



В. И. Кузин (✉), генеральный директор

ЗАО «ПКФ «НК», г. Белгород, Россия

УДК 666.76.043.2:669.1.043.1

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ФУТЕРОВКИ ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ*

Описана деятельность холдинга «НК-Теплохиммонтаж» и его подразделений, касающаяся новых технологий для ускорения строительства высотных сооружений и снижения тепловых потерь в печах обжига, а также проектирования теплоизоляционного слоя для футеровки тепловых агрегатов. Приведены характеристики огнеупоров, выпускаемых компанией «НК», — легковесных огнеупоров и бетонов марки НК.

Ключевые слова: теплоизоляция, футеровка, технология скользящей опалубки, тепловые потери, легковесные огнеупоры.

В России многие компании используют устаревшие технологии 60-х годов прошлого столетия. Некоторые компании предлагают узкую специализацию — только производство огнеупоров или только монтаж определенных видов футеровки. Современные реалии требуют значительных вложений в НИОКР, модернизацию механизмов для проведения работ, затраты на обучение персонала, изучение современных огнеупорных материалов. Существует считанное число компаний, которые имеют возможность предложить комплекс услуг в области строительства тепловых агрегатов — от проектирования отдельных узлов до производства необходимых огнеупорных и теплоизоляционных материалов, их монтажа. В статье идет речь об одной из таких компаний — холдинге «НК-Теплохиммонтаж» и современных решениях для тепловых агрегатов различных отраслей промышленности.

Скоростное строительство высотных сооружений

Технология скользящей опалубки признана оптимальной для возведения дымовых труб и силосных башен. Главный принцип действия технологии скользящей опалубки состоит в процессе непрерывного подъема опалубочной конструкции по вертикали одновременно с выполнением обычных рабочих процессов: установкой опалубки, армированием, бетонированием

и завершающей обработкой поверхности. Скользящая опалубка позволяет возводить конструкции с постоянным и переменным сечением, а также сложные объекты конической формы с наклонной осью. Строительство с применением скользящей опалубки всегда происходит монолитным образом, т. е. без холодных швов.

В сутки опалубка вместе с корпусом постройки поднимается вверх на несколько метров. Работы ведутся 24 ч в сутки. Подъем осуществляется непрерывными шагами от 20 до 25 мм через четко заданные временные интервалы. Скорость скольжения составляет от 3 до 5 м в сутки.

«ТХМ-Монолит» — одно из подразделений холдинга «НК-Теплохиммонтаж», имеет патент на возведение монолитных труб одновременно с возведением внутренней футеровки. Это позволяет сократить срок строительства трубы с 6 до 1 мес. На рис. 1 показан монтаж дымовой трубы новой обжиговой машины Михайловского ГОКа; 100-м труба была построена за 30 сут вместе с футеровкой и покраской. При строительстве использовали собственные мобильные растворобетонные узлы, бетононасосы, способные подавать бетон на высоту до 200 м.

Лаборатория холдинга «НК-Теплохиммонтаж» контролирует на каждом этапе образцы исходных материалов — песок, цемент, щебень — и после замеса на соответствие образцов требованиям ГОСТов и СНиП. Поэтому приходится доставлять песок, щебень и керамзит за несколько тысяч километров, с Урала, в связи с несоответствующим качеством материалов центральной части России для строительства высотных сооружений.

С помощью скользящей опалубки можно быстро возводить любые сооружения — мо-

* По материалам Международной конференции огнеупорщиков и металлургов (3–4 апреля 2014 г., Москва).



