



Рис. 2. Зависимость сплошности покрытий G от величины магнитной индукции в рабочем зазоре 1 и плотности разрядного тока 2

На основании технологических ограничений и с применением прикладной программы Mathcad, работающей в среде Windows, установлены рациональные значения величин магнитной индукции в РЗ и плотности разрядного тока. Результаты выполненных расчетов показывают, что обеспечивается оптимальная сплошность покрытий, равная 95,1 %, при $B_z = 0,7$ Тл и $i = 1,95$ А/мм² при высоте рабочего торца полюсного наконечника 5,7 мм и угле охвата $\alpha = 12^\circ$. Процесс ЭМН идет стабильно с формированием покрытия, состоящего из плотно расположенных точечных вкраплений.

Литература

1. Акулович, Л.М. Об устойчивости электромагнитной наплавки / Л.М. Акулович, А.В. Миранович, А.В. Линник // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: ГУ ВПО «Белорусско-российский университет», 2012. – С. 98 – 100.
2. Миранович, А.В. Установка для электромагнитной наплавки поверхностей деталей машин / А.В. Миранович, Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро // Вест. БНТУ. – 2005. – № 2. – С. 30 – 33.
3. Лялякин, В.П. Ресурсосберегающие технологии восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственных машин и оборудования / В.П. Лялякин // Технологии машиностроения. – 2003. – № 3. – С. 33 – 38.

УДК 66.017

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНО УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ СТАЛИ 35ХГСА

Е. П. Поздняков, И. Н. Степанкин

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого,
Гомель*

Применение высоколегированных сталей для изготовления ответственных деталей диктуется повышенными требованиями к износостойчивости, прочности и усталостной долговечности материалов. Во многих случаях заведомо завышенные эксплуатационные характеристики отдельных деталей, изготовленных из дорогостоящих сплавов, не оказывают существенного влияния на работоспособность всего узла по причине несогласованного периода наработки на отказ между отдельными элементами. Существенный запас прочности является невостребованным достоинством отдельной детали и в условиях запланированного регламентом технического обслуживания всего узла с возможностью своевременной замены изношенных деталей является фактором, провоцирующим существенный перерасход средств на приобретение дорогостоящих материалов, не производимых в Республике Беларусь.

В этих условиях создание градиента свойств по сечению материала позволяет существенно снизить требования к основной массе металла деталей машин, сосредоточив их в объеме поверхностного слоя, подверженного наиболее высоким по интенсивности повреждениям. Формирование слоя заданной толщины и морфологии позволяет управлять периодом наработки на отказ деталей, для изготовления которых подходят более дешевые и доступные материалы.

Объектом исследований являлась конструкционная экономно-легированная сталь 35ХГСА и диффузионно-упрочненные слои, сформированные на ее поверхности. Упрочнение осуществляли путем цементации и нитроцементации стали в течение 8 ч при температуре 920 °С. В первом случае в качестве насыщающей среды использовали древесный уголь, во втором на его основе готовили состав, модифицированный мочевиной. Окончательная термическая обработка заключалась в закалке экспериментальных образцов с 860 °С с охлаждением в масле и низком отпуске при температуре 200 °С. Для сравнительной оценки влияния режимов термохимической обработки на уровень остаточного аустенита в упрочненном слое образцы, обработанные по идентичным технологическим режимам, делили на две группы, одну из которых подвергали криогенной обработке в жидком азоте. Обработку данных образцов проводили непосредственно после закалки.

Исследование микроструктуры упрочненных слоев проводили на поперечных шлифах при увеличениях 100 – 3000 крат на оптическом микроскопе «Метам РВ-22». Травление поверхности осуществляли 5-процентным спиртовым раствором азотной кислоты. ДюрOMETрические исследования осуществляли на приборе ПМТ-3 с нагрузкой на индентор Виккерса 2 Н.

Структура поверхностных слоев, полученных в результате диффузионного насыщения, имеет отличия, связанные с участием азота в формировании упрочненного слоя.

