

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ШАХТ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

Э.В. Деменчук, А.В. Чичиков

ЧАО «Мариупольский металлургический комбинат имени Ильича». 87054, г. Мариуполь, ул. Левченко, 1.
E-mail: eduard.demenchuk@metinvestholding.com

В статье рассмотрены подходы, методы и технологические особенности выполнения теплового контроля кожуха шахт доменных печей. Определены причины образования основных дефектов стенок холодильников печей в процессе их эксплуатации. Описана процедура комплексного неразрушающего контроля, в том числе и тепловизионного, брони шахт доменных печей. Определены преимущества тепловизионной диагностики указанных объектов контроля. Описаны пути и способы устранения выявленных дефектов с применением современных технологии. Библиогр. 3, рис. 8.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, инфракрасный термографический контроль, шахты доменных печей, температура поверхности

В настоящее время тепловой неразрушающий контроль получил существенное распространение на предприятиях Украины. Это связано с появлением компактных и достаточно недорогих тепловизоров на мировом рынке приборов технической диагностики. В ЧАО «ММК им. Ильича» тепловизионный контроль является инструментом эффективного системного обследования и мониторинга оборудования. Тепловизионному контролю подвергается большое количество различного оборудования и объектов.

Особое внимание уделяется агрегатам с жидким металлом (расплавом): металлургическим ковшам, миксерам, конвертерам и доменным печам.

Доменные печи Мариупольского металлургического комбината им. Ильича построены по типовым проектам ГИПРОМЕЗ. Полезный объем, м³: ДП-2 – 1300, ДП-3 – 2000, ДП-4 – 2002, ДП-5 – 2300. Все доменные печи имеют островное расположение в плане цеха. Нижняя и верхняя лещади, горн, фурменная зона, заплечики и марагор охлаждаются поясом плитовых холодильников. Плитовой холодильник представляет собой чугунную плиту с залитыми в ней толстостенными стальными трубами – змеевиками, по которым циркулирует техническая вода. $\frac{1}{3}$ верхней части шахты печи неохлаждаемая, $\frac{2}{3}$ нижней части шахты, где зона высоких температур, охлаждается холодильными плитами – картами собственной конструкции. Карта (рис. 1) представляет собой продольный фрагмент брони шахты печи, в который врезаны толстостенные трубы длиной 500 мм.

Снаружи эти трубы в виде вертикального контура соединены «калачами». Карта с внутренней стороны заливается огнеупорным бетоном. Охлаждаются холодильники шахты в основном си-

стемой испарительного охлаждения (СИО), но возможно охлаждение технической водой [1]. СИО включает 2 секции по 92 контура охлаждения в каждой. Контроль теплового состояния кожуха шахты печей осуществляется термомпарами и датчиками. Для замера теплосъема и температуры холодильников установлено:

- 120 термомпар температуры тела холодильников;

