

установлено, что продукты импульсной абляции молибдена в водной среде полидисперсны и имеют размер преимущественно до 100 нм. Показано, что увеличение интенсивности энергетического воздействия на мишень, путем изменения плотности мощности излучения, при проведении лазерной абляции молибдена в водной среде, способствует увеличению наиболее вероятного размера частиц.

### Литература

1. Поул, Ч. Нанотехнологии / Ч. Поул – мл., Ф. Оуэнс. – Москва : «Техносфера», 2006. – 336 с.
2. Наночастицы и нанотехнологии в медицине сегодня и завтра / Л. Ф. Абаева [и др.] // Альманах клинической медицины. – 2010. – № 22. – С.10–16.
3. Линников, О. Д. Сорбция шестивалентного хрома из водного раствора наноразмерным магнетитом / О. Д. Линников, И. В. Родина, В. Г. Шевченко // Вода: химия и экология. – 2011. – № 5. – С. 68–75.
4. Лещик, С. Д. Исследование частиц, генерированных лазерной абляцией твердых тел в жидкости / С. Д. Лещик, К. Ф. Зноско, Ю. К. Калугин // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2014. – № 4. – С. 6–10.
5. Влияние физико-химических свойств жидкости на процессы лазерной абляции и фрагментации наночастиц Au в изолированном объеме / С. В. Казакевич [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 4. – С. 64–69.

**Н. Н. Малык**

(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)

Науч. рук. **С. А. Тюрин**, канд. техн. наук

### **ИЗНОСОУСТАЛОСТНОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ В ТЕХНИКЕ И ЕГО ОСОБЕННОСТИ**

Износоусталостные повреждения характерны для так называемых силовых систем. Согласно межгосударственного стандарта ГОСТ 30638-99 [1] силовыми называют такие механические системы, в которых реализуется процесс трения в любых его проявлениях (в частности, при качении, скольжении и проскальзывании) и которые одновременно воспринимают и транзитно передают циклическую по-

вторно-переменную нагрузку. Обычно это наиболее ответственные и высоконагруженные узлы и детали в машинах. В частности, в системе колесо – рельс головка рельса, помимо трения качения, дополнительно подвергается циклическому изгибу, следовательно работоспособность этой системы определяется комплексным износоусталостным повреждением (ИУП) – контактно-механической усталостью [2].

Аналогично в системе коленвал – шатун шейка коленвала, помимо трения скольжения, одновременно подвергается изгибу с кручением, следовательно, ее работоспособность определяется комплексным ИУП – фрикционно-механической усталостью. В различных соединениях типа вал – втулка вал дополнительно подвергается изгибу с вращением. Таким образом, работоспособность этих систем определяется комплексным ИУП – фреттинг-усталостью. В системе трубопровод – поток жидкости труба одновременно нагружена повторно-переменным внутренним давлением. Поэтому ее работоспособность определяется комплексным ИУП – коррозионно-механической (коррозионно-эрозионной) усталостью. В атомных электростанциях трубы первого контура подвержены радиационно-механической усталости.

По имеющимся сведениям, в среднем до 90 % и более всех эксплуатационных отказов машин и оборудования происходит по причине развития ИУП. Так, статистика свидетельствует о том, что из общего количества эксплуатационных отказов на автомобильном транспорте отказы, связанные с ИУП, составляют от 50 до 100 % в зависимости от узла. Преждевременные отказы сельскохозяйственной техники в значительной мере определяются такими явлениями, как механическая усталость, трение и изнашивание, износоусталостные повреждения (до 80...90 % отказов). Отказы мелиоративных машин, связанные с ИУП, составляют 86...98 % общего количества отказов. Аналогичные примеры хорошо известны и в других отраслях машиностроения.

В таблице 1 описаны три основных класса силовых систем: 1) система двух взаимодействующих под нагрузкой твердых тел; 2) деформируемое твердое тело / жидкость; 3) деформируемое твердое тело / частицы.

Таким образом, комплексное износоусталостное повреждение силовой системы формируется двумя специфическими источниками. Первый источник обусловлен контактным взаимодействием (трением) элементов системы, второй – повторно-переменным объемным деформированием (изгибом) одного из элементов.

