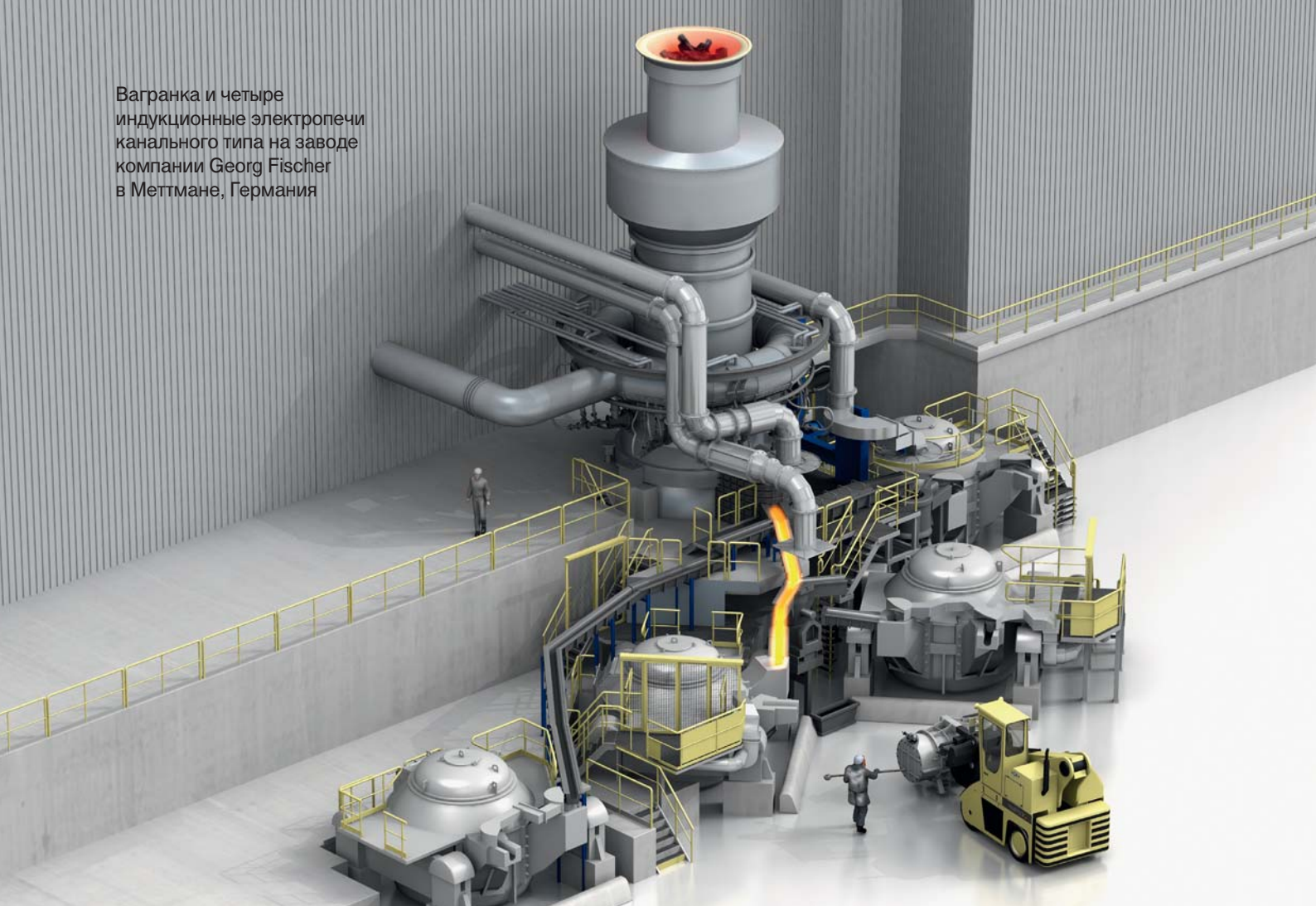


Вагранка и четыре
индукционные электропечи
канального типа на заводе
компании Georg Fischer
в Меттмане, Германия



Авторы: Торстен Кютш, Georg Fischer, Меттман; докт.-инж. Эрвин Дётш, докт.-инж. Марко Рише, ABP Induction Systems, Дортмунд

