

УДК 621.787

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ВЫГЛАЖИВАНИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

А.Л. Аршамян, Н.Г. Хачатрян, О.С. Чибухчян, Б.С. Баласанян

Национальный политехнический университет Армении

На основе теоретических исследований изучены кинематические особенности процесса выглаживания рабочих поверхностей деталей машин с применением ультразвуковых колебаний (УЗК) сферического индентора. Установлено, что в процессе выглаживания рабочих поверхностей деталей машин с применением радиальных УЗК за счет периодического изменения высоты деформирующего сегмента сферического индентора в зоне обработки возникают кажущиеся поперечные и усиленные УЗК, амплитуда которых зависит от радиуса сферического индентора, амплитуды радиальных УЗК и глубины внедрения индентора под действием статической силы. Показано, что при определенных режимах обработки и амплитуды УЗК в течение некоторого промежутка времени происходит полный отрыв поверхности индентора от обрабатываемого материала. Выявлено, что применение метода выглаживания рабочих поверхностей деталей машин с наложением на индентор УЗК в направлении результирующей силы обкатки из условия равенства промежутков времени рабочего и холостого ходов индентора в течение одного периода его колебаний обеспечивает возможность повышения скорости обкатки до 1,4 и уменьшения средней силы обкатки до 1,2...1,6 и более раза по сравнению с выглаживанием с радиальными УЗК.

Ключевые слова: выглаживание, пластическое деформирование, ультразвуковые колебания, сферический индентор, кинематика, контакт.

Введение. Научно-технический прогресс во всех отраслях современного машиностроения требует от разработчиков и конструкторов постоянного улучшения технико-экономических показателей проектируемых ими машин и оборудования, что, как правило, сопровождается повышением режимов их работы. Это выдвигает серьезные требования к надежности и долговечности, а также к качеству поверхностного слоя и повышению эксплуатационных свойств деталей машин. Для обеспечения необходимого качества поверхностного слоя деталей машин в технологии машиностроения применяют финишные методы обработки, к числу которых относятся методы абразивной и термической обработки путем легирования и нанесения на рабочие поверхности деталей машин износостойких покрытий, а также их упрочнения поверхностным пластическим деформированием (ППД).

У истоков становления и развития теории и практики обработки материалов давлением с применением УЗК стояли Марков А.И. [1,2], Казанцев В.Ф. [3],

Клубович В.В. [4,5], Розенберг Л.Д. [6], Северденко В.П. [5], Степаненко А.В. [5], Мицкевич А.М. [7], Муханов И.И. [8], Холопов Ю.В. [7] и др. В 1968 г. Муханов И.И. показал [8], что под действием колеблющегося с ультразвуковой частотой индентора в нормальном к обрабатываемой поверхности направлении (ППД с наложением на индентор радиальных УЗК) в зоне обработки возникают чередующиеся деформации сжатия и сдвига, вследствие которых наблюдается снижение шероховатости, повышение микротвердости и формирование сжимающих остаточных напряжений. Указанные работы явились основой для развития теории и практики применения ППД с наложением на индентор УЗК. Эти исследования успешно продолжают до настоящего времени.

В последнее десятилетие, особенно в России, исследования в этом направлении интенсивно продолжаются. К их числу можно отнести диссертационные работы Боровина Ю.М. [9], Горбенко А.В. [10], Ким Чанг Сика [11], Селивановой А.С. [12], Семеновой Ю.С. [13], Степчевой З.В. [14], Харченко В.В. [15], Осипенкова Г.А. и Пегашкина В.Ф. [16] и др. Анализ этих работ показывает, что в области ультразвукового ППД деталей машин намечается тенденция исследований новых методов их осуществления с применением тангенциально-осевых, амплитудно-модулированных или крутильных УЗК. Полученные в этих исследованиях научные результаты подтвердили, что технологические возможности процессов ППД с применением УЗК имеют достаточно большой резерв для своего развития, в том числе совершенствованием методов их осуществления.

