

ОСТАННІ НАДХОДЖЕННЯ

УДК 669.15: 621.785.52

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ГРАФИТООБРАЗОВАНИЯ В ДИФFUЗИОННЫХ СЛОЯХ КРЕМНИСТЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ЦЕМЕНТАЦИИ

С. С. Летов, к.т.н., доцент,

О. В. Летова, к.т.н.,

Э. Ю. Медведев, к.т.н., доцент,

Н. А. Пивовар, к.т.н., доцент,

Курская государственная сельскохозяйственная академия

Разработан технологический процесс графитизации кремнистой стали при цементации, характеризующийся повышенной скоростью графитообразования в диффузионном слое по сравнению с обычным графитизирующим отжигом чугуна и стали.

Ключевые слова: *отжиг, чугун, сталь, технологический процесс, графитизация, цементация, кремнистая сталь.*

Применение графитизированной стали для некоторых деталей оправдывается требуемым сочетанием в них свойств стали и серого чугуна. Хорошие антифрикционные свойства серого чугуна обеспечиваются тем, что содержащийся в нем графит играет роль смазки и обуславливает повышенную пористость отливок, благодаря чему поверхностные слои в какой-то мере пропитываются маслом.

Графитизирующее действие кремния, как легирующего элемента, может быть, согласно [1], использовано для получения равномерно графитизированной высокоуглеродистой стали следующего состава: ~1,6 % С; 1,2 % Si, 0,5 % Mn. Графитизация осуществляется путем отжига деталей при 950 °С.

Максимальное содержание графита после отжига при этой температуре составляет около 0,7 % и повышается примерно до 0,9 % в результате отжига при 760 °С [1]. Однако широкого практического применения эта сталь не получила из-за высокой себестоимости ее графитизирующего отжига, близкого (по температурному режиму и длительности) к отжигу ковких чугунов.

Известно [2, 3], что поверхностная графитизация кремнистых сталей с малым и средним содержанием углерода (0,25 – 0,64 % С; 1,24 – 3,45 % Si; 0,39 – 0,73 Mn) может быть достигнута их цементацией с последующим графитизирующим отжигом, причем для интенсификации формирования диффузионного слоя необходим специальный твердый карбюризатор с добавкой наводороженного железа [2]. После цементации в твердом карбюризаторе и природном газе при 930 – 1020 °С, 10 – 24 ч, образования графита в диффузионном слое не наблюдали даже при максимальном содержании в стали 2,7 % кремния [3].

В настоящей работе поставлена цель разработать более эффективный способ получения на среднеуглеродистой стали диффузионного слоя с формированием графитных включений непосредственно при цементации без последу-

ющего графитизирующего отжига. Ниже приводятся результаты исследования влияния предварительной закалки на поверхностную графитизацию среднеуглеродистой кремнистой стали в процессе ее цементации.

Образцы стали 55С2 состава: 0,57 % С; 1,92 % Si; 0,79 % Mn; 0,028 % P, диаметром 12 мм перед цементацией были закалены с температуры 850 °С в воде, затем зацементированы при 930 °С в стандартном древесно-угольном карбюризаторе (25 % ВаСО₃) в течение 16 ч с охлаждением на воздухе в нераспакованном цементационном ящике.

Микроструктурный анализ показал, что в цементованных образцах образовались графитосодержащие слои глубиной 1,5 – 1,8 мм. Количество графитных включений равно 110 – 160 на 1 мм² площади шлифа. В образцах, цементованных без предварительной закалки, графитные включения в диффузионных слоях не обнаружены.

Приведенный результат показывает, что предварительная закалка может интенсифицировать зарождение и рост графитных включений в процессе цементации кремнистой стали. Данный эффект аналогичен ускоряющему действию закалки ковких чугунов на их графитизирующий отжиг.