Высокопроизводительная вагранка для обеспечения чугуном четырех индукционных электропечей канального типа

Компания Georg Fischer (GF) ввела в эксплуатацию новую производственную линию для получения легковесных чугунных отливок на своем заводе в Меттмане, Германия. Как и на действующих подобных производственных линиях, жидкий чугун поступает из вагранки в индукционные печи канального типа. Для решения проблем, возникающих в чрезвычайных ситуациях и при максимальной нагрузке, приняли решение установить четвертую индукционную электропечь канального типа, которая, подобно остальным трем накопительным печам, получает жидкий чугун непосредственно из вагранки по желобу. Опыт эксплуатации действующего оборудования, накопленный как операторами печей, так и их строителями из компании ABP Induction Systems GmbH, Дортмунд, Германия, эффективно использован при сооружении новой производственной линии с четырьмя индукционными электропечами канального типа. Опыт касается не только конструкции печей и технологического процесса, но также и инновационных гидравлических систем с водой в качестве рабочей среды, и систем контроля, обеспечивающих мониторинг работы печей и индукторов

Участок отливок для автомобильной промышленности компании Georg Fischer AG производит литые детали из чугуна, алюминия и магния для шасси,

приводов и конструктивных элементов легковых и грузовых автомобилей. На двенадцати производственных участках в Германии, Австрии и Китае, а

также в двух исследовательских центрах в Швейцарии и Китае занято 5500 сотрудников. Крупнейший литейный цех этого направления компании Georg Fi-

