

Батищева О.М., Родимов Г.А., Папшев В.А.
Самарский государственный технический университет

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПРИРАБОТКИ КОНТАКТИРУЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОДВИЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

Представлены результаты исследований влияния ультразвуковых колебаний на интенсивность приработки и механизм изнашивания контактирующих поверхностей подвижных деталей автомобилей в процессе сборки. Рассмотрена возможность управления процессом приработки поверхностей с применением ультразвуковых колебаний с варьируемыми параметрами.

Ключевые слова: приработка, подвижные детали, сборка автомобиля.

Вступ. В условиях современного производства для обеспечения конкурентоспособности продукции необходимо постоянное совершенствование технологий обработки деталей и сборки узлов автомобилей. Особое внимание уделяется изучению процессов приработки подвижных деталей автомобилей в процессе сборки. Известно, что воздействие ультразвуковых колебаний изменяет условия контактного взаимодействия деталей. Протекающие при этом физико-химические процессы оказывают существенное влияние на механизм приработки и изнашивания контактирующих поверхностей подвижных деталей в процессе сборки. [2, 4, 5]

Исследования характера нагружения поверхностей, их адгезионного взаимодействия и энергетического состояния позволили идентифицировать физический механизм изнашивания в ультразвуковом поле как процесс контактной усталости с последующим разрушением в результате накопления повреждений [1, 2].

Совместное действие сил трения и высокочастотного циклического нагружения обуславливает возникновение сложного напряженного состояния поверхностного слоя деталей и ускоряет развитие процессов усталостного изнашивания. Последнее в значительной мере связано с особенностями деформационного упрочнения поверхностного слоя, которое в условиях ультразвукового воздействия включает несколько этапов.

На первом этапе вследствие знакопеременных сдвиговых деформаций быстрее, чем при обычном трении скольжения, развиваются пластические деформации, и возникает предельное для данных условий трения упрочнение. Дальнейшее знакопеременное деформирование исчерпывает возможности микрообъемов упрочняться и интенсифицирует усталостные процессы. В этом случае металл испытывает за короткий промежуток времени большое количество циклов нагружения, что вызывает разрушение при напряжениях не только ниже предела текучести, но и предела упругости [3].

С целью определения оптимальных режимов процесса сборки подвижных соединений автомобилей были проведены исследования процессов изнашивания и приработки в ультразвуковом поле [4, 5, 6]. В ходе эксперимента на подвижное сопряжение накладывались ультразвуковые колебания (УЗК) с целью воздействия на контактное трение и механизм изнашивания и приработки, а также на динамику деталей подвижного сопряжения.

Прохождение вынужденных колебаний ультразвуковой частоты через детали подвижного сопряжения зависит не только от мощности излучателя, но и от многих других внешних факторов. Исследования инденторов различной конструкции показали, что минимальные потери ультразвуковой энергии достигаются тогда, когда контртело не имеет сложных конструктивных переходов. Основываясь на данных [3], это можно объяснить тем, что отраженные волны от поверхности контртела и сопряженного с ним вала, идущие в противоположном ультразвуковым колебаниям направлении, незначительны и их энергия минимальна. Общую картину прохождения ультразвуковых колебаний через сопряжение можно представить следующим образом: частично они поглощаются металлом контртела, достигнув поверхностей контртела, часть волн в зависимости от коэффициента отражения пойдет от этих поверхностей в другом направлении, а оставшаяся часть пойдет в сопряженную с контртелом деталь. При каждом отражении часть энергии продольных волн будет переходить в сдвиговые и наоборот. Если площадка, на которой происходит возбуждение колебаний, по сравнению с длиной волны велика, то она служит

источником плоской волны, а если мала – сферической. Однако и в том и другом случае на границе площадки возбуждаются сдвиговые волны.

Установлено аналогичное обычному фрикционному взаимодействию влияние удельного давления в контакте и скорости относительного перемещения поверхностей на линейную интенсивность изнашивания J_n :

$$J_n = \frac{dH}{dL_{mp}},$$

где H – износ, мкм;

L_{mp} – путь трения, м.

С увеличением этих характеристик в исследованном диапазоне интенсивность изнашивания J_n растет. На рис. 1 показаны графики изменения интенсивности изнашивания J_n в зависимости от удельного давления p , скорости относительного перемещения v и направления ультразвуковых колебаний для пары сталь 45 – сплав Д16. Введение в зону контакта нормальных ультразвуковых колебаний увеличивает интенсивность изнашивания в меньшей степени по сравнению с тангенциальными колебаниями.

