

А.И. Сурус, доц., канд. техн. наук;
С.Е. Бельский, доц., канд. техн. наук;
М.Н. Пищов, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТНОЙ КАРБОНИТРАЦИИ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

Условия эксплуатации ряда деталей машин и механизмов при сложном нагружении характеризуются значительным трением, сопровождаемым интенсивным износом их рабочих поверхностей, а также вибрациями широкого амплитудно-частотного диапазона. В связи с этим для повышения надежности и срока службы подобных изделий возникает необходимость использования различных способов поверхностного упрочнения. Применяемые для этой цели процессы должны обладать минимальными стоимостью, продолжительностью, трудо- и энергозатратами, не требовать финишной механической обработки изделий. Процесс низкотемпературной карбонитрации в расплаве азотсодержащих солей в значительной степени отвечает вышеуказанным требованиям. Данный процесс не приводит к изменению размеров и короблению обрабатываемых деталей; шероховатость их практически не ухудшается [1], что дает возможность применять его в качестве финишного. Однако, его широкому использованию препятствуют недостаточная толщина, твердость и износостойкость поверхностного слоя. Для решения этой проблемы предложено вызывать в расплаве механические колебания различной частоты [2].

Модели из прошедшей улучшения стали 40Х, обрабатывались в расплаве кальцинированной соды и мочевины при температурах 550-570°C и продолжительности процесса от 0,5 до 5 часов. Ультразвуковые колебания частотой 3 и 18 кГц генерировали в расплаве с помощью грибкового концентратора.

Исследование таких важнейших параметров упрочненного слоя, как глубина и поверхностная твердость, не позволяет в полной мере оценить эксплуатационную долговечность деталей. Для оптимизации технологических параметров упрочнения необходимо проведение натуральных испытаний деталей в процессе их эксплуатации в широком диапазоне рабочих скоростей, давлений и температур. Однако такие испытания являются весьма длительными и дорогостоящими поскольку это связано с дополнительным расходом деталей. Универсальной характеристикой, определяющей качество поверхностей, работающих в условиях истирания, является износостойкость. Основ-

ными параметрами, определяющими этот процесс, являются сила и коэффициент трения, а характеризующими его - изменение геометрических и весовых параметров детали, а также структуры и качественных показателей поверхностного слоя.

В связи с этим проведен ряд исследований по влиянию параметров процесса упрочнения на износостойкость поверхностных слоев.

Исследования упрочненных экспериментальных образцов проводились в лабораторных условиях на установке, созданной в БГТУ (рис. 1) для проведения ускоренных испытаний по сопротивлению изнашиванию.