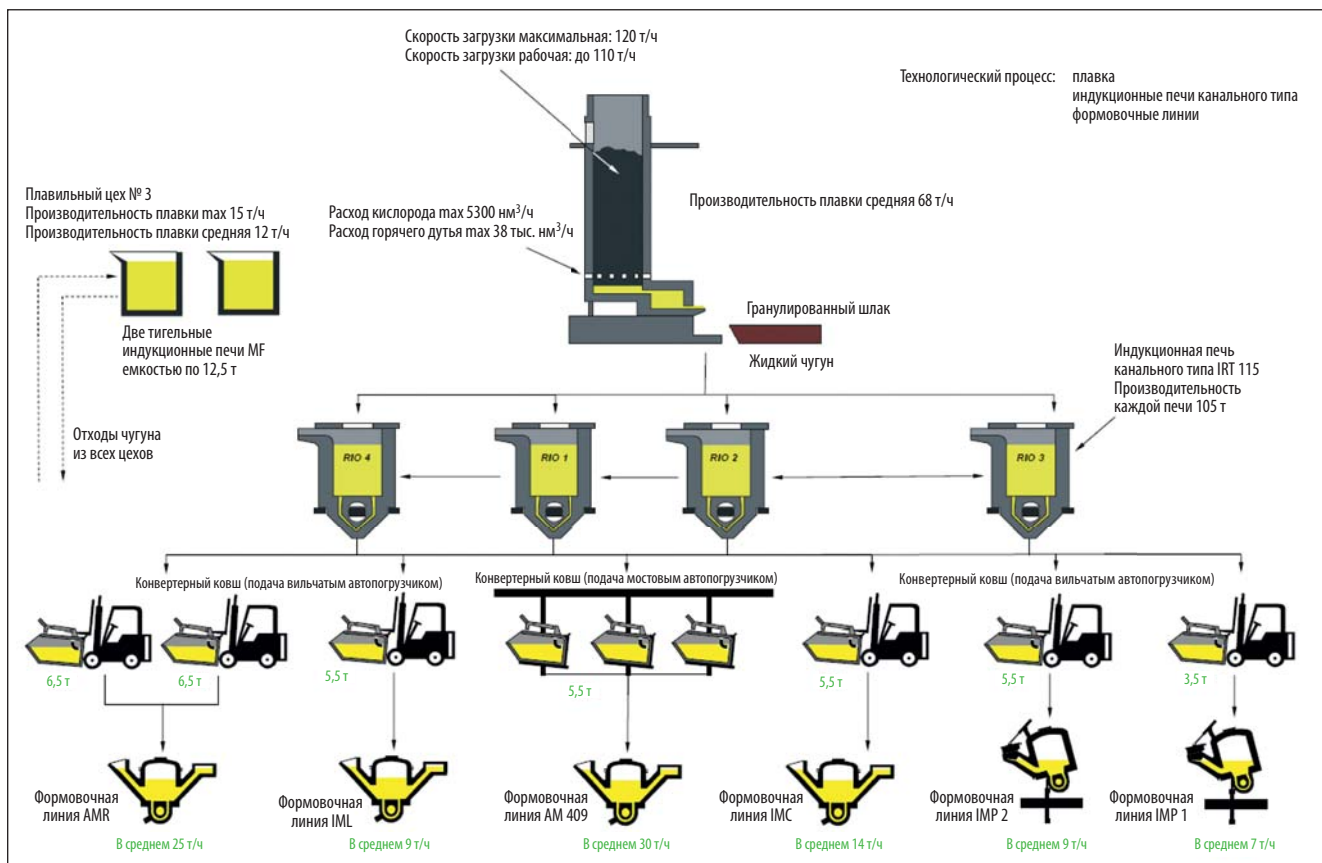


Рисунок 1. Подача чугуна к шести производственным линиям на заводе компании Georg Fischer в Меттмане

schfer GmbH расположен в Меттмане, Германия. На заводе компании Georg Fischer на пяти производственных линиях выпускается широкий сортамент отливок из высокопрочного чугуна и сверхвысокопрочного чугуна SiboDur с шаровидным графитом для ведущих мировых производителей автомобильной отрасли. На производстве отливок в объеме 200 тыс. т/год занято около 1 тыс. сотрудников. В настоящее время на предприятии сооружается шестая линия (AMR) для изготовления легковесных чугунных литых деталей шасси и коленчатых валов легковых автомобилей (таблица 1).

Плавильный участок на заводе в Меттмане производительностью 400 тыс. т/год чугуна имеет в своем составе вагранку и три индукционные электропечи канального типа и две — тигельного типа. Основная часть продукции производится по технологи-

Формовочная линия	Год ввода в эксплуатацию	Размеры опоки, мм	Максимальная производительность, отливок/ч	Масса отливки, кг
AM 409	1974	930×705×320/320	330	180
IMC	1992	960×710×250/200	225	100
IMP 1	1996	960×710×200/200	134	100
IMP 2	1999	1020×760×200/200	134	100
IML	2002	1020×760×200/230	140	100
AMR	2012	1050×900×250/250	240	205

Таблица 1. Производственные линии в литейном цехе компании Georg Fischer в Меттмане

ской схеме «вагранка — индукционная печь канального типа», которая обеспечивает производительность на уровне 70 т/ч. Индукционные печи тигельного типа используют как резервные мощности и для выплавки специальных плавок.

Исходный металл выплавляют в вагранке, основном плавиль-

ном агрегате, и направляют порциями по системе желобов поочередно в одну из трех индукционных печей канального типа. Обработку магнием проводят в 5,5-тонных (или 3,5-тонных) конвертерных ковшах GF. Ковши подают автопогрузчиками с вилчатым захватом к одной из четырех разливочных печей фор-

