

© канд.техн.наук *Мигаль В.П., Иванов В.Н., Николаева Г.Я.*, канд.техн.наук *Скурихин В.В.* (ОАО «Боровичский комбинат огнеупоров»), *Ермаков И.Н.* (ООО «Торговый дом БКО»)

В ОАО «БКО» освоена технология стендовой сборки элементов стекловаренной печи, в первую очередь днища печи. Для обеспечения требуемой точности сборки выполнен комплекс работ: спроектирован и построен стенд с отклонениями по неплоскостности  $\pm 0,5$  мм, освоена технология подготовки (резки и шлифования) блочных изделий к стендовой сборке с минимальными допустимыми отклонениями (линейные размеры  $\pm 0,25$  мм; уклоны – менее 0,2 мм), сама технология стендовой сборки. Разработанная технология применена для сборки других элементов печи: лотков-питателей стеклоформовочных маши, арок регенераторов и загрузочных карманов. Применение стендовой сборки позволяет существенно сократить время на монтаж стекловаренной печи, снизить затраты на строительство, создать благоприятные условия для выполнения кладки других элементов печи, что в целом способствует увеличению срока службы печи.

### Ключевые слова

Стекловаренная печь, донный брус, арочные конструкции, стендовая сборка.

### Введение

Стендовая сборка отдельных строительных конструкций промышленных печей применяется сравнительно недавно для агрегатов и их узлов ответственного назначения с длительным сроком эксплуатации, например: горн доменной печи, выкладываемый углеродистыми блоками, облицовка плавильной ванны стекловаренной печи плавнелитыми бадделеито-корундовыми (бакоровыми) изделиями: блоками для стен и донной плиткой.

Предварительная стендовая сборка, как отдельных элементов, так и всей стекловаренной печи целиком у изготовителя, уже вошла в повседневную практику многих иностранных производителей и является одним из обязательных условий выбора поставщика огнеупорных материалов. В России же практика предварительной стендовой сборки применялась в основном, поставщиками плавнено-литых бакоровых и корундовых изделий. Шамотный брус для выстилки днища печи поставлялся отечественными огнеупорными предприятиями лишь отдельными блоками, и для кладки днища требовалось привлечение специалистов-каменщиков со специальными техническими средствами для подгонки изделий по месту (камнерезательные станки, шлифовальные машинки и т.п.).

Преимущества предварительной сборки на стенде очевидны. Для изготовителя – это возможность увидеть недостатки изготовления отдельных элементов конструкции и, своевременно, до поступления их потребителю, исправить их. Подготовка изделий и сборка их в заводских условиях у изготовителя производится на специализированном оборудовании, с применением специальных приспособлений и методов выполнения работ, вследствие чего повышается качество сборки. Потребителю предоставляется возможность не только увидеть всю конструкцию целиком, проверить геометрические размеры и технические характеристики, но и существенно сократить затраты времени и средств на её сборку у потребителя, потому что позволяет подготовить условия для качественной сборки других узлов печи без процедуры дополнительного выравнивания. В условиях, когда учитывается каждый день простоя печи и каждый день работы подрядной организации, особенно важно сократить сроки проведения строительно-монтажных работ. Поэтому получив приглашение на участие в тендере по поставке огнеупоров в количестве 92 тонн для днища ванной печи Камышинского стеклотарного завода, входящего в транснациональную компанию «Сен-Гобен», специалисты ОАО «БКО» приложили максимум усилий для получения этого заказа и выиграли тендер. ОАО «БКО» к этому времени уже имел опыт

стендовой сборки поднасадочных арок для регенераторов из муллитовых блоков марки МЛС-62 для Гомельского стеклотарного завода и ООО «Дмитровстекло» (проекты печей немецкой компании «Хорн») и арок загрузочных карманов из шамотных блоков марки ШСУ-33 для ЗАО «Рузаевский стекольный завод» (проект ОАО «Гипростекло»).