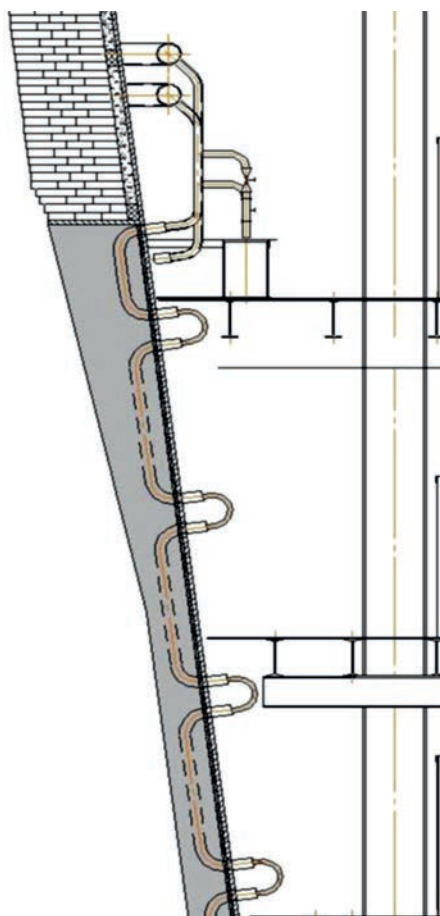


Рис. 1. Фрагмент холодильных плит (карт) в броне шахты

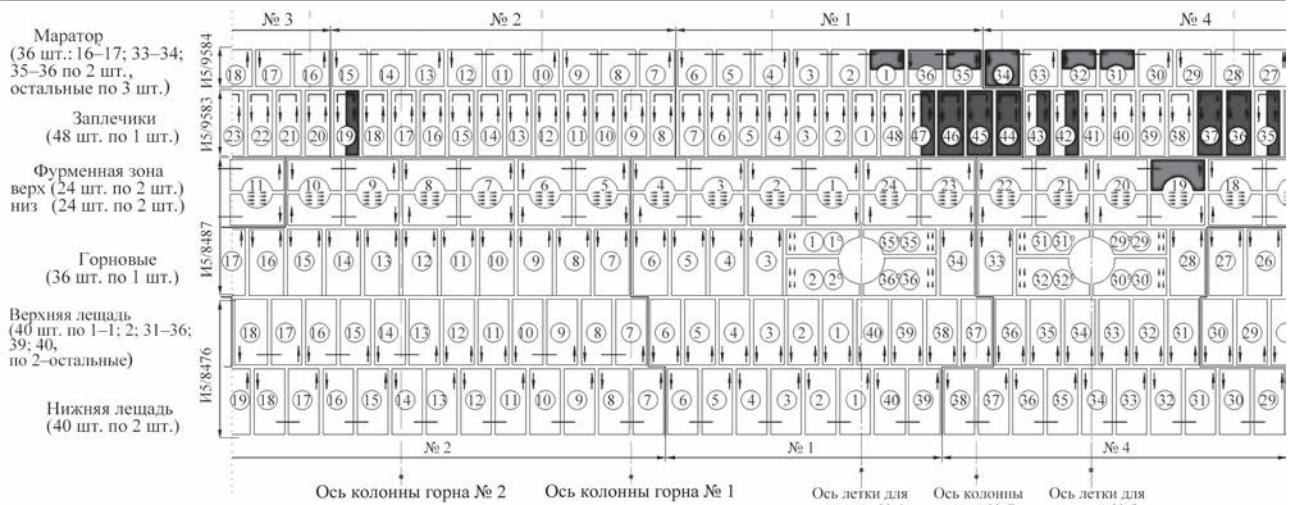


Рис. 2. Фрагмент карты визуализации состояния элементов СИО

- 8 датчиков давления на напорной и исходящей воде.

Производятся измерения:

- 100 точек измерения температуры отходящей воды;
- 100 точек измерения температуры расхода воды;
- 4 точки измерения входящей воды.

Служба обслуживания СИО ежемесячно контролирует работу систем охлаждения шахты печей [1]. На рис. 2 представлен фрагмент карты визуализации состояния СИО. На карте красным цветом выделяются системы, которые выведены аварийно из работы, голубым цветом обозначают поверхности брони, которые охлаждаются наружными холодильными устройствами (коробами) с подводом технической воды.

Интенсификация доменного процесса сопровождается повышением нагрузок на стенки доменной печи. Рост тепловых нагрузок на холодильники печи является причиной их преждевременного выхода из строя и последующего отключения от охлаждения. Локальные перегревы шахт и применение внешнего охлаждения этих участков водой является причиной значительного роста напряжений по толщине кожуха, что сопровождается его деформацией и трещинообразованием. Это требует

поиска решений по контролю состояния кожуха печи и его защите для увеличения стойкости и межремонтного периода в работе агрегата [2].

Так на доменных печах ЧАО «ММКИ» специалисты Управления надежности и диагностики (УНиД) выполняют следующие виды контроля: визуальный, тепловизионный, ультразвуковой (толщинометрия).