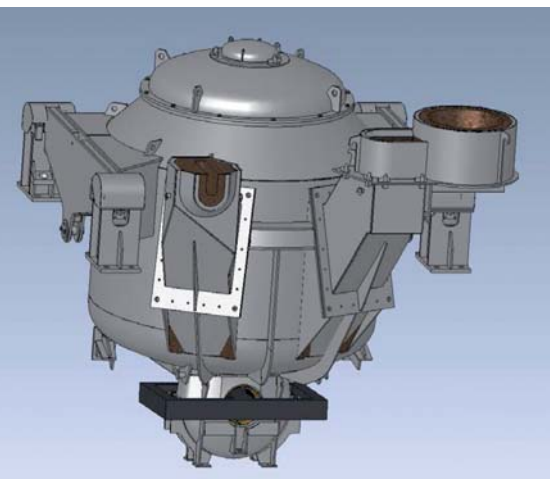


Рисунок 2. Индукционная печь канального типа IRT 115 компании АВР

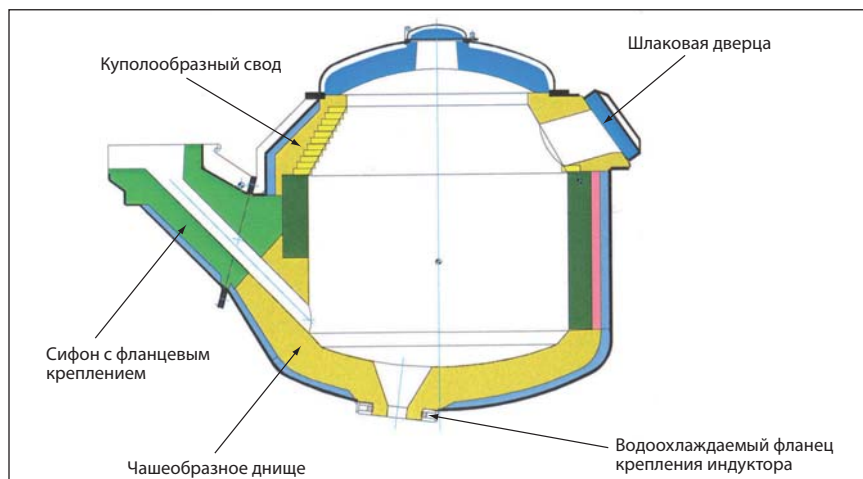


Рисунок 3. Корпус печи IRT в разрезе



Рисунок 4. Водяная гидравлическая система качания печей канального типа на предприятии компании Georg Fischer в Меттмане

мовочных линий, а к разливочной печи пятой линии — мостовым краном. Отливки можно получать из металла марок от GJS 400 до GJS 800 и от SiboDur 450-17 до SiboDur 750-10 на трех индукционных печах канального типа. Окончательный анализ химического состава, в частности окончательное содержание углерода, определяют при заполнении конвертера.

Цель модернизации

После сооружения и ввода в эксплуатацию производственной линии AMR удельная потребность в чугуне при максимальной производительности увеличится примерно на 20 т/ч, в связи с чем производительность вагранки необходимо увеличить до 90 т/ч. Кроме того, с точки зрения логистики трех индукционных печей канального типа для выполнения роли накопителей и буферных емкостей, обеспечивающих постоянное снабжение производственных линий металлом различного химического состава, оказалось недостаточно.

Эту проблему решили путем установки четвертой индукционной печи канального типа. В новую печь жидкий чугун также поступает из вагранки по открытым желобам. Затем чугун заливают в 6,5-тонные конвертерные ковши GF, в которых также проводится обработка магнием. Затем автопогрузчики вильчатого типа транспортируют конвертерные ковши к заливочной печи линии AMR.

Схема снабжения металлом шести производственных линий, установленная после завершения программы реконструкции и расширения, включая ввод в эксплуатацию новой линии AMR, показана на рис. 1. Разработку и установку четвертой электропечи канального типа в производ-

ственный участок с несколькими печами-накопителями выполняла компания АВР, занимающая лидирующие позиции среди изготовителей подобных индукционных печей. Конструкция печи основана на технологических процессах ВВС и АСЕА, которые развивает эта компания.

Конструкция индукционной печи

Четвертая печь, сооруженная компанией АВР, также относится к типу IRT 115 (рис. 2). Ее главными элементами являются: корпус общей емкостью 105 т и полезной емкостью 90 т, индуктор проектной мощностью 1200 кВт, питание к которому поступает с распределительного щита промышленной частоты, и гидравлическая система наклона корпуса вперед и назад.

Корпус печи имеет сферическую форму благодаря чашеобразному днищу и куполообразному своду (рис. 3). Такая конструкция обеспечивает преимущества при поддержании температурного режима и благоприятные условия для повышения стойкости огнеупорной футеровки. Заливка и выпуск металла происходят через сифон, верхний конец которого находится вблизи уровня оси качания печи. Это позволяет загружать печь и выпускать плавку одновремен-