Диффузионный слой, образованный в результате нитроцементации, обладает выраженным двухфазным строением. На поверхности формируется тонкая прослойка материала с большим количеством слаботравящихся включений. Известно, что наружный слой, ϵ -фаза, формируемая на легированных сталях азотированием и нитроцементацией, отличается однофазным строением [1, 2]. В рассматриваемом случае упрочнение стали 30ХГСА не привело к получению однофазного наружного слоя. В нем отмечается равномерное распределение мелких включений в материале матрицы на глубину не более 0,1 мм.

Исследование распределения микротвердости по сечению упрочненного слоя показывает, что полная глубина диффузионного слоя составляет не менее 0,8 мм и согласуется с обычно достигаемой производительностью насыщения при высокотемпературном процессе. Важным конструкционным параметром является отсутствие резкого градиента распределения твердости по сечению. Это относится и к зоне сопряжения карбонитридного слоя с основным упрочненным подслоем, и к изменению твердости до уровня сердцевины металла. Твердость сердцевины составляет порядка 4000 МПа. Достигнутое значение твердости сердцевины позволяет получить сочетание высокой прочности и жесткости, необходимой для успешного сопротивления упрочненного сплава повышенным контактными нагрузкам без растрескивания упрочненного слоя. Влияние криогенной обработки, призванное обеспечить снижение остаточного аустенита в упрочненном слое, не отражается на структуре рассмотренных слоев.

Анализ структуры основного объема упрочненного слоя показывает, что в металлической матрице, представленной мартенситом, присутствует большое количество мелких карбидов. Округлые включения имеют размеры не более нескольких микрометров и равномерно распределены по сечению слоя. Сравнения структур показывают, что структура внутреннего объема слоя, упрочненного посредством нитроцементации, близка к структуре науглероженного слоя. Морфология этих слоев близка к стали 9ХС, широко используемой в качестве материала для средненагруженного штампового инструмента и деталей пар трения.

Распределение твердости по сечению карбидного упрочненного слоя в стали 30ХГСА показывает, что формирование упрочняющего воздействия за счет имплантации в сплав только углерода формирует упрочненный слой меньшей твердости. Различие в максимальной твердости, отмечаемое между слоями сформированными цементацией и нитроцементацией, по-видимому, обусловлено присутствием внешнего карбонитридного слоя в последнем случае. При этом общая глубина сформированных слоев имеет близкие значения.

Результаты исследований показали, что применение цементации и нитроцементации стали 30ХГСА, проведенные по изотермическому режиму, позволяет сформировать отличные по морфологии и свойствам упрочненные слои. Основным преимуществом обоих технологических режимов упрочнения является возможность получения сердцевины повышенной жесткости, микротвердость которой превышает 4000 МПа (40HRC). При этом структура слоя, сформированного посредством нитроцементации с последующей закалкой и низким отпуском, отличается наличием двух зон. Наружная зона толщиной не более 0,1 мм характеризуется присутствием большого количества мелких карбонитридов и обеспечивает получение поверхностной твердости порядка 9000 МПа. Под ней располагается зона подслоя, идентичная по своему строению упрочненному слою, получаемому путем науглероживания стали 30ХГСА. При этом максимальная микротвердость науглероженного слоя составляет порядка 6000 МПа. Структура основного объема упрочненных слоев в обоих рассмотренных случаях близка по своему строению к структуре стали 9ХС, применяемой для средненагруженного штампового инструмента и деталей пар трения. Распределение микротвердости, показывает, что глубина модифицированного слоя составляет не менее 0,8 мм. Результаты исследования влияния технологических режимов химико-термической обработки стали 35ХГСА на морфологию и свойства сплава позволяют получить представление о строении упрочненных слоев, сформированных науглероживанием и нитроцементацией, а также учесть различия в их структуре при рассмотрении процессов накопления дефектов при контактно-усталостном нагружении материала и соответственно проектировании процессов упрочнения штамповой оснастки и деталей машин трения.

Литература

1. Лахтин, Ю.М. Новый способ поверхностного упрочнения деталей вибраторов / Ю.М. Лахтин, Г.Н. Неустроев, Б.Г. Гольдштейн. – М.: НИИ информации по строительному, дорожному и коммунальному машиностроению, 1967.– 48 с.
2. Лахтин, Ю.М. Химико–термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин, Б.Н. Арзамасов. – М.: Metallurgia, 1985.– 256 с.