В настоящее время наиболее прогрессивными методами ППД, направленными на повышение качества и эксплуатационных свойств деталей машин, являются технологии выглаживания их поверхностей с наложением на инструмент высокочастотных УЗК вдоль нормали к обрабатываемой поверхности. Они совмещают в себе лучшие показатели традиционных способов обработки: исходная шероховатость обработанных поверхностей деталей машин из термообработанных сталей и сталей в состоянии поставки, чугуна, сплавов цветных металлов, высокопрочных, коррозионно-стойких, нержавеющих сталей и сплавов снижается до $Ra\ 0,2$; микротвердость поверхностного слоя в зависимости от обрабатываемого материала увеличивается на 20...270%; эксплуатационные характеристики деталей машин улучшаются за счет повышения предела контактной выносливости на 15...25%; повышаются износостойкость и возможность изготовления деталей машин для пищевой промышленности в связи с отсутствием шаржированных в рабочую поверхность зерен абразивных частиц и наличием на нем регулярных карманчиков для удержания смазки и т.д.

В последнее время вместо традиционных схем ультразвукового выглаживания с наложением на индентор радиальных УЗК авторы начинают исследовать и предлагать новые методы с применением тангенциально-осевых, в том числе и амплитудно-модулированных или крутильных УЗК [12-16].

К их числу можно отнести и разработанный в Национальном политехническом университете Армении (НПУА) метод ППД деталей машин с наложением на индентор УЗК в направлении результирующей силы выглаживания [17], который можно назвать ППД с радиально-тангенциально-осевыми или пространственными УЗК индентора. Таким образом, проблема повышения качества поверхностного слоя и эксплуатационных свойств деталей машин остается одной из важнейших и актуальных задач машиностроения, которая успешно решается внедрением в производство технологий выглаживания рабочих поверхностей с наложением на индентор радиальных, тангенциально-осевых, крутильных или пространственных УЗК.

Цель работы. Целью работы является повышение эффективности процесса ультразвукового ППД рабочих поверхностей деталей машин путем разработки новых схем наложения УЗК на индентор.

Теоретические исследования кинематики ППД с применением радиальных УЗК. Анализ известных методов осуществления ППД с применением тангенциально-осевых или крутильных УЗК показал, что в этих процессах в определенные промежутки времени передний и боковой фронты сферического индентора при определенных режимах обработки находятся в отрыве от обрабатываемой заготовки, улучшая тем самым условия ультразвукового выглаживания. Околовершинная задняя поверхность индентора, которая является наиболее нагруженной ее частью, по направлению нормали к поверхности обрабатываемого материала на ее определенной глубине находится с ним в постоянном контакте, что способствует увеличению длины траектории относительного движения и соответствующему увеличению износа инструмента.

Это явление отсутствует в случае осуществления ППД с применением радиальных УЗК, при котором задняя поверхность индентора по направлению нормали к поверхности обрабатываемого материала в определенные промежутки времени периодически отрывается от него, вследствие чего улучшаются условия работы этой поверхности. К сожалению, до настоящего времени отсутствуют сведения о наличии контакта по переднему и боковому фронтам сферического индентора в случае осуществления ППД с применением радиальных УЗК. Для восполнения этого пробела снова рассмотрим методику ППД деталей машин с применением радиальных УЗК, схема осуществления которого приведена на рис. 1. В качестве исходных примем следующие положения (рис.1) [18]:

- точка С - точка контакта сферического сектора индентора с выглаживаемой поверхностью детали в момент времени, когда индентор под действием статической силы $P_{СТ}$ внедрен в обрабатываемый материал на наибольшую глубину $h_{\max}$;

- индентор совершает радиальные УЗК от своей нулевой линии на глубине h_0 от выглаживаемой поверхности детали с амплитудой A_Y по нормали к этой поверхности, т.е. вдоль оси Y;
- точки K_0 , K_1 и K_2 – положения центра сферического индентора в моменты времени, когда его вершина находится соответственно на глубинах h_0 , $h_{\min}$ и $h_{\max}$ от выглаживаемой поверхности детали;
- $r_{\max}$ и $r_{\min}$ - соответственно радиусы основания сферического сектора в моменты времени, когда вершина индентора находится соответственно на глубинах $h_{\max}$ и $h_{\min}$ от выглаживаемой поверхности детали.

Плоскостью XOZ системы координат (ось X показана на рис. 2) от сферического индентора отсекается шаровой сектор высотой h_i , радиус основания которого можно определить из выражения [18]

$$r_i = \sqrt{R^2 - (R - h_i)^2} = \sqrt{R^2 - (R - (h_0 + A_Y \cos \alpha t))^2}, \quad (1)$$

где r_i - радиус основания шарового сектора высотой h_i .