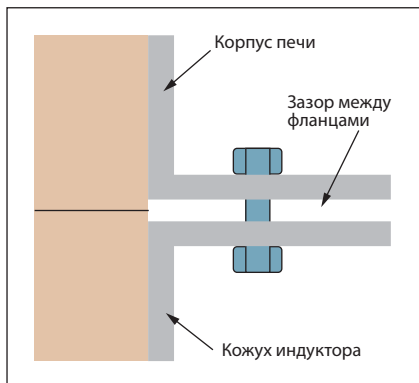


Рисунок 5. Зазор между фланцами индуктора и горловины печи

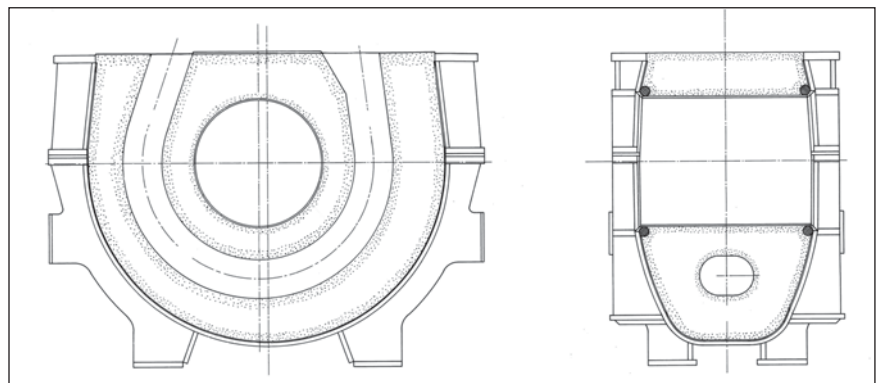


Рисунок 6. Продольное и поперечное сечения индуктора мощностью 1200 кВт компании АВР

но. Благодаря фланцевому соединению можно разъединять верхнюю часть сифона и корпус, что облегчает удаление налипшего металла с устья сифона.

Система качания корпуса печи включает гидравлический цилиндр, установленный на середине высоты печи, и двухрядный подшипник. Данная система обеспечивает наклон печи вперед для выпуска плавки и назад для скачивания шлака. Если печь необходимо наклонить на 90 град. для замены индуктора, то наклон можно выполнять в любом направлении, наиболее удобным для фиксации фланцевого соединения. Три существующие индукционные печи канального типа были модернизированы путем замены масляной гидравлической системы на водяную, разработанную компанией GF на предприятии в Меттмане (рис. 4). Преимуществами выбранного решения являются меньшие затраты и страховые платежи, применение негорючей рабочей среды, пониженный объем выбросов загрязняющих веществ, а также сокращение времени простоев. В связи с этим такое решение было применено и на новой четвертой печи канального типа.

Индуктор закреплен на днище корпуса с помощью водоохлаждаемого фланца. Фланцевое соединение спроектировано таким образом, что поверхность огнеупорной футеровки индуктора

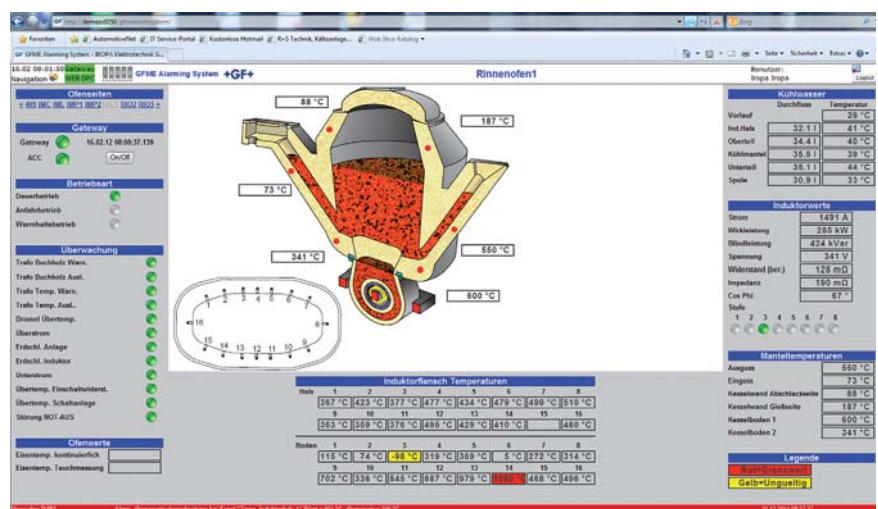


Рисунок 7. Окно выдачи информации для мониторинга работы печи и индуктора

находится на том же уровне, что и футеровка горловины корпуса для крепления индуктора, но между двумя фланцами оставлен зазор (рис. 5). Такое решение гарантирует плотный контакт между футеровками и предусматривает зазор между фланцем корпуса печи и фланцем индуктора, что позволяет осуществлять мониторинг состояния ответственной контактной поверхности между индуктором и корпусом печи с помощью оптических приборов и измерительных систем [1]. Кожух индуктора также охлаждается водой; его конструкция видна на продольном и поперечном сечениях (рис. 6). Огнеупорная футеровка канала индуктора имеет закругленную форму и постоянную толщину по всей длине. Это облегчает усло-

вия нанесения футеровки и предотвращает ее растрескивание под действием напряжений.

