

11. Справочник. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / Под. ред. Л.С. Ляховича. – М: Metallurgy, 1981 – 424 с.

УДК 621.762:620

В.Г. ДАШКЕВИЧ, канд. техн. наук (БНТУ)

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СТАЛЬНЫХ СЕТЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕРМОДИФУЗИОННОЙ ОБРАБОТКОЙ

Введение. Разрушение различных изделий и инструмента в подавляющем большинстве случаев начинается с поверхности. Поэтому объемное упрочнение материалов не всегда является эффективным с экономической точки зрения. Одним из основных методов поверхностного упрочнения стальных изделий является химико-термическая обработка (ХТО) в порошковых средах [1]. Получаемые, например, цинковые диффузионные покрытия образуют барьерные слои, имеющие высокую стойкость в условиях атмосферной коррозии. Есть предпосылки считать, что такие слои обеспечат также стойкость и в более специфичных условиях эксплуатации и разрушающего действия среды, в частности, для условий работы изделий, входящих в состав искрогасителей. Искрогасители служат для предотвращения выброса искр и продуктов сгорания с высокой температурой и устанавливаются в выхлопной системе различной автомобильной спецтехники, работающей в условиях с высокими требованиями к пожарной безопасности. Одним из вариантов, реализующим искровую защиту, является использование в искрогасителе сетчатого материала. Этот материал должен иметь высокие искрогасящие свойства, жаростойкость, коррозионную стойкость, технологичен и рассчитан на длительную эксплуатацию. Отметим, что сетка автомобильного искрогасителя, как правило, не подвергается чистке и в ней за время эксплуатации образуется слой сажи.

Широко применяются искрогасители не только на автомобилях, но и в нефтеперерабатывающей, химической промышленности, в различных отраслях сельского хозяйства и т.д.

Таким образом, целью работы являлось исследование характеристик специальных диффузионных покрытий на сетчатых материалах, полученных химико-термической обработкой в порошковых средах, обладающих одновременно высокой стойкостью в окислительных условиях, атмосферной коррозии и имеющих высокие искрогазящие и огнепреграждающие способности.

Материалы и методика исследований. Для насыщения стальной сетки использовался порошковый метод, смеси были приготовлены на основе чистых элементов (последние могут быть заменены ферросплавами) с добавкой инертного наполнителя и активатора.

Как отмечено выше, насыщающий порошок представляет собой смесь, состоящую из насыщающего металла, активатора (аммоний хлористый – NH_4Cl , ГОСТ 2210) и инертного наполнителя (оксид алюминия – Al_2O_3 , ГОСТ 3136). Для случая алитирования в качестве металлической составляющей применяли чистый алюминий марки ПА-2 (ГОСТ 5494), для цинкования – порошок ПЦ-2 (ГОСТ 12601).

Испытания жаростойкости проводили по методике, описанной в ГОСТ 6130 «Методы определения жаростойкости». Для испытаний применялись фрагменты сеток размером 100×80 мм, диаметр проволоки сетки 0,4 мм, материал – сталь 08. Образцы сеток были скручены по спирали, для установки в керамические тигли, обеспечивающие условия беспрепятственного проникновения газовой среды и сохранение осыпающихся оксидов.

Измерения жаростойкости проводились весовым методом, который заключался в определении увеличения в процессе испытаний массы образца, подвергающегося коррозии, а также по уменьшению массы образца после удаления продуктов коррозии с его поверхности. Испытания проводились циклами разной длительностью. Это связано с приближением условий испытания к реальным условиям эксплуатации. Для получения данных по коррозии проводились измерения коррозионного повреждения после испытаний в течение 2, 5, 10, 15, 20 ч. Нагрев производили в печи СНОЛ 1,6.2,5.1/11-И2. Температура нагрева варьировалась от 400 до 800 °С.

Для оценки коррозионной стойкости сетчатых материалов использовали стандартные методы коррозионных испытаний в соот-

ветствии со стандартом ASTM B 117. Испытания проводили с использованием комплекса коррозионных испытаний S 120 ip, в камере соляного тумана.

В общее время испытаний входит 15 циклов последовательно чередующихся режимов. Оценку коррозионной стойкости производили по площади, пораженной коррозией, и по времени до появления продуктов коррозии на поверхности сеток.