### **Требования к стендовой сборке**

Компания «Сен-Гобен» передала специалистам ОАО «БКО» требования к стендовой сборке и отдельным её элементам на английском и французском языках. Требования касались, главным образом, нормирования предельных отклонений размеров и методов проверки правильности сборки. Для улучшения взаимного понимания этих требований каждой из сторон и исключения неправильных их трактовок, эти требования были изложены на русском языке сначала в виде отдельного приложения к договору на поставку огнеупорных изделий, а затем отражены в сборочных чертежах и детализовках.

Основные требования:

- Сборка днища стекловаренной печи должна производиться на стенде без каких-либо прокладочных материалов под изделиями для исправления неплоскостности поверхности стенда.
- Допускается производить сборку днища стекловаренной печи по элементам:
  - Зона варки,
  - Зона освещения,
  - Зона днища под загрузочными карманами,
  - Зона днища под выработочным каналом.Каждый элемент должен быть собран полностью в соответствии чертежами заказчика. Не допускается сборка отдельных элементов по частям.
- Допустимые отклонения размеров сборки:
  - По длине и ширине от 0 до – 8 мм (при длине и ширине зоны плавления 10 м и 9 м соответственно),
  - Расстояние между осями отверстий от 0 до – 5 мм,
  - Разность двух диагоналей не должна превышать 0,05 % от их длины (при длине диагонали зоны плавления 13,5 м разность длин двух диагоналей не должна превышать 7 мм).
- Отклонения по высоте между отдельными элементами рабочей поверхности сборки не должны превышать  $\pm 2$  мм.
- Отклонения по высоте между соседними изделиями в сборке не должны превышать 1 мм.
- Величина зазора между соседними изделиями не должна превышать 1,2 мм.

### **Стенд**

Для того, чтобы выполнить стендовую сборку, необходимо наличие стенда. Проанализировав имеющиеся данные по конструкции стекловаренных печей, после консультаций с российскими специалистами компании «Сен-Гобен», были выбраны габариты стенда – 12×18 м, который во-первых, мог бы вместить собранную конструкцию днища практически любой стекловаренной печи, а во вторых, мог быть размещен на складе готовой продукции без ущерба для производства.

Конструкция стенда должна быть жесткой, обеспечивая отсутствие деформаций в нагруженном состоянии. Сварная конструкция из двутавровых балок и рельсов была отвергнута ввиду невозможности выправления деформаций балок и рельсов, полученных при их изготовлении, транспортировке и монтаже, в результате чего невозможно было выполнить условие по неплоскостности стенда, что противоречило требованиям компании «Сен-Гобен»: отклонения по высоте между отдельными элементами рабочей поверхности стенда не должны превышать  $\pm 1,0$  мм, а между соседними элементами рабочей поверхности стенда должны быть в пределах либо от 0 до +1 мм, либо в пределах от 0 до –1.

Конструкторами проектно-конструкторского отдела ОАО «БКО» была предложена оригинальная сборная конструкция стенда, состоящая из железобетонного основания, жесткой сварной рамы из двутавровых балок и «пришпиленной» болтовыми соединениями наружной облицовки из проката с компенсаторами деформаций балок. В результате контрольных замеров, произведенных при сдаче стенда в эксплуатацию, неплоскостность отдельных элементов наружной поверхности составила от  $-0,2$  до  $+0,6$  мм. Это обеспечило необходимые условия для сборки днища печи без применения прокладочных материалов, компенсирующих неплоскостность рабочей поверхности стенда (рис. 1). На проектирование и строительство стенда потребовалось полтора месяца напряженной работы.