Энергия поступает в индуктор через распределительный щит промышленной частоты, оборудованный трансформатором ступенчатого регулирования напряжения и балансировочным устройством.

Огнеупорная футеровка корпуса печи состоит из изолирующего и армирующего слоев и износостойкого покрытия. На двух слоях теплоизолирующей кирпичной кладки общей толщиной 140 мм размещен армирующий слой шамотных пластин толщиной 30 мм, который покрывают износостойким слоем из сухой набивной массы толщиной 270 мм на основе пластинчатого глинозема. Индуктор облицован сухой формовоч-

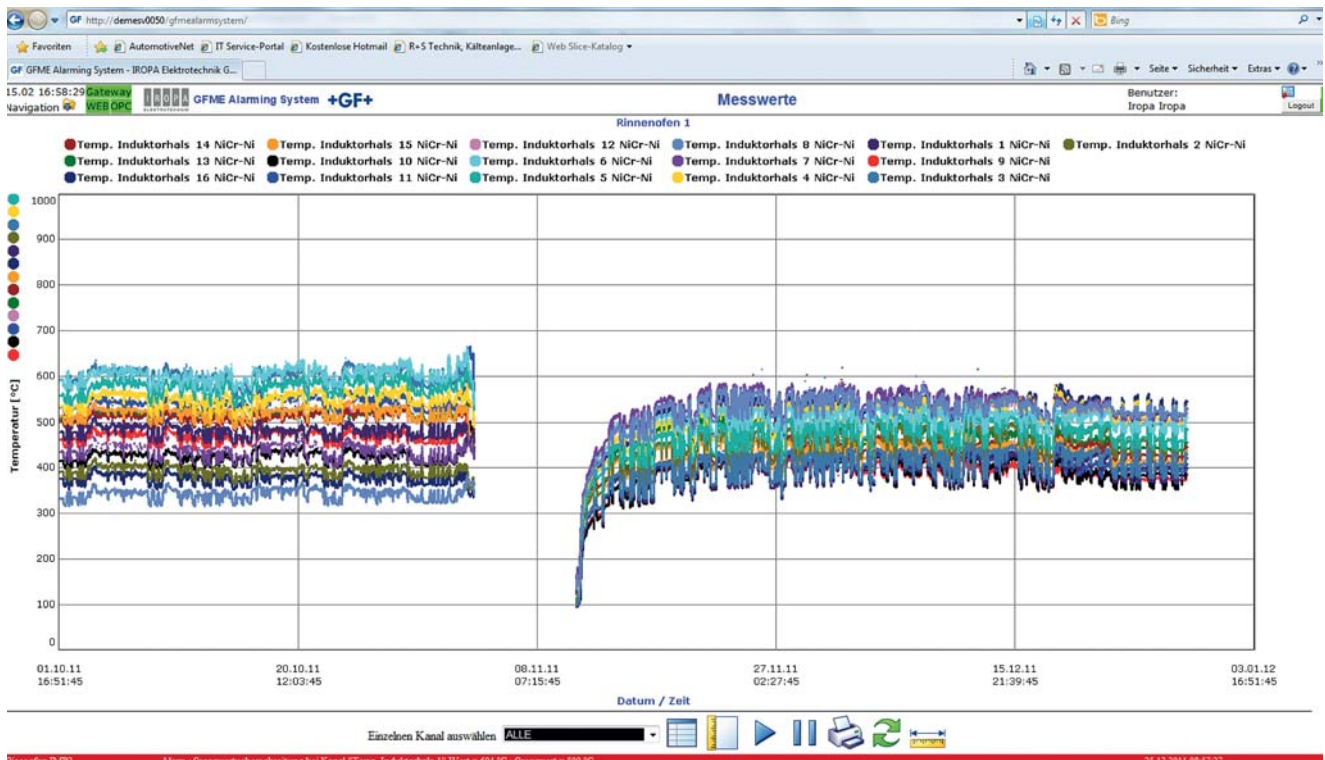


Рисунок 8. Динамика температуры на поверхности раздела между футеровками индуктора и горловины печи в зависимости от времени

ной массой, состоящей на 85 % из MgO и 12 % из Al_2O_3 .

