

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.7; 621.8; 539.4

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

**Б.И. Бутаков, проф., д.т.н., МТУ «Николаевская политехника»,
Д.Д. Марченко, к.т.н., В.А. Артюх, А.В. Зубехина-Хайят, ассистенты,
Национальный аграрный университет, г. Николаев**

Аннотация. Описаны способы и устройства для их реализации и инновационные технологии для поверхностного пластического деформирования обкатыванием роликами со стабилизацией рабочего усилия, ударным раскатыванием гибкими игольчатыми роликами, обкатыванием сложных поверхностей клиновым роликом, раздачи с помощью электрогидравлического эффекта (ЭГЭ) поршневых пальцев.

Ключевые слова: обкатывание роликами, клиновой и гибкий игольчатые ролики, твердость по Виккерсу, условный предел текучести, электрогидравлический эффект.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

**Б.І. Бутаков, проф., д.т.н., МТУ «Миколаївська політехніка»,
Д.Д. Марченко, к.т.н., В.О. Артюх, О.В. Зубехіна-Хайят, асистенти,
Національний аграрний університет, м. Миколаїв**

Анотація. Описано способи і пристрої для їх реалізації та інноваційні технології для поверхневого пластичного деформування обкочуванням роликами зі стабілізацією робочого зусилля, ударним розкочуванням гнучкими голчастими роликами, обкочуванням складних поверхонь клиновим роликом, роздавання за допомогою електрогідравлічного ефекту (ЕГЕ) поршневих пальців.

Ключові слова: обкочування роликами, клиновий і гнучкий голчасті ролики, твердість по Віккерсу, умовна границя текучості, електрогідравлічний ефект.

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF SURFACE PLASTIC DEFORMATION OF CAR PARTS

**B. Butakov, Prof., Ph. D. (Eng.), ITU «Mykolaiv Polytechnic»,
D. Marchenko, Ph. D. (Eng.), V. Artyukh, T. Asst., A. Zubekhina-Khayat, T. Asst.,
National Agricultural University, Mykolaiv**

Abstract. The methods and devices for innovative technology of surface plastic deformation of car parts implementation, and innovative technologies for surface plastic deformation by rolling with stabilization of the operating force, shock straightening by flexible needle rollers, rolling of complex surfaces with a wedge roller, distribution via the electrohydraulic effect (EGE) of piston pins are described.

Key words: rolling by rollers, wedge and flexible needle rollers, electro-effect.

Введение

В большинстве случаев эксплуатации разрушение деталей машин происходит в результате изнашивания, усталости, контактного взаимодействия и воздействия среды. Поэтому надежность и долговечность деталей машин зависит от прочности поверхностных слоев. При изготовлении и ремонтах металлических деталей долговечность достигается обкатыванием роликами – поверхностным пластическим деформированием (ППД).

Анализ публикаций

При упрочняющем обкатывании деталей торообразными роликами из-за биения профиля ролика на поверхности обработки возникает волнистость [1]. При ударном раскатывании отверстий коническими роликами кромки роликов образуют риски на поверхности, что снижает эффективность обработки [2]. Поршневые пальцы раздают с помощью ЭГЭ взрывом проволочки, при котором наблюдается неравномерность раздачи [3].

Цель и постановка задачи

С целью повышения износостойкости, контактной прочности и точности деталей решались следующие задачи:

- устранить появление волнистости поверхности в процессе упрочняющего обкатывания;
- локализовать пластическую деформацию в тонком поверхностном слое при ударном раскатывании поверхности;
- достигнуть равномерной раздачи втулок с минимальным припуском на обработку их наружной поверхности.

Разработка инновационных технологий ППД

Для улучшения внешнего товарного вида и повышения износостойкости разработаны устройства со стабилизацией усилия обкатывания [4], позволяющие устранить волнистость на поверхности и совместить чистовое и упрочняющее обкатывания, а также устройство ударного раскатывания отверстий под палец в поршне двигателя автомобиля с помощью гибких игольчатых роликов (рис. 1) [5].