Ускорение предварительной закалкой графитизации как кремнистой стали при цементации, так и ковкого чугуна при графитизирующем отжиге, имеет одну и ту же природу, а именно: во время мартенситной закалки образуются многочисленные волосные и щелевидные микротрещины, размещенные поперек и вдоль пластин мартенсита и в местах их стыка (рис. 1). Такую же форму приобретают и образующиеся в микротрещинах включения графита (рис. 2).

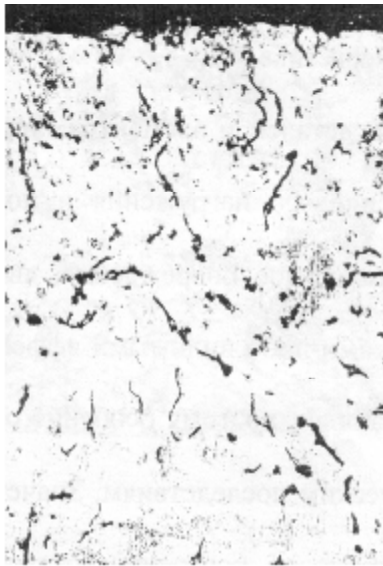


Рис. 1. Вид микротрещин, образовавшихся в белом чугуна при закалке перед графитизирующим отжигом ($\times 300$) [4]

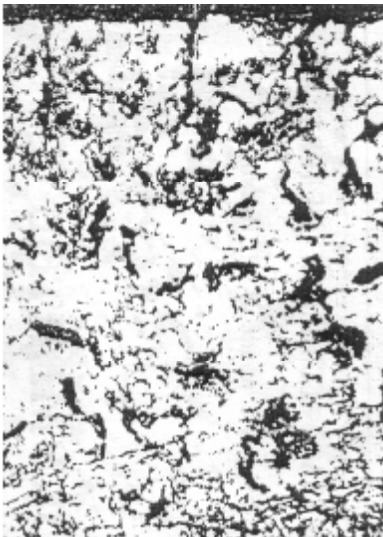


Рис. 2. Вид графитных включений, образующихся в закалочных микротрещинах при графитизирующем отжиге ($\times 300$) [4]

Графитообразование в кремнистых сталях при цементации катализируют не только закалочные микротрещины, но также диффузионные микропоры, образование которых, согласно [4], наблюдается в системах компонентов с разной диффузионной подвижностью. Области, из которых при повышении температуры уходят более подвижные атомы, пересыщаются вакансиями,

где и растут микропоры. При наличии твердого раствора кремния в железе он химически неоднороден: та его часть, которая образовалась из растворившегося цементита при нагреве, содержит меньше кремния. Вследствие этого кремний диффундирует сюда из других областей, где образуются вакансии и растут микропоры (рис. 3). Появляются они обычно на поверхности контакта цементита с твердым раствором, где в начале растворения создается наибольший перепад концентрации кремния. Образующиеся здесь микропоры заполняются затем углеродом, который поступает из карбюризатора, проходя через аустенит, и таким образом возникает графит.



Рис. 3. Вид графитных включений, образовавшихся в микротрещинах (пластинчатый графит) и в микропорах (шаровидный и близкий к нему графит) при цементации закаленной стали 50C2. Не травлено. ($\times 400$)

Микроструктурный анализ подтвердил, что, как правило, графитные включения располагаются на межфазных поверхностях «твердый раствор / цементит». Встречаются они и в твердом растворе, а в цементите их обычно нет [4].

Вывод. Поверхностная графитизация кремнистой стали при цементации может быть осуществлена, если для этого использовать микротрещины, образующиеся в стали при поверхностной закалке перед цементацией, а также микропоры, образующиеся в диффузионных слоях в результате перераспределения кремния в решетке аустенита при цементации.