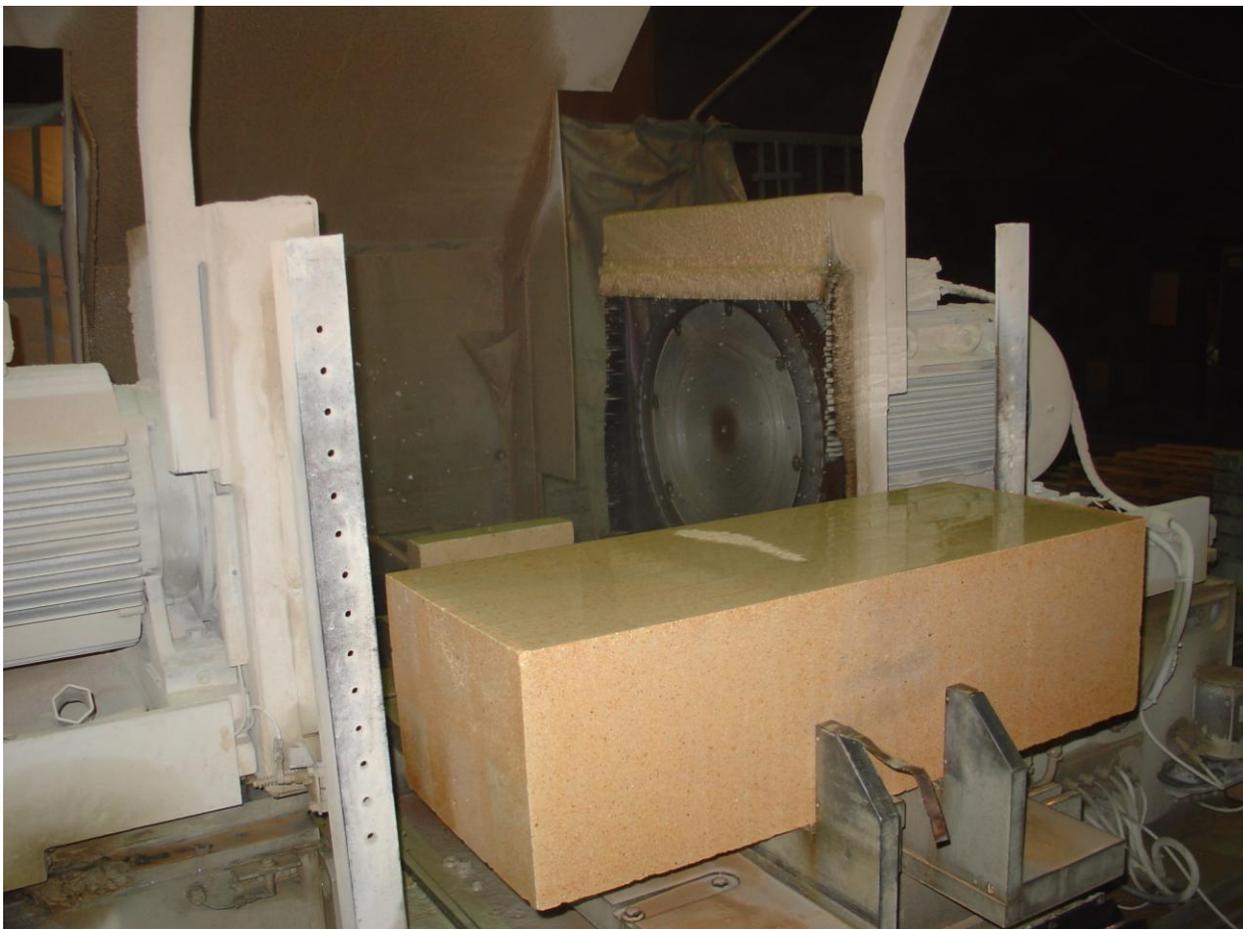
**Рис. 1** – Стенд на складе готовой продукции цеха стелеразливочного припаса ОАО «БКО» с собранным днищем стекловаренной печи.