Учитывая, что $M_1 M_0 = M_0 M_2 = \mp A_Y$, из (1) можно записать величины

r_0 , $r_{\max}$ и $r_{\min}$ в виде зависимостей [18]

$$r_0 = \sqrt{R^2 - (R - h_0)^2}, r_{\max} = \sqrt{R^2 - (R - (h_0 + A_Y))^2}, r_{\min} = \sqrt{R^2 - (R - (h_0 - A_Y))^2}. \quad (2)$$

Изменение радиуса основания шарового сектора в течение первой и третьей четвертей периода УЗК индентора зависит от текущего положения индентора, которое с учетом (1) и (2) можно определить по формулам

$$\Delta r_1 = r_{\max} - r_0 = \sqrt{R^2 - (R - (h_0 + A_Y))^2} - \sqrt{R^2 - (R - h_0)^2}, \quad (3)$$

$$\Delta r_2 = r_0 - r_{\min} = \sqrt{R^2 - (R - h_0)^2} - \sqrt{R^2 - (R - (h_0 - A_Y))^2}. \quad (4)$$

Следовательно, наибольшее изменение радиуса основания шарового сектора равно $\Delta r = \Delta r_1 + \Delta r_2$, которое с учетом (3) и (4) можно записать в виде

$$\Delta r = \sqrt{R^2 - (R - (h_0 + A_Y))^2} + \sqrt{R^2 - (R - (h_0 - A_Y))^2}. \quad (5)$$

Заметим, что наибольшее изменение радиуса основания шарового сектора в плоскости XOZ имеет место в течение каждого полупериода УЗК, когда текущая амплитуда радиальных колебаний изменяется от A_Y до $-A_Y$, в итоге перемещаясь при этом на величину $2A_Y$. В результате, как показали расчеты, изменение радиуса основания шарового сектора в течение каждого полупериода колебаний оказывается в несколько раз больше, чем двойная амплитуда радиальных УЗК.

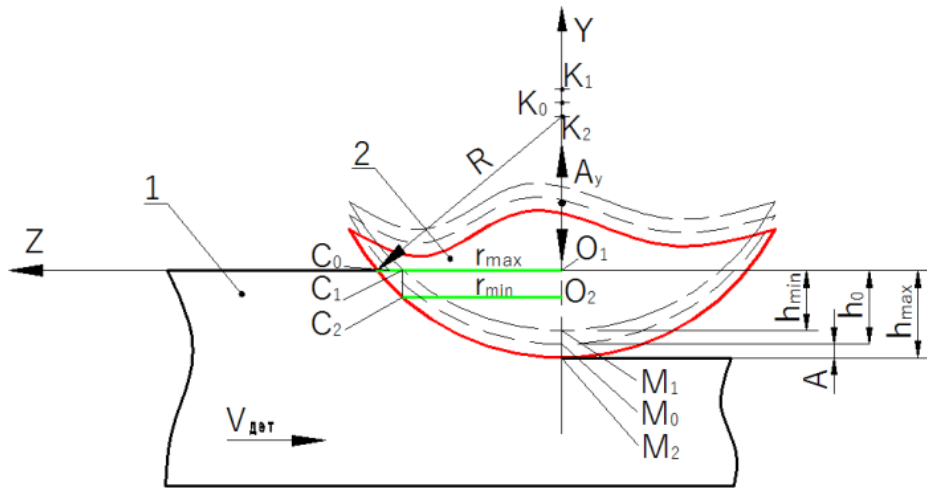


Рис. 1. Схема переднего фронта процесса ППД деталей машин с применением радиальных УЗК: 1- обрабатываемая деталь, 2 – сферический индентор [18]

Например, при радиусе сферы $R = 10 \text{ мм}$, двойной амплитуде радиальных УЗК $2A_y = 20 \text{ мкм}$ изменение радиуса основания шарового сектора в течение одного полупериода УЗК составляет $\Delta r = 148 \text{ мкм}$, что в 7,4 раза больше двойной амплитуды УЗК. Можно полагать, что под действием радиальных УЗК в плоскостях, параллельных плоскости XOZ , возникают кажущиеся поперечные и усиленные УЗК, т.е. радиальные колебания с некоторым коэффициентом K_y преобразуются в поперечные УЗК. Величину усиления K_y можно определить из очевидного соотношения [18]

$$K_y = \Delta r / 2A_y = (\sqrt{R^2 - (R - (h_0 + A_y))^2} + \sqrt{R^2 - (R - (h_0 - A_y))^2}) / 2A_y. \quad (6)$$

С учетом сказанного с помощью формулы (6) были построены зависимости коэффициента преобразования K_y радиальных УЗК в поперечные от радиуса сферического индентора для различных значений h_0 [18]. Установлено, что с увеличением радиуса сферического индентора от 1...20 мм при $h_0 = 30 \text{ мкм}$ K_y увеличивается в 4,0...18,3 раза, а при $h_0 = 200 \text{ мкм}$ - в 1,3...7,0 раза.

