

УДК 621.757:62-752

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СБОРКЕ

© 2013 В.А. Папшев, Г.А. Родимов, С.Д. Шапошников

Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 06.02.2013

В статье обсуждаются вопросы влияния ультразвуковых колебаний на интенсификацию приработки деталей подвижных соединений машин в процессе сборки.

Ключевые слова: *приработка, сборка, ультразвуковые колебания*

Безотказность работы подвижных соединений машин в значительной степени определяет их надежность. Однако следует отметить, что при сборке прецизионных узлов оценка точности соединения производится, как правило, путем измерения геометрических параметров отдельных деталей без учета несущей способности контактирующих поверхностей и их деформации из-за наличия шероховатости и состояния поверхностного слоя. Поэтому достигнутая при сборке точность теряется через некоторое время после начала работы соединения вследствие приработки поверхностей. Вместе с тем, использование ультразвуковых колебаний малой амплитуды является одним из перспективных направлений повышения точности подвижных соединений за счет образования в процессе сборки равновесной шероховатости на контактирующих поверхностях. Иными словами за счет совмещения процесса сборки с процессом приработки [1].

Как известно процесс приработки сопряженных поверхностей сопровождается сложными необратимыми явлениями, протекающими в тонком поверхностном слое. При приработке изменяются физико-механические, теплофизические свойства поверхностных слоев, макро- и микрогеометрия. В начальный период приработки происходит интенсивное изнашивание неровностей, полученных при механической обработке, их дробление и пластическое деформирование, обычно сопровождаемое наклепом тонкого поверхностного слоя. В результате приработки происходит сглаживание наиболее выступающих неровностей, частичное или полное уничтожение первоначальных неровностей и установление новых, отличных от первоначальных

по форме и размерам. При трении без смазки в условиях приработки соприкосновение двух трущихся деталей происходит не по всей номинальной площади этих поверхностей, а лишь по соприкасающимся между собой вершинам выступающих неровностей обеих трущихся поверхностей. Таким образом, давление одной поверхности на другую распределяется лишь на фактически находящиеся в контакте микроплощадки, вследствие чего истинные напряжения смятия на этих площадках могут быть столь велики, что соприкасающиеся выступы профиля будут упруго деформироваться, пластически сжиматься или срезаться при взаимном скольжении поверхностей.

В результате приработки материальная поверхность приходит к такому физическому состоянию и такой структуре, при которых поверхностный слой обладает минимальной потенциальной энергией, т.е. представляет устойчивую систему, допускающую в данных условиях минимальную диссипацию энергии. Эта воспроизводимая шероховатость называется равновесной. То есть равновесная шероховатость – это шероховатость, устанавливающаяся на фрикционном контакте при неизменном режиме трения только после завершения процесса приработки. Равновесная шероховатость, устанавливающаяся на трущихся телах, зависит от ряда факторов: механических свойств поверхностей, смазки, условий работы, конфигурации сопряженных поверхностей и т.д. Одной из важных закономерностей приработки является независимость равновесной шероховатости от первоначальной шероховатости [1].

Проведенный авторами анализ результатов исследований сопротивления пластической деформации и интенсивности изнашивания в ультразвуковом поле позволил применить технологию, в которой совмещаются процессы сборки, приработки поверхностей и одновременной сертификации соединений [2]. Положительный

Папшев Валерий Александрович, кандидат биологических наук, доцент. E-mail: pva_samara@mail.ru

Родимов Геннадий Александрович, кандидат технических наук, доцент. E-mail: rga@mail.ru

Шапошников Сергей Дмитриевич, кандидат технических наук, профессор. E-mail: sgtu_vibro@mail.ru

эффект достигается при введении вала во втулку с наложением на него продольных ультразвуковых колебаний и сообщении вращения одной из деталей. Снижение твердости материала вала и возникающие касательные напряжения интенсифицируют процесс изнашивания микронеровностей, и шероховатость поверхности становится близкой к равновесной [1]. При достижении на цилиндрической поверхности вала заданного значения координаты осевого положения втулкой подача ультразвуковых колебаний на вал прекращается после совершения одного полного оборота без осевого перемещения. Затем подаются поперечные ультразвуковые колебания на втулку при сохранении вращения одной из деталей. Момент достижения оптимальных характеристик контактирующих поверхностей фиксируется с помощью прибора для определения завершения процесса приработки (рис. 1).