Управление работой печи и индуктора

Мониторинг нормальной работы индуктора — залог надежной работы индукционной печи канального типа. Кроме регулярного инспектирования, особенно осмотра фланцевого соединения, необходимо выполнять

следующие контрольные операции [2]:

- » мониторинг теплоотвода через самостоятельные системы охлаждения печного фланца, верхнего и нижнего кожухов, индукционной обмотки и, особенно, охлаждающей водяной рубашки;
- » мониторинг активной и реактивной мощности, а также сопротивления между расплав-

ленным металлом и водяной рубашкой;

- » непрерывное измерение температуры с помощью термопар, установленных в днище печи и в других важных точках корпуса печи, а также между фланцами.

Форма сбора информации и контроля рабочих параметров в процессе мониторинга системы пока-

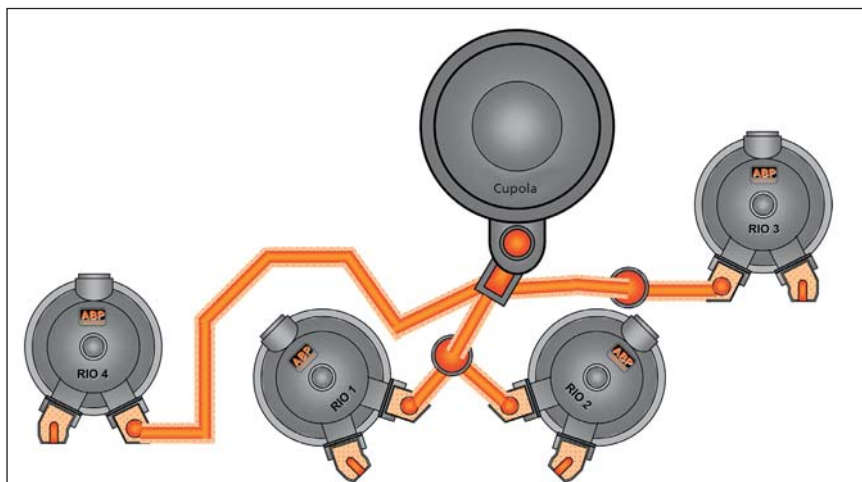


Рисунок 9. План участка накопления металла вблизи вагранки, на котором расположено несколько индукционных печей

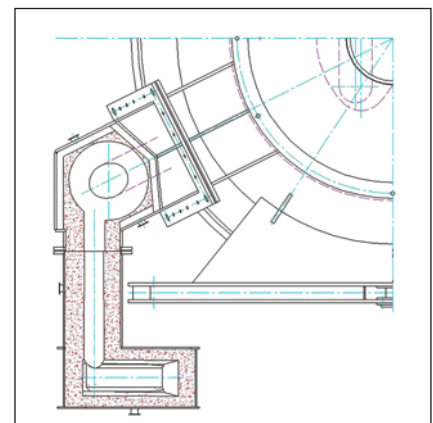


Рисунок 10. L-образный вводный канал для непрерывной подачи жидкого чугуна в заливочный сифон индукционной печи

зана на **рис. 7**. В эту форму сведены все релевантные данные. В левом блоке информационного поля демонстрируются текущие рабочие характеристики и выявляется любое отклонение от заданных параметров. В верхней части правого блока информации фиксируются расходные и температурные характеристики сетей охлаждения индуктора, верхней и нижней частей кожуха, а также водяной рубашки и обмоток индуктора. В нижней части этого блока приведены электрические параметры индуктора. Наиболее важными индикаторами уровня износа служат активная и реактивная мощность, а также сопротивление изоляции между жидким металлом и водяной рубашкой. Последний блок информации в нижней части информационного поля фиксирует результаты измерений температуры в наиболее ответственных точках рубашки. Точки проведения измерений и измеренные температуры также приведены на рисунке в средней части дисплея.

