

УДК 621.785.532

А.И. Сурус, доц., канд. техн. наук.;
М.Н. Пищов, доц., канд. техн. наук.;
Ф.Ф. Царук, доц., канд. техн. наук.;
А.В. Блохин, доц., канд. техн. наук.;
А.М. Лось, ст. преп. (БГТУ, г.Минск)

АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ШЛИЦЕВЫХ ВАЛОВ

Известно, что состояние поверхности деталей машин существенно влияет на их различные свойства и, в первую очередь, на износ и сопротивление усталостному разрушению, поскольку зарождение усталостных трещин происходит на поверхности, или вблизи ее.

В связи с интенсификацией рабочих процессов машин и механизмов, повышением требований к режимам их эксплуатации и усложнением современных конструкций, способность их деталей сопротивляться износу и усталостному разрушению приобретает особое значение. Следовательно, вопрос повышения износостойкости и усталостной прочности деталей машин является актуальным.

Распространенными и ответственными деталями различных машин и механизмов являются детали передач – валы и оси, имеющие шлицевые соединения.

Валы коробок передач, раздаточных коробок и редукторов ведущих мостов в эксплуатации практически не имеют усталостных поломок. Выход их из строя происходит в основном из-за износа шлицевых соединений и посадочных поверхностей под шестерни и подшипники. Это объясняется большими коэффициентами запаса прочности указанных изделий, что обусловлено требованиями к жесткости конструкций.

Шлицевые соединения могут иметь следующие дефекты: забоины, сколы, заусеницы на зубьях вала и отверстия, скручивание шлицов, износ сопрягаемых центрируемых поверхностей, износ зубьев вала по толщине.

Основными дефектами соединений являются износ шлицев по толщине, смятия рабочих поверхностей зубьев. Исследования показали, что зазор в прямобочном шлицевом соединении образуется под воздействием ударной нагрузки в результате смятия шлицев впадин по ширине и не параллельность шлицев по отношению оси вала.

Кроме того, среди разрушений шлицевых валов от усталости часто встречающимися в практике эксплуатации являются разрушения по радиусу перехода профиля шлица во впадину. Разрушения проис-

ходят вследствие повышенной концентрации напряжений в галтели, а также, в большинстве случаев, от недостаточно благоприятных в отношении усталости свойств поверхностного слоя материала детали.

В процессе эксплуатации в шлицевых соединениях увеличивается боковой зазор, что вызывает возникновению дополнительных ударных нагрузок, отражаются на работе зубчатых колес, подшипников и др. Особо большой износ наблюдается в шлицевых соединениях в условиях не достаточной смазки и в абразивной среде, например в сельскохозяйственной и лесной технике.

Эффективными средствами уменьшения износа деталей в соединении являются: увеличение твердости контактирующих поверхностей, уменьшение или, по возможности, устранение зазоров, а также совершенная смазка и хорошее уплотнение.

Таким образом, одним из актуальных остается вопрос о дополнительном упрочнении поверхностей.

С целью повышения выносливости и износостойкости шлицевые соединения, как правило, подвергают химико-термической обработке (ХТО). Однако диффузионно-насыщенные слои, как известно, не лишены элементов, способствующих преждевременному возникновению разрушения. Таковыми являются, например, хрупкая ϵ - фаза на поверхности азотированного слоя, а также возможная его пористость, наличие микротрещин и т.д. Кроме того, при диффузионном насыщении поверхности происходит потеря точности геометрических размеров, достигнутой на предшествующих операциях механической обработки. Устранение вышеуказанных дефектов может быть достигнуто путем механического их снятия (шлифования или поверхностного пластического деформирования (ППД)). Однако шлифование, несмотря на свою эффективность, может оставлять за собой и негативные последствия, такие как появление остаточных напряжений растяжения, термическое воздействие (прижоги поверхностного слоя частицами абразива) и другие.

Как показывают многочисленные исследования [1,2], комплексное упрочнение поверхности ХТО и ППД является весьма перспективным и заслуживающим дальнейшего исследования направлением на пути повышения выносливости деталей, однако процесс становится более трудоемким и более затратным.

В результате проведенных нами ранее исследований по применению механических колебаний в процессе жидкостной карбонитрации путем введения их в расплав установлено, что колебания способствуют увеличению толщины упрочненного слоя и поверхностной твердости.

Как отмечено выше для деталей, работающих в подвижных соединениях, кроме характеристик материалов в ряде случаев на эксплуатационные свойства существенное влияние оказывают и геометрические характеристики рабочих поверхностей, такие как размеры, форма и шероховатость.