### **Подготовка блоков к сборке**

На первый взгляд обожженные блочные изделия, сформованные на прессе, в подготовке не нуждаются: они имеют минимальные отклонения от стандартных размеров ( $\pm 2$  мм), однородны по структуре и свойствам, но для обеспечения выталкивания изделий после формования пресс-форма должна иметь технологический уклон. Традиционно принятый у российских производителей уклон составляет 1 % или 1 мм на 100 мм высоты изделия. Для изделий высотой 40-80 мм (большинство стандартных форматов) различия геометрических размеров сверху и снизу, по направлению оси прессования, составляют десятые доли миллиметра и не заметны при замерах инструментом с ценой деления 1 мм. При формовании блоков высотой 300 мм различие размеров становится заметным, и при получении изделий, в целом по допускам удовлетворяющих требованиям ГОСТ 7151, с верхнего штампея изделие, по длине и ширине, будет в «плюсовом» допуске, а с нижнего – в «минусовом». Поэтому была переделана пресс-форма немецкого прессы К-5000 «Фриц-Мюллер» для получения изделий только в «плюсовом» допуске.

Чтобы обеспечить выполнение требований по минимальному отклонению размеров собранной конструкции днища, а также равенству диагоналей каждого из элементов сборки, что служит проверкой прямоугольности всех сочленений (равенство диагоналей

только у прямоугольника), все шесть граней каждого блока после обжига подвергались шлифованию на австрийском станке «Вассмер» (рис. 2). Часть блоков нестандартных размеров (длина менее 1000 мм, ширина менее 400 мм, толщина менее 300 мм) получали резкой стандартных блоков с размерами 1000×400×300 мм на стационарном резательном станке с дисковой пилой. Резанные блоки также шлифовались со всех сторон. На части изделий сверлились отверстия диаметром 200 и 250 мм под термопары и электроды соответственно.



**Рис. 2** – Шлифование блока на австрийском шлифовальном станке «Вассмер».

Успешная сборка изделий на стенде была обеспечена только при условии выполнения жестких требований по допустимым отклонениям размеров блоков:

- Отклонения по длине, ширине и высоте –  $\pm 0,25$  мм,
- Уклон (отклонения от прямого угла) по всем сторонам – не более 0,2 мм.

Каждый блок замерялся до и после шлифования на поверочной плите (рис. 3) и только после выполнения установленных требований этого давался допуск на укладку на стенде. Замер геометрических размеров производился штангенциркулем с ценой деления 0,1 мм, уклонов – с помощью угольника и стандартных щупов.



**Рис. 4** – Контроль размеров и уклонов изделий после шлифования.

#### **Сборка изделий на стенде**

Технология сборки изделий на стенде разрабатывалась и уточнялась в течение всего периода сборки. За неимением опыта, начальные условия были согласованы с российскими специалистами компании «Сен-Гобен». Неоценимую помощь в работе оказала главный технолог ЗАО «Сен-Гобен Кавминстекло» Андреева О.А.

До укладки изделий, стенд был размечен и обозначены каждая из базисных осей (так называемых «красных» или «референц» линий). Сборка производилась в согласованном порядке. После сборки каждого ряда проверялись отклонения по длине и ширине, высоте, плоскостность боковых поверхностей. После сборки трёх рядов были проверены отклонения размеров диагоналей. В дальнейшем размеры диагоналей проверялись после укладки каждого ряда. Днище под загрузочными карманами собирали отдельно от зоны варки (рис. 4). Днище зоны освещения конструктивно находится ниже, по уровню, днища зоны варки. По согласованию со специалистами компании «Сен-Гобен» сборку днища зоны освещения производили на одном уровне с зоной варки, разделив их проёмом шириной 500 мм для выполнения контрольных замеров. Каждое изделие, по окончанию сборки, было пронумеровано в соответствии с порядковым номером его укладки у потребителя.



**Рис. 4** – Сборка днища под загрузочным карманом отдельно от зоны варки.

Проверку линейных размеров производили с использованием лазерных дальномеров Leica DISTO™ A3 (рис. 5) и строительной рулетки с ценой деления 1 мм, отклонений по высоте – с использованием угольника и набора щупов, зазоры между изделиями измеряли калиброванными щупами, замеры неравноплоскостности (выступов) боковых плоскостей изделий производили с использованием 3-метрового правила из алюминиевого профиля и калиброванных щупов.



