

М.Н. Пищов, доц., канд. техн. наук;
С.Е. Бельский, доц., канд. техн. наук;
А.И. Сурус, доц., канд. техн. наук;
А.В. Блохин, доц., канд. техн. наук;
Ф.Ф. Царук, доц., канд. техн. наук, (БГТУ, г. Минск);
Адель Рашид (Ливан)

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ИЗНАШИВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ 5ХНМ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ

Условия эксплуатации ряда сложнагруженных инструментов, а также деталей машин и механизмов характеризуются значительным трением, сопровождаемым интенсивным износом на их рабочих поверхностях. 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 5ХНМ, 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.

Зависимость величины износа от времени карбонитрации представлена на рисунке 1. Как видно из приведенных данных, использование колебаний существенно повышает износостойкость поверхностного слоя, определяемую по потере массы образцов. При времени обработки до 2 часов это объясняется в первую очередь ускорением протекания химических процессов в расплаве и адсорбции азота и углерода, а также диффузии их в сталь, что приводит к более интенсив-

ному образованию мелкодисперсных карбонитридных частиц и в целом к формированию плотного поверхностного слоя повышенной износостойкости. С увеличением времени насыщения свыше 3 часов износостойкость при отсутствии колебаний несколько снижается: это связано с тем, что поверхностный слой становится грубым и шероховатым. Очевидно, что при определенных условиях испытаний в слое происходит выкрашивание некоторых участков, при этом крупные карбиды и нитриды могут играть роль абразива в зоне трения.

При использовании колебаний кривая износа имеет существенно меньший участок приработки и более продолжительный участок, соответствующий зоне установившегося изнашивания. Исследования, проведенные на сканирующем электронном микроскопе, показали, что при обработке без использования колебаний на этапе приработки наблюдается смятие и сглаживание отдельных неровностей шлифованной поверхности [3].

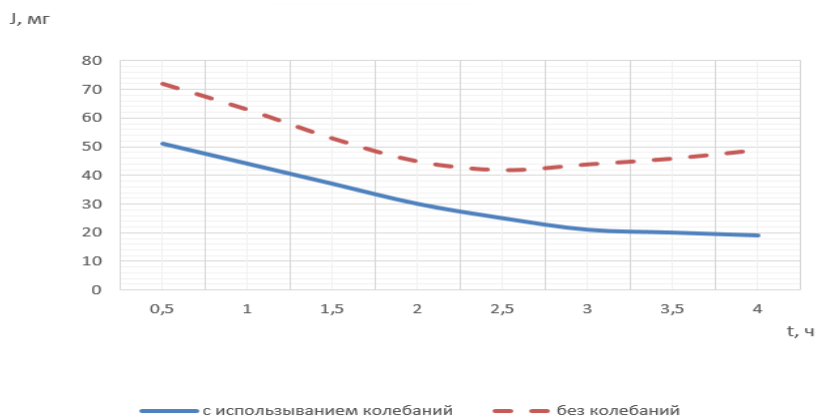


Рисунок 1 – Зависимость величины износа образцов стали 5ХНМ от способа и времени карбонитрации

На стадии установившегося изнашивания происходит постепенное увеличение поврежденных фрагментов поверхности с образованием достаточно больших участков выкрашивания карбонитридного слоя. Отмечается, как следствие развития усталостных процессов, микротрещинообразование. При использовании колебаний, обеспечивающих образование более развитого и прочного карбонитридного слоя, практически полностью отсутствует выкрашивание участков поверхности. Преобладает постепенное окислительно-абразивное истирание материала, то есть один из наименее агрессивных видов износа, что и обеспечивает значительное увеличение участка установившегося изнашивания.

Полученные результаты показывают существенное повышение износостойкости при использовании жидкостной карбонитрации в комбинации с возбуждением в расплаве колебаний частотой 18 кГц.

Это может способствовать повышению надежности и ресурса деталей машин и технологической оснастки.

В работе также исследовано влияние температурно-временных параметров процессов комплексного борирования на сопротивление изнашиванию поверхностного слоя стали 5ХНМ. Для определения рациональных параметров процесса поверхностного упрочнения технологической оснастки определено их влияние на сопротивление изнашиванию экспериментальных образцов. С увеличением времени борирования образцов из стали 5ХНМ от 1 часа до 2 часов сопротивление изнашиванию возрастает в 1,8–1,9 раза (рисунок 2) и стабилизируется при времени обработки до 4 часов. Дальнейшее увеличение времени (до 5 часов) приводит к возрастанию потери массы, что очевидно связано с коагуляцией фазы FeV и увеличением размера ее игл на поверхности [4, 5]. Потеря массы боросилицированных образцов больше чем у борированных образцов до времени обработки 4,5 часа. Однако, с дальнейшим увеличением ее продолжительности изнашивание снижается (рисунок 2). Это можно объяснить, как более плотным поверхностным слоем боросилицированных образцов, так и существенно меньшей микрохрупкостью [6, 7].

