

**А.Л. АРШАКЯН, Н.Г. ХАЧАТРЯН, О.С. ЧИБУХЧЯН,
А.Б. БАЛАСАНЯН**

**НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЛАСТИЧЕСКОГО
ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
НАЛОЖЕНИЕМ НА ИНДЕНТОР УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ
ВДОЛЬ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ СИЛЫ ОБРАБОТКИ**

Показаны новые возможности процесса ультразвукового пластического деформирования рабочих поверхностей деталей машин с радиальными ультразвуковыми колебаниями. Приведены особенности нового способа осуществления процесса ультразвукового поверхностного пластического деформирования наложением на индентор ультразвуковых колебаний вдоль результирующей силы обработки, а также некоторые его преимущества по сравнению с известными методами ультразвукового упрочнения поверхностей.

Ключевые слова: ультразвук, индентор, пластическое деформирование, рабочая поверхность, детали машин.

Введение. Вопросам повышения эксплуатационных характеристик рабочих поверхностей деталей машин методами их поверхностного пластического деформирования (ППД) посвящено большое число научных исследований, среди которых следует отметить работы Аскинази Б.М., Бабичева А.П., Балтера М.А., Бараца Я.И., Башкова Г.П., Блюменштейна В.Ю., Бобровского Н.М., Браславского В.М., Грановского Э.Г., Каледина Б.А., Коновалова Е.Г., Корсакова В.С., Кудрявцева И.В., Лебедева В.А., Маркуса Л.И., Одинцова Л.Г., Папшева Д.Д., Резникова А.Н., Смелянского В.М., Сулимы А.М., Суслова А.Г., Хворостухина Л.А., Чекина Г.И., Чепя П.А., Чистосердова П.С., Школьника Л.М., Шнейдера Ю.Г., Яценко В.К. и др.

В настоящее время эта задача достаточно успешно решается применением нетрадиционных методов ППД, в том числе и ультразвуковых колебаний (УЗК) выглаживателя. Основоположниками становления и развития теории и практики ППД рабочих поверхностей деталей машин с применением УЗК были Марков А.И., Казанцев В.Ф., Клубович В.В., Розенберг Л.Д., Северденко В.П., Степаненко А.В., Мицкевич А.М., Муханов И.И., Холопов Ю.В. и др. Еще в 1968 г. Муханов И.И. показал [1], что при ППД с наложением на индентор радиальных УЗК под действием колеблющегося с ультразвуковой частотой индентора в нормальном к обрабатываемой поверхности направлении улучшаются условия деформации, что приводит к снижению шеро-

ховатости, повышению микротвердости и формированию сжимающих остаточных напряжений. Эти работы явились основой для развития теории и практики применения ППД с наложением на индентор УЗК, которые успешно продолжают и в настоящее время. К их числу можно отнести исследования Боровина Ю.М. [2], Горбенко А.В. [3], Ким Чанг Сика [4], Селиванова А.С. [5], Семеновой Ю.С. [6], Степчевой З.В. [7], Осипенкова Г.А. [8] и Пегашкина В.Ф. [8] и др.

Анализ результатов этих исследований показал, что технологические возможности процессов ППД с применением УЗК имеют достаточно большой резерв для своего развития с точки зрения повышения износостойкости рабочих поверхностей деталей машин их пластическим деформированием ультразвуковым выглаживателем.

Цель работы. Целью работы является установление возможностей повышения износостойкости рабочих поверхностей деталей машин их ППД ультразвуковым выглаживателем с применением УЗК индентора вдоль результирующей силы процесса выглаживания.

Теоретические и экспериментальные исследования. На основе проведенных в НПУА теоретических исследований процесса ультразвукового ППД деталей машин были установлены кинематические особенности процесса выглаживания их рабочих поверхностей с применением как радиальных УЗК сферического индентора, так и его колебаний вдоль результирующей силы процесса выглаживания [9-12].

На основе этих исследований было установлено, что в процессе ППД деталей машин с применением радиальных УЗК за счет периодического изменения высоты деформирующего сектора сферического индентора в плоскости ХОZ возникают кажущиеся поперечные и усиленные УЗК, амплитуда которых зависит от радиуса сферического индентора, амплитуды радиальных УЗК и глубины внедрения индентора под действием статической силы, на основе которого предложены коэффициент преобразования радиальных УЗК в кажущиеся поперечные и зависимость его определения [9]. Причем при таком способе осуществления процесса ППД деталей машин при определенных режимах обработки и амплитуды УЗК в течение некоторого промежутка времени происходит полный отрыв поверхности деформирующего сектора сферического индентора от обрабатываемого материала, что способствует снижению силы и температуры процесса выглаживания, в результате которого повышается стойкость индентора [9,10].

В процессе ППД деталей машин с применением УЗК индентора вдоль результирующей силы выглаживания [12] за счет ее радиальной составляющей,

как и в случае ППД деталей машин с применением радиальных УЗК, снова возникают кажущиеся поперечные и усиленные УЗК в плоскости XOZ [9-11]. Причем, при прочих равных условиях, промежуток 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 [9,11], что наглядно видно из рис.1.