В. И. Кузин

E-mail: wladkuzin@gmail.com

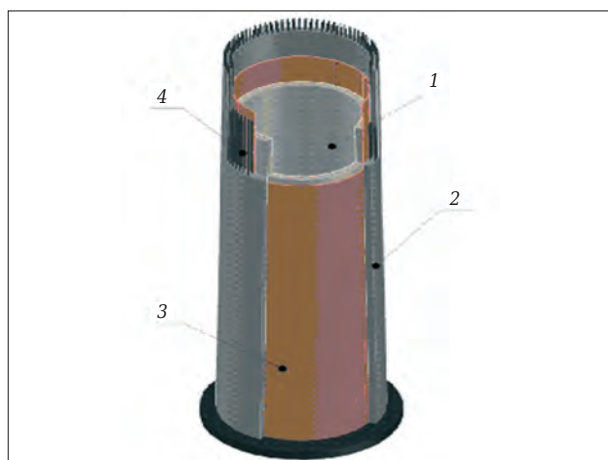


Рис. 1. Схема монтажа монолитной футеровки трубы в разрезе: 1 — монолитная теплоизоляционная футеровка; 2 — несущая железобетонная оболочка; 3 — разделительная мембрана; 4 — арматура

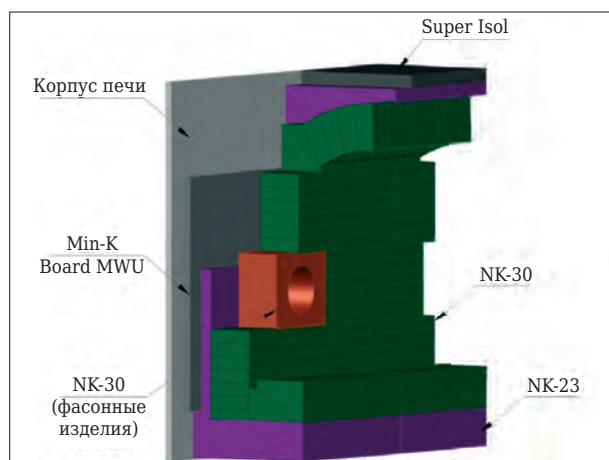


Рис. 2. Схема футеровки водородной печи ОАО «Электросталь» по проекту компании «Теплохиммонтаж»

стовые колонны, монолитные здания. Четыре силоса Каспийского завода листового стекла были построены за 100 сут. Традиционная технология возведения требует не менее 1 года на строительство.

Снижение тепловых потерь в печах обжига

В 2013 г. в компанию «Теплохиммонтаж» (еще одна компания холдинга «НК-Теплохиммонтаж») поступило техническое задание от ОАО «Электросталь» на выполнение футеровки водородной электрической печи. Назначение печи — обработка холоднокатаной ленты в атмосфере водорода. Содержание кислорода в водороде менее 0,002 %. Лента перемещается в печи с помощью 15 водоохлаждаемых роликов, изготовленных из жаропрочной стали. Максимальная температура в печи 1260 °С. Заказчиком поставлена задача — за-

Таблица 1. Сравнительные характеристики теплопроводности микропористых плит различных производителей

Температура, °С	Теплопроводность, Вт/(м·К)	
	Min K Board MWU	Super 1100 E
200	0,022	0,07
400	0,025	0,09
600	0,035	0,10
800	0,044	Н. д.

менить существующую футеровку, выполненную из кирпича, не производимого в настоящее время, уменьшить тепловые потери через стенки печи и добиться однородности температурного поля печи по зонам.

Проектным отделом компании «Теплохиммонтаж» был разработан проект, основанный на материалах футеровки, производимых в группе компаний «НК-Теплохиммонтаж». Для футеровки были использованы уникальные материалы, позволяющие получить необходимый результат. Рабочий слой футеровки был изготовлен из формованных огнеупоров марки NK-30 компании «НК». Огнеупоры NK-30 отличаются высокими температурой применения — 1550 °С и стойкостью к восстановительной среде. Содержание Fe_2O_3 не более 0,01 %. Для снижения теплотерь в изоляционном слое футеровки стен была применена микропористая плита Min K Board MWU (рис. 2), теплопроводность которой ниже, чем у любого известного изоляционного материала, в несколько раз. В качестве классического теплоизоляционного материала выбрана кальцийсиликатная плита Super 1100 E, производитель — компания «Skamol», Дания (табл. 1). Снижение температуры на броне составило на стенах 52 (81 %) и 27 °С (36 %). При использовании микропористой изоляции Min K Board MWU еще и на своде получили бы аналогичное снижение температуры, однако заказчик принял решение ограничиться только стенами. На рис. 3 показан монтаж огнеупоров.