Тепловизионный контроль брони шахт доменных печей специалисты УНиД проводят с 2013 г. Изначально тепловизионный контроль выполнялся дистанционно, без подъема на шахту. Съемка тепловизором проводилась удаленно с зоны расположения фурменных приборов. При такой съемке тепловизором со значительной дистанции главной проблемой являются помехи, которые создают различные металлоконструкции, закрывающие видимый доступ к поверхностям кожуха (брони) в следующих зонах: шахта, распар, горн, верхняя лещадь. Металлоконструкции закрывают до 50 % всех поверхностей (рис. 3).

Поэтому съемка зон кожуха шахты работающей печи на расстоянии 15...20 м неэффективна, а полученные термограммы (рис. 4) неинформативны и сложны в идентификации дефектов.

В настоящее время тепловизионный контроль выполняется специалистами УНиД с помощью



Рис. 3. Металлоконструкции и элементы СИО участка шахты печи

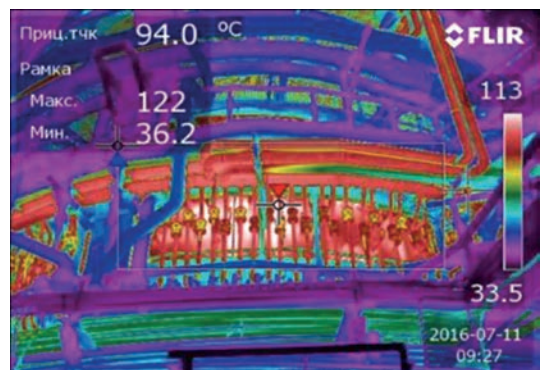


Рис. 4. Термограмма участка шахты печи

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

переносных тепловизоров FLIR (USA) (рис. 5) по всем отметкам (площадкам) печи (рис. 6).

Такая диагностика объективна, информативна, экономична и удобна, ее преимущества:

- измерение температуры поверхностей бесконтактным способом;
- достоверность, объективность и точность получаемых сведений;
- безопасность при проведении обследования оборудования;
- большой объем выполняемых работ за единицу времени;
- предотвращения аварий и повреждений;
- возможность определения дефектов на ранней стадии развития;
- возможность составления прогнозов о состоянии агрегата.

Обследование проводится после перехода печи в режим «тихого хода», когда остановлена загрузка сырья в печь и прекращено горячее дутье в печь (воздухонагреватели не в работе). Концентрации монооксида углерода (CO) в этот момент

по шахте минимальны и не требуется применение ГЗА (газозащитной аппаратуры). При этом достаточно временного промежутка в 2 ч для обследования поверхностей кожуха шахты печи диагностами совместно с цеховым персоналом. По итогам обследования составляется отчет (рис. 7) по техническому обслуживанию (термометрии) шахты доменной печи (ДП).

На основании технологической инструкции «Ремонт и эксплуатация кожухов доменных печей, воздухонагревателей и трактов горячего дутья» приняты пороговые значения температур для оценки технического состояния футеровки. Пункт 2.3 данной инструкции информирует: «При повышении температуры кожухов доменных печей, и воздухонагревателей выше 150 °С и кожухов воздухо-



Рис. 5. Тепловизор FLIR T620 (USA)

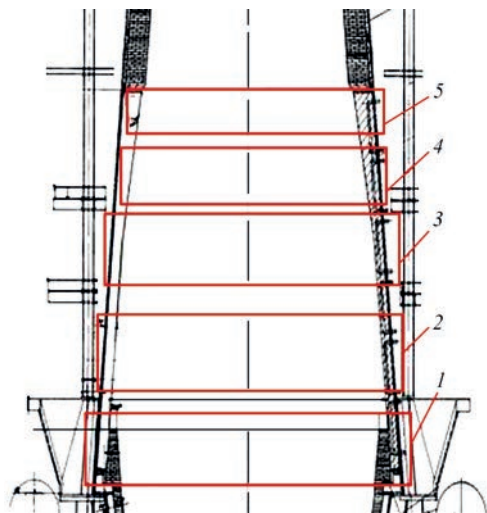


Рис. 6. Схема диагностируемых зон шахты: 1 – площадка № 1; 2 – № 2; 3 – № 3; 4 – № 4; 5 – № 5