Завершение приработки соответствует переходу в упругую область контактирования микронеровностей. При этом площадь контакта сопрягаемых поверхностей увеличивается,

вследствие чего улучшаются условия передачи акустической энергии. Поэтому, поместив на вал приемный датчик 7 (на заключительном этапе ультразвуковые колебания получает только втулка), можно оценивать в процессе сборки момент достижения оптимальных характеристик качества поверхности. При улучшении акустического контакта между втулкой 2 и валом 1 амплитуда упругих колебаний увеличивается. Приемный датчик пьезоэлемент 7, контактирующий с поверхностью вала, воспринимает эти колебания и передает их в виде электрических сигналов на усилитель 4, на выходе которого установлено реле, состоящее из узла сравнения 5 и порогового элемента 6 и управляющее отключением ультразвуковых колебаний при достижении их максимального значения на вале. Исследования показали, что достижение равновесной шероховатости в условиях высокочастотного ультразвукового взаимодействия поверхностей происходит в зависимости от физико-механических характеристик материалов в течение 5-30 секунд.

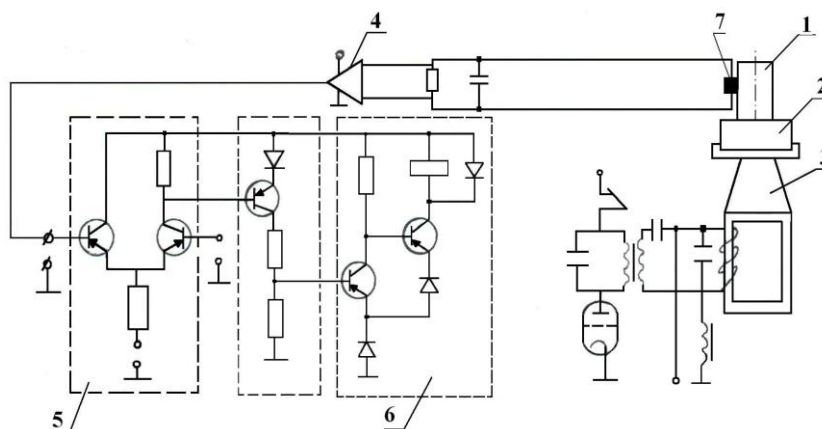


Рис. 1. Схема прибора для определения момента завершения процесса приработки

На рис. 2 представлен график образования равновесной шероховатости при сопряжении вала и втулки из стали 45, из которого следует, что через 6-8 секунд образуется равновесная шероховатость, как на вале, так и на втулке. При этом увеличение времени контактирования поверхностей с ультразвуковыми колебаниями до 50-60 секунд резко ухудшает поверхности, что связано с образованием мостиков сварки, причем эффективность процесса возрастает при сообщении колебаний детали с большей величиной шероховатости.

Как следует из графика (рис. 3а), снижение сопротивления изнашиванию в ультразвуковом поле характерно и для закаленных сталей. Однако в этом случае для интенсификации процесса приработки необходимо увеличить количество акустической энергии, вводимой в зону сопряжения деталей, и сообщать деталям ультразву-

ковые колебания с амплитудой не менее 20 мкм. При этом время образования равновесной шероховатости возрастает до 20-30 с.