Под схемой печи даны результаты измерений температуры, выполненных с помощью 16 термопар, установленных на определенной глубине на поверхности раздела огнеупорных футеровок индуктора и горловины печи. Для рассмотренного примера температуры находятся в пределах от 359 до 510 °С. Соответственно, не наблюдается проникновение металла через стык футеровок. Все данные, характеризующие текущие параметры работы печи и индуктора, визуализируются и документируются. На основе этих данных можно анализировать частоту нарушений нормальной работы и временной тренд.

Результаты измерений температуры 16 термопарами в горловине индуктора до и после его замены приведены на **рис. 8**. Для оценки параметров износа индуктора особенно важно рассмотрение диаграммы индуктора, характеризующей временные тренды реактивной и активной мощ-

ности. В сочетании с текущими трендами изолирующих характеристик и тепловых потерь в водяной рубашке, подобный анализ позволяет достоверно оценить состояние индуктора и определить момент, когда его необходимо заменить. Основные критерии и их интерпретация рассмотрены в работе [1].

Установка четвертой печи канального типа

На заводе возникла острая необходимость в модернизации третьей печи канального типа RIO 3. Кроме того, потребовалось соорудить четвертую печь RIO 4, которая, с одной стороны, должна была принимать металл непосредственно из вагранки, а с другой — обеспечить удобную разливку металла в 6,5-тонные конвертерные ковши, транспортируемые вилчатыми автопогрузчиками. Схема принятого проектного решения в масштабе реального времени показана на **рис. 9**. К разливочному сифону печи RIO 4 обеспечен удобный доступ с площадки для маневрирования плавильного пролета. Желоба для подачи жидкого чугуна огибают печь RIO 1 на таком расстоянии, чтобы не создавать помех при наклоне печи RIO 1 назад для скачивания шлака. Система желобов печи RIO 4 имеет длину почти 20 м и уклон 3,3 %. При производительности заливки до 90 т/ч это определило площадь поперечного сечения желоба, равную 200 см².

Особое значение имеет вход в систему желобов со стороны заливочного сифона печи. На **рис. 10** показана конструкция L-образного вводного канала, присоединенного с помощью фланца к заливочному сифону. Высокая эффективность данной конструкции подтверждена на действующих печах канального типа. С одной стороны, она позволяет повернуть на 90 град. поток металла, выходящий из печи RIO 1 (см. **рис. 9**), а с другой — компенсирует перемещение за-

ливочного сифона, происходящее при наклоне печи, и изменяет положение точки встречи струи жидкого металла с заливочным желобом.

Выводы

Вагранка в литейном цехе завода компании Georg Fischer GmbH в Меттмане, Германия, выплавляет примерно 400 тыс. т/год чугуна (высокопрочного и сверхвысокопрочного чугуна SiboDur), который через три индукционные печи канального типа поступает на пять формовочных линий. Инвестиции в новую производственную линию потребовали сооружения четвертой печи канального типа, металл в которую также поступает по открытым желобам непосредственно из вагранки. Все четыре печи канального типа сооружены компанией ABP Induction Systems GmbH, Дортмунд, и имеют аналогичную конструкцию (тип IRT 115). Емкость каждой печи 105/90 т, они оборудованы индукторами мощностью 1200 кВт. Устройства для наклона печей модернизированы, рабочая среда в гидравлических системах заменена с масляной на водяную. Срок службы индукторов — от 5 до 9 мес. На срок их службы оказывает большое влияние количество частиц оксидов, попадающих в горловину индуктора. Работа печи и индуктора контролируется с помощью системы мониторинга, в рамках которой происходит непрерывное измерение, визуализация и документирование температуры в наиболее важных зонах печей и индукторов, а также теплообмена в различных системах охлаждения и электрических параметров индуктора.

Библиографический список

- [1] Dötsch, E.: Induktives Schmelzen und Warmhalten. 2009, Vulkan-Verlag, Essen, p. 172 and 178/179.
- [2] Gießerei 95 (2008), [No. 5], p. 96–105.

www.abpinduction.com
www.automotive.georgfischer.com