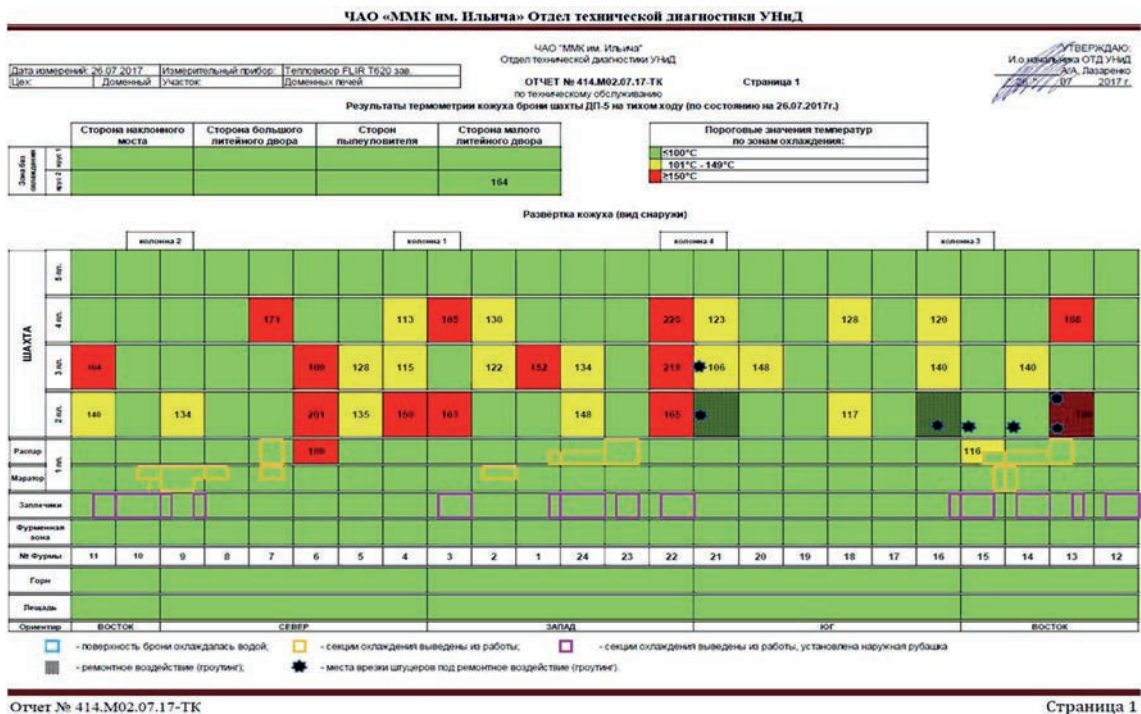


Рис. 7. Развернутая схема кожуха шахты в отчете по термографии

проводов горячего дутья выше 200 °С немедленно принять меры к ее снижению и устранению причин перегрева» [3]. На основании выполненного отчета выставляется оценка состояния футеровки: «Норма», «Тревога», «Стоп». В систему SAP вносится оценка технического состояния оборудования (технического места) с прикреплением сформированного отчета в формате PDF. Специалистами цеха и специалистами УНиД проводится анализ состояния футеровки ДП и принимается решение о ремонтных воздействиях на футеровку. На рис.8 представлен тепловой тренд диагностируемых зон печи.