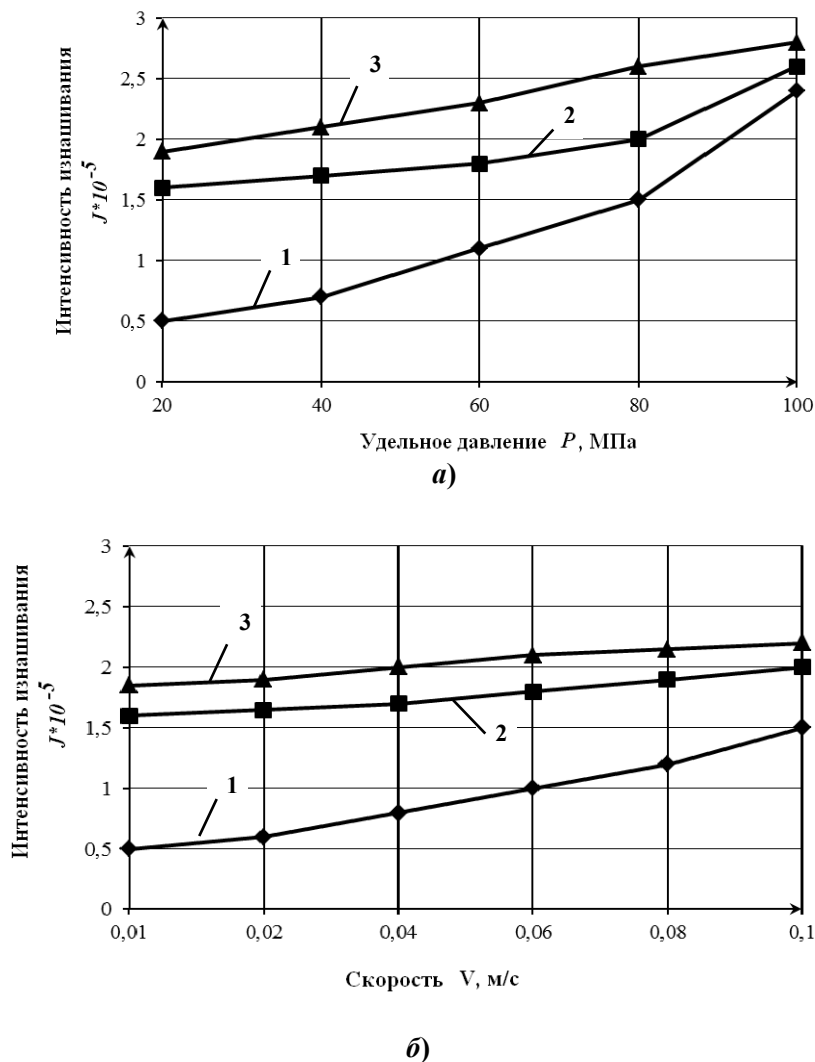


Рис. 1. Влияние удельных давлений, скорости относительного перемещения и направления колебаний на интенсивность изнашивания «сталь 45 – сплав Д16»:

а) $V=0,01$ м/с; б) $p=20$ МПа; $\xi=6$ мкм; $f=20$ кГц;

1 – обычное; 2 – нормальные УЗК; 3 – тангенциальные УЗК

Под действием колебаний независимо от величины исходной шероховатости и твердости наблюдается интенсивное деформирование микровыступов, изменение их формы и размеров, что интенсифицирует процесс приработки поверхностей.

При соприкосновении поверхностей взаимодействие их микрорельефов происходит по вершинам наиболее высоких неровностей, поэтому в начале нагружения наибольшее влияние на время приработки оказывают шероховатость, твердость материалов и время контакта.

Сопоставительный анализ результатов исследований и данных, приведенных в работах [1– 5], позволяет сделать вывод, что механизм приработки поверхностей под воздействием ультразвуковых колебаний связан с интенсификацией развития сдвиговых деформаций, генерированием дефектов структуры, разрушением металлических связей, образованием новых поверхностей и увеличением их свободной энергии. Ускоряя сдвиговые деформации, ультразвуковые колебания способствуют более активному формированию равновесной шероховатости контактных поверхностей в процессе сборки, что позволяет существенно сократить время приработки поверхностей деталей из стали.