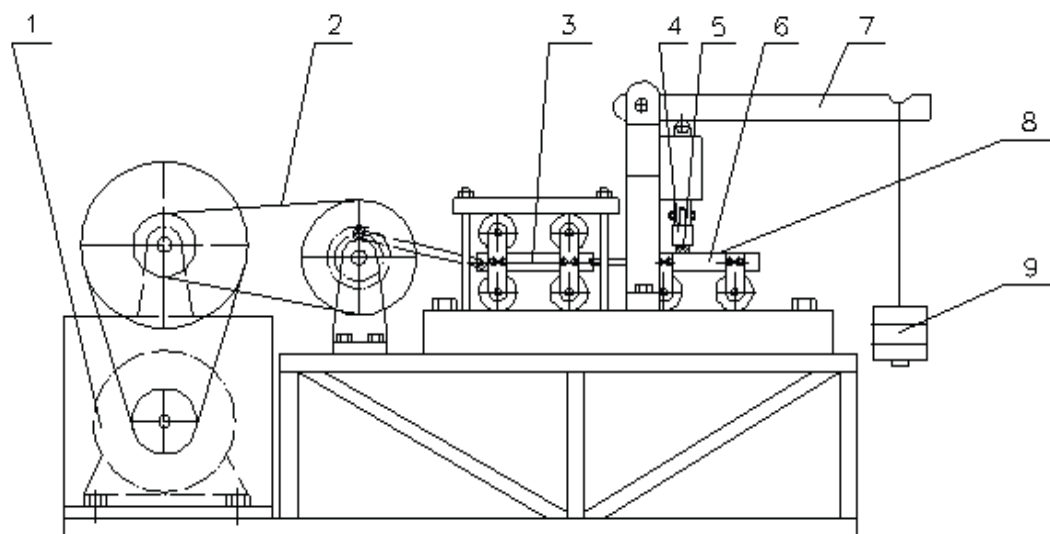


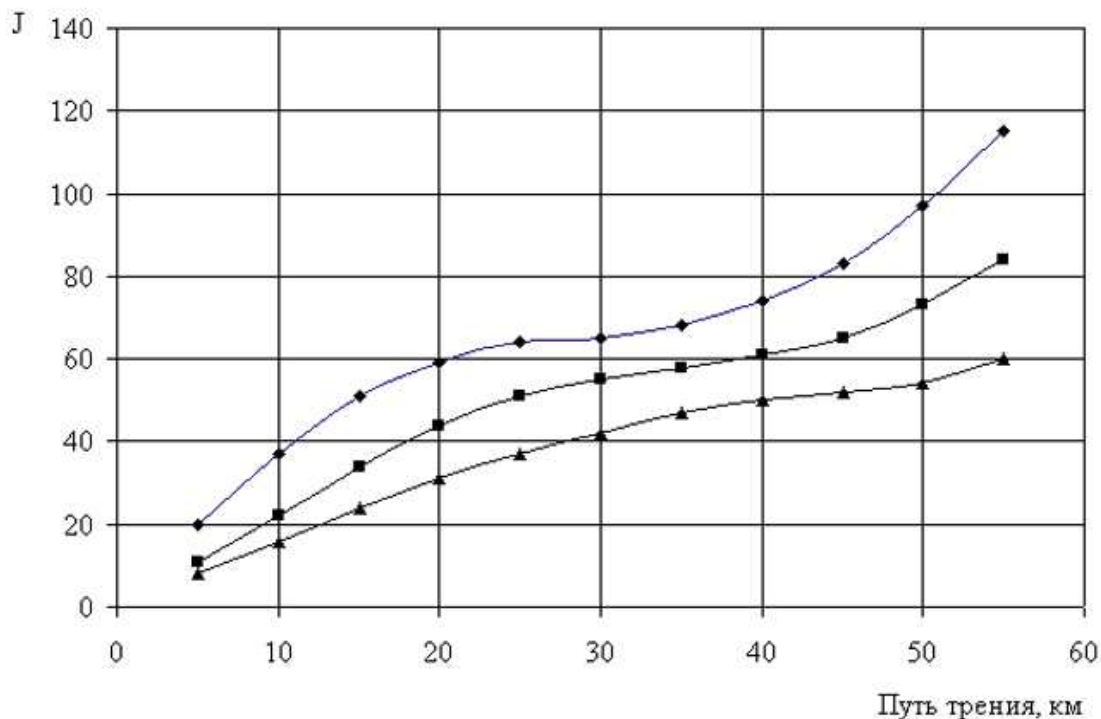
Рисунок 1 – Схема установки для проведения ускоренных лабораторных испытаний сопротивления изнашиванию экспериментальных образцов

При работе установки двигатель 1 через двухступенчатую ременную передачу 2 передает крутящий момент на вал кулисного механизма, соединенного с кареткой 3. При этом каретка совершает возвратно-поступательные перемещения в горизонтальной плоскости, увлекая за собой связанную с ней каретку 6 с прикрепленным на ней контртелом 8, которое истирает образец 5, закрепленный в устройстве 4. За счет переменных подвесных грузов 9 рычаг 7 передает заданную нагрузку на испытуемый образец, что изменяет силу трения между образцом и контртелом.

Исследования упрочненных образцов проводились в режиме сухого трения с минимальным добавлением индустриального масла 20 для исключения явления задира. Испытывались образцы размеров 10x10x10 мм из конструкционной стали 40X прошедшей улучшение с последующим поверхностным упрочнением методами жидкостной карбонитрации по различным режимам.

Для оценки эксплуатационной долговечности упрочненных слоев при различных режимах обработки проведено исследование кинетики износа при пути трения между очередными измерениями 5,0 км.

Результаты изучения кинетики износа приведены на Рисунке 2.



◆ – в обычных условиях, ■ – с частотой 3 кГц, ▲ – с частотой 18 кГц

Рисунок 2 – Потеря массы при износных испытаниях образцов из стали 40X

Следует отметить, что кинетические кривые износа образцов вполне отражают общепринятые представления и зависимости, получаемые при эксплуатации многих деталей машин, работающих в условиях интенсивного истирания.

Для кривой, полученной при упрочнении без использования колебаний, характерно наличие трех основных участков, соответствующих основным стадиям развития процесса изнашивания и разрушения поверхностного слоя образцов. На первом этапе (приблизительно до 20 км пробега), соответствующем периоду приработки, наблюдается более интенсивное изнашивание поверхностного слоя с потерей массы превышающей 50% за весь период испытаний. Анализ изношенных поверхностей показывает, что при этом происходит смятие и сглаживание отдельных неровностей шлифованной поверхности. Выкрашивания и разрушения фрагментов поверхностного слоя при этом не наблюдается.

На следующей стадии (от 20 до 45 км пробега), соответствующей установившемуся износу, потеря массы минимальна

(величина J изменяется от 60 до 80 мг); на контактных поверхностях при отсутствии процессов адгезии происходит постепенное увеличение поврежденных фрагментов поверхностного слоя с образованием достаточно больших участков смятия материала и выкрашивания участков карбонитридного слоя. На заключительном участке кривой изнашивания отмечается существенное ускорение процесса разрушения поверхности. Преобладающими на этой стадии являются микротрещинообразование и выкрашивание, как следствие развития усталостных процессов. Отмечаются и некоторые элементы смятия участков поверхности.

Проведенные испытания образцов, обработанных с использованием энергии колебаний, подтверждают благоприятное влияние ее на износостойкость поверхностного слоя (см. Рисунок 2). Кривые износа сохраняют характер классической зависимости, полученной ранее для обработки без колебаний. Однако период приработки значительно сокращается; потеря массы на пути трения до 20 км в 1,7-2,0 раза ниже. Более длинным является участок установившегося износа, особенно при использовании колебаний с частотой 18 кГц. При установившемся износе отмечается практически полное отсутствие выкрашивания участков контактного слоя.

Образование при использовании колебаний более толстого и плотного упрочненного слоя приводит к более равномерному истиранию на заключительной стадии испытаний (при пробеге свыше 45 км), когда отмечается только незначительное количество участков выкрашивания без глубоких разрушений контактной поверхности.

Исследования зависимости величины износа от времени карбонитрации показали, что использование колебаний существенно повышает износостойкость поверхностного слоя при времени обработки до 2 часов. Наиболее существенное повышение износостойкости достигается при использовании жидкостной карбонитрации в комбинации с возбуждением в расплаве колебаний частотой 18 кГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лахтин Ю.М. Низкотемпературные процессы насыщения стали азотом и углеродом // МиТОМ. – № 4, . – 1970. – С. 61-69.
2. Довгялло И.Г., Каледин Б.А., Сурус А.И. Влияние механических колебаний на качество диффузионного слоя при низкотемпературной карбонитрации // Труды БГТУ. Вып.8. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 2000. – С.207-213.