Применение в качестве деформирующих элементов игольчатых роликов малого диаметра (3÷5) мм обеспечивает большую кривизну в контакте ролика с поверхностью отверстия в направлении качения ролика. Пластическая деформация локализуется в тонком поверхностном слое. Это исключает появление остаточной деформации обрабатываемой детали, следовательно, повышается ее точность. Это особенно важно при раскатывании тонкостенных втулок.

На оправке 1 выполнено N радиальных выступов в осевом сечении оправки с радиусом $r = (20-55)d_p$ и шагом $s = \pi d_{\text{опр}} / N$, где d_p – диаметр игольчатого ролика, $d_{\text{опр}}$ – диаметр оправки. При таком значении радиуса r кривизны выступов удается за счет изгиба роликов устранить контакт торцов роликов с обрабатываемой поверхностью детали, а также обеспечить необходимую площадь контакта роликов с обрабатываемой поверхностью отверстия детали. Таким образом, достигается значительное уменьшение шероховатости обрабатываемой поверхности.

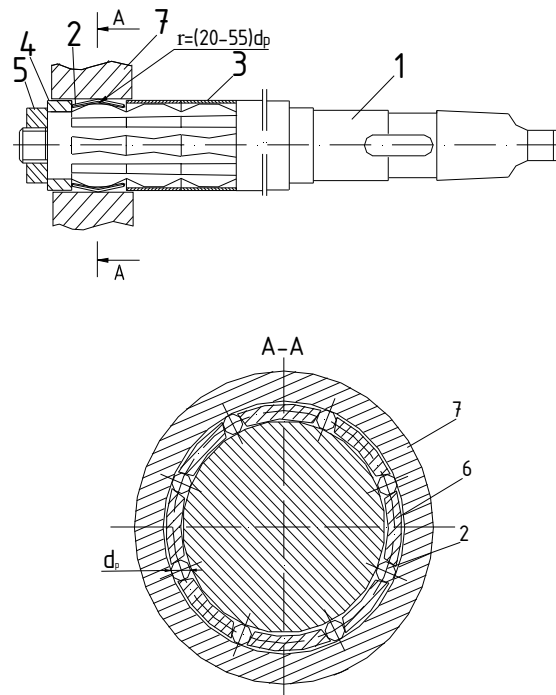


Рис. 1. Устройство для ударного чистового раскатывания отверстий

При введении устройства в отверстие обрабатываемой детали 7 с помощью пиноля задней бабки токарного станка, в котором закрепляется устройство конусом оправки 1, ролики 2, установленные в сепараторе 6,

касаются поверхности отверстия детали. При вращении детали со скоростью обкатывания за счет силы трения деформирующие ролики 2 вместе с сепаратором 6 совершают круговое движение относительно оправки 1. При этом, когда ролики заходят на радиальные выступы оправки, они, ударяя по поверхности детали, изгибаются и их края отходят от обрабатываемой поверхности. Этим обеспечивается отсутствие волнистости на поверхности отверстия. Игольчатые ролики 2 удерживаются в осевом направлении втулками 3 и 4, которые поджимаются гайкой 5.

Обкатывание роликами за счет пластического деформирования сопровождается наклепом поверхностного слоя (повышаются твердость – на 40–60 %, условный предел текучести, определенный разрывом микрообразцов, вырезанных из упрочненного слоя на разной глубине – на 100 %). Эти свойства уменьшаются по параболической зависимости до исходных на глубине 5–6 мм, это способствует замедлению процесса смятия и износа поверхностного слоя стальных деталей, эксплуатирующихся при больших контактных нагрузках. Одной из таких деталей является канатный блок судоперегрузателя ООО «НГЗ». За счет нормальных и касательных напряжений, возникающих в поверхностном слое профиля ручья блока в зоне контакта его с канатом, происходит пластическая деформация. На поверхности ручья возникают изменения профиля глубиной до нескольких миллиметров, что приводит к интенсивному износу стального каната и появлению вибрации в корпусе судоперегрузателя. Для обкатывания ручья блока разработаны способ и устройство с клиновым роликом [6, 7]. Обкатывание всего профиля осуществляется на карусельном станке за одну установку ролика в ручье в процессе только вращения детали. Боковые поверхности клинового ролика образуют на поверхности ручья синусоидальные следы шириной 3–4 мм, которые, сдвигаясь в направлении вращения детали, постепенно покрывают всю поверхность ручья. Усилие на ролике величиной до 20 кН создается цилиндрической пружиной. Механизм подачи бокового суппорта разгружается с помощью его закрепления на направляющих станка винтовыми зажимами.