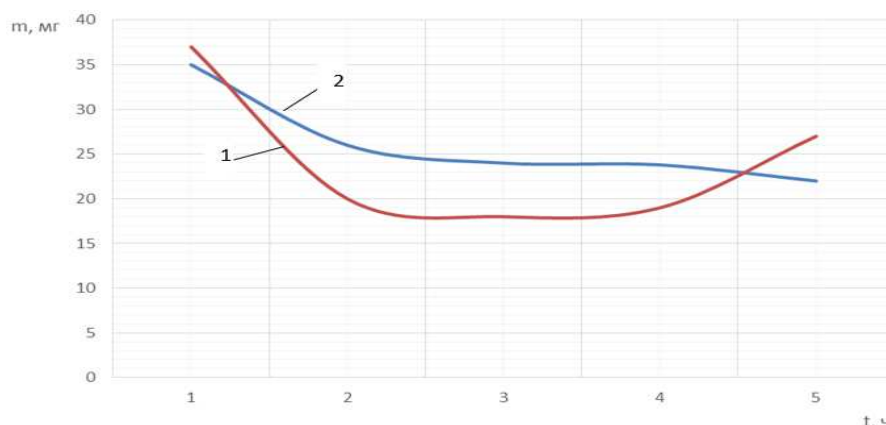


Рисунок 2 – Влияние времени процесса борирования (1) и боросилицирования (2) на сопротивление изнашивания образцов стали 5ХНМ (путь трения 50 км)

Для исследования влияния составов и параметров процессов упрочнения на сопротивление изнашиванию поверхностного слоя проведено исследование остаточных напряжений после поверхностного упрочнения. Установлено, что после борирования и боросилицирования возникают остаточные напряжения сжатия, возрастающие с повышением как времени, так и температуры обработки [8].

Поскольку напряжения сжатия в пределах поверхностного слоя благоприятны для повышения износостойкости, контактной выносливости и усталостной долговечности, следует предположить повыше-

ние эксплуатационной надежности, упрочненной боросилицированием технологической оснастки, например, штампов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бельский С.Е. Влияние параметров диффузионного упрочнения на шероховатость поверхности обработанных деталей и стабильность их размеров // Труды БГТУ. Сер. II лесн. и деревообраб. пром-сти. 2002. Вып. X. – С. 204–207.

2. Довгялло И.Г., Каледин Б.А., Сурус А.И., Бельский С.Е. Влияние механических колебаний на качество диффузионного слоя стальных деталей при низкотемпературной карбонитрации // Труды БГТУ. Сер. II лесн. и деревообраб. пром-сти. 2000. Вып. II. – С. 207–213.

3. Бельский С.Е., Сурус А.И. Влияние высокочастотных механических колебаний при поверхностном упрочнении на формирование и структуру упрочненных слоев конструкционных сталей // Литье и металлургия, 2003. № 2. – С. 124–127.

4. Ворошнин Л.Г. Борирование стали / Л.Г. Ворошнин, Л.С. Ляхович // – М.: Металлургия, 1978. – 230 с.

5. Ляхович Л.С. Многокомпонентные диффузионные покрытия / Л.С. Ляхович, Л.Г. Ворошнин, Г.Г. Панич. – Мн.: Наука и техника, 1974. – 289 с.

6. Ситкевич М.В. Влияние комплексного боридного упрочнения на структуру и свойства поверхностных слоев сталей для изготовления деталей зубчатых передач трелевочных лесных машин / М.В. Ситкевич, М.Н. Пищов, С.Е. Бельский // Литье и металлургия. Мн., 2008. – С. 140–146.

7. Пищов М.Н. Кинетика изнашивания деталей трансмиссии лесных машин, упрочненных комплексным борированием // Инновационная деятельность предприятий по исследованию, обработке и получению современных конструкционных материалов и сплавов: материалы Междунар. научн. конф., Москва, 2009. – М., 2009. – С. 179–187.

8. Макаревич С.С. Модель напряженного состояния зубьев деталей трансмиссий трелевочных тракторов // С.С. Макаревич, М.Н. Пищов, С.Е. Бельский // Труды БГТУ. Серия II «Лесная и деревообрабатывающая промышленность». – 2009. Выпуск XVII. – С. 327–330.