ППД с применением УЗК индентора вдоль результирующей силы выглаживания. Схема осуществления процесса ППД с применением УЗК индентора вдоль результирующей силы выглаживания приведена на рис. 2, откуда видно, что составляющие A_y, A_z и A_x амплитуды УЗК составляют соответственно с осями Y, Z и X направляющие углы α, β и γ . В таком случае составляющие амплитуды A_y, A_z и A_x можно определить посредством выражений $A_y = A \cos \alpha$, $A_z = A \cos \beta$ и $A_x = A \cos \gamma$. В этом случае

перемещение точки С детали относительно поверхности сферического сегмента на уровне плоскости XOZ системы координат от радиальной составляющей амплитуды УЗК можно определить с учетом того, что по направлению к оси Z все точки поверхности индентора дополнительно перемещаются на величину: $dZ = A \cos \beta (1 - \cos \omega t)$, где $\omega = 2\pi f$ - круговая частота УЗК, f - частота УЗК.

В конце первого полупериода УЗК это перемещение будет равно $dZ = 2A \cos \beta$. Следовательно, можно получить перемещение точки С детали относительно поверхности сферического сегмента на уровне плоскости XOZ системы координат от радиальной и тангенциальной составляющих амплитуды УЗК в виде

$$\Delta L_Z = 0,5V_{\text{дет}} T - \sqrt{R^2 - (R - (h_0 + A \cos \alpha))^2} - \sqrt{R^2 - (R - (h_0 - A \cos \alpha))^2} - 2A \cos \beta.$$

Аналогично, с учетом того, что по направлению к оси X все точки поверхности индентора дополнительно перемещаются на величину $dX = A \cos \gamma (1 - \cos \omega t)$, получим перемещение точки детали относительно поверхности сферического сегмента на уровне плоскости XOZ системы координат в направлении оси OX в виде

$$\Delta L_X = 0,5S_{\text{мин}} T - \sqrt{R^2 - (R - (h_0 + A \cos \alpha))^2} - \sqrt{R^2 - (R - (h_0 - A \cos \alpha))^2} - 2A \cos \gamma.$$

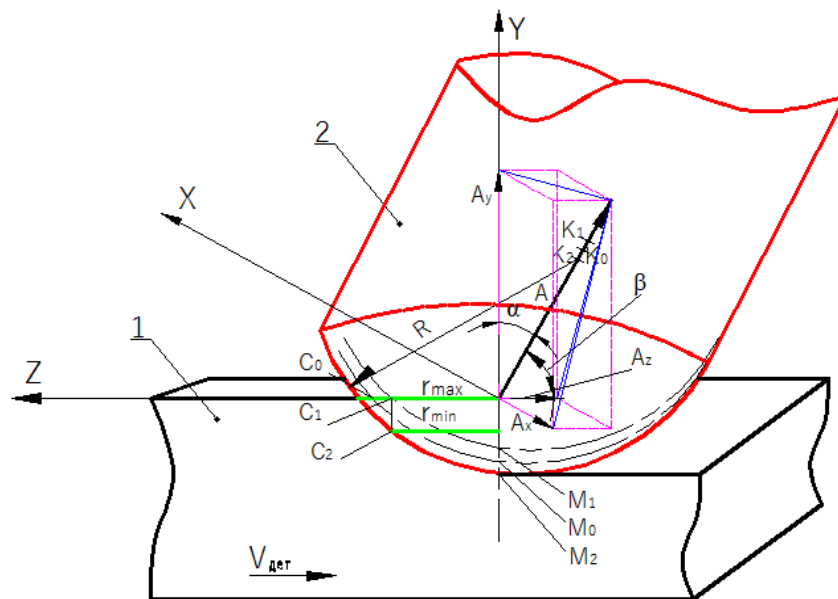


Рис. 2. Схема переднего фронта процесса ППД деталей машин с применением УЗК индентора вдоль результирующей силы выглаживания: 1- обрабатываемая деталь, 2 – сферический индентор

