

УДК 669.14:658.652

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖАРОСТОЙКИХ И ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ

И. П. Козырев, студент группы УКб-111, IV курс

Научные руководители: Л.П. Короткова, к.т.н., доцент

Д. В. Видин, старший преподаватель

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Введение. На современных предприятиях широкое применение получили жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы. Их используют в сфере автомобильной промышленности, машиностроении, авиастроении и пр.. Например, из жаростойких сплавов изготавливают впускные и выпускные клапаны двигателей внутреннего сгорания, роторы, диски, детали турбин. Также, из данных сплавов изготавливаются детали машин и механизмов, работающих в тяжелых условиях связанные с нагревом и высокими прочностными нагрузками. Одним из примеров таких изделий могут служить детали цепного звена вращающейся печи, в частности, цепь и серьга крепления цепи.

В данной работе была решена проблема, связанная с преждевременным выгоранием цепного звена в цепных мельницах. Перед кафедрой «Технология металлов» Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева были поставлены задачи: выяснить причину преждевременного износа цепного звена; разработать рекомендации по решению возникшей проблемы. Повышение жаростойкости этих деталей позволило значительно снизить затраты на выполнение ремонтных работ и техническое обслуживание цепных мельниц.

Методика исследований. Для реализации поставленной задачи был проведен контроль качества звеньев цепей из сплава марки 20Х27Н4СЛ и серьги из сплава марки 35Х23Н7СЛ. Методика базировалась на действующих государственных стандартах и включала в себя: визуально-измерительный контроль, химический анализ, металлографические исследования.

Микроструктура жаропрочных сталей представлена на рис. 1.

Классификация жаропрочных сталей (ГОСТ 5632–72 и ГОСТ 977–88):

- К перлитным сталям относятся хромокремнистые и хромомолибденовые стали марок Х6СМ, 12Х1МФ, 25Х1МФ, 20Х1М1БР и др. (рис. 1, а). Их подвергают термическому улучшению на структуру сорбит. Рабочая температура до 500...580 °С.

- Мартенситные стали – это стали марок 40Х9С2, 40Х10С2М, 11Х11Н2В2МФ, 30Х13Н7С2, 20Х13, 40Х13 и др. (рис. 1, б) и мартенситно-ферритные стали марок 15Х12ВНМФ, 18Х12ВМБФР, 12Х13, 14Х17Н2 и др. (рис. 1, в). Упрочняющая термическая обработка – это закалка на мартенсит в

масле с последующим высоким отпуском на структуру сорбит с включениями карбидов. Рабочая температура до 580...600°C.

- *Ферритные жаростойкие стали* – это стали содержащие более 10% Cr марок 10X13CЮ, 08X17T, 15X28, 15X18CЮ и др. (рис. 1, г). Подвергают рекристаллизационному отжигу при 760...780°C стали на однородную мелкозернистую ферритную структуру. Рабочая температура до 400°C.

- *Аустенитно-ферритные жаростойкие стали* – это стали марок 35X23H7CЛ, 20X27H4CЛ, 08X20H14C2 и др. (рис. 1, д). Рабочая температура до 450...500°C.

- *Аустенитные стали* – это стали марок 12X18H10T, 09X14H18B2Б, X12H20T3P, 08X14H28B3T3ЮP и др. (рис. 1, е). Стали, не подвергающиеся старению, имеют рабочую температуру до 600°C. Аустенитные стали с карбидным упрочнением работают при температурах до 700°C. Аустенитные стали с интерметаллидным упрочнением работают при температурах до 750°C.