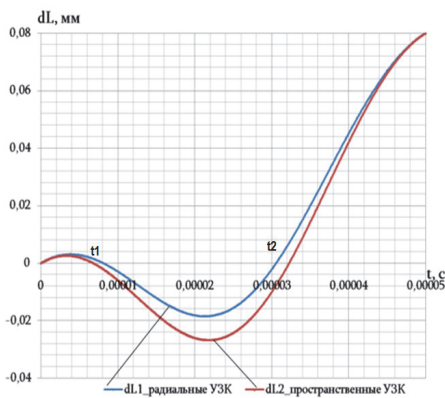


Рис. 1. Графики изменения зазора dL между индентором и выглаживаемой поверхностью при $V=84$ м/мин, $A=5$ мкм, $f=20$ кГц в течение одного периода УЗК

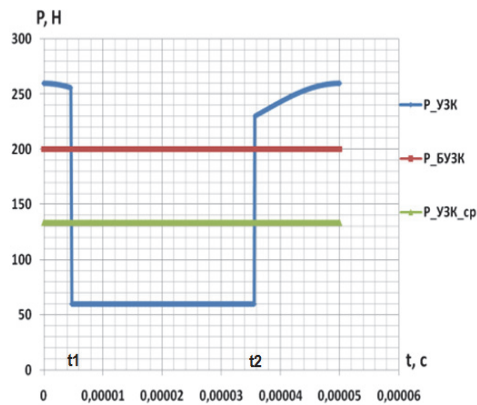


Рис. 2. Графики изменения силы выглаживания при $V=120$ м/мин, $A=10$ мкм, $f=20$ кГц в течение одного периода УЗК

Построены графики изменения величины зазора между индентором и поверхностью обрабатываемого материала в течение одного периода УЗК, приведенные на рис.1, где t_1 - момент отрыва индентора от обрабатываемой поверхности, t_2 - момент вхождения индентора в контакт с обрабатываемой поверхностью (отрицательные значения dL соответствуют наличию зазора). Очевидно, что в течение промежутков времени $t \in [0, t_1 \cup t_2, T]$ имеет место ППД рабочей поверхности детали с определенной силой $P_{дин} = P_{ст} + K \sin(\omega t)$, а в течение промежутка времени $t \in [t_1, t_2]$ индентор в полном отрыве от обрабатываемой заготовки, и поэтому он находится в ненагруженном состоянии [9-11].

С учетом этого были построены графики изменения силы выглаживания: без УЗК - $P_{БУЗК}$ и с пространственными УЗК, т.е. колебаниями индентора вдоль результирующей силы выглаживания - $P_{УЗК}$ и ее средней величины - $P_{УЗК_ср}$ в течение одного периода T перемещения индентора, приведенные на рис. 2 [9, 11]. Видно (рис.2), что хотя амплитудное значение $P_{УЗК}$ в 1,3

раза больше $R_{БУЗК}$, однако среднее значение $R_{УЗК_ср}$ в течение одного периода УЗК в 1,5 раза меньше по сравнению с $R_{БУЗК}$. Аналогичные выводы получены и для иных режимов обкатки с применением УЗК. Экспериментальные исследования процесса ультразвукового выглаживания рабочих поверхностей деталей машин из различных труднообрабатываемых материалов и сплавов показали [9], что наряду с вышеотмеченным сообщением индентору УЗК вдоль результирующей силы выглаживания обеспечивает возможность снижения шероховатости поверхности R_z в пределах 1...2 мкм, увеличения параметров упрочнения поверхностного слоя по сравнению с известными методами ультразвукового выглаживания в 1,2...1,35 раза, получения регулярного микрорельефа обработанной поверхности.

Это, естественно, будет способствовать повышению износостойкости деталей машин в процессе их эксплуатации, поверхности которых обработаны отмеченным способом, что требует проведения дополнительных комплексных теоретических и экспериментальных исследований.

Выводы. Анализ результатов исследования процесса ППД рабочих поверхностей деталей машин ультразвуковым выглаживателем с применением УЗК индентора вдоль результирующей силы процесса выглаживания показывает, что этот процесс изучен недостаточно глубоко, и для выявления его новых технологических возможностей требуется проведение дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Муханов И.И.** Ультразвуковая упрочняюще-чистовая обработка стали и чугуна // Вестник машиностроения. – 1968. - № 6. - С. 64-66.
2. **Боровин Ю.М.** Повышение геометрических и физико-механических характеристик поверхностного слоя при финишной ультразвуковой обработке: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 2005. — 18 с.
3. **Горбенко А.В.** Влияние ультразвукового выглаживания на параметры поверхностного слоя // Журнал "Теория процессов та машин". –2008. –№2. –С.57.
4. **Ким Чанг Сик.** Технологические и структурные закономерности ультразвуковой финишной и упрочняющей обработки конструкционных и инструментальных материалов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.02.01, 05.03.01 / Московский государственный индустриальный университет. Сан Мун Университет (Южная Корея). – Москва, 2005. - 25с.
5. **Селиванов А.С.** Повышение эффективности ультразвукового выглаживания на станках с ЧПУ на основе управления дислокационно-энергетическим состоянием поверхностного слоя: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.02.08 / ТГУ. - Тольятти, 2011. - 19с.