Таким образом, можно получить условие полного отрыва передней и боковой поверхностей индентора от обрабатываемой поверхности в случае ППД с УЗК индентора вдоль результирующей силы выглаживания в виде выражений

$$0,5V_{дет}T - \sqrt{R^2 - (R - (h_0 + A\cos\alpha))^2} - \sqrt{R^2 - (R - (h_0 - A\cos\alpha))^2} - 2A\cos\beta < 0, \quad (7)$$

$$0,5S_{мин}T - \sqrt{R^2 - (R - (h_0 + A\cos\alpha))^2} - \sqrt{R^2 - (R - (h_0 - A\cos\alpha))^2} - 2A\cos\gamma < 0. \quad (8)$$

Анализ выражений (7) и (8) показывает, что при прочих равных условиях промежутков времени, в течение которого сферический индентор находится в полном отрыве от обрабатываемого материала, в случае УЗК индентора вдоль результирующей силы выглаживания всегда оказывается больше по сравнению с процессом ППД с радиальными УЗК индентора. Построены графики зависимостей изменения величины зазора между индентором и поверхностью обрабатываемого материала в течение одного периода УЗК (рис. 3), откуда видно, что в течение некоторого промежутка времени имеет место ППД рабочей поверхности детали с определенной силой $P_{дин}$, а в течение другого промежутка времени - полный отрыв от обрабатываемой заготовки, и поэтому он находится в ненагруженном состоянии.

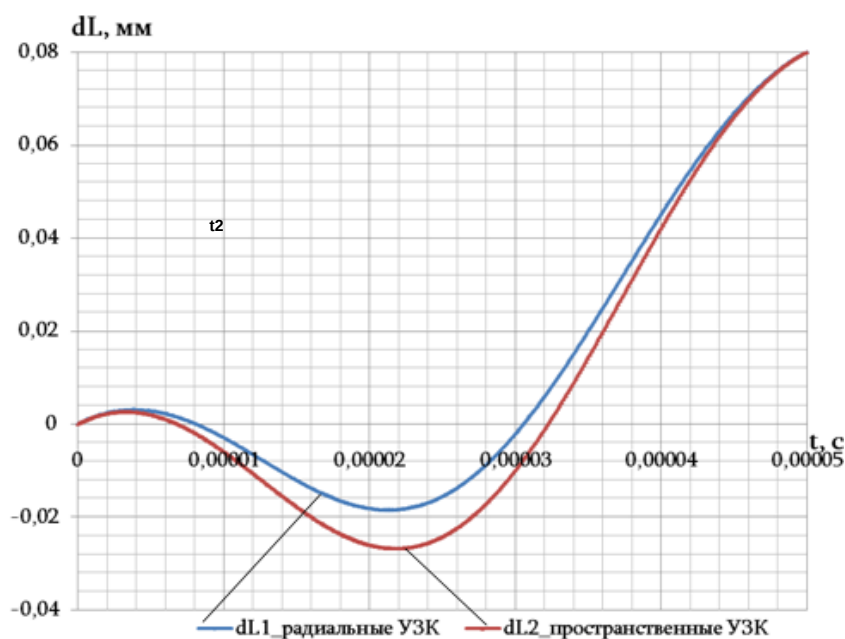


Рис. 3. Зависимости перемещения индентора относительно верхнего уровня обкатываемой поверхности при $V=84$ м/мин, $A=5$ мкм, $f=20$ кГц в течение одного периода УЗК

С учетом вышесказанного построены графики зависимости изменения силы обкатки: без ультразвуковых колебаний - $P_{БУЗК}$, с пространственными УЗК - $P_{УЗК}$ и ее средней величины - $P_{УЗКср}$ в течение одного периода УЗК, посредством которых было установлено, что хотя амплитудное значение $P_{УЗК}$ в 1,3 раза больше $P_{БУЗК}$, однако среднее значение $P_{УЗКср}$ в течение одного периода УЗК в 1,5 раза меньше по сравнению с $P_{БУЗК}$.