В связи с этим целью настоящей работы было исследование и анализ воздействия параметров процесса карбонитрации на чистоту поверхности обрабатываемых деталей. Шероховатость поверхности определяли по параметру Ra на профилографе-профилометре. Исследование проводилось на образцах из стали 45, обработанных на различную чистоту поверхности, а затем подвергнутых карбонитрации при температуре 843°K и времени выдержки 2 часа как в обычных условиях, так и с использованием механических колебаний частотой 18 кГц, вводимых в расплав. Результаты исследований (рисунок 1) показывают, что состояние поверхности после диффузионного насыщения в обычных условиях ухудшается на всех образцах. Процент возрастания Ra примерно одинаков при всех исходных значениях шероховатости. Применение колебаний существенно снижает негативное влияние диффузионного насыщения на качество поверхности. Это в первую очередь связано с благоприятным влиянием колебаний на состояние поверхностного карбонитридного слоя, отмеченным микроструктурным анализом (исчезают поры, пустоты, участки коагуляции карбонитридов и т. п.). Этот вывод подтверждают и результаты анализа влияния времени обработки на величину Ra образцов из стали 40Х (рисунок 1).

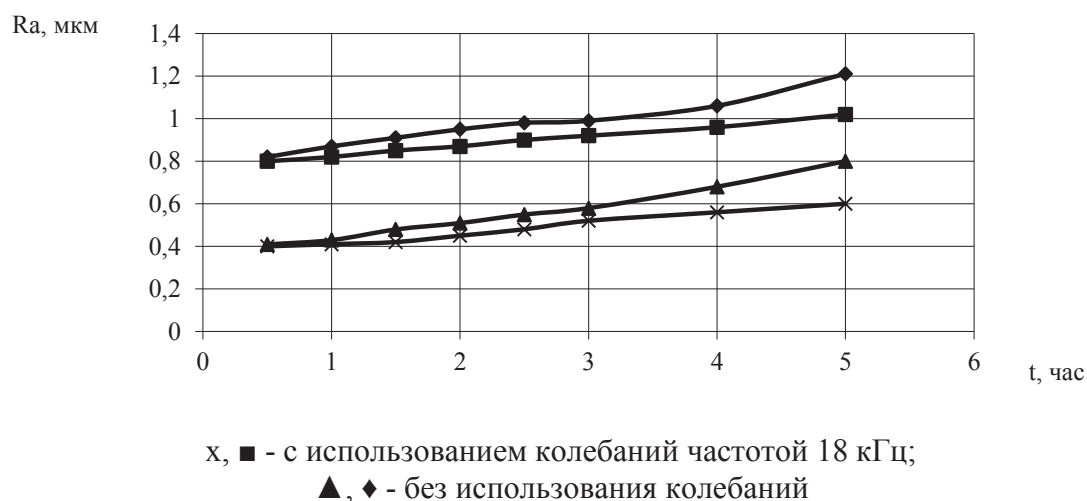


Рисунок 1 – Влияние способа карбонитрации и времени обработки на шероховатость поверхности при различной величине исходной Ra , мкм.

Как видно из приведенных данных, с повышением времени обработки в обычных условиях свыше 3,0-3,5 часов величина Ra начинает быстро возрастать. При упрочнении с использованием колебаний шероховатость по данному параметру при прочих равных условиях уменьшается. Таким образом, введение колебаний более эффективно влияет на качество поверхности при более значительной продолжительности процесса. Улучшение чистоты поверхности за счет использования колебаний является одной из причин сокращения периода приработки, установленного при испытаниях на износ. Результаты исследования износостойкости позволяют предположить достаточно высокую эксплуатационную долговечность восстановленных по исследуемой технологии изделий.

Кроме того, технологический процесс жидкостной карбонитрации по сравнению с другими способами диффузионного насыщения (например, цементацией) проводится при относительно невысокой температуре. Это преимущество наряду с небольшой продолжительностью обработки дает возможность использовать данный метод упрочнения в качестве заключительного процесса в технологической цепочке изготовления или ремонта деталей машин. Следует отметить, что исключение малопроизводительных операций финишной механической обработки поверхностного слоя существенно снижает трудо- и энергоемкость производства изделий, повышает их технологичность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балтер М.А. Упрочнение деталей машин. – М.: Машиностроение, 1972. – 125 с.
2. Вакуленко К.В. Влияние состояния поверхностного слоя на характеристики сопротивления усталости стали 40Х / К.В. Вакуленко, И.Б. Козак, В.М. Мацевитый // Восточноевропейский журнал передовых технологий. 2016. – № 3/5(81). – С.53-61.