**Рис. 5** – Проверка линейных размеров лазерным дальномером.

### Приёмка стендовой сборки днища печи

Приёмка стендовой сборки производилась 5 февраля с.г. представителями заказчика – компании «Сен-Гобен». Специалисты Камышинского стеклотарного завода, главный технолог Дружинин С. Е. и инженер-конструктор Власенко Н.С., приехали основательно подготовленными: они тщательно изучили техническую и нормативную документацию, как на изделия, так и на всю конструкцию в целом, прекрасно разбирались в вопросах метрологического обеспечения проводимых замеров.

Комиссией были произведены все необходимые замеры линейных размеров (длины, ширины, диагоналей), отклонений по высоте, неравноплоскостности боковых поверхностей, зазоров между изделиями в сборке каждого из составных элементов днища: зоны плавки, зоны освещения, загрузочных карманов. Результаты замеров приведены в таблице 1 и они свидетельствуют о том, что все поставленные нормативы были выполнены со значительным запасом.

Высокое качество стендовой сборки было оценено не только российскими, но и французскими специалистами компании «Сен-Гобен», побывавшими в июле т.г. с аудиторской проверкой в ОАО «БКО». Результатом выполненной проверки явилось решение о тестировании образцов боровичских изделий в тестовом центре «СенГобена» во Франции для включения ОАО «БКО» в список официальных поставщиков компании за пределами России.

Таблица 1 – Результаты замеров геометрических размеров стендовой сборки дна печи.

Зона дна печи	Наименование размера	Размер по чертежу, мм	Фактический размер, мм
Зона плавки	Длина	$10021^{+0}_{-8}$	10018
	Ширина	$9050^{+0}_{-8}$	9049,5
	Разность длины двух диагоналей	$\Delta=0,05/100*13515=7$	$\Delta=13511-13510=1$
	Расстояние между базисной линией и осями отверстий под термопары	$2200\pm 5$	2201
		$2200\pm 5$	2197
	Расстояние между базисной линией и осями отверстий под электроды	$600^{+0}_{-5}$	600
			598
		$1600^{+0}_{-5}$	1598
			1600
	Расстояние между базисной линией и осями отверстий под электроды	$2600^{+0}_{-5}$	2596
			2598
		$1500^{+0}_{-5}$	
			1495
	1495,5		
	1495,5		
	1495		
		1496	
Зона освещения	Длина	$3400\pm 3$	3398,5
	Ширина	$9050^{+0}_{-8}$	9048,5
	Разность длины двух диагоналей	$\Delta=0,05/100*9668=5$	$\Delta=9666-9665=1$
	Расстояние между базисной линией и осью отверстия под термопару	$250\pm 2$	250
			250
Расстояние между базисной	$250\pm 2$	250	

	линией и осью отверстия под электрод		250
Проток	Длина	$2638^{+0}_{-5}$	2934
			2635,5
	Ширина	$1800^{+0}_{-3}$	1799
	Разность длины двух диагоналей	$\Delta=0,05/100*3194=1,6$	$\Delta=3190-3189=1$
	Расстояние между базисной линией и осью отверстия под электрод	$749^{+0}_{-5}$	748,5
Загрузочный карман левый	Длина	$2500^{+0}_{-5}$	2499
	Ширина	$1325^{+0}_{-5}$	1324
	Разность длины двух диагоналей	$\Delta=0,05/100*2829=1,4$	$\Delta=2825,5-2825=0,5$
Загрузочный карман правый	Длина	$2500^{+0}_{-5}$	2499
	Ширина	$1325^{+0}_{-5}$	1324
	Разность длины двух диагоналей	$\Delta=0,05/100*2829=1,4$	$\Delta=2825,3-2825=0,3$

