

Рис. 2. Влияние частоты нагружения на изменение пределов выносливости (1, 2) и пороговых напряжений (3, 4).

Литература. 1. Dovgyallo I., Belsky S., Sobol V. The theoretical and experimental researches of physical natures of influence of frequency of mechanical vibrations on fatigue on characteristics of metals and alloys// The 5Th. International Symposium on Creep and Coupled Processes. Bialostok, 1995. – P.44-48.

УДК 621.185.532

А.И.Сурус, С.Е.Бельский, А.Ф.Дулевич

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КАРБОНИТРАЦИИ НА КИНЕТИКУ ИЗНОСА УПРОЧНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь*

Эксплуатация сопрягаемых поверхностей ряда деталей машин и технологической оснастки сопровождается значительным трением и изнашиванием их рабочих поверхностей, что приводит к необходимости частой замены. Наиболее простым и дешевым способом повышения ресурса таких деталей является их диффузионное упрочнение. Используемые для этого процессы насыщения должны иметь минимальную трудо- и энергоёмкость, стоимость и продолжительность. Целесообразно, чтобы процесс упрочнения был заключительным, поскольку финишная механическая обработка является весьма трудоёмкой и приводит в ряде случаев к ухудшению структуры и свойств тонкого поверхностного слоя, а следовательно к его ускоренному изнашиванию [1].

Процесс низкотемпературной карбонитрации в расплаве азотсодержащих солей удовлетворяет многим вышеприведенным требованиям. Разработанная нами схема процесса с использованием механических колебаний, вводимых в расплав обеспечивает существенное повышение толщины и твердости поверхностного слоя [2]. В связи с использованием данного процесса в качестве финишного, целью настоящей работы является исследование влияния параметров упрочнения на кинетику изнашивания обрабатываемых поверхностей.

Колебания частотой 3 и 18 кГц вводились в расплав азотсодержащих солей с помощью грибкового концентратора. Для оценки износостойкости разработана специальная экспериментальная установка, обеспечивающая при различных видах движения моделирование условий для развития механизмов износа, характерных для эксплуатации ряда деталей машин и технологической оснастки. Износ оценивался потерей массы Δm .

Для оценки эксплуатационной долговечности упрочненных слоев полученных на образцах из стали 40X, предварительно прошедшей улучшение по различным схемам, проведено исследование кинетики износа при пути трения между измерениями 5,0 км. Следует отметить, что кинетические кривые износа, приведенные на рисунке вполне отражают общепринятые представления и зависимости, характерные для эксплуатации многих деталей, работающих в условиях интенсивного истирания.

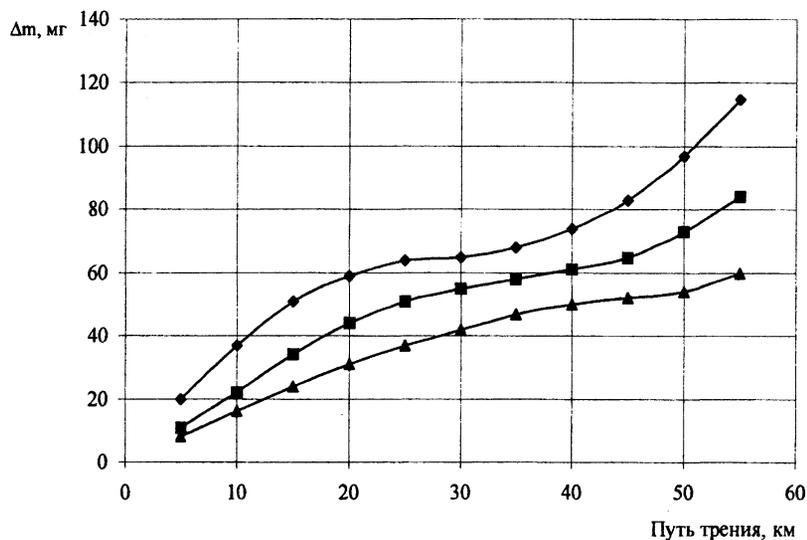


Рис. Потеря массы при износных испытаниях образцов из стали 40X: \blacklozenge - в обычных условиях, \blacksquare - с частотой 3 кГц, \blacktriangle - с частотой 18 кГц.