Результаты исследований. Для диффузионного насыщения были выбраны такие элементы как алюминий и цинк. Традиционно алюминий относят к элементам, повышающим жаростойкость (окалиностойкость), цинк – повышающий коррозионную стойкость [2]. При этом вызывает опасение обеспечение, кроме коррозионной стойкости, жаростойкости цинковых покрытий до температуры порядка 500–600 °С (необходимо для надежной работы искрогасителя). По этому вопросу крайне мало информации, в частности, в литературе имеются отрывочные сведения о жаростойкости диффузионных цинковых покрытий, которые свидетельствуют о повышении ее относительно стальной поверхности, но на какой уровень – не отмечается. Второй момент связан с неоднозначными данными по коррозионной стойкости алитированных слоев. Некоторыми авторами отмечается, что алитированный слой обладает лучшим, чем цинковый слой, сопротивлением коррозии в атмосфере и морской воде [3]. Третий момент – это повышенная хрупкость диффузионных слоев и сетчатого материала в целом после обработки. Очевидно, что после алитирования образовавшиеся алюминиды резко снизят пластичность проволоки. Это известный факт, который в ряде технологий является недопустимым, поэтому, например, при жидкостном алитировании в расплав вводят кремний, который снижает толщину алюминидных фаз, способствует образованию слоя твердого раствора большей толщины с более высокой пластичностью.

Для исследования структуры и свойств материала были выбраны образцы сеток с толщиной слоя, не превышающей 0,1 мм (таблица 1).

Качество поверхности после проведения диффузионного насыщения таких сетчатых материалов признано удовлетворительным, в местах сплетения остается небольшое количество насыщающей смеси, но, по нашему мнению, это вполне допустимо.

Таблица 1 – Характеристика образцов с диффузионно-легированным покрытием

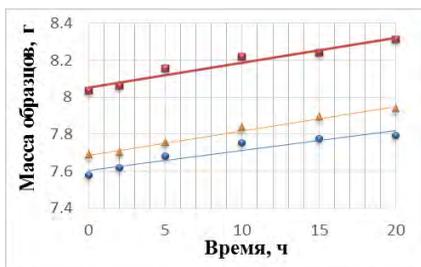
| Тип покрытия, вид ХТО | Ориентировочный химический и фазовый состав [3, 4] | Толщина слоя, мм |
|----------------------------|---|------------------|
| Диффузионное, цинкование | α – твердый раствор, Γ – фаза (до 72 % Zn) δ_1 – фаза (до 93 % Zn) δ – фаза (до 93,6 % Zn) | 0,04–0,06 |
| Диффузионное, алитирование | α – твердый раствор, FeAl_3 (59,18 % Al), Fe_2Al_5 (54,71 % Al), FeAl_2 (49,13 % Al), FeAl (32,57 % Al), Fe_3Al (до 26,8 % Al) | 0,05–0,08 |

Испытания отдельно взятой проволоки после термодиффузионной обработки на пластичность однократным изгибом показали, что угол изгиба до появления трещины у рассматриваемых термодиффузионных покрытий достаточный для обеспечения должного уровня технологичности обрабатываемым материалам. Установлено, что с увеличением толщины диффузионного слоя уменьшается угол изгиба до появления трещины. Однако отсутствует линейная корреляция между толщиной слоя и углом. Это можно объяснить различным вкладом толщины диффузионного слоя в общую жесткость проволоки, увеличением поверхностных дефектов, изменением напряженного состояния и ослаблением прочностных свойств стальной сердцевины. Отметим также, что упругие свойства реализуемых диффузионных слоев (в основном структура состоит из интерметаллидов) высокие и в ряде случаев происходит скалывание диффузионного слоя.

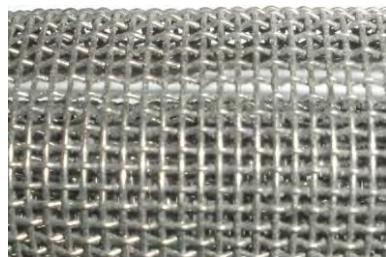
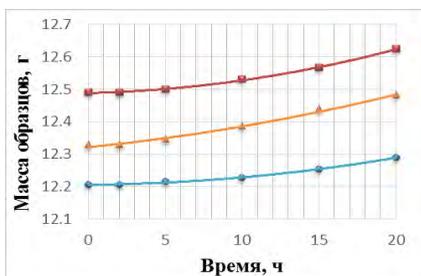
Важным является и то, что угол изгиба проволоки до появления трещины, как правило, значительно превышает угол, характеризующий разрушение проволоки на фрагменты. Минимальный угол, при котором наблюдается зарождение трещины на диффузионном слое или разрушение проволоки для всех рассматриваемых проволок, составляет не менее 25° .

Как уже выше отмечалось, систематические исследования, посвященные изучению влияния состава и структуры диффузионных цинковых покрытий на жаростойкость, не выполнялись. В результате предварительных испытаний на жаростойкость установлена

критическая температура, после которой происходит достаточно быстрое разрушение диффузионного цинкового покрытия – 600 °С. Внешний вид сетчатых материалов с цинковыми слоями после испытаний на жаростойкость и характеристика потери массы образцов представлены на рисунке 1. Отметим, что на поверхности зона поражения проявляется бурым цветом. Какого-либо отслоения и разрушения всего покрытия не наблюдалось. Бурый налет (окалина) довольно рыхлый и механически легко удалялся. Есть основания полагать, что его основу составляют оксиды цинка и железа.



