

Наиболее важным критерием при оценке конструкционных материалов для рассматриваемых условий является жаропрочность, поскольку она определяет при проектировании установки соответствие материала предъявляемым требованиям, включающим высокую температуру и приложенные механические напряжения.

В свое время наиболее предпочтительными материалами оболочек твэлов были стали аустенитного класса благодаря удовлетворительному сочетанию служебных свойств: прочности, жаропрочности, коррозионной стойкости, хорошей технологичности и освоенности промышленностью. При длительных испытаниях аустенитные стали имеют преимущество и перед высоконикелевыми сплавами.

Однако склонность аустенитных сталей к высокотемпературному радиационному охрупчиванию и, главное, к вакансионному набуханию существенно сужает возможность достижения необходимой степени выгорания ядерного топлива. При переходе от экспериментальных к промышленным сборкам стойкостью аустенитной стали 06X16H15M2Г2ТФР к набуханию снизилась в связи с технологическими особенностями плавки слитка и изготовления труб. Даже с учетом того, что критерий напряженно-деформированного состояния (набухание 15 – 18 %) не лимитирует достижение дозы ~ 100 с.н.а., максимальное достигнутое выгорание топлива при использовании стали 08X16H15M3БР составляет 11,2 % т.а. при повреждающей дозе до 93 с.н.а.

Хромистые ферритно-мартенситные стали хорошо зарекомендовали себя, когда температура эксплуатации установок не превышает 550 °С. Основными недостатками 12%-ных хромистых сталей являются низкая жаропрочность при температурах выше 550 – 600 °С, склонность к низкотемпературному радиационному охрупчиванию и существенное разупрочнение в процессе нейтронного облучения при температурах выше 550 °С. Кроме того, при температурах до 500 °С в этих сталях также проявляется склонность к вакансионному набуханию.

Таким образом, в связи с ужесточением требований по надежности, безопасности и экологическим характеристикам в реакторах нового поколения и существенным повышением рабочих параметров оболочек твэлов (рабочие температуры 320 - 710 °С; достигаемые повреждающие дозы 140 - 180 с.н.а.; окружные напряжения до 80- 120 МПа; увеличение ресурса до 5 - 7 лет) стали аустенитного и ферритно-мартенситного классов, разработанные на сегодняшний день, не могут обеспечить надежную работу твэлов перспективных ядерных установок.

Исследованиями последних лет показана перспективность использования в установках с реакторами БН с повышенной рабочей температурой и флюенсом нейтронов, а также в термоядерных энергетических реакторах сплавов на основе ванадия. Они обладают хорошими ядерно-физическими свойствами, такими как быстрый спад наведенной радиоактивности и низкий ее уровень, радиационная стойкость и высокая длительная прочность при 750 °С, в то время как стали ферритно-мартенситного класса разупрочняются при температурах выше 600°С, а аустенитные стали — при 650 °С. Сплавы на основе ванадия с титаном и хромом имеют в температурном интервале 550 -700 °С высокие показатели по времени до разрушения.

Удовлетворить повышенным эксплуатационным требованиям могут сплавы на основе ванадия с титаном и хромом при условии защиты их от коррозионного воздействия теплоносителя и топлива ферритной нержавеющей сталью.

Решением проблемы использования сплавов на основе ванадия может быть плакирование оболочки ферритной нержавеющей сталью.

Получен новый радиационностойкий конструкционный материал для оболочек твэлов реакторов на быстрых нейтронах, высокая радиационная стойкость и прочностные свойства которого обеспечиваются сплавом ванадия V - 4Ti - 4Cr, а коррозионная стойкость — нержавеющей ферритной сталью 12X17.

Задачей дальнейших исследований является выбор оптимального состава сплавов системы V - Ti - Cr, отработка технологии и изготовление тонкостенных плакированных оболочек и постановка их на облучение в реактор.

УДК 621.78
Закономерности деформаций наружных и внутренних поверхностей при индукционной термообработке деталей автотехники ОАО «МАЗ»

Магистрант МТФ Бабук Е.П.,
Научный руководитель – Гурченко П.С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Долговечность деталей машин чаще всего определяется прочностными характеристиками рабочих поверхностей. В результате упрочнения деталей термической обработкой неизбежно происходят изменения геометрических размеров, что может приводить к браку в процессе изготовления. При индукционной закалке

ке неизбежны остаточные изменения первоначальных геометрических размеров деталей. Это связано как с тепловым расширением детали при нагреве, так и с объёмными изменениями при фазовых (структурных) превращениях, что характерно для всех видов термической обработки.