Глубина наклепа поверхностного слоя составляет 5–6 мм, степень наклепа – до 50 %.

Однако обкатывание роликом профиля канатного блока, изготовленного из стали 35Л, несмотря на значительный наклеп, не привело к заметному повышению долговечности блока, поскольку, кроме смятия профиля блока, наблюдается срезание поверхностного слоя блока отдельными проволочками каната. Замена марки стали блока на сталь 45Л и применение закалки блока в масле с последующим обкатыванием его ручья роликом позволили повысить твердость поверхностного слоя ручья до HV 400, что привело к повышению долговечности блоков.

В данное время в ремонтном производстве получила наибольшее распространение технология, при которой восстановление размеров детали происходит путем раздачи. Одним из перспективных путей развития технологии восстановления изношенных деталей типа втулок является применение с этой целью ЭГЭ.

Предлагается способ и технология раздачи втулок и поршневых пальцев механическими ударными импульсами [8, 9]. С помощью цангового устройства ударный импульс, который генерируется электроразрядным генератором упругих колебаний, передается восстанавливаемой детали. Большой амплитуде ударного импульса, который производит работу по раздаче втулки, предшествует высокоскоростной ЦУГ упругих высокочастотных колебаний. Эти колебания возбуждают диффузионную активность атомов деформируемого металла. Благодаря этому снижаются силы трения между цангой и деформируемым металлом и увеличивается его пластичность. Равномерность деформации втулки обеспечивается равномерностью распределения давления, создаваемого цангой по поверхности втулки. Увеличение величины раздачи втулки обеспечивается за счет повышения диффузионной подвижности атомов деформируемого металла. Устройство для электрогидравлической раздачи втулок приведено на рис. 2.

Втулка 1 установлена в обойме 2 и с помощью цанги 3 соединена с пуансоном 4, на который действует упругая пластина 5, закрепленная в корпусе 6 на дне электроразрядной камеры 7. Внутри электроразрядной камеры 7 установлены отрицательный 8 и положительный 9 электроды, соединенные с генератором импульсов тока 10. Внутренняя

поверхность электроразрядной камеры 7 выполнена в виде эллипсоида вращения, один из фокусов O_1 которого совмещен с дном электроразрядной камеры 7, являющимся упругой пластиной 5, передающей ударный импульс на пуансон 4, а в другом фокусе O расположены оси электродов, закрепленных в двух втулках 11, установленных в отверстиях корпуса 6 вместе с резиновыми прокладками 12.

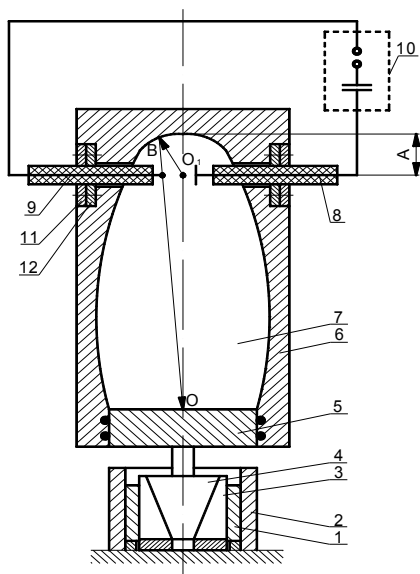


Рис. 2. Устройство для электрогидравлической раздачи втулок

Устройство работает следующим образом. Корпус 6 электроразрядной камеры 7 подводится с помощью упругой пластины 5 вибратора к пуансону 4. Напряжение, которое подается из электрической сети, повышается с помощью трансформатора через выпрямитель, который заряжает конденсатор. В конденсаторе генератора импульсов тока 10 накапливается электроэнергия и между отрицательным 8 и положительным 9 электродами электроразрядной камеры 7 происходит высоковольтный пробой, в результате которого на пуансоне 4 образуется ударный импульс, который через цангу 3 передается на стенки втулки 1. Обойма 2 предназначена для того, чтобы втулка 1 не разрушилась во время раздачи и приняла правильную геометрическую форму.