6. **Семенова Ю.С.** Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя деталей ультразвуковым пластическим деформированием: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.02.08. - Барнаул, 2012. - 18с.
7. **Степчева З.В.** Повышение эффективности алмазного выглаживания на основе рационального использования энергии модулированного ультразвукового поля: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.02.08 / УлГТУ. Ульяновск, 2007. - 19 с.
8. **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, 2015.-178 с.
9. **Хачатрян Н.Г.** Повышение эффективности процессов пластического деформирования применением ультразвуковых колебаний: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / НПУА. – Ереван, 2016. - 18 с.
10. **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. Т.2. - Донецк: ДонНТУ, 2016. - С.158-163.
11. **Аршакян А.Л., Хачатрян Н.Г., Чибухчян О.С., Баласанян Б.С.** Кинематические особенности процесса выглаживания рабочих поверхностей деталей машин с применением ультразвуковых колебаний // Вестник НПУА: Механика, машиноведение, машиностроение. – Ереван, 2016. – N2. – С. 69-78.
12. 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.

Ա.Լ. ԱՐՇԱԿՅԱՆ, Ն.Հ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Հ.Ս. ՉԻԲՈՒԿՅԱՆ, Ա.Բ. ԲԱԼԱՍԱՆՅԱՆ

ՄԵՔԵՆԱՄԱՍԵՐԻ ՄԱԿԵՐՈՒՅԹՆԵՐԻ ՊԼԱՍՏԻԿ ԴԵՖՈՐՄԱՑՄԱՆ ՈՐՈՇ ԸՆԴՀԱՆՍՈՒՅՑՈՒՄՆԵՐԸ ՄՇԱԿՄԱՆ ՀԱՄԱՁՈՐ ՈՒԹԻ ՈՒՂՂՈՒԹՅԱՄԲ ԻՆԴԵՆՏՈՐԻՆ ՈՒԼՏՐԱՑՎԱՅՆԱՅԻՆ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ ՀԱՂՈՐԴԵԼԻՍ

Ցույց են տրված ռադիալ ուլտրաձայնային տատանումներով մեքենամասերի բանվորական մակերրոյթների պլաստիկ դեֆորմացման գործընթացի նոր հնարավորությունները: Ներկայացված են մշակման համազոր ուժի ուղղությամբ ինդենտորին ուլտրաձայնային տատանումների հաղորդմամբ մակերրոյթների պլաստիկ դեֆորմացման նոր եղանակի իրականացման առանձնահատկությունները և որոշակի առավելությունները մակերրոյթների ամրացման հայտնի ուլտրաձայնային եղանակների համեմատ:

Առանցքային բաներ. ուլտրաձայն, ինդենտոր, պլաստիկ դեֆորմացում, աշխատանքային մակերրոյթ, մեքենամաս:

**A.L. ARSHAKYAN, N.G. KHACHATRYAN, H.S. CHIBUHCHYAN,
A.B. BALASANYAN**

**SOME POSSIBILITIES OF PLASTIC DEFORMATION OF THE MACHINE
PART SURFACES BY SUPERPOSITIONING THE INDENTER WITH
ULTRASOUND OSCILLATIONS ALONG THE RESULTANT FORCE
PROCESSING**

New possibilities of the ultrasonic plastic deformation process of the machine part working surfaces with radial ultrasonic vibrations are shown. The peculiarities of the new method of ultrasonic surface plastic deformation with superimposing on the indenter, as well as ultrasonic vibrations along the resultant force and some of its processing advantages over the known methods of ultrasonic hardening surfaces are introduced.

Keywords: ultrasound, indenter, plastic deformation, work surface, parts of machines.

UDC 621.9.048.4

M.G. HAKOBYAN, G.H. HAKOBYAN

**THE REVIEW OF DIELECTRIC MEDIUMS FOR ELECTRICAL
DISCHARGE MACHINING
(Gyumri)**

The review of dielectric media used at electrical discharge machining is presented. The influence of the dielectric medium type on electrical and non-electrical characteristics of electrical discharge machining is presented. The liquid dielectrics, dielectric liquid with different additives, and gaseous medium properties and their behavior during electrical discharge machining are discussed.

Keywords: electrical discharge machining, dielectric mediums, dry electrical discharge machining, near-dry electrical discharge machining.

Electrical discharge machining (EDM) is a non-conventional, direct contact free machining process. It has a wide range use, especially for hard, rough materials and a difficult shape machining of mainly electroconductive materials and not only. EDM enables to successfully machine where other machining processes are impossible to apply.

The main non-electrical characteristics of efficiency of EDM are the material removal rate (MRR), the tool-electrode wear, the machined (eroded) surface quality.

As it is known, the work piece and electrode tool are connected to the opposite polarities. There is a gap between the electrodes, they do not contact to each other. The gap is filled with dielectric fluid or medium which insulates electrodes and the small gap is called spark gap. An electric current is supplied to