Установлены закономерности коробления различных типовых поверхностей деталей простой формы автотехники при одновременной и непрерывно-последовательной закалке с нагревом токами высокой частоты. Закономерности коробления деталей сложной формы рассмотрены путем разложения их на простые поверхности. Установление закономерностей проводилось при термообработке опытных партий.

Установлено, что деформации при непрерывно-последовательной закалке цилиндрических деталей являются легко прогнозируемыми и компенсируются введением промежуточных технологических размеров.

Для оптимизации величин деформаций наружных шлицевых поверхностей при закалке ТВЧ применяется способ прерывистого управляемого охлаждения, который обеспечивает необходимую твердость и глубину закалки при минимальных закалочных деформациях.

При непрерывно-последовательной закалке цилиндрических поверхностей с выходом на галтель из легированных сталей типа 40X и 30XГСА, оптимизация величин деформаций достигается применением специального индуктора с магнитопроводами и выбором оптимального расстояния между индуктором и торцом детали, скорости перемещения детали или индуктора и расхода охлаждающей жидкости.

При закалке наружных цилиндрических поверхностей с выходом зоны закалки на галтель из стали 50 при поддержании температуры охлаждающей воды в интервале 24-28 °С и дозировании времени охлаждения с точностью до $\pm 0,1$ с обеспечивается твердость поверхности в интервале 760-800 HV, при минимальной деформации упрочняемых поверхностей составляющей не более 35% от поля допуска.

В результате проведенных опытно-экспериментальных работ установлены закономерности деформаций целого ряда типовых поверхностей деталей мобильных машин. Полученные результаты исследований позволили оптимизировать режимы индукционной термообработки и повысить конструкционную прочность деталей и узлов мобильных машин.

УДК 621.791.92

Исследование износостойкости наплавленных покрытий из отходов инструментальных сталей, подвергнутых диффузионному легированию

Студент гр. 104515 Алисиевич С.А.
Научный руководитель – Стефанович А.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью данной работы является исследование износостойкости наплавленных покрытий из отходов инструментальных сталей подвергнутых диффузионному легированию.

В промышленности используется широкий перечень наплавочных материалов для повышения стойкости изделий против абразивного и ударно-абразивного износов. При абразивном износе без ударных нагрузок рекомендуется использовать наплавленные покрытия высокой твердости и с большим количеством твердых частиц: карбидов, боридов и нитридов. Для покрытий, работающих в условиях ударно-абразивного износа, необходимо использовать материалы, которые содержат 20–30% твердых частиц, равномерно распределенных в аустенитно-мартенситной матрице. При этом содержание аустенита должно быть 30–40%. Были разработаны недорогие электроды для наплавки, в состав которых входят отходы штамповой и быстрорежущей стали, подвергнутые диффузионному насыщению азотом, углеродом и бором.

Износостойкость наплавленных покрытий при нагрузке 100Н обеспечивающей абразивный износ без динамических нагрузок. Износостойкость наплавленных покрытий полученных из отходов стали Р6М5 подвергнутых ХТО при температурах 700, 860, 1050°С и комплексном насыщении углеродом, азотом и бором в 1,48 – 1,69 раза выше износостойкости широкоиспользуемого наплавочного материала Т590 (твердость после наплавки 59 – 62 HRC). Высокая износостойкость наплавленных покрытий из разработанных материалов объясняется морфологией структуры: наличие повышенного количества твердых частиц в структуре и вязкой основы в виде аустенита остаточного уменьшает выкашивание в процессе абразивного изнашивания. При температуре 550 и 600°С износостойкость имеет невысокие значения из-за вязкой основы и недостаточного количества твердых частиц. Покрытия полученные из отходов стали Х6ВФ имеют значительно меньшую износостойкость в 1,6...2,1 раза по сравнению с покрытиями полученными из отходов стали Р6М5. Такая низкая износостойкость данных покрытий обусловлена их меньшей твердостью и меньшим содержанием твердых частиц в структуре. Покрытия полученные из отходов стали Х6ВФ имеют и приблизительно равную износостойкость покрытия из Т590.