Проектирование теплоизоляционного слоя футеровки с высокими температурой применения и термостойкостью

Еще одно подразделение холдинга — компания «НК», которая непосредственно занимается производством огнеупоров; в табл. 2 представлены легковесные огнеупоры марки НК. Изделия NK-23 — NK-26 — ультралегковесные, используются в качестве изоляционного слоя и характеризуются повышенными прочностью и температурой применения. Изделия

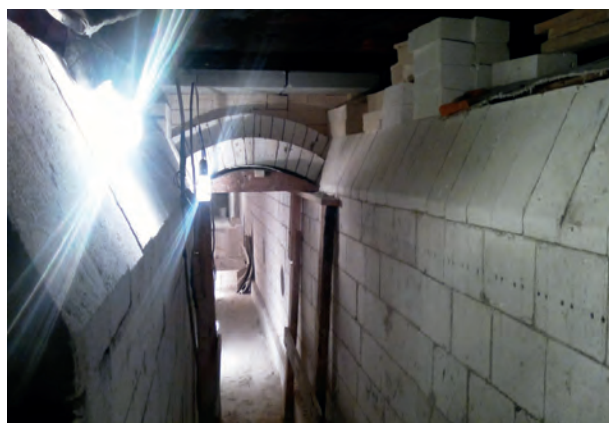


Рис. 3. Монтаж огнеупоров НК-30 в футеровке водородной печи ОАО «Электросталь»

Таблица 2. Легковесные огнеупорные изделия НК

Название	Максимальная температура применения, °С	Отличие от аналогов
НК-23 (ШЛ-0,45)	1250	Низкая плотность
НК-24 (ШТЛ-0,6)	1300	Высокая температура применения, малое содержание примесей (<1,6 %)
НК-25 (ШЛ-0,8)	1350	Аналог изделий МКРЛ-0,8 при более низкой цене
НК-26 (МКРЛ-0,8)	1400	Высокие температура применения и прочность
НК-28 (МКРЛ-1,4)	1450	Высокие термостойкость и прочность
НК-29 (МЛЛ-1,35)	1500	Высокие термостойкость и прочность, низкое содержание примесей (<1 %)
НК-30 (КЛ-1,1)	1550	Отсутствие примесей (<0,05 %), высокая прочность

НК-28 – НК-30 — упрочненные, из особочистого сырья, характеризуются высокой термостойкостью, применяются для рабочего слоя футеровки. Изделия НК-28 и НК-29 применяют в качестве аналогов изделий КЛ-1,3 в печах нагрева, закалки, цинкования при невысоком содержании восстановительного газа, изделия НК-30 — в печах с восстановительной средой (>60 % восстановительного газа), в химических и нефтехимических комплексах как химически стойкие теплоизоляционные материалы с высокой температурой применения.

Использование изделий НК в рабочем слое футеровки печи позволяет значительно сократить теплотери, снизить общую массу футеровки или ее толщину. На рис. 4 показан снимок зерна заполнителя волокнистого строения, произведенного в компании «НК». Снимок получен с помощью растрового электронного микроскопа. Из рис. 4 видно, за счет чего возникает высокая термостойкость материала, — зерна прочного легковесного заполнителя с керамическими длинными волокнами обеспечивают прочность материала при резком нагреве и охлаждении футеровки.