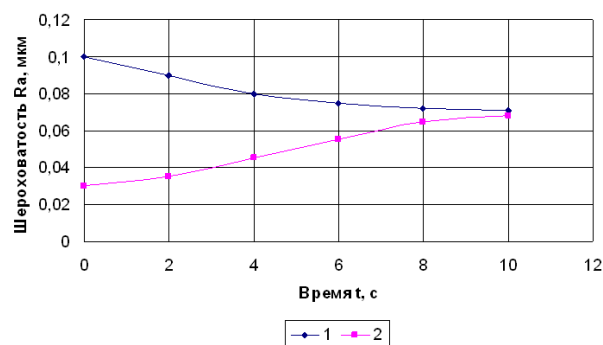


Рис. 2. Влияние времени приработки на образование равновесной шероховатости в соединении вал-втулка: материал деталей – сталь 45 (HB200); $\xi=10$ мкм; $V=0,05$ м/с; 1 – втулка; 2 – вал

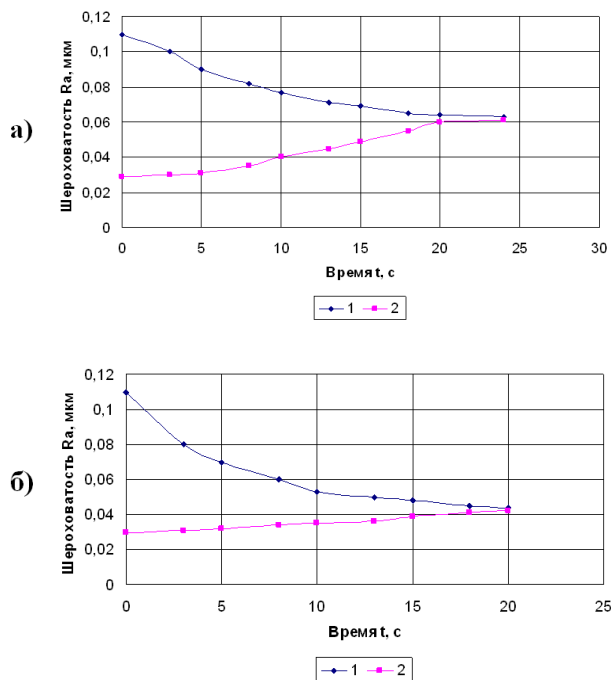


Рис. 3. Влияние времени приработки на образование равновесной шероховатости поверхности: 1 – вал; 2 – втулка; $\xi=20$ мкм; $V=0,05$ м/с; а – детали из стали 40X (HRC 38); б – сталь 45 (HB200) – сталь 40X (HRC 38)

Установлено, что при приработке поверхностей деталей, твердости которых существенно отличаются, например, из закаленной и незакаленной сталей, ультразвуковые колебания можно сообщать только первой из них. В этом случае поверхность более мягкой детали приобретает шероховатость близкую к шероховатости закаленной детали, в то же время параметр R_a более твердой детали изменяется незначительно (рис. 3б).

Выводы: представленная технология позволяет повысить качество подвижных соединений за счет повышения точности путем формирования равновесной шероховатости в процессе сборки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Комбалов, В.С. Влияние шероховатости твердых тел на трение и износ. – М.: Наука, 1974. 112 с.
2. Северденко, В.П. Ультразвук и пластичность / В.П. Северденко, В.В. Клубович, А.В. Степаненко. – Минск: Наука и техника, 1976. 440 с.

INCREASE THE ACCURACY OF MOVABLE CONNECTIONS AT ULTRASONIC ASSEMBLAGE

© 2013 V.A. Papshev, G.A. Rodimov, S.D. Shaposhnikov

Samara State Technical University

In article questions of influence of ultrasonic oscillations on the intensification of wearing of details in movable connections of machines in the course of assemblage are discussed.

Key words: *wearing, assemblage, ultrasonic oscillations*

Valeriy Papshev, Candidate of Biology, Associate Professor.

E-mail: pva_samara@mail.ru

Gennadiy Rodimov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. E-mail: rga@mail.ru

Sergey Shaposhnikov, Candidate of Technical Sciences, Professor. E-mail: sgtu_vibro@mail.ru