При этом детали, прошедшие приработку под воздействием ультразвуковых колебаний, при дальнейшей эксплуатации имеют одинаковый по сравнению с обычно приработанными деталями износ, как это показано в работе [3].

Анализ результатов исследований свидетельствует, что при введении в зону контакта ультразвуковых колебаний время приработки снижается с 80 секунд при обычном взаимодействии до 6 секунд при нормальных и до 4 секунд при тангенциальных колебаниях. Меньшие значения времени приработки в последнем случае связаны с более интенсивными процессами усталостного разрушения, сопровождающимися тангенциальными ультразвуковыми колебаниями.

При фрикционном взаимодействии стальных деталей в ультразвуковом поле описанные выше особенности в основном сохраняются. Однако при контакте поверхностей с одинаковой исходной твердостью наложение ультразвуковых колебаний на индентор снижает его твердость, а его шероховатость изменяется, приближаясь к шероховатости контртела до тех пор, пока не наступит равновесное состояние, характерное для данных условий трения. Если в качестве индентора используется более твердый материал, то путем подбора соответствующих параметров ультразвуковых колебаний можно достигнуть значительного снижения его твердости и интенсифицировать процесс приработки [5, 6, 7].

Наиболее эффективным является приложение ультразвуковых колебаний на деталь с более высокой шероховатостью контактирующей поверхности.

Так, при взаимодействии стали 45 (HB200) и стали 40X (HB230) в ультразвуковом поле ($\xi=6$ мкм и $f=20$ кГц) процесс приработки при скорости вращения 1,0 м/с происходит в течение (5±6) с. Аналогичные результаты получены и при фрикционном взаимодействии закаленных сталей, однако, время образования равновесной шероховатости увеличивается в 2 – 3 раза. Это свидетельствует об интенсификации процесса изнашивания в ультразвуковом поле [4, 5].

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что введение ультразвуковых колебаний в зону фрикционного взаимодействия поверхностей увеличивает интенсивность изнашивания по сравнению с обычным контактированием. При этом большая интенсивность изнашивания наблюдается при введении тангенциальных колебаний. Интенсификация процесса изнашивания способствует сокращению времени приработки поверхностей с образованием равновесной шероховатости. Это создает хорошие предпосылки для управления этим процессом путем рационального выбора параметров ультразвуковых колебаний и их направления.

1. Комбалов В.С. Влияние шероховатости твердых тел на трение и износ / В.С. Комбалов – М: Наука, 1974. – 112 с.

2. Северденко В.П. Прокатка и волочение с ультразвуком / В.П. Северденко, В.В. Клубович, А.В. Степаненко – Минск: Наука и техника, 1970. – 288 с.

3. Филяев А.Т. Изнашивание сталей в ультразвуковом поле / А.Т. Филяев – Минск: Наука и техника, 1978. – 288 с.

4. Штриков Б.Л. Исследование интенсивности изнашивания и приработки контактных поверхностей при сборке с наложением ультразвуковых колебаний / Б.Л. Штриков, Г.А. Родимов // Сборка в машиностроении и приборостроении. 2002. № 9. – С. 2–4.

5. Штриков Б.Л. Особенности сборки подшипниковых узлов / Б.Л. Штриков, Г.А. Родимов, О.М. Батищева // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2003. №1. – С. 3–6.

6. Штриков Б.Л. Автоматизированная система научных исследований процессов ультразвуковой сборки / Б.Л. Штриков, В.Г. Шуваев, В.А. Папшев // Сборка в машиностроении и приборостроении. 2007, № 12. – С. 15–17.

7. Папшев В.А. Интеллектуализация вибрационного контроля качества сборки деталей / В.А. Папшев, В.Г. Шуваев // Контроль. Диагностика, № 8, 2008. – С. 56–57.