а



б

Рисунок 1 – Характеристика жаростойкости и внешний вид диффузионных цинковых (а) и алитированных (б) слоев в результате испытаний при температуре 600 °С и 800 °С соответственно

При исследовании коррозионной стойкости диффузионных покрытий установлена низкая стойкость алитированных слоев (рисунок 2). Первые очаги коррозии наблюдались уже через 8 ч испытаний. Площадь поражения после 40 ч составила около 40 %, что может оказаться недостаточным для работоспособности сетчатых материалов в атмосферных условиях в течение нескольких лет.

Возникающие микрогальванические пары в слое интерметаллидов и основы вызывают разрушение покрытия. Очаги коррозии большей частью появляются в местах сплетения – местах, где потенциально может задерживаться влага и выпадать конденсат, а также развиваться щелевая коррозия.

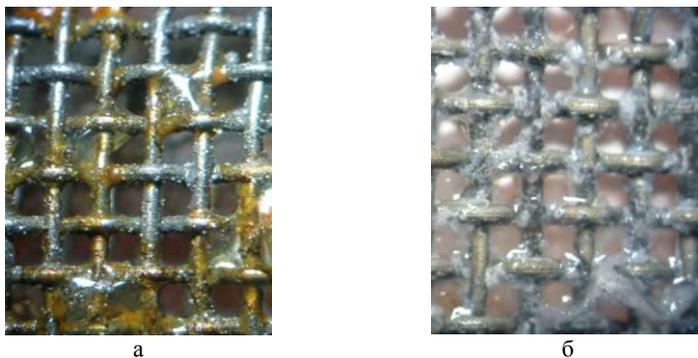


Рисунок 2 – Внешний вид алитированной (а) и оцинкованной (б) сеток после испытания в камере соляного тумана длительностью 40 ч

Заключение. Для применения в качестве элемента искрогасителей технологические свойства полученного сетчатого материала после цинкования и алитирования следует считать удовлетворительными. Минимальный угол, при котором наблюдается зарождение трещины на диффузионном слое или разрушение проволоки, составляет не менее 25° .

Сравнительная оценка коррозионной стойкости в камере соляного тумана двух рассматриваемых типов диффузионных покрытий показала, что алитированные слои значительно уступают по коррозионной стойкости цинковым. Первые очаги коррозии наблюдались уже через 8 ч испытаний. Площадь поражения после 40 ч составила около 40 %.

Исследования жаростойкости позволили установить пригодность цинковых диффузионных слоев для работы в условиях окислительного воздействия кислорода воздуха при нагреве до температуры 600°C .

Необходимо отметить, что проведенные исследования полностью не отражают условия реальной эксплуатации сетчатого материала, который будет работать в атмосфере выхлопных газов, бога-

тых сернистыми и другими соединениями. Для подтверждения эффективности повышения эксплуатационных свойств разработанных покрытий на сетчатых материалах требуется проведение натуральных испытаний.

Литература

1. **Химико-термическая** обработка металлов и сплавов: справочник / Г.В. Борисенок [и др.]; под ред. Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. – 421 с.
2. **Минкевич, А.Н.** Химико-термическая обработка металлов и сплавов / А.Н. Минкевич. – М.: Машиностроение, 1965. – 491 с.
3. **Рябов, В.Р.** Алитирование стали / В.Р. Рябов. – М.: Metallurgia, 1973. – 240 с.
4. **Проскуркин, Е.В.** Диффузионные цинковые покрытия / Е.В. Проскуркин, Н.С. Горбунов. – М.: Metallurgia, 1972. – 247 с.

УДК 620.18

В.Г. ДАШКЕВИЧ, канд. техн. наук,
О.Л. СИНЬКЕВИЧ (БНТУ)

К ПРОБЛЕМЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СТАЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Обеспечение надежности и безопасности промышленного оборудования, работающего при высоком давлении пара или газов, является важной народнохозяйственной задачей. Это связано с тем, что повреждение даже отдельных элементов оборудования может вызвать большие разрушения и привести к несчастным случаям. Для обеспечения надежности эксплуатации такого оборудования, как паровые и водогрейные котлы, трубопроводы пара и горячей воды и сосуды, работающие под давлением, требуется строгое соблюдение установленных технических правил [1].

Основными документами, регламентирующими устройство и безопасную эксплуатацию паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, и трубопроводов пара и горячей воды,