

Перспективные способы повышения жаростойкости поверхности стальных деталей

Студент гр. 10401116 Лешок В. А.
Научный руководитель – Ковальчук А.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Постепенное развитие энергетики и газотурбинной техники характеризуется непрерывным повышением рабочих температур деталей и изделий [1]. В энергетических и транспортных установках они достигли – до 1100 °С и выше. Это все возможное термическое оборудование и приспособления: поддоны, теплообменники, детали печных конвейеров, крепеж, газовые горелки, муфелы, детали печной арматуры. А также лопатки газовых турбин, сварная аппаратура, работающая в средах повышенной агрессивности, трубы-электроды искровых зажигательных свечей. Такой подъем рабочей температуры стал возможен благодаря развитию класса металлических материалов – жаропрочных и жаростойких сталей и сплавов [1]. Эти материалы способны длительное время работать при высоких температурах в сложном напряженном состоянии при одновременном воздействии агрессивной внешней среды и сохранять свои физико-механические свойства [1, 3, 5 – 6]. Сложность современных технологических решений обуславливает необходимость применения материалов с высокими технологическими свойствами [2].

Для обеспечения необходимого комплекса эксплуатационных характеристик этих деталей исторически сложилось применение высоколегированных жаростойких сталей, таких как: 20X13, 20X23H18, 08X18H10T, 11X11H2BMФ, 20X25H20C2 и другие [1–3].

С целью снижения стоимости готовых жаростойких изделий и увеличения продолжительности срока службы, применяется химико-термическая обработка стальных изделий на базе более дешевой стали [2]. Термодиффузионный слой, сформированный на стали в процессе химико-термической обработки, позволяет произвести повышение жаростойкости, термостойкости, термостабильности поверхности детали. Что является наиболее приемлемым направлением повышения жаростойкости деталей, работающих в условиях повышенной температуры в окислительной среде, с точки зрения технико-экономических показателей. Однокомпонентные процессы диффузионного насыщения, такие как алитирование, хромирование и силицирование, чаще всего применяются для увеличения жаростойкости стальных деталей [2].

Одним из наиболее эффективных является класс термодиффузионного насыщения на базе алумидных покрытий. В процессе химико-термической обработки алюминий осаждается из внешних источников. На осажденной поверхности заготовки начинает идти процесс диффузии алюминия в основной металл. Как следствие, происходит образование интерметаллидных соединений типа FeAl, которые в отличие от «чистого» алюминия имеют высокую температуру плавления [2 – 4]. Существенным плюсом в развитии направления ХТО на базе алюминия является тот факт, что алумидная фаза очень медленно окисляется, образуя защитный оксид Al₂O₃. В процессе выдержки, в случае частичного отслаивания оксида соединения алюминия, на вновь образовавшейся поверхности, повторно окисляется до Al₂O₃. Это качество алумидного покрытия замедляет действие окисления на металл основы.

Лучшими условиями для алитирования деталей, работающих в условиях высокотемпературной газовой коррозии и термических ударов являются: 1) алитирование в смеси с 5 % алюминия при 1100 °С – 5 ч; 2) алитирование в смеси с 10 % алюминия при 1000 °С – 5 ч,

отжиг при 1100 °С – 5 ч [1, 3, 5]. В свою очередь, при условиях циклического изменения температуры эксплуатации, алитирование не обеспечивает достаточную защиту от высокотемпературной газовой коррозии. Это проявляется в хрупкости и низкой термостойкости деталей, что отрицательно влияет на ресурс работы изделия [2].

Перспективным направлением развития алитирования поверхности, для обеспечения более лучшего комплекса необходимых эксплуатационных свойств, является введение в алюминидные покрытия легирующих элементов. Анализируя научно-техническую литературу и проводя патентный поиск, можно установить ряд легирующих элементов, используемых в алюминиевых покрытиях по частоте их использования: Al, Cr, Si, V, W, Mo, Ca.

Экспериментальное исследование подтверждает тот факт, что дополнительное введение вольфрама и хрома в насыщающую смесь позволяет повысить устойчивость алюминиевого диффузионного слоя. Тем самым образованная в поверхностном слое тонкая пленка типа $Al_2O_3-Cr_2O_3-WO_3$, увеличивает жаростойкость Al-Cr-W диффузионного слоя на 20%, а также на 40% снижается процесс расслаивания покрытия [2].

По сравнению с другими известными способами легирования алитированного покрытия, диффузионные слои, полученные на базе Al-Ta-Mo, позволяют повысить жаростойкость жаропрочных сплавов на 40-60 %.

Наиболее эффективная защита от высокотемпературного циклического окисления имеют алюминидные покрытия, легированные хромом и хромо-кремнием. Покрытия сохраняют свои защитные свойства через 100 ч испытаний при 1000 °С (20 циклов охлаждения в воде). Высокая пластичность покрытия позволяет предотвратить скалывание поверхности. Тем самым покрытия, кроме жаростойких свойств, имеют высокое сопротивление термической усталости [2, 4].

Таким образом, наибольшим эффектом повышения жаро- и термостойкости обладают комплексные Al-Cr-W, Al-Ta-Mo, Al-Cr-T покрытия. Повышение жаростойкости, при введении в алюминиевые покрытия легирующих элементов, составило 1,1–1,9 раза, а термостойкости - в 2–10 раз [5 – 6].

Данные виды покрытий могут быть рекомендованы для защиты деталей термического оборудования и приспособлений: поддонов, теплообменников, газовых горелок, деталей печной арматуры, лопаток газовых турбин и других деталей.

Список использованных источников

1. Химушин, Ф. Ф. Жаропрочные стали и сплавы / Ф. Ф. Химушкин // М.: Metallurgy, 1969. – 752 с.
2. Вейник, В. А. Повышение жаростойкости и термостойкости углеродистых и легированных сталей методами химико-термической обработки / В. А. Вейник, Э. Д. Щербаков // Metallurgy: республиканский межведомственный сборник научных трудов / редкол.: В. И. Тимошпольский (гл. ред) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2008. – Вып. 31. – С. 305-316.
3. Лахтин Ю.М. Химико-термическая обработка металлов / Лахтин Ю.М., Б.Н. Арзамасов. - М.: Metallurgy, 1985. – 256 с.
4. Симс Ч. Жаропрочные сплавы / Ч. Симс, В. Хагель; пер. с англ. – М.: Metallurgy 1976. -568 с.
5. Коломыцев, П. Т Жаростойкие диффузионные покрытия / П. Т. Коломыцев. -М.: Metallurgy, 1979. – 272 с.
6. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справ. / Г. В. Борисенко [и др.]. - М.: Metallurgy, 1981– 424 с.