Выводы. В процессе ППД деталей машин с применением радиальных УЗК за счет периодического изменения высоты деформирующего сектора сферического индентора в плоскости XOZ возникают кажущиеся поперечные и усиленные УЗК, амплитуда которых зависит от радиуса сферического индентора, амплитуды радиальных УЗК и глубины внедрения индентора под действием статической силы. Предложены коэффициент преобразования радиальных УЗК в кажущиеся поперечные и зависимость для его определения. В процессе ППД деталей машин с применением радиальных УЗК при определенных режимах обработки и амплитуды УЗК в течение некоторого промежутка времени происходит полный отрыв поверхности деформирующего сектора сферического индентора от обрабатываемого материала, что создает благоприятные условия для осуществления ППД.

Выявлено, что применение метода ППД рабочих поверхностей деталей машин с наложением на индентор УЗК в направлении результирующей силы обкатки при обеспечении условия равенства промежутков времени рабочего и холостого ходов индентора в течение одного периода его колебаний обеспечивает возможность повышения скорости обкатки до 1,4 и уменьшения средней силы обкатки до 1,2...1,6 и более раза по сравнению с ППД с радиальными УЗК.

Литература

1. **Марков А.И., Устинов И.Д.** Ультразвуковое алмазное выравнивание деталей и режущего инструмента. - М.: Машиностроение, 1979. - 54 с.
2. **Марков М.А., Озерова М.А., Устинов И.Д.** Применение ультразвука при алмазном выравнивании деталей // Вестник машиностроения. – 1973. – №9. – С. 58–61.
3. **Казанцев В.Ф.** Расчет ультразвуковых преобразователей для технологических установок. – М.: Машиностроение, 1980. – 44 с.
4. **Клубович В.В.** Влияние ультразвука на процесс пластической деформации: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Минск, 1963. – 16 с.
5. **Северденко В.П., Клубович В.В., Степаненко А.В.** Обработка металлов давлением с ультразвуком. – Минск: Наука и техника, 1973. - 288 с.
6. **Розенберг Л.Д.** Физика и техника мощного ультразвука. Том 3. Физические основы ультразвуковой технологии. - М.: Наука, 1970. – 688 с.
7. **А.с. СССР № 207073.** Способ безабразивной полировки поверхности / **А.М. Мицкевич, Ю.В. Холопов.**– 12.06.1965.

8. **Муханов И.И., Голубев Ю.М.** Упрочнение стальных деталей шариком, вибрирующим с ультразвуковой частотой // Вестник машиностроения. – 1966. – №11. – С. 52 – 53.
9. **Боровин Ю.М.** Повышение геометрических и физико-механических характеристик поверхностного слоя при финишной ультразвуковой обработке: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Московский государственный индустриальный университет. – М., 2005. – 18с.
10. **Горбенко А.В.** Влияние ультразвукового выглаживания на параметры поверхностного слоя // Журнал "Теория процесив та машин". – Киев, 2008. – №2. – С.5-7.
11. **Ким Чанг Сик.** Технологические и структурные закономерности ультразвуковой финишной и упрочняющей обработки конструкционных и инструментальных материалов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / Московский государственный индустриальный университет. Сан Мун Университет (Южная Корея). – М., 2005. – 25с.
12. **Селиванов А.С.** Повышение эффективности ультразвукового выглаживания на станках с ЧПУ на основе управления дислокационно-энергетическим состоянием поверхностного слоя: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / ТГУ.–Тольятти, 2011.–19с.
13. **Семенова Ю.С.** Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя деталей ультразвуковым пластическим деформированием: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08.– Барнаул, 2012. – 18с.
14. **Степчева З.В.** Повышение эффективности алмазного выглаживания на основе рационального использования энергии модулированного ультразвукового поля: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / УлГТУ. – Ульяновск, 2007. – 19 с.
15. **Харченко В.В.** Повышение качества поверхностного слоя изделий из титанового сплава методом ультразвуковой обработки: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.07 / МГИУ. – М., 2012. – 25 с.
16. **Осипенкова Г.А., Пегашкин В.Ф.** Отделочно-упрочняющая обработка с применением ультразвуковых крутильных колебаний / М-во образования и науки РФ: ФГАОУ. - Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2013. – 116 с.
17. Патент РА № 3006. Способ ультразвуковой обкатки / **Н.Г. Хачатрян, Б.С. Баласанян, А.Б. Баласанян** и др. Официальный бюллетень № 03/1 Агентства интеллектуальной собственности Республики Армения. – Ереван, 2016. - С. 6.
18. **Хачатрян Н.Г., Аршакян А.Л., Баласанян А.Б., Баласанян Б.С.** Некоторые кинематические особенности процесса выглаживания поверхностей деталей машин применением радиальных ультразвуковых колебаний индентора //Сборник трудов 23-й МНТК “Машиностроение и техносфера XXI века”, г. Севастополь, 12-18 сентября 2016г. Т.2. - Донецк: ДонНТУ, 2016. - С.158-163.