### Стеновая сборка других элементов стекловаренных печей

ОАО «БКО» получил первый опыт стеновой сборки одного из элементов стекловаренной печи в 2008 году. По заказу ООО «Стальпроект» для Гомельского стеклотарного завода (проект немецкой компании «Хорн») были изготовлены поднасадочные арки для регенераторов из муллитовых блоков марки МЛС-62, одним из требований заказчика было выполнение предварительной стеновой сборки. Для этого был сконструирован компактный разборный стенд, на котором и выполнялась сборка блоков (рис. 6). Приёмка собранных арок на заводе – изготовителе производилась представителями заказчика. В отзыве ООО «Стальпроект» говорится: «В ходе неоднократных проверок на заводе-изготовителе мы убедились в высоком качестве исполнения заказа: физико-химические показатели соответствуют требованиям стандартов, геометрические размеры полностью соответствуют требованиям проектировщиков, собранные на стенде арочные конструкции длиной 2500 мм имели отклонения по длине не более 3-5 мм, по высоте – не более 1 мм. Все элементы были вырезаны из крупноблочных муллитовых изделий, точность геометрических размеров достигалась за счет шлифовки каждого изделия в отдельности, каждое изделие арок было пронумеровано, упаковка обеспечила сохранность продукции».

Позднее были изготовлены с предварительной сборкой на стенде аналогичные по конструкции поднасадочные арки для ООО «Дмитровстекло», арки загрузочного кармана из шамотных блоков марки ШСУ-33 для ЗАО «Рузаевский стекольный завод», плоские арки для регенераторов для ОАО «Салаватстекло».

Сразу после приёмки днища печи для Камышинского стеклотарного завода, на новом стенде была выполнена предварительная сборка лотков питателей стеклоформирующих машин стеклозавода «Красное Эхо». ОАО «БКО» уже в течение 6-ти лет поставляет комплекты лотков для питателей на разные стекольные заводы, в прошлые годы была освоена шлифовка секций лотков, в текущем году впервые выполнена стеновая сборка трех комплектов лотков (фото – на рис. 7).



**Рис. 6** – Стенд для сборки арок с собранным на нём арочным сводом.



**Рис. 7** – Сборка на стенде лотка-питателя стеклоформирующей машины.

### Заключение

1. ОАО «БКО» освоило производство блочных изделий марок ШСУ-33, ШСУ-36, ШСУ-40 и МЛС-62 для кладки днища стекловаренных печей. Блочные изделия с размерами 1000×400×300 мм формуются на специализированном немецком прессе К-5000 «Фриц Мюллер» и обжигаются в туннельной печи. Блоки других типоразмеров по ГОСТ 7151-74 вырезаются из этих изделий. Огнеупорные изделия сложной конфигурации (например, секции лотков питателей) или с габаритными размерами большими, чем размер донного бруса изготавливаются методом вибролитья из ультранизкоцементных бетонов.
2. ОАО «БКО» освоило выполнение предварительной стендовой сборки элементов стекловаренных печей: днища, питателей стекломассы, поднасадочных арок регенераторов и других сборных конструкций. В ходе выполнения работ по стендовой сборке собственными силами выполнены проектирование, монтаж стенда, освоена технология резки, шлифовки и сверления крупноблочных изделий с выполнением жестких требований по допускам:
  - Отклонения по длине, ширине и высоте –  $\pm 0,25$  мм,
  - Уклон (отклонения от прямого угла) по всем сторонам – не более 0,2 мм.Стенд и имеющееся в распоряжении ОАО «БКО» технологическое оборудование, квалифицированные кадры позволяют выполнять заказы, соответствующие международным требованиям, что подтверждено французскими специалистами компании «Сен-Гобен».
3. Применение стендовой сборки позволяет существенно сократить время на монтаж стекловаренной печи, снизить затраты на строительство, создать благоприятные условия для выполнения кладки других элементов печи, что в целом способствует увеличению срока службы печи.