В 2009 г. на НЛМК в цехе ПХПП была проведена реконструкция агрегата непрерывного

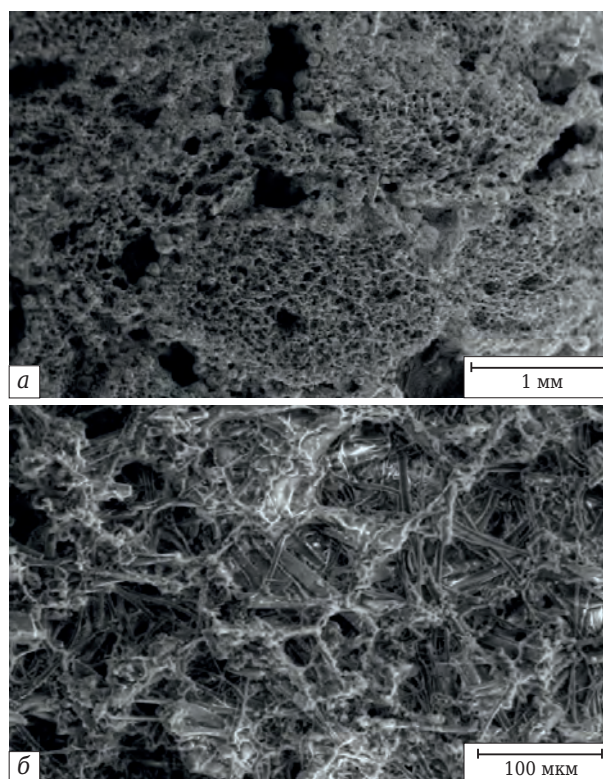


Рис. 4. Микрофотографии зерна изделия НК-29 при 67-кратном (а) и 600-кратном увеличении (б)

Таблица 3. Бетоны НК, производимые компаний ПКФ «НК»

Группа бетонов	Отличительные признаки
Изоляционные бетоны NK-Light	Низкая теплопроводность Температура применения от 1000 до 1450 °С Способ нанесения — заливка или торкретирование
Низко- и малцементные наливные бетоны NK-Cast	Высокая термостойкость Не требовательны к точной дозировке воды Не требует специальных интенсивных смесителей на месте нанесения Не требуется специальный и долгий график сушки Возможность изготовления бетонов под заказ
Низко- и малцементные торкрет-бетоны NK-Gun	Не требовательны к точной дозировке воды Не требуется специальный и долгий график сушки Возможность изготовления бетонов под заказ



Рис. 5. НЛМК, печь непрерывного горячего цинкования АНГЦ-3 после двух лет работы, 2011 г. (проект компании «Теплохиммонтаж»)

горячего цинкования АНГЦ-3 (рис. 5). Вместо изделия КЛ-1,3 были использованы изделия НК-29. Агрегат эксплуатируется в сложном режиме — в случае разрыва трансформаторной ленты стены должны выдерживать возможные ударные нагрузки от падения ленты. Кроме того, при разрыве происходит подача жидкого азота в печь, и температура за несколько секунд снижается с 1300 до 800 °С. Изделия НК-28 и НК-29 прекрасно справились с этой задачей — после 2 лет эксплуатации трещин или сколов на изделиях не было обнаружено. При реконструкции футеровки периодической печи обжига корундовой керамики Речицкого фарфорового завода в 2010 г. (рис. 6) огнеупоры



Рис. 6. Речицкий фарфоровый завод, периодическая печь (проект компании «Теплохиммонтаж»)

НК-29 были использованы вместо изделий КЛ-1,3 при температурах 1500–1550 °С, как более дешевый аналог.

Главное различие бетонов NK-Cast, NK-Gun, NK-Light (табл. 3) — цена. За счет рационального подхода к логистике и выбора оптимальной стоимости сырьевых материалов. При этом китайские добавки, которые влияют на качество (реактивный глинозем, микрокремнезем, тиксотропные и ускоряющие добавки), не используются — поставки осуществляются только от качественных производителей из Европы. ■

Получено 09.04.14
© В. И. Кузин, 2014 г.