*Поступила в редакцию 23.11.2016.
Принята к опубликованию 05.12.2016.*

**ՈՒԼՏՐԱՋԱՅՆԱՅԻՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ ՄԵՔԵՆԱՄԱՍԵՐԻ ԲԱՆՎՈՐԱԿԱՆ
ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԻ ՀԱՐԹԵՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ԿԻՆԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

Ա.Լ. Արշակյան, Ն.Հ. Խաչատրյան, Հ.Ս. Չիբուխյան, Բ.Ս. Բալասանյան

Տեսական հետազոտություններով ուսումնասիրված են սֆերիկ ինդենտորի ուլտրաձայնային տատանումների (ՈւՁՏ) կիրառմամբ մեքենամասերի բանվորական մակերևույթների հարթեցման գործընթացի կինեմատիկական առանձնահատկությունները: Հաստատված է, որ ռադիալ ՈւՁՏ-ների կիրառմամբ մեքենամասերի բանվորական մակերևույթների հարթեցման գործընթացում, շնորհիվ սֆերիկ ինդենտորի դեֆորմացնող սեգմենտի բարձրության պարբերաբար փոփոխության, մշակման գոտում առաջանում են թվացող լայնական և ուժեղացված թվացյալ ՈւՁՏ-ներ, որոնց տատանման ամպլիտուդը կախված է սֆերիկ ինդենտորի շառավղից, ռադիալ ՈւՁՏ-ների ամպլիտուդից և ստատիկ ուժի ազդեցությամբ ինդենտորի ներխրման խորությունից: Ցույց է տրված, որ ՈւՁՏ-ների որոշակի ամպլիտուդի և ուժի մեծության մշակման դեպքում որոշակի ժամանակահատվածի ընթացքում տեղի է ունենում ինդենտորի մակերևույթի լրիվ անջատում մշակվող նյութից: Բացահայտված է, որ համազոր ուժի ուղղությամբ ինդենտորի վրա ՈւՁՏ-ների համադրմամբ մեքենամասերի բանվորական մակերևույթների հարթեցման մեթոդի կիրառումը՝ ինդենտորի աշխատանքային և պարապ ընթացքների տևողությունների հավասարության պայմանից, հնարավորություն է ընձեռում բարձրացնելու գրտնակման արագությունը մինչև 1,4 անգամ և նվազեցնելու միջին ուժը մինչև 1,2...1,6 անգամ՝ շառավղային ՈւՁՏ-ներով գրտնակման համեմատ:

Առանցքային բաներ. հարթեցում, պլաստիկ դեֆորմացում, ուլտրաձայնային տատանումներ, սֆերիկ ինդենտոր, կինեմատիկա, հպում:

**KINEMATIC PECULIARITIES OF BURNISHING THE WORKING SURFACES OF
MACHINE PARTS WITH APPLICATION OF ULTRASOUND**

A.L. Arshakyan, N.H. Khachatryan, H.S. Chibuhchyan, B.S. Balasanyan

Based on the theoretical investigations, the kinematic features of the burnishing process of the machine part working surfaces by ultrasonic vibrations (USV) of a spherical indenter are studied. It is found that in the process of burnishing the working surfaces of machine parts with radial USV by periodically varying the height of the deforming segment of the spherical indenter, in the processing zone arise seemingly transverse and amplified ultrasonic vibrations whose amplitude depends on the radius of the spherical indenter, the radial USV amplitude and the depth of penetration of the indenter under the action of the static force. It is shown that at certain processing modes and amplitude of USV, during some period of time, a complete cut of the indenter surface from the processed material takes place. It is revealed that the use of the burnishing method of the working surfaces of machine parts, by superimposing ultrasonic vibrations on the indenter in the direction of the resultant force of spinning from the condition of equality of the periods of working and idle runs of the indenter during one period of its oscillations increases the speed of burnishing to 1,4 and reduces the average of the burnishing force 1,2 ... 1,6 times and above compared to burnishing with radial USV.

Keywords: burnishing, plastic deformation, ultrasonic vibrations, spherical indenter, kinematics, contact.