REFERENCES

1. Kombalov, V.S. *Vliyaniye sherokhovatosti tverdykh tel na trenie i iznos* [Effect of surface roughness of solid bodies on the friction and deterioration]. Moscow: Nauka Publ., 1974. 112 p.
2. Severdenko, V.P., Klubovich, V.V. & Stepanenko, A.V. *Prokatka i volocheniye s ul'trazvukom* [Rolling and wire drawing with ultrasound]. – Minsk: Nauka i tekhnika Publ., 1970. – 288 p.
3. Filyaev, A.T. *Iznashivaniye staley v ul'trazvukovom pole* [Wear of steels in the ultrasound field]. – Minsk: Nauka i tekhnika Publ., 1978. – 288 p.
4. Shtrikov, B.L. & Rodimov, G.A. Issledovanie intensivnosti iznashivaniya i prirabotki kontaktnykh poverkhnostey pri sborkе s nalozheniem ul'trazvukovykh kolebaniy [Investigation of wear intensity and the breaking-in of the contact surfaces during assembly with imposing of ultrasound vibrations] // *Sborka v mashinostroenii, priborostroenii – Assembling in Mechanical Engineering and Instrument Making*, 2002, vol. 9, pp. 2-4.
5. Shtrikov, B.L., Rodimov, G.A. & Batishcheva, O.M. Osobennosti sborki podshpnykovykh uzlov [Features of the assembly of bearing units] // *Sborka v mashinostroenii, priborostroenii – Assembling in Mechanical Engineering and Instrument Making*, 2003, vol. 1, pp. 3-6.
6. Shtrikov, B.L., Shuvaev V.G. & Papshev, V.A. Avtomatizirovannaya sistema nauchnykh issledovaniy protsessov ul'trazvukovoi sborki [Automated system of research of processes of the ultrasound assembly] // *Sborka v mashinostroenii, priborostroenii – Assembling in Mechanical Engineering and Instrument Making*, 2007, vol. 12, pp. 15-17.
7. Papshev, V.A. & Shuvaev V.G. Intellectualizatsiya vibratsionnogo kontrolya kachestva sborki detalei [Intellectualization of vibration control of parts assembly quality] // *Kontrol'. Diagnostika – Control. diagnostics*, vol. 8, 2008, pp. 56–57.

Батищева О.М., Родимов Г.А., Папшев В.А. Управление процессом приработки контактирующих поверхностей подвижных деталей автомобилей.

Представлены результаты исследований влияния ультразвуковых колебаний на интенсивность приработки и механизм изнашивания контактирующих поверхностей подвижных деталей автомобилей в процессе сборки. Рассмотрена возможность управления процессом приработки поверхностей с применением ультразвуковых колебаний с варьируемыми параметрами.

O. Batishcheva, G. Rodimov, V. Papshev. Controlling the process of breaking-in of contacting surfaces of moving parts of a vehicle.

The article presents the results of research on the influence of ultrasonic vibrations on intensity of breaking-in and on the mechanism of wear-out of contacting surfaces of moving parts of a vehicle during assembly. Possibility to control the process of breaking-in with the use of ultrasonic vibrations with variable parameters has been considered.

АВТОРЫ:

БАТИЩЕВА Оксана Михайловна: к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Транспортные процессы и технологические комплексы» Самарского государственного технического университета, г. Самара, Российская Федерация; e-mail: omb@list.ru

РОДИМОВ Геннадий Александрович: к.т.н., доцент кафедры «Транспортные процессы и технологические комплексы» Самарского государственного технического университета, г. Самара, Российская Федерация; e-mail: rgasamara@mail.ru

ПАПШЕВ Валерий Александрович: канд. биол. наук, доцент кафедры «Транспортные процессы и технологические комплексы» Самарского государственного технического университета, г. Самара, Российская Федерация; e-mail: pva_samara@mail.ru

AUTHORS:

Oksana BATISHCHEVA, Ph.D., Assoc. Professor, Head of Department “Transport processes and technological complexes”, Samara State Technical University; e-mail: omb@list.ru

Gennadii RODIMOV, Ph.D., Assoc. Professor of Department “Transport processes and technological complexes”, Samara State Technical University; e-mail: rgasamara@mail.ru

Valerii PAPSHEV, Ph.D., Assoc. Professor of Department “Transport processes and technological complexes”, Samara State Technical University; e-mail: pva_samara@mail.ru

РЕЦЕНЗЕНТ:

МАРЧУК В.И.: д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Приборостроения Луцкого национального технического университета, г. Луцк, Украина.

РЕЦЕНЗЕНТ:

МАРЧУК В.І.: д.т.н., професор, завідувач кафедри Приладобудування Луцького національного технічного університету, м. Луцьк, Україна.

REVIEWER:

V. MARCHUK: Doctor of Science in Technology, Professor, Lutsk National Technical University, Head of Instrument Making Department, Lutsk, Ukraine.

Стаття надійшла в редакцію 15.09.2014р.