Список использованной литературы:

1. Гудремон Э. Специальные стали. Т. 1. – М.: Металлургия, 1966. – 736 с.
2. Жураковский В.М., Садчиков В.Я. Получение графитсодержащего слоя химико-термической обработке // Металловедение и термическая обработка металлов, 1980. № 4. – С. 61 – 63.
3. Мошнягул В.В., Винницкий А.Г., Земсков Г.В. Износостойкость и антифрикционные свойства кремнистых сталей с графитсодержащим слоем // Металловедение и термическая обработка метал-

лов, 1972. № 11. – С. 69 – 71.

4. Бунин К.П., Таран Ю.Н. Стороение чугуна. – М.: Металлургия, 1972. – 160 с.

Розроблено технологічний процес графітізації кременистої сталі при цементації, яка характеризується підвищеною швидкістю графітоутворення в дифузійному шарі в порівнянні із звичайним графітізуючим відпалом чавуну і сталі.

Ключові слова: відпал, чавун, сталь, технологічний процес, графітізація, цементація, крем'яниста сталь.

The technological process of graphitization of silicon steel, case-hardening, characterized by an increased rate of graphitization in the diffusion layer compared to conventional annealing of cast-iron and steel.

Keywords: annealing, cast-iron, steel, technological process, graphitization, cementation, siliceous steel.

Стаття надійшла в редакцію: 25.08.2013р.

Рецензент: д.т.н., професор Тарельник В.Б.

УДК 621.762.27

ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО РАЗМЕРАМ МИКРОЧАСТИЦ ПОРОШКА, ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ ОТХОДОВ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ В СРЕДЕ КЕРОСИНА *

Е. В. Агеева, к.т.н., доцент,

Е. В. Агеев, д.т.н., профессор,

Е.А. Воробьев, аспирант,

Д. В. Воскобойников, к.т.н., доцент.

Юго-Западный государственный университет

В статье представлены результаты исследования распределения по размерам микрочастиц порошка, полученного электроэрозионным диспергированием отходов быстрорежущей стали в среде керосина. Показано, что средний размер частиц составляет 26,72 мкм, коэффициент элонгации (удлинения) частиц данного размера составляет 2,32.

Ключевые слова: отходы быстрорежущей стали, электроэрозионное диспергирование, порошок, гранулометрический состав.

Введение

Первые исследования по применению электрической эрозии металла для получения порошков относятся к 40-ым годам прошлого столетия. В 1943 году Б.Р. Лазаренко и Н.И. Лазаренко предложили использовать эффект электрической эрозии для получения высокодисперсных порошков [1].

Следует отметить, что способ электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) начинает успешно конкурировать с другими способами получения порошков, в том числе и нанопорошков. Основные достоинства электроэрозионного диспергирования в хорошей управляемости, низкой энергоёмкости, экологичности процесса, высоких физико-механических характеристиках порошков. Однако, большая часть установок для ЭЭД, созданных самими материаловедами, отличаются большими несовершенствами, что не позволяет добиваться высокой производительности наряду с низкой энергоёмкостью и стабильностью процесса [2-7].

Значительный объем работ в этом направлении был проведен в институте электродинамики АН Украины и в институте материаловедения

Хабаровского научного центра ДВО РАН, где был разработан целый ряд установок ЭЭД для лабораторных и промышленных целей. Эти установки состоят из реактора ЭЭД и генератора импульсов электрической энергии. Повышение производительности и снижение удельных энергозатрат обеспечивается согласованием режимов генератора импульсов и электрических характеристик реактора.

Тем не менее, широкое использование метода ЭЭД в производстве сдерживается отсутствием справочного материала по оптимизации режимов порошкообразования, выбору рабочей жидкости и свойствам полученных порошков. Кроме того, полной термодинамической или математической модели данного метода пока не создано. Поэтому для выбора оптимальных режимов ЭЭД, обеспечивающих максимальную производительность и получение высоких эксплуатационных свойств порошков требуются обширные теоретические и экспериментальные исследования.

Актуальность работы определяется важной народно-хозяйственной задачей создания прогрессивных, экологически чистых, энергосбере-