Таблица 1 – Типичные силовые системы и их комплексные повреждения

Типичная силовая система	Ведущие процессы повреждения в эксплуатационных условиях	Комплексное повреждение
Шейка коленчатого вала – шатунная головка с подшипником скольжения	Усталость, изнашивание	Фрикционно-механическая усталость
Колесо – железнодорожный рельс	Усталость, выкрашивание, изнашивание отслаиванием	Контактно-механическая усталость
Шлицевой вал – муфта	Усталость, фреттинг-коррозия, фреттинг-изнашивание	Фреттинг-усталость
Вал гребного винта – морская вода	Усталость, коррозия	Коррозионно-механическая усталость
Лопатки газовой турбины – высокотемпературный газ	Усталость, газовая эрозия	Эрозионно-механическая усталость
Лопатки центробежного насоса – вода	Усталость, гидроэрозия, кавитационная эрозия	

Природа и характер поверхностных, объемных и износоусталостных повреждений существенно различаются между собой. Так, повреждение цилиндрического образца при механической усталости – излом в результате образования магистральной усталостной трещины (рисунок 1, а, б). При трении качения повреждение достигается в результате предельного износа на поверхности трения и образования питтингов (рисунок 1, в). При износоусталостных испытаниях (изгиб + трения качения) повреждение образца значительно отличается от двух описанных выше случаев (рисунок 1, г, д): излом имеет многолопастной характер, что обусловлено диалектическим взаимодействием двух явлений – трения качения и циклического изгиба. В результате мы имеем картину взаимодействия повреждений от двух источников.

Конечный вывод: повреждения, вызванные только трением или только механической усталостью, в процессе износоусталостных испытаний не складываются, а диалектически взаимодействуют друг с другом.

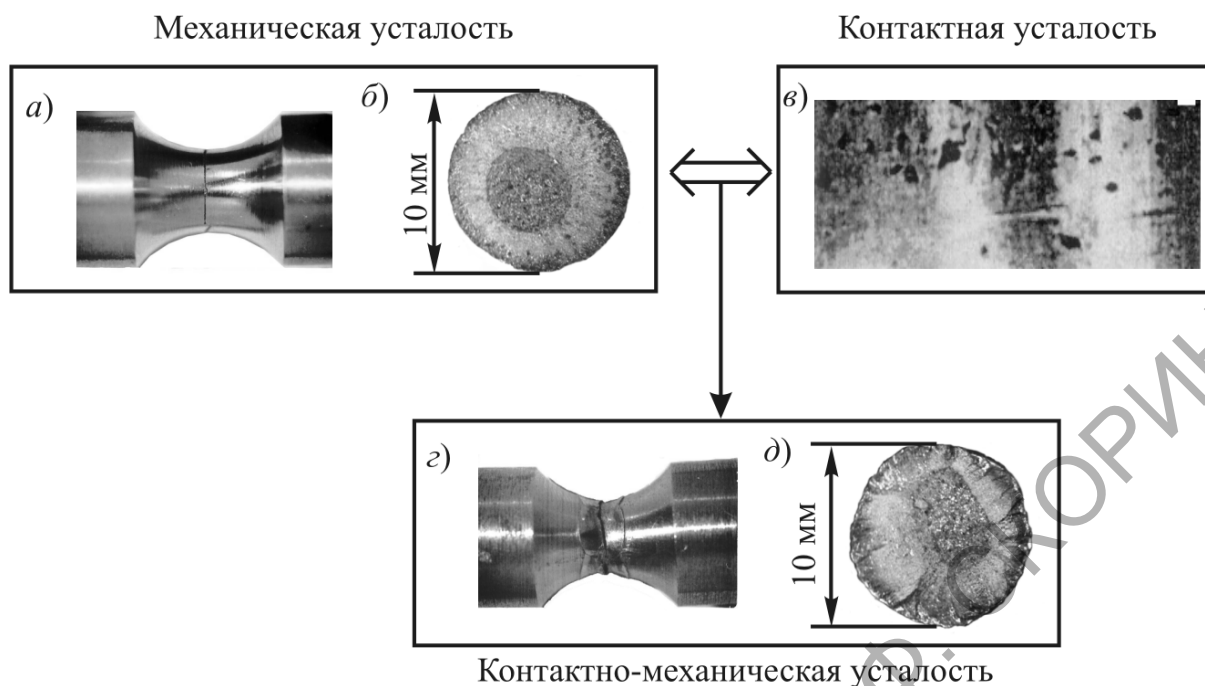


Рисунок 1 – Результат необратимого взаимодействия повреждений образца, обусловленных механической и контактной усталостью

### Литература

1. ГОСТ 30638–99. Трибофатика. Термины и определения. – Мн. : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1999. – 17 с.
2. Сосновский, Л. А. Механика износоусталостного повреждения / Л. А. Сосновский. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 434 с.

**Д. В. Нахват, А. А. Аксамит, В. И. Божко**  
(ГрГУ имени Я. Купалы, Гродно)

Науч. рук. **А. С. Антонов**, канд. техн. наук, доцент

## **ДИФфуЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ С ПОВЫШЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Повышенные требования к качеству изделий из полимерных материалов, обусловленные расширением сферы их практического использования в различных сферах функционирования социальных систем, приводят к необходимости разработки новых методов улучше-