Для кривой 1, 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. Электронно-микроскопический анализ, выполненный на сканирующем микроскопе показал, что при этом происходит интенсивное смятие и сглаживание отдельных участков исходной поверхности. Выкрашивания фрагментов поверхностного слоя при этом не наблюдается.

На следующей стадии (от 20 до 45 км пробега) соответствующей установившемуся износу, потеря массы минимальна (Δm изменяется от 60 до 80 мг). На контактных поверхностях отмечается постепенное увеличение размеров поврежденных фрагментов с образованием достаточно больших участков слияния материала и выкрашивания карбонитридного слоя. На заключительном участке процесс разрушения ускоряется; преобладает микротрещинообразование и выкрашивание как следствие развития усталостных процессов.

Испытания образцов обработанных при тех же температурно-временных условиях, но с использованием энергии колебаний показали существенное увеличение износостойкости поверхностного слоя. Характер кривых износа сохраняется, однако период приработки значительно сокращается; потеря массы на пути трения до 20 км в 1,5 и 2,0 раза ниже при использовании частот колебаний 3,0 и 18,0 кГц. Такая существен-

ная разница в износостойкости поверхности на этом этапе связана с тем, что при частоте 18 кГц более активно протекают процессы в расплаве, что ускоряет формирование карбонитридного слоя играющего решающую роль в процессе приработки. Более длинным является участок установившегося износа особенно при использовании колебаний частотой 18 кГц.

Формоизменение исходной поверхности проходит медленнее, что связано в первую очередь с более толстым поверхностным карбонитридным слоем. При установившемся износе не отмечается выкрашивания участков контактного слоя. Результаты электронно-микроскопического анализа показали, что процесс изнашивания в приближенных к эксплуатационным условиям протекает преимущественно вследствие окислительно-абразивного истирания материала. Это один из наименее интенсивных механизмов износного разрушения. Равномернее протекает износ и на заключительной стадии испытаний, что свидетельствует о возможности более стабильной работы упрочненных деталей на протяжении продолжительного срока службы при устранении опасности неожиданного выхода их из строя при длительной эксплуатации. Результаты испытаний показывают, что использование при упрочнении частоты 18 кГц дает лучшие результаты по сравнению с частотой 3 кГц. Дополнительным резервом повышения износостойкости в случае использования колебаний является увеличение времени обработки до 3-4 часов.

Литература. 1. Бельский С.Е., Тофпенец Р.Л Структурные факторы эксплуатационной стойкости режущего инструмента. Мн, Наука и техника, 1984, 127 с.
2. Довгялло И.Г., Сурус А.И., Бельский С.Е. Влияние механических колебаний при низкотемпературном азотировании на характеристики упрочненного слоя. Труды БГТУ, выпуск VII, Мн., 1999. С.153-158.

УДК 539.3

Орлов С. А.

ЦИКЛИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ТЕЛ ПРИ НЕЙТРОННОМ ОБЛУЧЕНИИ

*Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь*

1. Повторное знакопеременное нагружение. Рассмотрим твердое тело, не имеющее начальных напряжений и деформаций. Пусть в момент времени $t_0 = 0$ на тело начинают действовать объемные F'_i и, на части внешней границы S_σ , поверхностные силы R'_i . Эти силы и граничное перемещение u'_{0i} на части границы S_u вызывают в теле напряжения σ'_{ij} , деформации ϵ'_{ij} и перемещения u'_i . Одновременно на тело начинает воздействовать нейтронный поток $I = \phi t$. Предполагается, что под действием этих сил и граничных перемещений в теле появляются области пластических деформаций.

Предел пластичности σ_s под воздействие нейтронного облучения увеличивается и вполне удовлетворительно описывается формулой радиационного упрочнения [1]:

$$\sigma_s = \sigma_{s0} \left[1 + A(1 - \exp(-\xi I))^{1/2} \right],$$