При высоковольтном разряде в камере 7 с жидкостью (вода) первичная ударная волна достигает упругой пластины 5; пройдя расстояние O_1O , отраженная волна проходит путь $OB - BO_1$, разница этих расстояний для

всех точек эллипсоида составляет величину амплитуды, равную $2A$. С учетом скорости звука в воде ($c = 1500$ м/с) время прохождения волной расстояния $2A$ составляет 40 мкс, что соответствует частоте 25 кГц.

Выводы

Применением гибких игольчатых роликов в устройстве для динамического раскатывания отверстий пластическая деформация локализована в тонком поверхностном слое, устранена остаточная деформация тонкостенных втулок.

За счет высокочастотных колебаний на поверхности пуансона и лепестков цанги при передаче ударных импульсов, формируемых с помощью ЭГЭ, достигнута равномерная раздача поршневых пальцев и втулок.

Литература

1. Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами / В.М. Браславский. – М.: Машиностроение, 1975. – 160 с.
2. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием / Л.Г. Одинцов. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
3. Черновол М.И. Повышение качества восстановления деталей машин / М.И. Черновол, С.Е. Поединок, Н.Г. Степанов. – К.: Техника, 1989. – 169 с.
4. Пат. № 71119 Україна, МПК В24В 39/00. Пристрій для зміцнюючого та чистового обкатування поверхонь тіл обертання зі стабілізацією робочого зусилля / Бутаков Б.І., Артюх В.О., заявник і патентовласник Бутаков Б.І. – № u201112463; заявл. 24.10.2011; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13.
5. Пат. на корисну модель № 54685 Україна, МПК⁶ В24В 39/00. Пристрій для ударного чистового розкатування отворів. / Бутаков Б.І., Артюх В.О., Зубєхіна О.В.; заявник і патентовласник Бутаков Б.І. – № u 201003962; заявл. 06.04.2010; опубл. 25.11.2010, Бюл. №22.
6. Пат. № 93252 Україна, МПК В24В 39/04. Спосіб чистової та зміцнюючої обробки поверхонь тіл обертання складного профілю і пристрій для його

- здійснення / Бутаков Б.І., Шибанін В.С., Бутакова Г.С., Марченко Д.Д.; заявник і патентовласник Миколаївський державний аграрний університет – № а200815098; заявл. 29.12.2008; опубл. 25.01.2011, Бюл. №2.
7. Пат. № 2493954С2 Российская Федерация, МПК В24В 39/04 (2006.01). Устройство для чистовой и упрочняющей обработки поверхностей тел вращения сложного профиля / Бутаков Б.И., Шибанин В.С., Бутакова Г.С., Марченко Д.Д.; заявитель и патентообладатель Николаевский государственный аграрный университет. – № 2010147733/02. – заявл. 22.11.2010, опубл. 27.09.2013, Бюл. №27.
8. Пат. № 70054 Україна, МПК В24В 39/02. Спосіб електрогідравлічного роздавання втулок / Бутаков Б.І., Письмак С.В., Марченко Д.Д., Приймак А.Ю. заявник і патентовласник Бутаков Б.І. – № и 201113395; заявл. 14.11.2011; опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10.
9. Пат. № 2497622С2 Российская Федерация МПК В21D 26/012 В21D 31/04. Способ электрогидравлической раздачи втулок / Бутаков Б.И., Письмак С.В., Марченко Д.Д., Приймак А.Ю.; заявитель и патентообладатель Бутаков Б.И. №2011154319/02; заявлено 28.12.2011. опубл.10.11.2013, Бюл. №31.

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 20 мая 2016 г.