При переходе доменной печи в режим «тихого хода» выполняются следующие работы: используется технология и оборудование для заправки быстротвердеющих огнеупорных материалов (гроутинг) за броню печи и за холодильники печи для восстановления изношенной футеровки и заполнения пустот, которые образовались за годы эксплуатации между броней и холодильниками, холодильниками и изношенными участками футеровки. Такие работы позволяют значительно снизить тепловые (термические) воздействия на кожух шахты печи. Поэтому руководством цеха постоянно формируется график ремонтных воздействий (гроутинга) футеровки печей на последующий месяц.

В настоящее время специалистами ММКИ применяются современные технологии ремонта и поддержания печи в работоспособном состоянии — это торкретирование или шоткретирование шахты, промывка элементов охлаждения специальными растворами на основе поверхностно-активных веществ, периодическая загрузка титаносодержащих материалов в печь. Технология шоткретирования позволяет под воздействием сжатого воздуха на футеровку шахты печи плотным слоем нанести огнеупорный бетон на базе карбида кремния (спрейкаст). Спрейкаст характеризуется прекрасными физическими свойствами и более устойчив к воздействию шихты по сравнению с традиционной огнеупорной футеровкой. К тому же, если на футеровку огнеупорными материалами уходит около месяца, то для шоткретирования достаточно и трех суток. Такая технология применяется в доменном цехе с 2012 г. На доменных печах № 3 и № 4 шоткретирование позволило снизить расход кокса на тонну чугуна. Оценить эффективность выполнения восстановительных ремонтных работ, а также состояние футеровки позволяет применение теплового контроля, в том числе термографии.

В заключение хотелось бы отметить, что тепловизионный контроль является наиболее прогрессивным методом неразрушающего контроля на предприятиях горно-металлургического

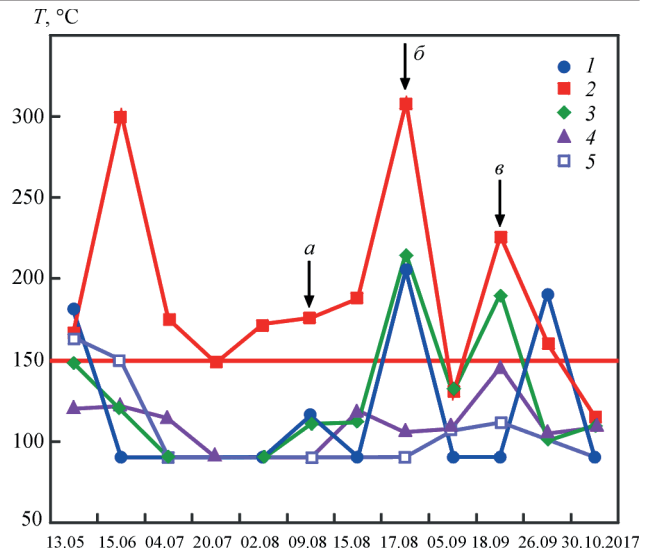


Рис 8. Тепловой тренд диагностируемых зон кожуха шахты ДП-3 (период: 13.05.2017 – 30.10.2017): 1 – площадка № 1; 2 – № 2; 3 – № 3; 4 – № 4; 5 – № 5. Максимально допустимый нагрев 150 °С. Гроутинг: а – 09.08.17; б – 17.08; в – 26.08

комплекса. Он ставит перед специалистами по диагностике все новые задачи и цели. Его преимущества в сравнении с другими методами и способами измерения температур неоспоримы.

Выводы

1. Локальные перегревы шахт и применение внешнего охлаждения этих участков водой является причиной значительного роста напряжений по толщине кожуха, что сопровождается его деформацией и трещинообразованием.

2. Применение комплексной, в том числе и тепловизионной диагностики, и ее выполнение по всем отметкам (площадкам) печи, позволяет повысить эффективность и информативность метода, упростить идентификацию дефектов.

3. В случае тепловизионного контроля, отбраковка кожухов доменных печей выполняется согласно технологической инструкции «Ремонт и эксплуатация кожухов доменных печей, воздухонагревателей и трактов горячего дутья».

4. Для определения результатов ремонтных работ целесообразно применять тепловизионный контроль.