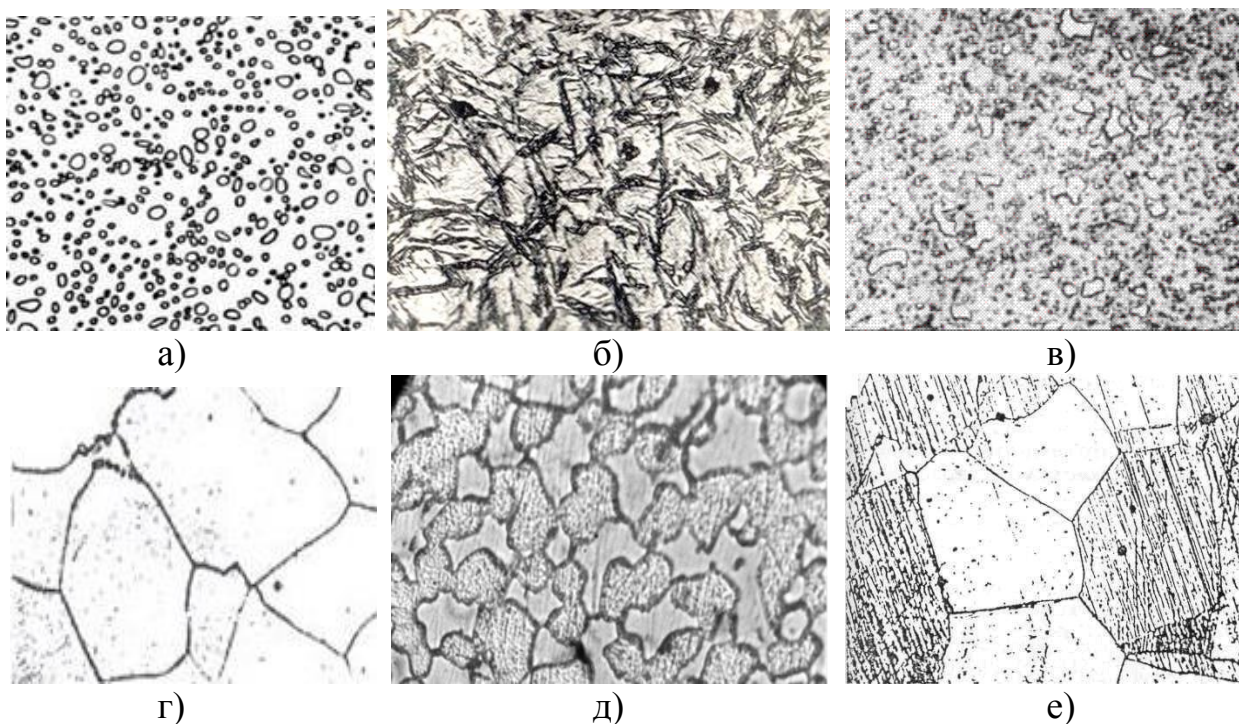


Рис. 1. Микроструктура жаропрочных сталей различных классов:

а) перлитный; б) мартенситный; в) мартенситно-ферритный;
г) ферритный; д) аустенитно-ферритный; е) аустенитный

Результаты исследований и обсуждение.

Цепные завесы применяют в печах для интенсификации процессов сушки шлама и теплообмена между обжигаемым материалом и газовым потоком. Стандартные (некалиброванные) цепи, используемые для цепных завес, изготовляют по ГОСТ 13237–67. В печах существуют три температурные зоны: холодная, средняя и горячая. В данном случае на предприятии возникла проблема с цепями в горячей зоне, в которой

температура газового потока достигает 1100°C . В таких условиях работают жаропрочные стали аустенитного класса.

Обычно разрушение цепи происходит вследствие истирания звеньев по наружному диаметру, в местах соединения, в местах сварки и окисления материала цепи раскаленными газами. В рассматриваемом случае причина выхода из строя была совершенно иной, а именно, происходило преждевременное выгорание цепного занавеса вращающейся печи (см. рис. 2).

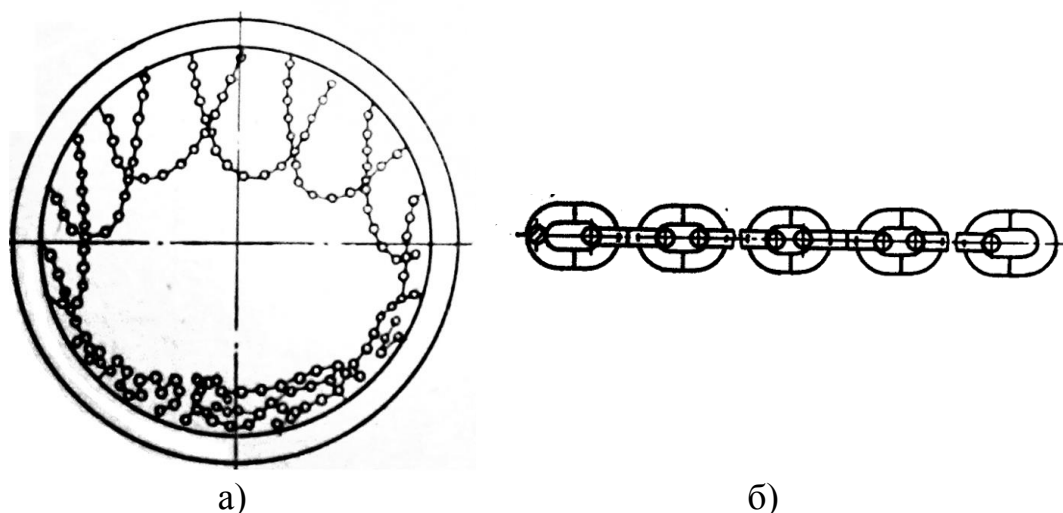


Рис. 2. Конструкция цепного занавеса вращающейся печи.
а – подвеска цепей в печах; б – цепи для цепных занавес.