Список литературы

- (1997) *Правила безопасности в доменном производстве. ДНАОП 1.2.10-1.02-97 (НПАОП 27.1-1.02-97)*.
- Чеченев В.А. (1999) *Прогнозирование живучести элементов кожуха шахты доменной печи*. Днепропетровск.
- (1987) *Ремонт и эксплуатация кожухов доменных печей, воздухонагревателей и трактов горячего дутья. Технологическая инструкция*. Днепропетровск, ВНИИ Мехчермет.

References

- (1997) *Safety rules for blast furnace production. DNAOP 1.2.10-1.02-97 (NPAOP 27.1-1.02-97)* [in Russian].

2. Chechenev, V.A. (1999) *Prediction of viability of blast furnace casing elements*. Dnepropetrovsk [in Russian].
3. (1987) *Repair and operation of blast furnace casings, air heaters and hot blast paths*. Technological manual. Dnepropetrovsk, VNIИ Mekhchermet [in Russian].

ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЮ ШАХТ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ

Е.В. Деменчук, А.В. Чичиков

ПрАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча». 87054, м. Маріуполь, вул. Левченко, 1.
E-mail: eduard.demenchuk@metinvestholding.com

У статті розглянуто підходи, методи та технологічні особливості виконання теплового контролю кожуха шахт доменних печей. Визначено причини утворення основних дефектів стінок холодильників печей в процесі їх експлуатації. Описано процедуру комплексного неруйнівного контролю, в тому числі і тепловізійного, броні шахт доменних печей. Визначено переваги тепловізійної діагностики зазначених об'єктів контролю. Описано шляхи і способи усунення виявлених дефектів із застосуванням сучасних технологій. Бібліогр. 3, рис. 8.

Ключові слова: неруйнівний контроль, інфрачервоний термографічний контроль, шахти доменних печей, температура поверхні

FEATURES OF THERMAL CONTROL OF BLAST FURNACE SHAFTS

E.V.Demenchuk, A.V.Chichikov

PJSC «Illyich Iron and Steel Works of Mariupol». 1 Levchenko Str., 87054, Mariupol, Ukraine.
E-mail: eduard.demenchuk@metinvestholding.com

The paper deals with the approaches, methods and technological features of conducting thermal control of the casing of blast furnace shafts. The causes for formation of the main defects in furnace cooler walls during operation are established. Procedure of comprehensive nondestructive testing, including thermal imaging, of blast furnace armour, is described. Advantages of TV diagnostics of the above-mentioned objects of control are determined. Ways and methods of elimination of the found defects with application of modern technologies are described. 3 Ref., 8 Fig.

Keywords: nondestructive testing, infrared thermographic testing, blast furnace shafts, surface temperature.

Поступила в редакцію
05.02.2019

Подписка – 2019 на журнал «Техническая диагностика и неразрушающий контроль»
www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/tdnk/
Подписной индекс 74475

Украина		Зарубежные страны	
на полугодие	на год	на полугодие	на год
330 грн.	660 грн.	30 евро	60 евро
В стоимость включена доставка заказной бандеролью			



Подписку на журнал «Техническая диагностика и неразрушающий контроль» можно оформить непосредственно через редакцию или по каталогам подписных агентств ДП «Преса», «АС-Медіа», «ПресЦентр Киев», «Информнаука», «Блицинформ», «Меркурий».

Правила для авторов, лицензионное соглашение и архивные выпуски журналов на сайте издательства
www.patonpublishinghouse.com

В 2019 г. в открытом доступе выпуски журналов 2003–2017 гг. в формате PDF.

Контакты:

Тел./факс: (38044) 205-23-90; 200-82-77
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com

Подписано к печати 06.03.2019. Формат 60×84/8. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 9,04. Усл.-отт. 9,89. Уч.-изд. л. 10,24
Печать ООО «ДИА».
03022, г. Киев-22, ул. Васильковская, 45.