Визуально-измерительный контроль деталей цепного занавеса подтвердил соответствие изделий заявленным требованиям (ГОСТ 13237–67). Состояние наружной и внутренней поверхности серьги и звена цепи было удовлетворительное, дефектов в виде закатов, наружных трещин не обнаружено. При этом отклонения в размерах изделий, превышающие допустимые значения, не установлены.

Определение химического состава проводилось двумя методами: оптико-эмиссионным (ГОСТ Р 54153–2010), и химическим (ГОСТ 12344–2003, ГОСТ 12350–78 и др.). Были обнаружены несоответствия по содержанию хрома и фосфора.

Несоответствие химического состава сталей отражается на их микроструктуре. Пониженное количество хрома приводит к изменению класса стали по структуре. Исследуемые марки стали должны принадлежать к аустенитно-ферритному классу. В данном случае исследуемые стали металлографические исследования показали, что: звено цепи из стали 20Х27Н4СЛ по своей структуре принадлежит к аустенитно-мартенситному классу. Это значит, что исследуемая сталь имеет более низкую температуру окалиностойкости, не превышающую 500°C , вместо требуемых $900\ldots 1000^{\circ}\text{C}$. Таким образом, пониженное количество хрома в стали является основной причиной выгорания цепного занавеса печи.

Металлографические исследования включали в себя: оценку загрязненности неметаллическими включениями; исследования микроструктуры. В структуре серьги из стали 35Х23Н7СЛ содержится повышенное количество неметаллических включений, присутствует фосфидная эвтектика, вызванная ликвацией по фосфору. Пониженное количество хрома и наличие фосфидной эвтектики отрицательно отразилось на окалиностойкости серьги цепного завеса печи, что привело к преждевременному его выгоранию.

Выводы.

- Сталь марки 35Х23Н7СЛ, из которой изготовлена серьга, имеет несоответствия по химическому составу (ГОСТ 977–88), т.к. количество хрома понижено (18,85% вместо 21...25%). Несмотря на допустимое среднее значение по фосфору, с помощью метода оптико-эмиссионного химического анализа установлена ликвация по фосфору (максимальное значение – 0,0858), что объясняется присутствием фосфидной эвтектикой.
- Сталь марки 20Х27Н4СЛ, из которой изготовлено звено цепи, имеет несоответствие по химическому составу с сертификатом качества по двум элементам – углероду и хром. По химическому составу сталь близка к марке 14Х18Н4Г4Л (аустенитно-мартенситный класс).
- Причинами преждевременного выхода из строя цепного завеса являются отклонения по химическому составу и наличие дефектов в микроструктуре жаропрочных сталей.

Список литературы

1. Короткова Л.П., Шатько Д.Б., Дубинкин Д.М. Контроль качества материалов (в машиностроительном производстве). – ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева». – Кемерово, 2011. – 171 с.
2. Металлы и сплавы. Справочник. / под ред. Ю. П. Солнцева. – С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», АНО НПО «Мир и Семья», 2003. – 1066 с.
3. Зубченко, А. С. Марочник сталей и сплавов / под ред. А. С. Зубченко. – М.: Машиностроение, 2001. – 1066 с.
4. Гольдштейн М. И. Специальные стали: учеб. для вузов / М. И. Гольдштейн, С. В. Грачев, Ю. Г. Векслер. – М.: Металлургия, 1985. – 408 с.
5. Ларичев В. А. Качественные стали для современных котельных установок: учеб. пособие / В. А. Ларичев, – Москва, 2001. – 311 с.
6. ГОСТ 5632–72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
7. ГОСТ 977–88. Отливки стальные. Общие технические условия.
8. ГОСТ 13237–67. Цепи навесные для цепных завес вращающихся цементных печей.
9. ГОСТ Р 54153–2010. Сталь. Метод атомно-эмиссионного спектрального анализа.

10. ГОСТ 12344–2003. Стали легированные и высоколегированные.
Методы определения углерода.

11. ГОСТ 12350–78. Стали легированные и высоколегированные.
Методы определения хрома.